

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

---

## KARAKTER KELISTRIKAN SISTEM GROWBOX TABUNG MENGGUNAKAN SEL SURYA

**Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison**  
**Fakultas Teknik, Universitas Islam Balitar**  
**Jl. Majapahit No. 4 Blitar Jawa xTimur**  
**email: [snowhaatt@gmail.com](mailto:snowhaatt@gmail.com)**

### ABSTRAK

Kebutuhan akan produk pertanian dan keterbatasan lahan mengharuskan adanya cara yang lebih intensif untuk bertani. Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah menggunakan growbox. Growbox tidak harus berbentuk kotak, tapi bisa berbentuk tabung. Tabung Growbox telah dibuat dengan ukuran tinggi 35 cm, diameter bawah 27 cm dan diameter atas 36,5 cm. Growbox dilengkapi sel surya yang memungkinkannya menangkap sinar matahari di waktu siang hari dan menggunakannya untuk menghidupi lampu di malam hari. Syarat untuk terlaksananya hal ini adalah energi atau daya yang peroleh lebih tinggi daripada yang dikeluarkan. Setelah growbox dibuat, dilakukan pengujian di bagian input dan output menggunakan voltmeter dan amperemeter. Bagian input berupa sel surya dan bagian outputnya led. Hasil pengujian menunjukkan sel surya dapat menghasilkan daya maksimal 142,36 mW dan led mengkonsumsi daya hingga 80,77 mW. Dari daya masukan dan keluaran dapat diperkirakan growbox mampu bekerja terus-menerus tanpa menghabiskan energinya.

Kata kunci: Growbox, tumbuhan, sel surya, growlight led, baterai

### PENDAHULUAN

Jumlah penduduk kian meningkat, sementara luas lahan pertanian makin mengecil. [1]. Sementara dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan pangan juga semakin meningkat. Baik makanan pokok, buah-buahan maupun sayuran, seluruhnya membutuhkan lahan untuk tumbuh. Berbagai teknologi dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan lahan tersebut, diantaranya teknik vertikultur [2], penggunaan lemari produksi [3] dan growbox tanaman [4] serta optimalisasi lahan dengan greenhouse [5] maupun hidroponik [6]. Penggunaan growbox menjadi solusi praktis karena dapat ditempatkan pada lahan yang sangat terbatas, sifatnya yang portabel dapat dipindahkan dengan mudah dan aman dari hama karena relatif tertutup sehingga cocok untuk daerah perkotaan. Penggunaan sel surya sebagai sumber energi alternatif pada growbox diharapkan dapat lebih menghemat energi yang dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat growbox sederhana berbentuk tabung, kemudian mengkaraktisasinya sehingga mendapatkan perkiraan apakah growbox dapat digunakan sehari-semalam secara terus-menerus atau tidak.

### Hidroponik

Metode hidroponik merupakan cara penanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tumbuh. Secara istilah hidroponik berarti penanaman dalam air yang memiliki unsur hara. Dalam prakteknya, hidroponik tidak dapat dilepaskan dari penggunaan media tumbuh selain tanah sebagai penopang pertumbuhan tanaman.

Sistem hidroponik merupakan cara produksi tanaman yang sangat efektif [7]. Sistem ini dikembangkan berdasarkan konsep jika tanaman diberi kondisi pertumbuhan yang optimal, maka dapat tercapai potensi maksimum untuk berproduksi. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan sistem perakaran tanaman, yang akan menghasilkan pertumbuhan tunas atau bagian atas yang sangat tinggi dari pertumbuhan perakaran tanaman yang optimum. Pada sistem hidroponik, larutan nutrisi yang mengandung komposisi garam-garam organik yang seimbang diberikan untuk menumbuhkan perakaran dengan kondisi lingkungan yang ideal. [6]

### Green house

Greenhouse merupakan bangunan berkonstruksi dengan sifat tembus pandang yang mampu memanipulasi iklim untuk menciptakan kondisi lingkungan yang dikehendaki dalam upaya pemeliharaan tanaman. Greenhouse modern memiliki kemampuan rekayasa cuaca. Sehingga rancangan greenhouse memiliki pengaruh yang besar terhadap lingkungan mikro didalamnya. Rekayasa cuaca yang dimaksud yaitu suhu, cahaya, kelembaban udara dan kelembaban tanah. Sistem kontrol cuaca memerlukan perangkat pasangan sensor dan aktuator. Sensor suhu berpasangan dengan kipas angin untuk mendinginkan udara. Sensor cahaya berpasangan dengan lampu penumbuh, dimana saat matahari meredup atau malam hari lampu penumbuh akan menyala.

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

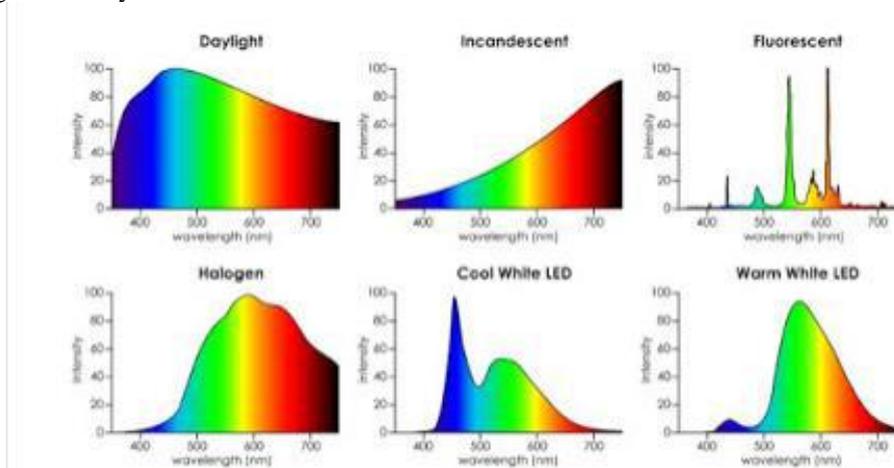
sedangkan sensor kelembaban berpasangan dengan pompa air untuk melembabkan udara atau tanah. Keseluruhan sensor dan aktuator dikendalikan oleh mikrokontroler. [5]

