

# Estimasi Nilai Parameter *Photovoltaic* dengan Algoritma Numerik Menggunakan Software PSIM

<sup>1</sup>Dimas Nur Prakoso, <sup>2</sup>Novie Ayub Windarko, <sup>3</sup>Bambang Sumantri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,  
Jl. Raya ITS, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur, Indonesia

Email: <sup>1</sup>dimasnprakoso@gmail.com, <sup>2</sup>ayub.sch@gmail.com,  
<sup>3</sup>bambang@pens.ac.id

---

## Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

## Sejarah Artikel

Diterima pada Desember 2020  
Disetujui pada Februari 2021  
Dipublikasikan pada Mei 2021  
Hal. 429-444

---

## Kata Kunci:

*Photovoltaic*, *Maximum Power Point*, Kurva Karakteristik, PSIM

---

## DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v3i4.623>

---

didapatkan daya sebesar 23 *Watt* dan arus 1.5 *Ampere*. Dari pengujian masing-masing nilai iradiasi tersebut kurva karakteristik P-V dan kurva karakteristik I-V yang didapatkan dari algoritma numerik *secant method* sudah sesuai dengan kurva karakteristik aslinya.

**Abstrak:** Pemanfaatan sinar matahari dengan menggunakan panel *photovoltaic* akan berdampak ramah lingkungan, pemodelan dilakukan untuk menggunakan panel *photovoltaic* tersebut, pemodelan yang digunakan disini adalah *single diode*, parameter dari pemodelan tersebut akan diestimasi dan digunakan sebagai *input*. Metode yang digunakan adalah algoritma numerik *secant method*. Metode tersebut nantinya digunakan untuk mencari nilai *Maximum Power Point*, dari nilai MPP tersebut akan digunakan sebagai nilai *input* kurva karakteristik P-V dan kurva karakteristik I-V lalu dibandingkan dengan kurva karakteristik asli dari *photovoltaic* tersebut. Pengujian dilakukan dengan empat (4) nilai iradiasi yang berbeda yaitu 1000, 750, 500 dan 250. Pengujian akan dilakukan menggunakan *software* simulasi PSIM. Dari pengujian yang telah dilakukan dengan nilai iradiasi 1000 didapatkan daya sebesar 102 *Watt* dan arus 6.03 *Ampere*, dengan nilai iradiasi 750 didapatkan daya sebesar 75 *Watt* dan arus 4.52 *Ampere*, dengan nilai iradiasi 500 didapatkan daya sebesar 49 *Watt* dan arus 3.01 *Ampere*, dengan nilai iradiasi 250

## PENDAHULUAN

*Photovoltaic* atau yang biasa disebut dengan PV memerlukan cahaya matahari untuk mendapatkan daya. *Photovoltaic* adalah semikonduktor dimana radiasi matahari langsung diubah sehingga menjadi energi listrik (Subandi & Hani, 2015). Cahaya matahari adalah salah satu opsi terbaik karena unggul dalam hal ketersediaan energi, efektivitas biaya, efisiensi (Kannan & Vakeesan, 2016), perawatan yang rendah persyaratan, dan ramah lingkungan (Liu, Huang, Huang, & Liang, 2012), dengan hal itu maka teknologi dalam bidang surya memiliki pertumbuhan yang cepat namun teknologi tersebut menghadapi hambatan teknis (Kabir, Kumar, Kumar, Adelodun, & Kim, 2018), salah satunya adalah rendahnya efisiensi konversi energi (Windarko, Tjahjono, Anggriawan, & Purnomo, 2016). Pemanfaatan panel *photovoltaic* sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada didaerah tropis, yang dilewati oleh garis khatulistiwa dimana matahari bersinar sepanjang waktu (Najmurokhman,

2018.). Di Indonesia pada tahun 2014 pemerintah mengeluarkan peraturan tentang Kebijakan Energi Nasional yang tertera pada peraturan nomor 79. Yang diharapkan pada tahun 2025 peran Energi Baru dan Terbarukan paling sedikit bisa mencapai 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit bisa mencapai 31% pada tahun 2050 (Indonesia, 2017).

Untuk mencapai kebijakan peraturan yang dibuat pemerintah tersebut dan melimpahnya energi matahari di Indonesia maka *photovoltaic* akan berdampak besar jika digunakan. Untuk mendapatkan daya yang dikeluarkan dari *photovoltaic*, *input* atau masukan utama dari *photovoltaic* ini adalah radiasi dan suhu, akan tetapi jika cuaca tidak menentu maka daya yang dihasilkan *photovoltaic* tidak akan maksimal. Sebelum mendapatkan daya perlu dilakukan pemodelan matematis pada *photovoltaic*. Kemampuan untuk memodelkan keluaran *photovoltaic* adalah kunci untuk analisis kinerja *photovoltaic* (Ma, Yang, Lu, & Peng, 2014). Pemodelan tersebut biasa dikatakan dengan pemodelan *single diode* atau pemodelan *double diode*, dimana merangkai secara *parallel diode* dengan rangkaian yang telah dibuat.

Selain itu untuk mendapatkan daya atau mendapatkan nilai *Maximum Power Point* atau nilai MPP dari *photovoltaic* diperlukan juga melakukan estimasi pada nilai parameternya. Dan ada juga berbagai faktor lainnya, seperti tingkat penyinaran, temperatur dan beban yang terhubung, yang mempengaruhi efisiensi tersebut (Fitriah, Wijaya, & Firmansyah, 2019).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmed Hussein dijelaskan bahwa untuk menghitung parameter penting yang diperlukan untuk karakterisasi modul *photovoltaic*. Digunakan pemodelan *single diode* dan nilai *data set* pada modul *photovoltaic* yang dapat digunakan untuk mendapatkan kurva I-V, serta parameter STC yang digunakan yaitu pada kondisi *standart*. Penulis membandingkan *data set* dua modul *photovoltaic* dan di simulasikan pada Matlab sehingga didapatkan kurva I-V yang berbeda walaupun dengan nilai parameter yang sama (Hussein, 2017).

Lalu dalam penelitian yang ditulis oleh Himanshu Sekhar Sahu, Shashank Kumar dan Sisir Kumar Nayak. Penulis menjelaskan bahwa makalah ini menyajikan pendekatan baru untuk memperkirakan titik daya maksimum (MPP) dari *array photovoltaic* (PV). MPP dari *array PV* diperkirakan secara langsung dari kurva *current voltage* (I-V) dengan menggunakan Metode Peningkatan *Bisection* (IBM) dalam kondisi iradiasi dan suhu yang berbeda. Lima parameter model *single dioda* parameter modul PV akan diperkirakan dari nilai lembar data sheet yang diberikan oleh pabrikan dalam kondisi uji standar (STC). Estimasi MPP dari *Array PV* di bawah kondisi lingkungan yang berbeda disajikan dengan menggunakan program MATLAB. Setelah didapatkan hasilnya akan diamati bahwa Estimasi MPP modul hampir sama dengan MPP yang sebenarnya (Sahu, Kumar, & Nayak, 2018).

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh M. R. AlRashidi, K. M. El Naggar, dan M. F. AlHajri. Pada makalahnya menyajiikan teknik baru yang berbeda pada estimasi pada *photovoltaic*. Perbedaan yang dimaksud penulis yaitu pada pemodelannya penulis mengestimasi dengan pemodelan *double diode* dan parameter yang digunakan penulis untuk melakukan estimasi yaitu *generated photocurrent*, *saturation current*, *series resistance*, *shunt resistance*. Pemodelan *double diode* ini digunakan karena kinerja pemodelan ini menghasilkan nilai yang lebih presisi dari pemodelan *single diode*, sehingga nantinya hasil yang di dapatkan

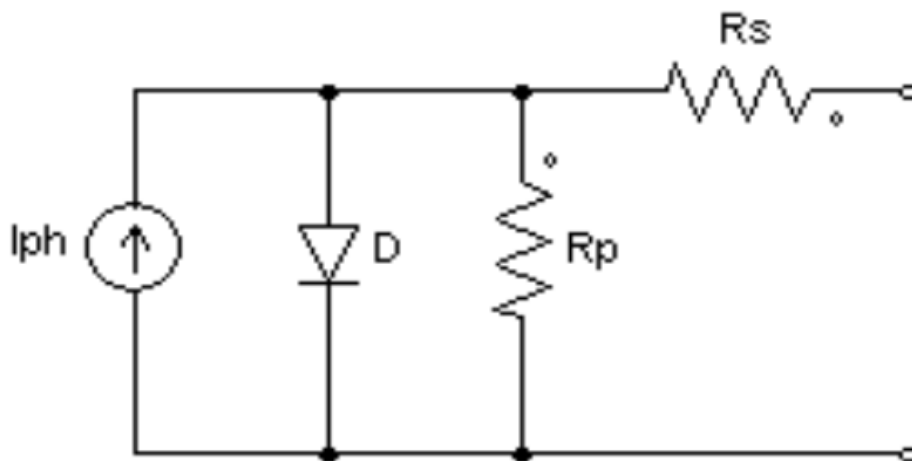
dari simulasi untuk melakukan estimasi yang dilakukan penulis akan menjadi lebih baik sesuai dengan hasil pada makalah yang disajikan oleh penulis (Alrashidi & Alhajri, 2013).

Dan pada makalah yang ditulis ini akan menyajikan nilai MPP dengan *input* parameter yang telah di estimasi terlebih dahulu. Untuk nilai MPP nantinya berupa daya (P), arus (I), dan tegangan (V). Diperlukan metode tertentu untuk didapatkannya hasil yang maksimal. Metode yang akan digunakan yaitu algoritma numerik *secant method*. Nilai *input* yang digunakan pada algoritma numerik *secant method* tersebut seperti nilai *Voltage Open Circuit* (VOC), arus hubung singkat ISC, suhu dan iradiasi matahari, sehingga didapatkannya nilai MPP. Pengujian ini dilakukan dengan *software* PSIM dan diharapkan nantinya algoritma numerik *secant method* ini akan bekerja secara maksimal dengan ditandakannya kurva P-V dan kurva I-V yang dihasilkan sudah sesuai dengan karakteristik *photovoltaic* tersebut.

## METODE

### Pemodelan *Photovoltaic Single Diode*

Rangkaian pemodelan *single diode* dari *photovoltaic* ditampilkan pada Gambar 1. Gambar 1 merupakan model yang dipresentasikan dengan sebuah sumber arus yang terpasang anti paralel dengan *diode* dan didapatkan juga resistansi dari panel surya tersebut yaitu  $R_s$  (resistansi seri) dan  $R_p$  (resistansi paralel) (De Brito, Galotto, Sampaio, De Azevedo Melo, & Canesin, 2013)