### Growbox

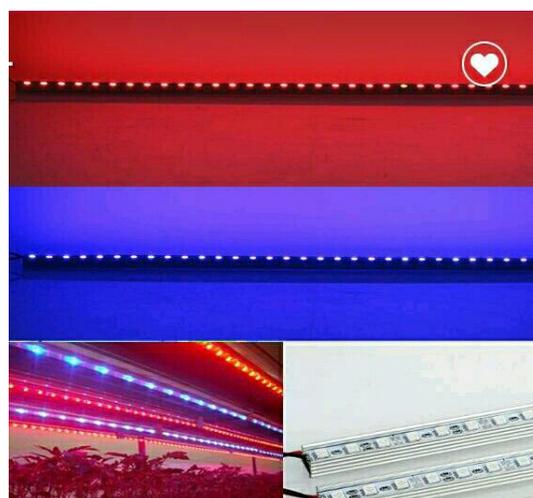
Growbox merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan lahan. Growbox berupa kotak penumbuh tanaman berukuran sedang dengan sistem elektronik di dalamnya. Sistem dikontrol melalui jaringan komunikasi untuk memudahkan pemantauan. Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi kondisi udara, suhu dan kelembaban, untuk itu digunakan sensor suhu, kelembaban udara dan kelembaban tanah. Growbox ditempatkan di ruang tertutup, sehingga sebagai pengganti digunakan growlight led. Pengaturan suhu menggunakan kipas angin, pengaturan kelembaban menggunakan perangkat pengabutan dan kelembaban tanah dikendalikan dengan pompa air. [4]

### Pengganti Cahaya Matahari Untuk Tanaman

Pengganti cahaya matahari untuk pertumbuhan tanaman dapat dilakukan menggunakan lampu yang disebut dengan growlight. Budidaya tanaman dengan menggunakan lampu sebagai sumber cahaya dilakukan di dalam ruangan tertutup. Klorofil di daun tanaman dapat menyerap cahaya tampak pada panjang gelombang 700 sampai 400 nm. Sinar biru berguna untuk mempertahankan proses regenerasi secara vegetatif tanaman dan sinar merah digunakan sebagai pemicu proses generatif. Berikut Gambar 1 menunjukkan berbagai jenis lampu dan spektrum cahaya yang dimilikinya.



Gambar 1 Berbagai macam spektrum cahaya lampu [3]



Gambar 2 Lampu LED

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

### Lampu LED

Light emitting diode atau LED adalah lampu pengganti sinar matahari yang digunakan untuk proses fotosintesis tanaman. LED sendiri merupakan komponen elektronika yang dapat memancarkan sinar monokromatik ketika diberikan tegangan bias maju. LED yang dibutuhkan memancarkan dua warna cahaya, yaitu merah dan biru, masing-masing cahaya memiliki panjang gelombang yang bervariasi dan memiliki fungsi yang berbeda seperti Gambar 2. Lampu LED memberikan penyorotan yang paling baik karena LED terdiri dari beberapa cahaya yang bersesuaian dengan kebutuhan tanaman [8].

### Kebutuhan Energi Listrik

Energi listrik yaitu energi yang diasosiasikan dengan muatan elektron, dinyatakan dalam watt-jam atau kilo watt-jam. Energi listrik adalah energi yang paling banyak digunakan untuk menyalakan lampu, pemanas, pendingin ruangan maupun peralatan mekanik lain. Satuan yang umum digunakan untuk penggunaan energi listrik adalah kilowatt-jam atau kWh atau kilowatt-hour.

Satuan kWh menyatakan besarnya daya yang dipakai dalam satuan kilowatt selama selang waktu tertentu dengan satuan jam. Satu kWh menyatakan energy listrik yang mengalirkan daya satu kilowatt dalam satu jam atau (1)

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \quad 1$$

satuan lain yang biasa digunakan adalah Wh dan mWh, dengan konversi yang dinyatakan oleh (2).

$$\begin{aligned} 1 \text{ Wh} &= 0,001 \text{ kWh} \\ 1 \text{ mWh} &= 0,001 \text{ Wh} \end{aligned} \quad 2$$

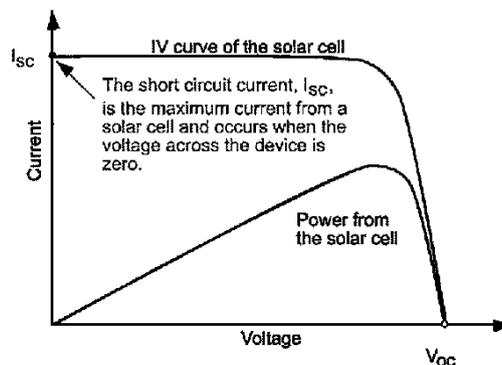
biaya listrik merupakan ongkos yang harus dibayarkan untuk setiap kwh-nya dan dinyatakan dalam satuan Rp/kwh. Biaya tersebut dihitung berdasarkan tarif dasar listrik dari setiap energi yang dibutuhkan, yang ditetapkan oleh pemerintah setempat.

### Sel surya

Sel surya (solar cell) atau sel fotovoltaik, adalah sebuah semikonduktor yang terdiri dari dioda yang daerah sambungan p-n nya lebih lebar, di mana, kehadiran cahaya matahari mampu menciptakan potensial dan aliran yang dapat digunakan. Pengubahan ini disebut efek fotovoltaik.

Banyak aplikasi daripada sel surya. Ia cocok digunakan bila tenaga listrik dari jaringan PLN tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator, pompa air, dll. Panel atau modul Sel surya bisa dipasang di atap gedung yang dihubungkan dengan inverter ke jaringan listrik dalam sebuah pengaturan jejaring meteran.

Beberapa bahan yang dapat dipakai untuk membuat sel surya diantaranya tembaga, silikon, titanium oksida, germanium, dan lain sebagainya. [9].



Gambar 3 Kurva IV Sel Surya [10]

### Karakter Listrik Sel Surya

Karakter sel surya yang diuji pada saat gelap dan terang dinyatakan dengan kurva IV. Sel surya diukur dengan cara menghubungkannya dengan hambatan variabel dan dilakukan penyinaran penuh. Hambatan diatur dari yang paling kecil hingga paling besar. Hubungan arus dan tegangan ditunjukkan pada Gambar 3. Ketika

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

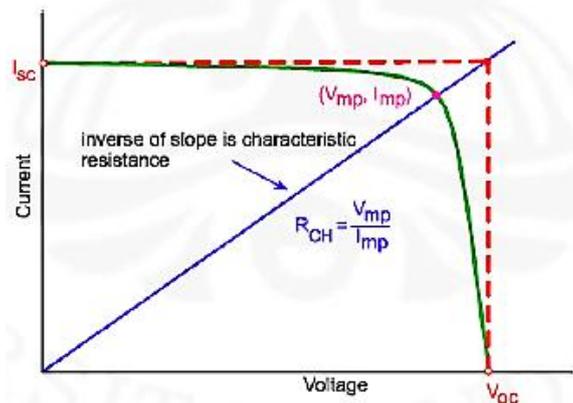
Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

hambatan diperbesar, terjadi kenaikan tegangan sementara arus sedikit turun dari arus maksimal, hingga mencapai suatu titik dimana arus turun banyak dan tegangan sedikit naik hingga tegangan maksimal. Karakteristik arus dan tegangan maksimal sel surya yaitu  $I_{SC}$  dan  $V_{OC}$ .  $I_{SC}$  adalah arus hubung singkat, ketika hambatan luar sangat kecil, tegangan menjadi nol dan arus mencapai nilai maksimalnya.  $V_{OC}$  adalah tegangan maksimal yang mampu dihasilkan sel surya, Ketika hambatan sangat besar dan tidak ada arus yang mengalir. [10]

Daya yang dihasilkan sel surya tergantung beberapa faktor diantaranya [10]:

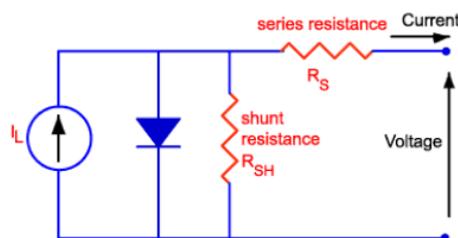
- Luas sel surya
- Jumlah foton (energi partikel cahaya yang jatuh).  $I_{SC}$  dari sel surya bergantung secara langsung pada intensitas cahaya.
- Spektrum atau distribusi frekuensi dari cahaya yang ditangkap. untuk kebanyakan sel surya, spektrum distandarkan pada spektrum AM1,5
- Sifat Optik (serapan dan pantulan) sel surya
- Probabilitas pengumpulan sel surya, yang bergantung terutama pada surface passivation dan waktu hidup dari carrier minor pada basis

Adanya hambatan luar mempengaruhi arus dan tegangan, maka ia juga mempengaruhi daya yang dihasilkan sel surya. Pada titik hambatan sangat kecil dan sangat besar, daya minimum. Daya menjadi maksimum pada suatu hambatan tertentu. Titik ini maximal power (mp), dan terjadi pada saat arus daya maksimum ( $I_{mp}$ ) dan tegangan daya maksimum ( $V_{mp}$ ). Lain halnya dengan daya, yaitu hambatan dalam, yang selain arus, juga dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya: pergerakan arus melalui emitor dan basis sel surya, hambatan sentuh antara permukaan logam dan silikon, dan hambatan sentuh logam antara bagian atas dan bawah. Hambatan berubah secara linier sebanding terhadap kuat arus dan tegangan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Karakteristik Hambatan [10]

Umumnya hambatan pada sel surya dibagi dua yaitu hambatan seri dan paralel yang dimodelkan seperti Gambar 5. Hambatan seri sel surya dipengaruhi 3 penyebab [10] yaitu: Pergerakan arus melalui basis dan emitor sel surya, Hambatan sentuh antara permukaan logam dan silikon dan hambatan sentuh logam bagian atas dan bawah.



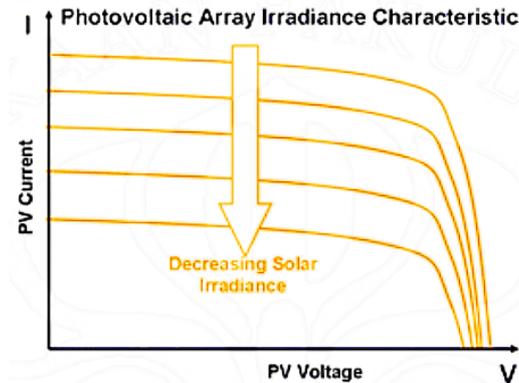
Gambar 5 Pemodelan Sederhana Sel Surya [10]

Hambatan yang berubah terhadap arus dan tegangan, juga dipengaruhi oleh suhu, otomatis suhu juga mempengaruhi besar arus dan tegangan. Efek meningkatnya suhu akan mengurangi secara terbalik tegangan

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

open circuit [10]. Sebaliknya, Arus yang dipicu cahaya bertambah sedikit dengan bertambahnya suhu karena peningkatan jumlah carrier yang dihasilkan secara termal dalam sel. Walaupun suhu ada hubungan langsung dengan intensitas cahaya, tetapi intensitas cahaya lebih berpengaruh kepada sel surya daripada suhu. Gambar 6 menunjukkan arus hubung singkat sebanding dengan jumlah foton yang diserap oleh material semikonduktor dan kemudian secara langsung berhubungan dengan nilai intensitas cahaya, sedangkan tegangan sirkuit terbuka hanya sedikit berubah ketika intensitas cahaya rendah [10].