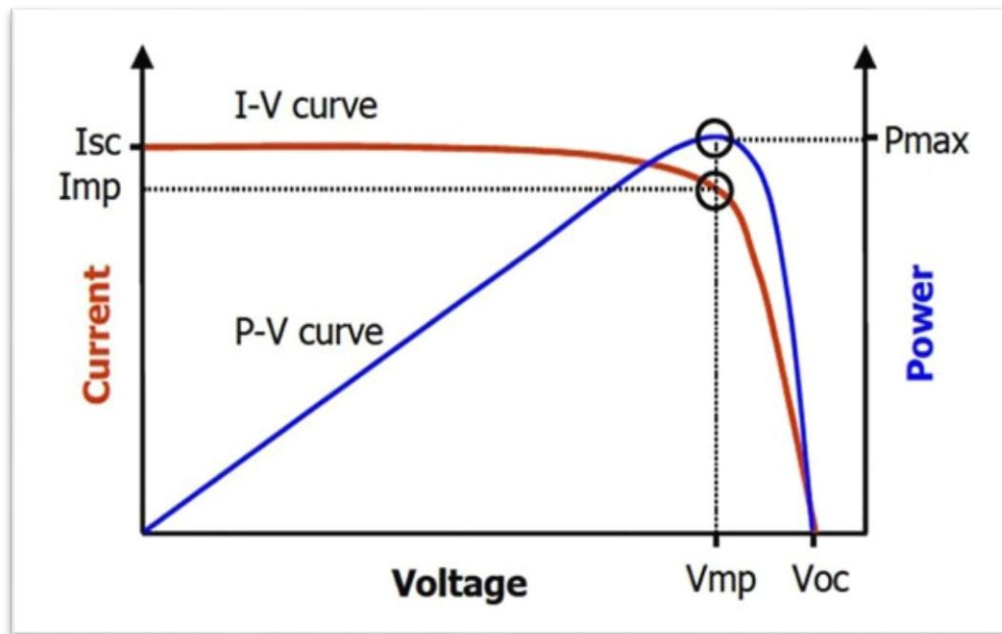


Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen *Single Diode*

Pemodelan simulasi dari *photovoltaic* hanya berdasarkan satu sumber arus yang mempresentasikan satu buah *photovoltaic* dan perumusan matematika adalah sebagai berikut (Satpathy, 2014)(Messalti, Harrag, & Loukriz, 2015):

$$I = I_{ph} - I_r \left( e^{\frac{V + R_s I}{(n * k * T) / q}} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

Dimana  $V$  adalah tegangan yang keluar dari *photovoltaic*,  $I_{ph}$  adalah arus yang dihasilkan oleh *diode* akibat iradiasi matahari,  $I_r$  adalah arus saturasi,  $q$  adalah konstanta *electrical charge* ( $1.6 \times 10^{-9}$  C),  $\eta$  adalah faktor kualitas *p-n junction*,  $k$  adalah konstanta *boltzmann* ( $1.38 \times 10^{-23}$  J/K) dan  $T$  adalah suhu (kelvin). Dengan menggunakan pemodelan tersebut diharapkan didapatkan nilai MPP sehingga dapat memunculkan kurva I-V dan P-V yang sesuai dengan yang sebenarnya. Kurva I-V dan P-V pada umumnya akan ditampilkan pada Gambar 2.



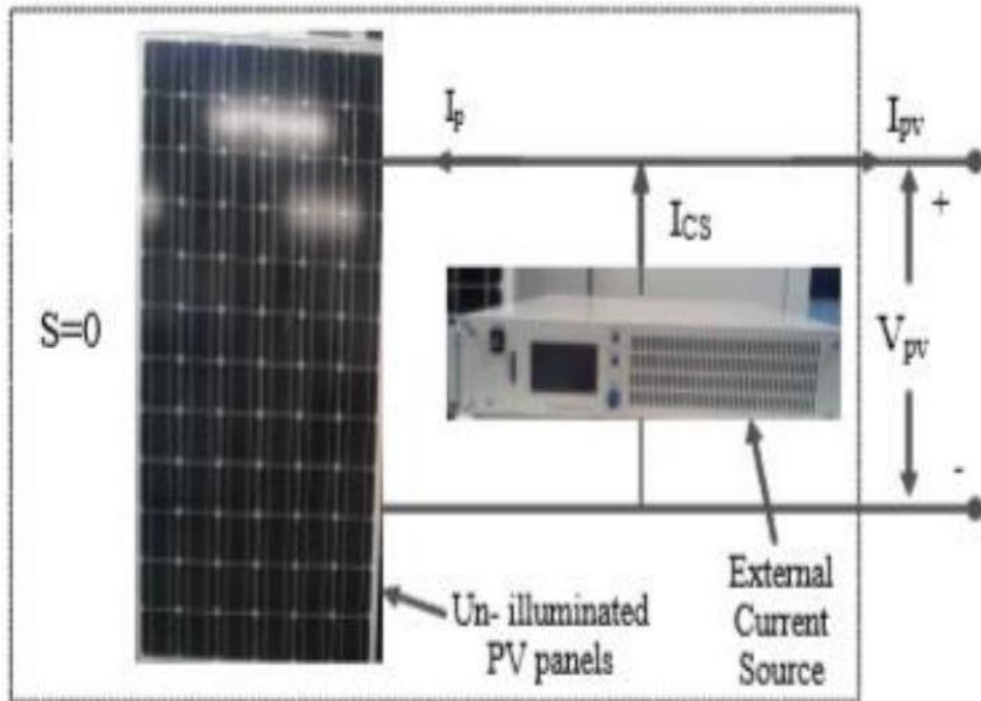
Gambar 2. Kurva Karakteristik *Photovoltaic*

Pada Gambar 2 merupakan gambar karakteristik dari PV, PV akan menghasilkan daya maksimum jika tegangan dan arus berada pada titik  $I_{mp}$  dan  $V_{mp}$ . Dari kurva I-V akan didapatkan nilai MPP nya. Hasil dari tegangan  $V_{mp}$  dan arus  $I_{mp}$  tersebut akan menjadi daya maksimal ( $P_{mpp}$ ). Pada kurva P-V terlihat nilai puncak atau *maximum power point tracking* (MPPT). Perubahan dari nilai arus dan tegangan akan mempengaruhi nilai daya tersebut.