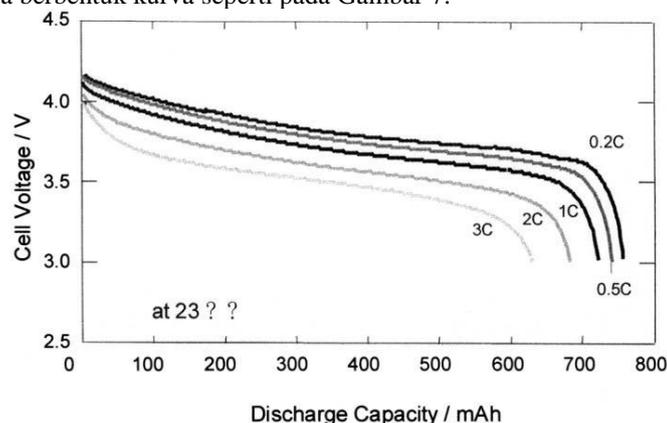


Gambar 6 Kurva IV Sel Surya Terhadap Perubahan Intensitas Cahaya Matahari [10]

### Baterai

Baterai merupakan perangkat yang diperlukan bagi kebanyakan perangkat saat ini [11]. Baterai mengubah secara langsung energi kimia menjadi energi listrik. Suatu baterai terdiri dari beberapa sel volta. Tiap sel terdiri dari 2 buah sel setengah yang terhubung seri melalui elektrolit konduktif yang berisi ion positif dan negatif. Satu sel setengah mengandung elektrolit dan elektroda negatif, elektroda untuk perpindahan anion; sel-setengah yang lain mengandung elektrolit dan elektroda positif yang kation berpindah kesitu. Reaksi redoks akan mengisi ulang baterai. Kation akan mengalami reduksi di katoda, sedangkan anion akan mengalami oksidasi di anoda ketika pengisian. Ketika digunakan, proses ini dibalik. Elektroda positif dan negatif tidak bersentuhan satu sama lain, tetapi dihubungkan oleh elektrolit. Beberapa sel menggunakan elektrolit berbeda untuk setiap sel setengah. Sebuah separator dapat mengalirkan ion di antara sel-setengah dan menghindari pencampuran elektrolit [12].

Sebuah sel ideal memiliki hambatan dalam yang dapat diabaikan, maka tegangan terminal sel tersebut akan terjaga konstan sebesar  $\epsilon$  sampai habis, kemudian turun menjadi nol. Jika tegangan sel konstan 1,5 volt dan menyimpan muatan satu coulomb maka akan menghasilkan 1,5 joule kerja. Pada sel nyata, hambatan dalam akan meningkat ketika melepas muatan (discharge) dan tegangan rangkaian terbuka juga menurun ketika melepas muatan. Jika tegangan dan hambatan diplot terhadap muatan, dimana muatan berubah terhadap waktu, maka grafiknya biasanya berbentuk kurva seperti pada Gambar 7.



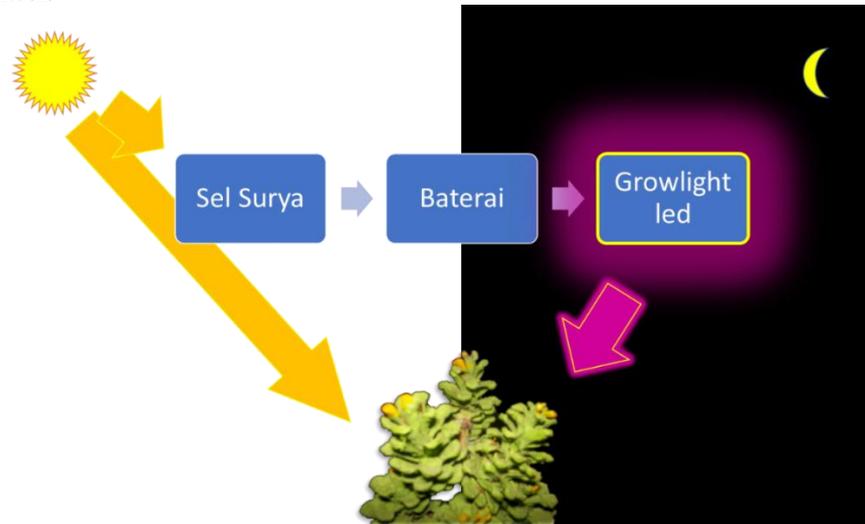
Gambar 7 Karakteristik Tegangan dan Muatan Baterai Lithium pada Beberapa Tingkat Kecepatan Pengosongan [13]

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

## METODE PENELITIAN

Perancangan sistem merupakan tahapan perancangan yang dilakukan secara menyeluruh terhadap pembuatan growbox, meliputi perancangan hardware dan perancangan mekanik. Skema dasar sistem growbox ditunjukkan pada Gambar 8 di bawah ini. Saat siang hari tanaman menerima sinar langsung dari matahari untuk berfotosintesis. Sementara selsurya mengubah sebagian cahaya matahari menjadi listrik untuk disimpan dalam baterai. Pada malam hari ketika matahari sudah tenggelam, lampu penumbuh akan menyala agar tanaman tetap bisa berfotosintesis.



Gambar 8 Sistem Kerja Growbox Tabung Sel Surya

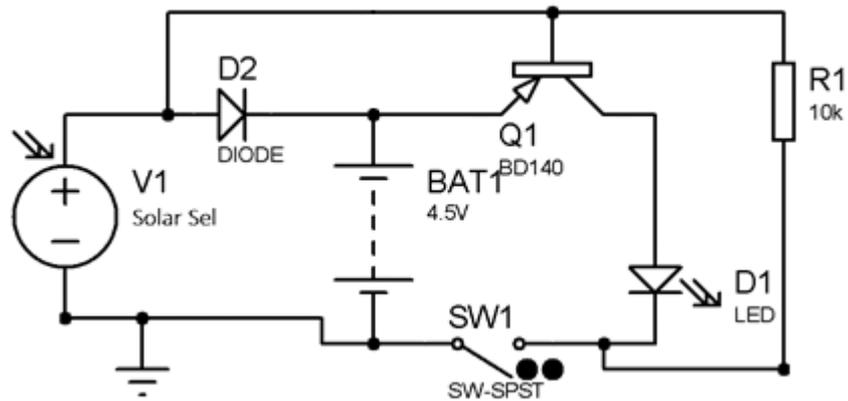
## Perancangan Hardware

Hardware disini merupakan bagian kelistrikan yang terdiri dari komponen input, output, penyimpanan dan kendali arus listrik. Komponen input berupa sel surya untuk memperoleh energi listrik dari energi matahari yang disimpan kedalam baterai. Komponen output berupa led yang memancarkan sinar penumbuh dengan energi dari baterai. Penyimpan energi menggunakan 3 baterai sekunder 1,5 v dilengkapi yang dirangkai seri. Untuk menjaga agar arus mengalir hanya dari sel surya ke baterai, dan tidak sebaliknya, maka diberi dioda antara sel surya dan baterai. Agar led menyala saat malam saja, digunakan transistor swiching sebagai komponen kendalinya. Transistor diaktifkan baterai dan dipicu oleh sel surya. Dalam keadaan gelap, tidak ada sinyal dari sel surya sehingga transistor berlogika 0 oleh *pull-down resistor* R1. R1 menerima tegangan sekitar 3,8 v, yang merupakan selisih dari tegangan baterai dikurangi  $v_{EB}$  transistor daya Q1. Arus yang mengalir melalui R1 sekitar 0,38 mA. Q1 memiliki penguatan arus 40 hingga 250 kali [14], maka akan ada arus yang melalui D1 antar 15,2 mA hingga 95 mA, tergantung hambatan dari D1. Saat terang, basis transistor menerima sinyal input dari sel surya yang tegangannya lebih tinggi dari baterai, sehingga Q1 menjadi tidak mengalirkan arus dari baterai ke led, maka led mati. Sebaliknya energi dari sel surya mengisi baterai sekunder Bat1. Untuk dapat mengisi baterai, tegangan sel surya harus lebih tinggi daripada tegangan baterai dan dioda, sekitar 5,1 volt lebih sedikit. Led dipilih yang berukuran kecil, 3 volt dan berdaya 1 watt. Sel surya juga dipilih yang berukuran kecil, 3,5 W 6 V. Diperkirakan led akan menyala selama 12 jam, jadi baterai harus berkapasitas minimal 3500 mAh. Susunan rangkaian hardware ditunjukkan pada *Gambar 9*.

Untuk memastikan asumsi diatas, perlu dilakukan pengujian atau karakterisasi. Pengujian akan dilakukan di bagian input dan output. Bagian input yaitu sel surya dan bagian output adalah led. Pengujian yang dilakukan berupa pengukuran arus dan tegangan. Dari pengujian tersebut akan dapat diperkirakan, energi yang diperoleh sel surya sepanjang hari mampu untuk menghidupi led sepanjang malam atau tidak.

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

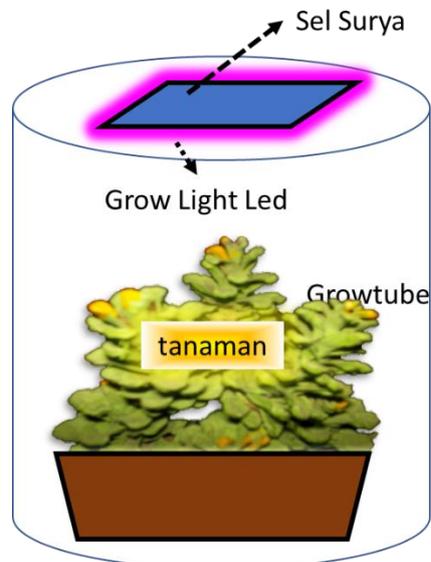
Jurnal Qua Teknika, (2019), 9(1) : 57-68



Gambar 9 Sirkit Kelistrikan Growbox Sel Surya

### Perancangan Mekanik

Perancangan Growbox terlihat pada Gambar 10. Ukuran Growbox ini diameter atas 36,5 cm diameter bawah 27 cm dan tinggi 35 cm. growbox terbuat dari kayu atau plastik semi tertutup dengan atap transparan untuk jalannya sinar. Sedangkan di dalam kotak terdapat pot sebagai media tanam. Adapun bentuk sketsa dari growbox dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Ilustrasi Penampang Tabung Growbox Sel Surya

Sel surya berada di atas untuk mengumpulkan energi cahaya, lampu penumbuh berada di bawahnya, sehingga masih di atas tanaman. Sedangkan baterai ditempatkan tepat di bawah sel surya dan diatas growlight led.

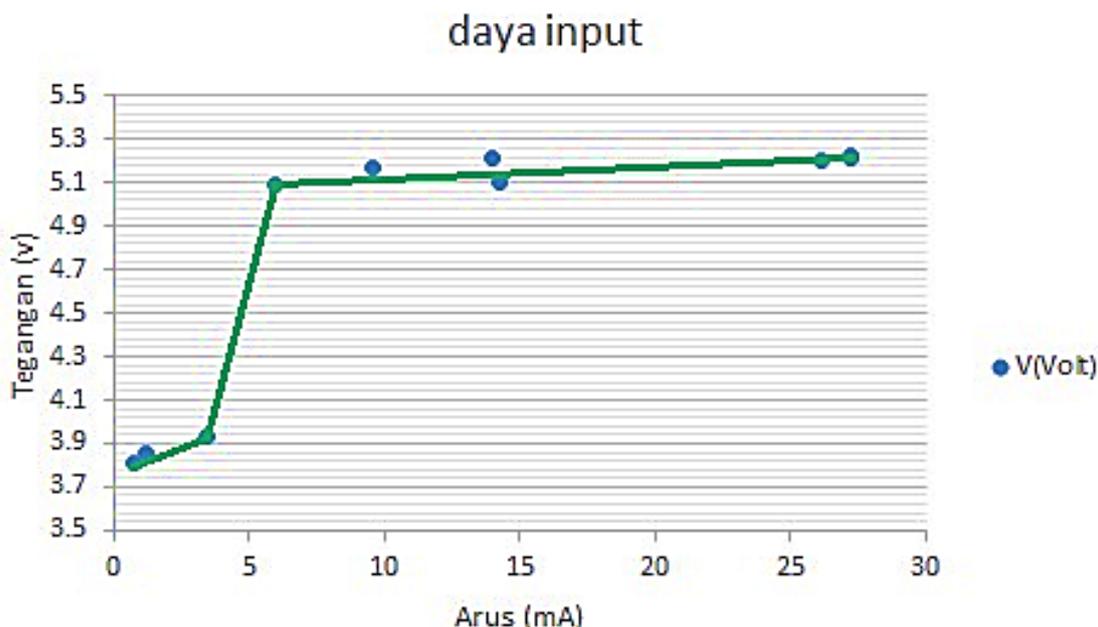
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelistrikan tabung growbox dikarakterisasi pada 2 kondisi, yaitu kondisi terang dan kondisi gelap di dua bagian, bagian input dan output. Karakterisasi arus dan tegangan menggunakan alat ukur amperemeter dan voltmeter digital merk Sanwa Tipe CD771 dengan ketelitian  $\Delta I = 0,01 \text{ mA}$  dan  $\Delta v = 0,001 \text{ v}$ . Pada bagian output led tidak dialiri arus saat kondisi terang sehingga arus dan tegangannya nol. Pada bagian input, selsurya akan menghasilkan tegangan dan arus yang bervariasi sesuai dengan intensitas cahaya yang diberikan. Hasil karakterisasi bagian input dalam 2 kondisi ditampilkan pada Gambar 11. Sedangkan bagian output saat terjadi