### ***Unilluminated Photovoltaic***

Permintaan tenaga listrik menggunakan panel *photovoltaic* terus meningkat karena peningkatan panel *photovoltaic* dan teknologi konversi daya, terutama dengan meningkatnya permintaan untuk energi terbarukan di seluruh dunia sejumlah besar listrik dari *photovoltaic* sekarang disuntikkan ke dalam sistem utilitas melalui jaringan distribusi. Sistem tenaga listrik tenaga surya dari banyak *photovoltaic* dan *photovoltaic inverter*. Sistem pembangkit *photovoltaic* dapat dibentuk oleh banyak *photovoltaic* yang terhubung paralel/seri untuk menyediakan tegangan dan arus yang mencukupi. sebuah *photovoltaic inverter* yang dibangun menggunakan perangkat semikonduktor daya dan sirkuit kontrol berbasis mikro komputer digunakan dalam mengontrol operasi sistem *photovoltaic* sehingga selalu

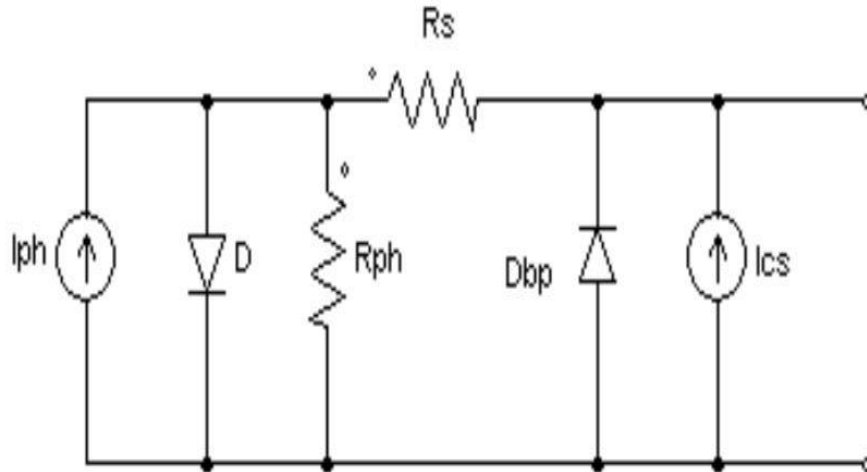
dapat beroperasi pada titik daya maksimum (MPP) untuk menangkap daya maksimum yang mungkin di bawah radiasi matahari yang diberikan. *Photovoltaic* biasanya dirancang dengan umur 25 tahun namun masa pakai *inverter* biasanya kurang dari itu karena kegagalan komponennya. Simulasi sumber daya *photovoltaic* dibuat menggunakan panel surya yang tidak diberi cahaya (*Unilluminated Photovoltaic*) dan diparalel menggunakan sumber arus untuk menguji *photovoltaic inverter* dan algoritma MPPT di laboratorium, koneksi rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Koneksi *Unilluminated Photovoltaic*

Perhatian besar telah diberikan pada pengembangan *photovoltaic inverter* canggih untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi, keandalan yang lebih tinggi, algoritma biaya rendah dan kontrol lanjutan. Untuk pengembangan dan percobaan uji *solar inverter* yang terhubung dengan panel surya, kondisi pengujian berulang sangat sering diperlukan untuk membenarkan algoritma kontrol *photovoltaic inverter* dan pengujian keandalan *photovoltaic inverter*. Akan sangat sulit untuk melakukan pengujian berulang dengan menggunakan panel surya yang dipasang di luar ruangan karena kondisi atmosfer yang tidak dapat diprediksi yang dapat mempengaruhi pengulangan kondisi pengujian, pemasangan sistem yang tidak mudah serta memerlukan biaya pemeliharaan. Saat ini berbagai *simulator photovoltaic* telah dikembangkan untuk menggantikan *photovoltaic* yang terpasang diluar ruangan yang sebenarnya untuk menguji *photovoltaic inverter* dan algoritma kontrol, beberapa di antaranya telah tersedia secara komersial. Model *equivalent photovoltaic* telah banyak digunakan untuk simulasi kinerja dan prediksi dalam merancang, membuat dan mengevaluasi sistem panel surya. Rangkaian ekuivalen *unilluminated photovoltaic* dapat dilihat pada Gambar 4, dimana  $I_{sc}$

merepresentasikan sumber arus yang dihasilkan oleh *power supply* DC eksternal, Dbp merepresentasikan *diode bypass* yang terpasang pada *photovoltaic*.



Gambar 4. Rangkaian *Equivalent Unilluminated Photovoltaic*

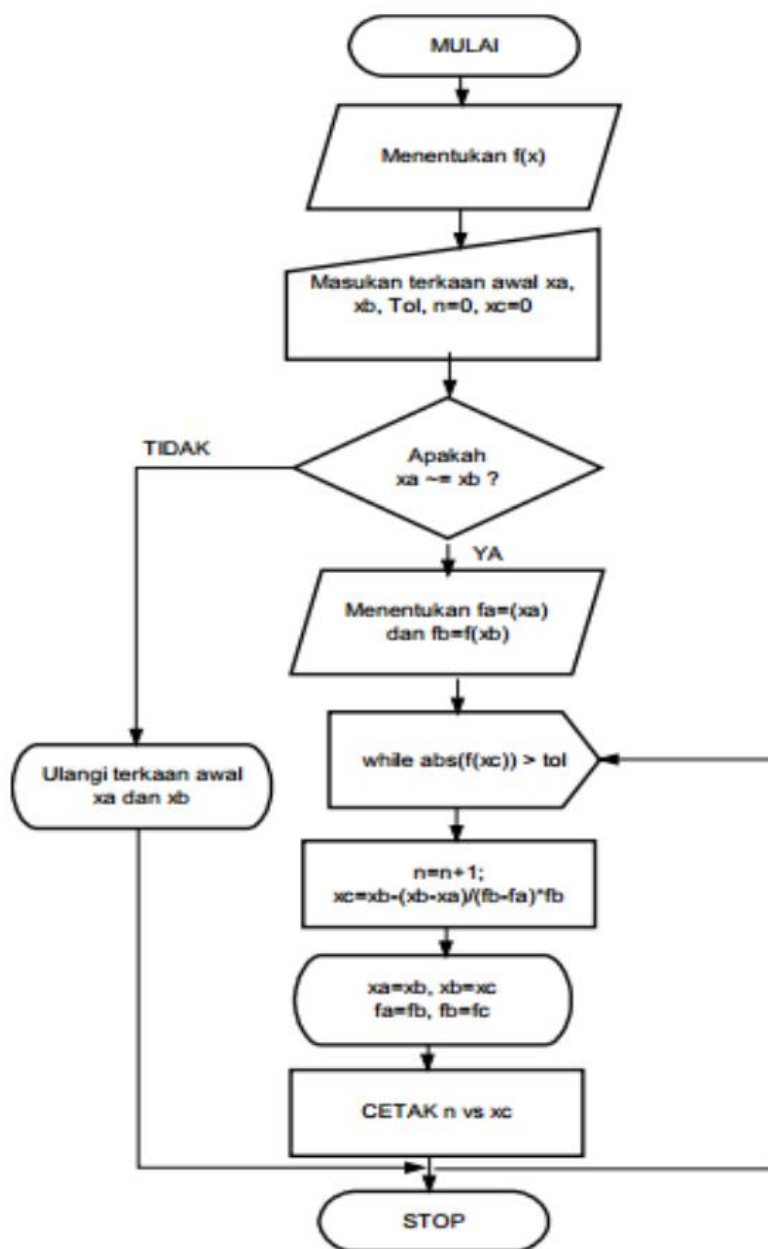
#### Algoritma Numerik *Secant Method*

Algoritma numerik menyediakan sarana memecahkan persamaan perkiraan sampai mendapatkan hasil perkiraan mengisi dengan benar atau (eksak). Penyelesaian numerik dilakukan dengan pendekatan yang berurutan, maka setiap hasil akan lebih akurat dari yang diharapkan sebelumnya dengan beberapa toleransi yang dapat diterima. Ada beberapa jenis algoritma numerik, seperti *newton raphson*, *regula falsi* dan *bisection method*. Akan tetapi pada makalah yang diujikan hanya algoritma numerik *secant method*.

*Secant method* ini hampir sama dengan *newton raphson*, namun pada metode ini harus membuat dua batas nilai awal dan akhir seperti pada *bisection method*. perbedaannya terletak pada pendekatan untuk turunan pertama dari f saja. Pendekatan f pada *secant method* didekati dengan ungkapan beda hingga yang didasarkan pada taksiran akar sebelumnya, yaitu *secant method* tidak memerlukan dua taksiran awal yang harus mengurung akar persamaan. Dalam beberapa *swapping* dua taksiran awal harus  $x_1$  dan  $x_2$  dapat mengubah perilaku metode tersebut dari konvergen menjadi divergen algoritma numerik *secant method* dilakukan dengan cara memberikan dua prediksi di awal atau dimisalkan  $X_a$  dan  $X_b$ , lalu mencari nilai  $X_c$  dengan cara :

$$X_c = X_b - \frac{X_b - X_a}{f(X_b) - f(X_a)} f(X_b) \quad (2)$$

Sehingga dari persamaan tersebut didapatkan *flowchart secant method* sebagai berikut:

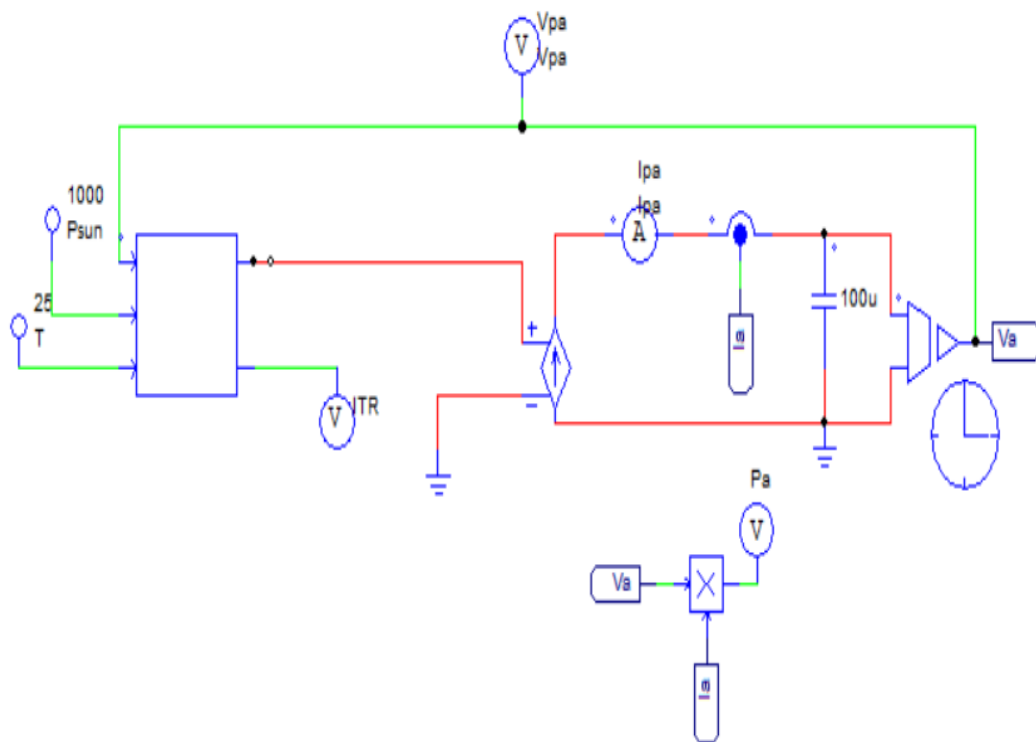


Gambar 5. Flowchart Algoritma Numerik Secant Method

Dari flowchart pada Gambar 5, langkah pertama yang dilakukan yaitu menentukan nilai  $f(x)$ , selanjutnya memasukkan terkaan awal yaitu  $x_a$ ,  $x_b$ , Tol,  $n=0$  dan  $x_c=0$ . Nilai terkaan  $x_a$  dan  $x_b$  ini nantinya akan diisi dengan arus rendah diinisialkan IL dan arus atas diinisialkan IH, jika terkaan pada  $x_a$  dan  $x_b$  sudah sesuai, maka *step by step* yang ada pada flowchart bisa di jalankan sampai dapat menampilkan hasil yang diinginkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan menampilkan pengujian yang dilakukan pada *software* PSIM. Pengujian nantinya diharapkan mendapatkan nilai *Maximum Power Point* atau nilai MPP. Nilai MPP ini nantinya berupa kurva karakteristik *photovoltaic*, yaitu kurva I-V dan kurva P-V. Algoritma untuk mencapai nilai *Maximum Power Point photovoltaic* dilakukan oleh *C block* yang disederhanakan dari *simulator* PSIM. Dimana *input* dari algoritma tersebut yaitu dari nilai parameter yang telah di estimasi sebelumnya menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada rangkaian ekuivalen *Photovoltaic*. Algoritma yang dimasukkan dalam *C block* pada *software* PSIM yaitu algoritma yang diajukan pada makalah ini berupa algoritma numerik *secant method*. Sehingga nantinya rangkaian dapat ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian pada *Software* PSIM

Pada rangkaian yang telah dibuat pada *software* PSIM penulis melakukan pengambilan data, data yang diambil yaitu nilai daya (P), arus (I), dan tegangan (V) yang nantinya akan dijadikan kurva I-V dan kurva P-V dan dibandingkan dengan karakteristik yang sebenarnya apakah sudah sesuai hasilnya.

### Hasil Data Parameter yang Diperoleh

Parameter yang digunakan nantinya akan didapatkan dari estimasi yang telah dihitung dengan beberapa persamaan dan ada beberapa parameter yang di dapatkan

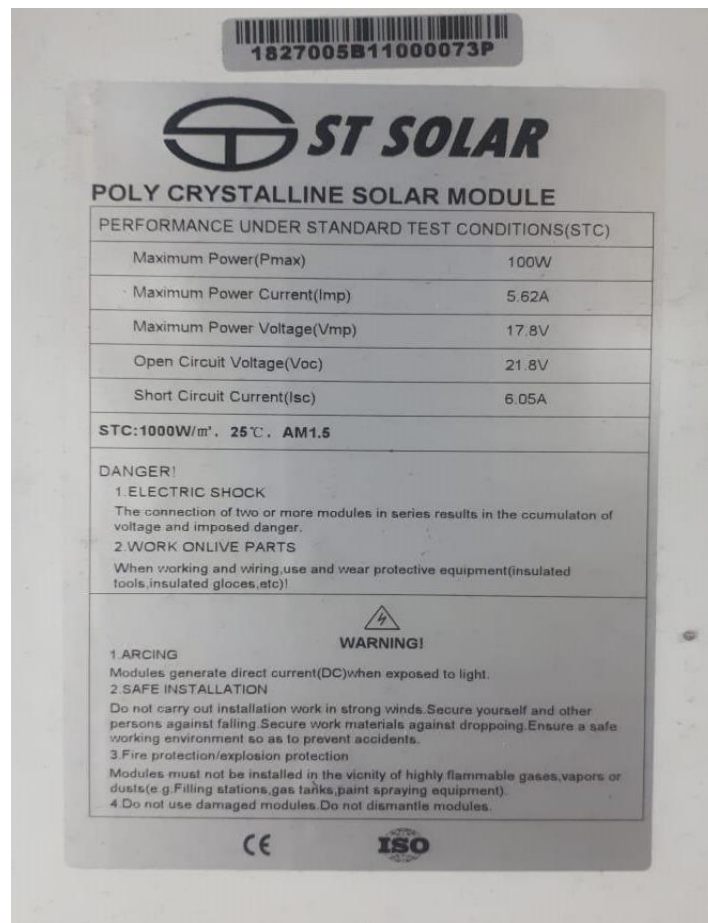
juga dari *data set photovoltaic* itu sendiri seperti jumlah sel *photovoltaic* yang tertera pada Gambar 7.



Gambar 7. Panel *Photovoltaic*

Dari Gambar 7 dapat dilihat jumlah sel *photovoltaic* yang digunakan, dimana ada 4 kotak sel dari kiri ke kanan dan ada 9 kotak sel dari atas kebawah yang artinya panel *photovoltaic* tersebut memiliki 36 sel. Selain jumlah sel yang digunakan sebagai *input* parameter beberapa parameter lainnya yang digunakan seperti nilai *peak power* ( $P_{max}$ ), *maximum power voltage* ( $V_{mp}$ ), *maximum power current*

(Imp), *open circuit voltage* (Voc) dan *short circuit current* (Isc) yang nilainya akan direpresentasikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Parameter dari Panel *Photovoltaic*

Dari Gambar 8 dapat dilihat beberapa nilai *input* parameter dari panel *Photovoltaic* seperti nilai *peak power* (Pmax) adalah 100 Watt, nilai *maximum power voltage* (Vmp) adalah 17.8 Volt, nilai *maximum power current* (Imp) adalah 5.62 Ampere, nilai *open circuit voltage* (Voc) adalah 21.8 Volt dan nilai *short circuit current* (Isc) adalah 6.05 Ampere. Selain itu nantinya diperlukan nilai resistor seri (Rs) dan resistor paralel (Rp) yang nilainya telah di estimasi digunakan juga sebagai nilai input parameter sehingga didapatkannya Tabel 1.