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.

Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

peralihan terang ke gelap ditunjukkan pada Gambar 12. Pengukuran dilakukan saat siang hari yang cerah dan pengaturan intensitas sinar matahari dilakukan dengan cara menutup sebagian sel surya dari sinar matahari.



Gambar 11 Karakteristik Arus dan Tegangan di Bagian Input

### Karakteristik Input

Gambar 11 menunjukkan karakter arus dan tegangan sel surya ketika keadaan gelap dan terang. Dalam keadaan gelap terdapat potensial rerata 3,87 v pada sel surya, padahal tidak ada sinar yang mengenainya. Potensial tersebut berasal dari baterai yang mengenai R1 dengan melalui Veb transistor Q1 menurut persamaan 3 berdasarkan rangkaian di *Gambar 9*.

$$V1 = V_{R1} = V_{BAT1} - V_{EB} \quad 3$$

Tegangan nominal baterai 4,5 v, Veb dapat berubah hingga 5v [14], dan pada arus lemah 0,7 v maka sel surya dan R1 mendapat potensial minimum 3,81 v, tidak sampai 0. Dalam keadaan terang sel surya menghasilkan potensial sebesar 5,09 v dan terjadi perubahan 2,7 % ketika intensitas cahaya diperkuat, sedangkan arus berubah 357%. Potensial sel surya dibatasi oleh tegangan baterai dan bias maju dioda sesuai dengan hukum Kirchoff yang dinyatakan pada persamaan 4.

$$V1 = V_{D1} + V_{BAT1} \quad 4$$

Jika tegangan nominal baterai 4,5 v dan bias maju dioda 0,6 v maka sel surya harus menghasilkan potensial 5,1 v lebih sedikit untuk dapat mengalirkan arus. Sementara itu bias maju dioda dipengaruhi arus yang mengalir padanya,  $V_{D1} = V(I)$  dan tegangan baterai juga dapat berubah tergantung arus dan muatan tersimpan,  $V_{BAT1} = V(I, q)$ . Jadi potensial disini dipengaruhi arus, sedangkan arus yang dialirkan sel surya juga dipengaruhi tegangan, sebagaimana dinyatakan oleh persamaan 5.

$$I_{V1} = \frac{V1}{R1} + \frac{V_{BAT1}}{r_{BAT1}} \quad 5$$

$I_{V1}$  adalah arus yang dihasilkan sel surya, R1 merupakan *pull-down* resistor dan  $r_{BAT1}$  adalah hambatan dalam baterai. Pada keadaan ini dianggap tidak ada arus yang mengalir di transistor Q1, sehingga arus dari sel surya hanya mengalir melalui R1 dan sisanya mengisi baterai. Nilai R1 = 10 k $\Omega$ , maka hanya 0,5 mA arus yang mengalir padanya, untuk V1 = 5,09 v, jadi masih ada 91% arus yang mengisi baterai. Hambatan dalam baterai juga berubah tergantung muatan baterai dan suhu,  $r_{BAT1} = R(q, T)$  yang jika baterai sudah penuh hambatan menjadi sangat besar sehingga tidak mengalirkan arus, kecuali dalam arah sebaliknya. Bentuk tegangan dan hambatan dalam baterai terhadap arus, muatan dan suhu belum ada rumus yang baku, kecuali pemodelan yang bermacam-macam [15] [16] [17]. Perubahan potensial drastis terjadi ketika sel surya mendapat sinar matahari, kemudian tidak, atau dengan istilah lain, transisi dari keadaan terang ke gelap, transisi dari transistor yang aktif menjadi non aktif. Namun tidak untuk arus, perubahannya tidak secepat tegangan. Karena pada keadaan

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

remang-remang pun masih ada arus yang mengalir dari kecilnya potensial, walaupun sangat sedikit sekali, 0,72 mA. Untuk memastikan hal ini perlu dilakukan pengukuran intensitas matahari, arus dan tegangan pada sistem sel surya.

Karakteristik daya masukan pada *Gambar 11* juga menunjukkan bahwa sel surya dapat menghasilkan daya hingga 142,4 mWatt dalam keadaan terik matahari. Pengukuran ini dilakukan ketika baterai tidak kosong dan tidak penuh. Hasil akan berbeda ketika baterai kosong, suharusnya daya yang dihasilkan akan lebih banyak lagi karena lebih banyak arus yang dapat dialirkan, sebaliknya jika baterai sudah penuh, dayanya semakin sedikit.

### Karakteristik Output

Gambar 12 Menunjukkan karakteristik arus dan tegangan pada bagian output. Arus tidak berubah secara linier terhadap tegangan, bahkan cenderung eksponensial. Grafik hubungan arus dan tegangan sesuai dengan trendline yang dinyatakan dalam persamaan 6. Dengan y adalah tegangan dan x adalah arus.