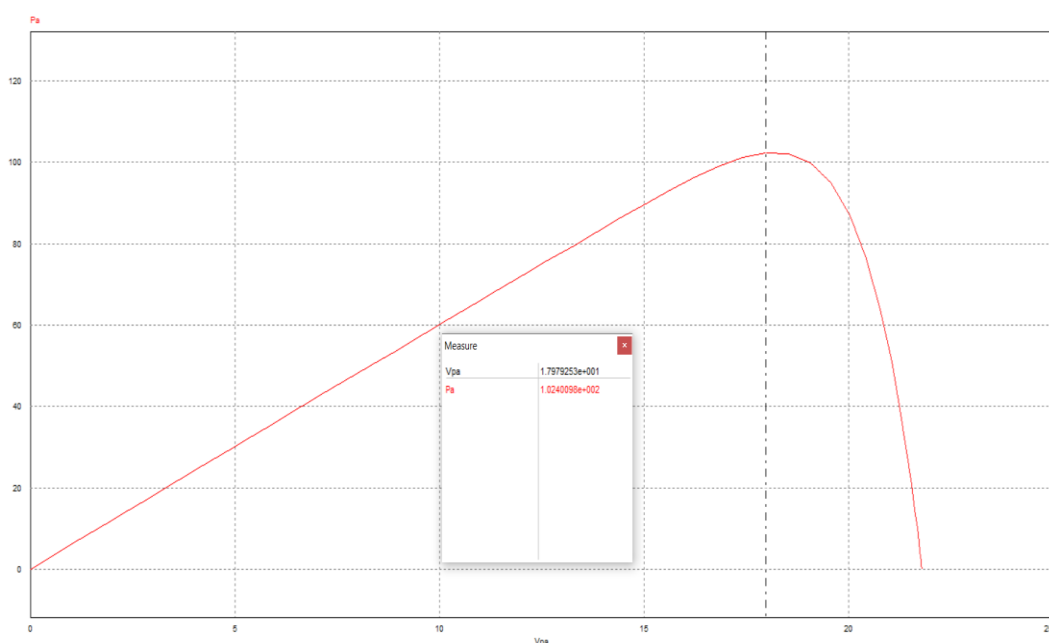
Tabel 1. Data Parameter yang diperoleh

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Pmax	100	W
2	Vmp	17.8	V
3	Imp	5.62	A
4	Voc	21.8	V
5	Isc	6.05	A
6	Rs	0.005	$\Omega$

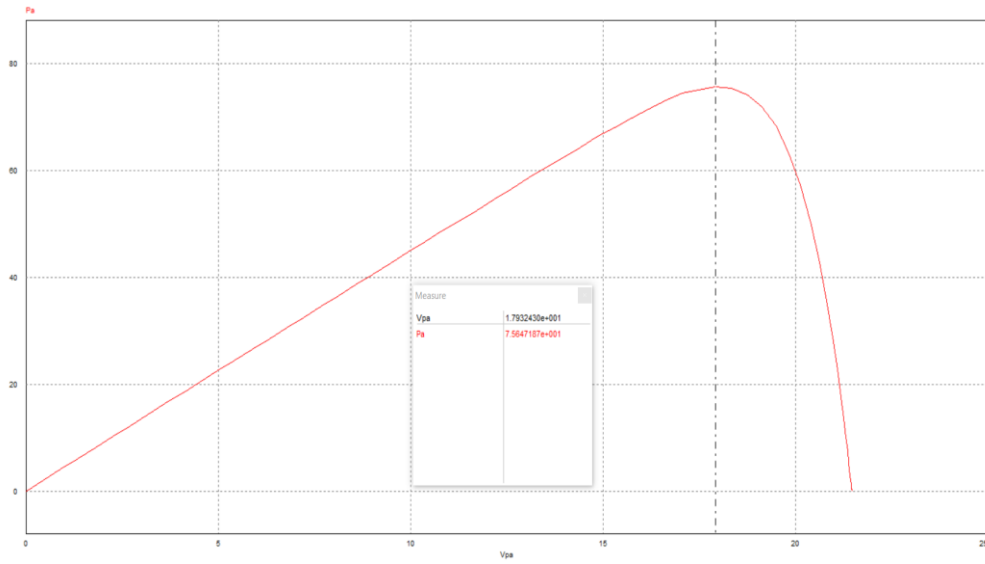
7	Rp	7	$\Omega$
8	Ns	36	-

### Hasil Kurva Karakteristik P-V yang Diperoleh dari Panel *Photovoltaic*

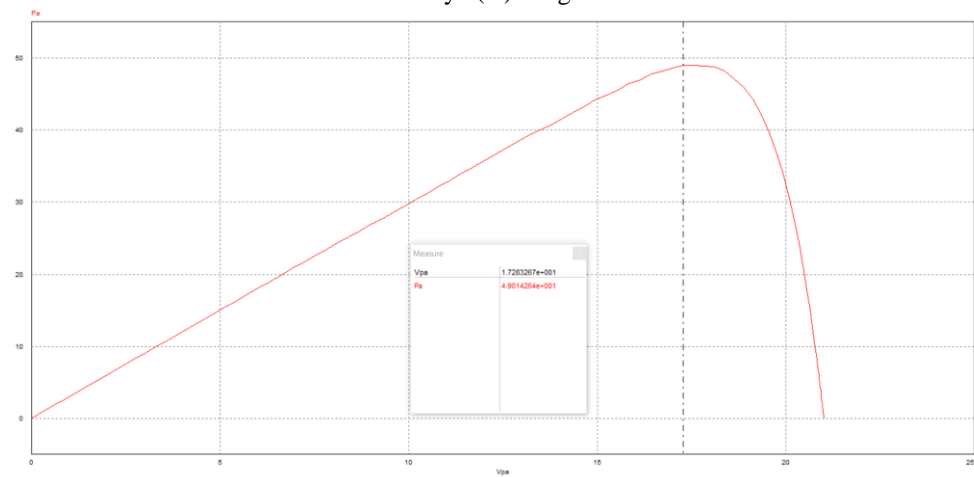
Dari rangkaian yang telah dibuat pada simulasi *software* PSIM dan direpresentasikan pada Gambar 6 nantinya untuk hasil dari rangkaian dan metode yang diajukan akan ditampilkan pada Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12. Pada gambar tersebut akan menampilkan kurva karakteristik P-V dengan *input* nilai parameter yang telah diperoleh dengan empat (4) nilai iradiasi yang berbeda dimana dari Gambar 9 dengan nilai iradiasi 1000, dari Gambar 10 dengan nilai iradiasi 750, dari Gambar 11 dengan nilai iradiasi 500, dan dari Gambar 9 dengan nilai iradiasi 250.