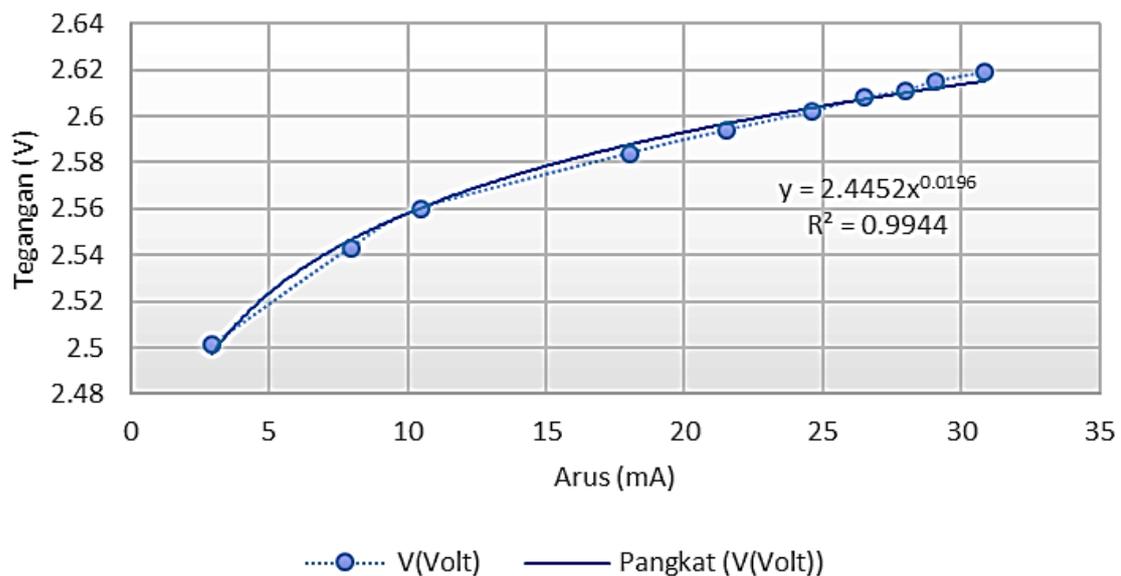
$$y = 2,4452x^{0,0196} \quad 6$$

Bila kita sesuaikan persamaan ini dengan skema di *Gambar 9*, dimana y adalah tegangan dioda dan x adalah arus yang melalui dioda maka didapatkan persamaan 7, dengan  $V_{D1}$  dalam volt dan  $I_{D1}$  dalam mili ampere.

$$V_{D1} = 2,4452 \cdot I_{D1}^{0,0196} \quad 7$$

Grafik karakteristik output menandakan bahwa hambatan dioda berubah ketika dialiri arus atau tidak. Hukum ohm menyatakan jika tegangan sebanding dengan arus,  $V = IR$ , sedangkan persamaan 7 tidak menyatakan secara eksplisit hambatannya berapa dan seakan-akan menyalahi formulasi Ohm. Maka data karakteristik output harus diekstrak untuk mendapatkan hubungan arus dan hambatan.

### Karakteristik Output



Gambar 12 Karakteristik Arus dan Tegangan pada Bagian Output

Bentuk ketergantungan hambatan terhadap arus ditunjukkan oleh *Gambar 13*. Hambatan berkurang secara eksponensial terhadap arus. Jika arus semakin besar, maka hambatan semakin kecil. Kebergantungan hambatan terhadap arus ini dinyatakan dalam persamaan 8, dimana  $R_{D1}$  dalam Ohm dan  $I_{D1}$  dalam mili ampere.

$$R_{D1} = 2445,2 I_{D1}^{-0,98} \quad 8$$

Perubahan hambatan tersebut bilamana kita konfirmasi kepada hukum Ohm dimana arus dalam miliampere dan tegangan dalam Volt, maka didapatkan persamaan 9 yang sesuai dengan persamaan 7.

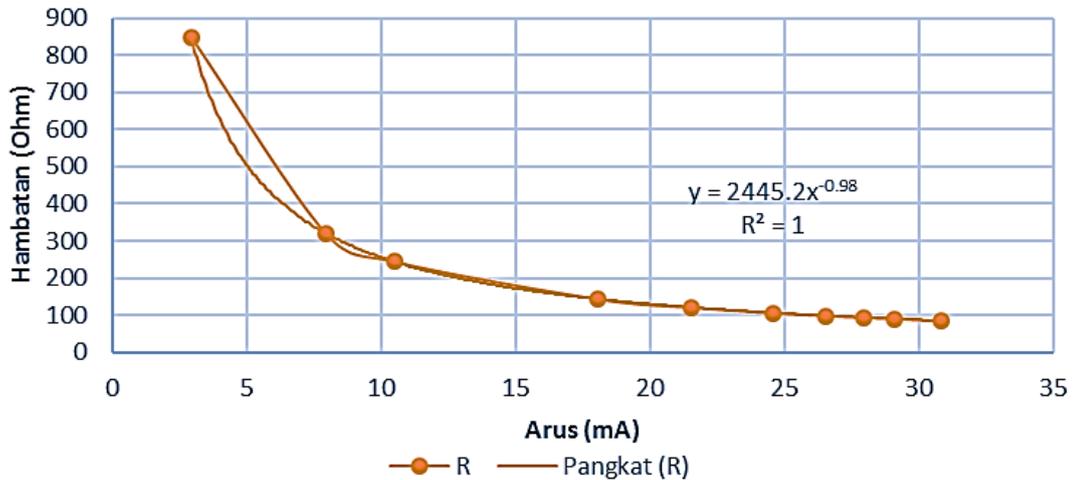
$$V_{D1} = \frac{I_{D1} R_{D1}}{1000}$$

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

$$V_{D1} = \frac{I_{D1}}{1000} \times 2445,2 I_{D1}^{-0,98}$$

$$V_{D1} = 2,4452 \cdot I_{D1}^{0,02} \quad 9$$

### Grafik Perubahan Hambatan terhadap Arus



Gambar 13 Karakteristik Hambatan Output LED

#### Konsumsi Daya

Kebalikan dari hambatan, yang membagi tegangan terhadap arus, daya dihitung dengan mengalikan tegangan dan arus. Komponen output, yaitu led hanya mengkonsumsi daya maksimal 80,77 mili watt, lebih kecil daripada daya masukan yang dihasilkan sel surya. Melihat daya masukan dan daya keluaran seharusnya baterai mampu menghidupkan lampu sepanjang malam dari energi yang diperoleh dari sel surya sepanjang hari itu. Namun bukan itu saja yang mempengaruhi kecukupan energi, rugi-rugi daya dari transistor, resistor dan dioda juga perlu diperhitungkan dan yang paling utama yaitu muatan. Muatan yang masuk tidak boleh kurang dari muatan yang keluar. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran rata-rata daya dan arus yang masuk dan keluar sepanjang hari, yang akan dibahas pada penelitian selanjutnya. Namun dari data arus masuk dan arus keluar di Tabel 1, muatan yang dihasilkan sel surya mencukupi kebutuhan muatan yang diperlukan lampu LED. Ketika tegangan baterai semakin berkurang karena konsumsi daya dari led di malam hari, maka ia akan menarik lebih banyak arus dari sel surya pada siang harinya, mengingat selisih arus masukan dan keluaran hanya sedikit.

Tabel 1 Karakteristik Maksimal Masukan dan Keluaran Tabung Growbox Sel Surya

Karakteristik	Masukan	Keluaran
Arus (mA)	27.26	30.84
Tegangan (V)	5.23	2.62
Daya (mW)	142.36	80.77

#### SIMPULAN

Telah dibuat tabung growbox sel surya dengan tinggi 35 cm, diameter bawah 27 cm dan diameter atas 36,5 cm. Karakterisasi dilakukan dengan mengukur arus dan tegangan masukan dari sel surya dan keluaran dari lampu led. Dari hasil karakterisasi didapatkan sel surya dapat menghasilkan daya masukan hingga 142,36 mW dan led mengkonsumsi daya keluaran hingga 80,77 mW. Melihat daya yang dihasilkan dan dikonsumsi, dapat diperkirakan tabung growbox mampu bekerja sehari-semalam secara terus menerus hingga waktu yang tidak diketahui. Untuk itu perlu dilakukan pengujian daya selama 24 jam untuk melihat fluktuasi daya yang dihasilkan dan yang dikonsumsi. Penelitian selanjutnya juga perlu melihat hasilnya pada tanaman sayur atau buah, dibandingkan dengan tidak menggunakan growbox.

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.  
*Jurnal Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

---

## REFERENSI

- [1] Y. Hidayat, "Sebuah Problem Perdesaan : Lahan Pertanian Terbatas, Kemiskinan Meningkat," 19 September 2017. [Online]. Available: <https://geotimes.co.id/opini/sebuah-problem-perdesaan-lahan-pertanian-terbatas-kemiskinan/>. [Accessed 1 Desember 2018].
- [2] L. Lukman, "Teknologi Budidaya Tanaman Sayuran Secara Vertikultur," Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung, 2008.
- [3] M. F. HADIMAN, "PENGENDALIAN KUAT PENERANGAN PADA LEMARI PRODUKSI PENYEMAIAN TANAMAN CABAI MERAH KERITING," POLITEKNIK NEGERI PADANG, Padang, 2017.
- [4] W. Vernandhes, N. S. Salahuddin and A. Kowanda, "SMART GROWBOX DESIGN WITH TEMPERATURE AND HUMIDITY," *Jurnal Teknoin*, pp. 850-859, 2017.
- [5] I. A. Sari, A. . N. Handayani and D. Lestari, "Smart Greenhouse sebagai Media Pembibitan Kentang Granola Kembang Berbasis Mikrokontroler," in *prosiding seminar nasional teknologi elektro terapan Vol. 2. No. 1*, Malang, 2018.
- [6] R. Rosliani and N. Sumarni, BUDIDAYA TANAMAN SAYURAN DENGAN SISTEM HIDROPONIK, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2005.
- [7] K. Raffar, "Hydroponics in tropica," in *International Seminar on Hydroponic Culture of High Value Crops in the Tropics in Malaysia*, 1990.
- [8] A. R. Restiani, S. Triyono, A. Tusi and R. Zahab, "The Effect of Lamp Types on The Growth and Production of Lettuce Grown in an Indoor Hydrophonic System," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 4, p. 3, 2015.
- [9] Wikipedia, "Sel surya," 13 Oktober 2018. [Online]. Available: [https://id.wikipedia.org/wiki/Sel\\_surya](https://id.wikipedia.org/wiki/Sel_surya).
- [10] E. Adityawan, "Studi Karakteristik Pencatutan Solar Cell Terhadap Kapasitas Sistem Penyimpanan Energi Baterai," Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [11] M. . M. Munir, S. . N. Wahid, F. Iskandar and Khairurrijal, "A System for Characterizing Batteries and Their Charging-Discharging Properties," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 771, pp. 96-99, 2015.
- [12] Wkipedia, "Baterai," Wikipedia bahasa Indonesia, 9 Juni 2019. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Baterai>. [Accessed 14 Juli 2019].
- [13] Y. Nishi, "Lithium-Ion Secondary Batteries with Gelled Polymer Electrolytes," in *Advances in Lithium-Ion Batteries*, New York, Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 233-249.
- [14] Philips Electronics, BD136; BD138; BD140 PNP power transistors, Eindhoven: Philips Semiconductors, 1997.

Syamsudin Nur Wahid, Mukhlison. 2019. Karakter Kelistrikan Sistem Growbox Tabung Menggunakan Sel Surya.  
*Jurnal Qua Teknika*, (2019), 9(1) : 57-68

---

- [15] M. Chen and G. A. Rincón-Mora, "Accurate Electrical Battery Model Capable of Predicting Runtime and I–V Performance," *IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION*, vol. 2, no. 21, pp. 504-511, 2006.
- [16] R. L. Fares, J. P. Meyers and M. E. Webber, "A dynamic model-based estimate of the value of a vanadium redox flow battery for frequency regulation in Texas," *Applied Energy*, no. 113, pp. 189-198, 2014.
- [17] T. Wu, M. Wang, Q. Xiao and X. Wang, "The SOC Estimation of Power Li-Ion Battery Based on ANFIS Model," *Smart Grid and Renewable Energy*, vol. 3, pp. 51-55, 2012.