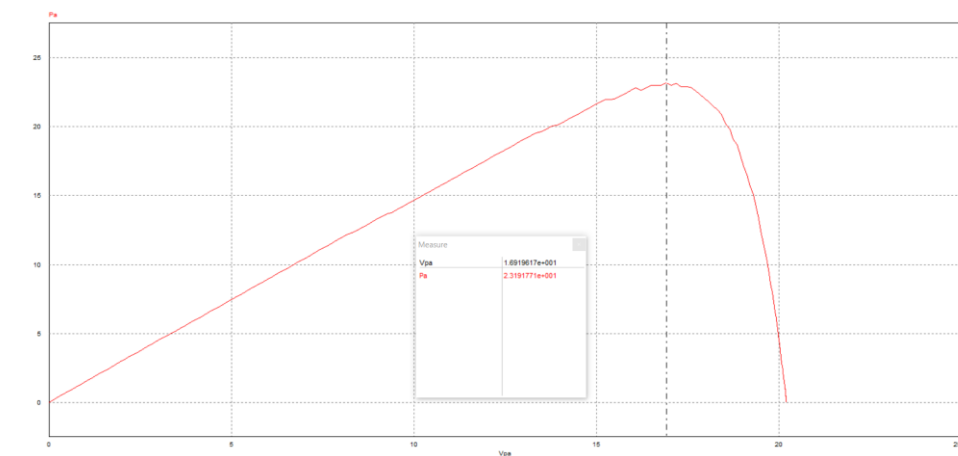
Gambar 9. Kurva Karakteristik P-V dengan Nilai Iradiasi 1000



Gambar 10. Kurva Daya (V) dengan Nilai Iradiasi 750



Gambar 11. Kurva Daya (V) dengan Nilai Iradiasi 500

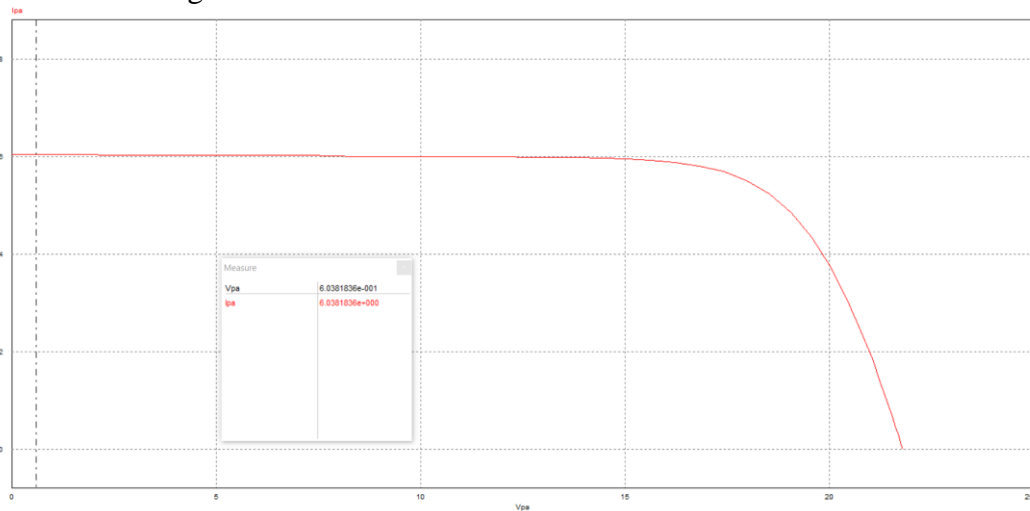


Gambar 12. Kurva Daya (V) dengan Nilai Iradiasi 500

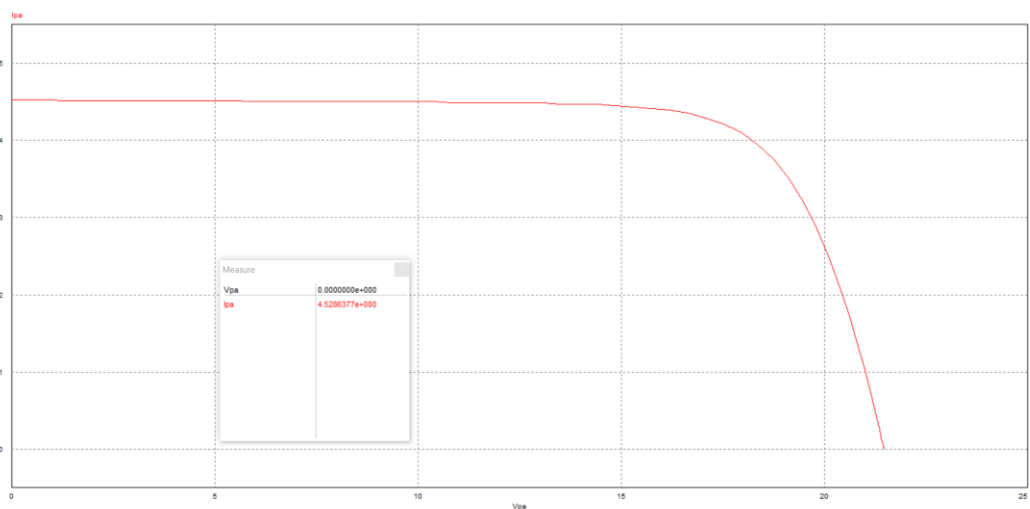
Dapat dijelaskan dari hasil kurva karakteristik P-V yang didapatkan pada Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan gambar 12, hasil dari kurva karakteristik P-V yang dibuat dengan metode yang diajukan sudah sesuai dengan kurva karakteristik aslinya, dengan pengambilan nilai iradiasi dengan nilai 1000, 750, 500 dan 250.

### Hasil Kurva Karakteristik I-V yang Diperoleh dari Panel *Photovoltaic*

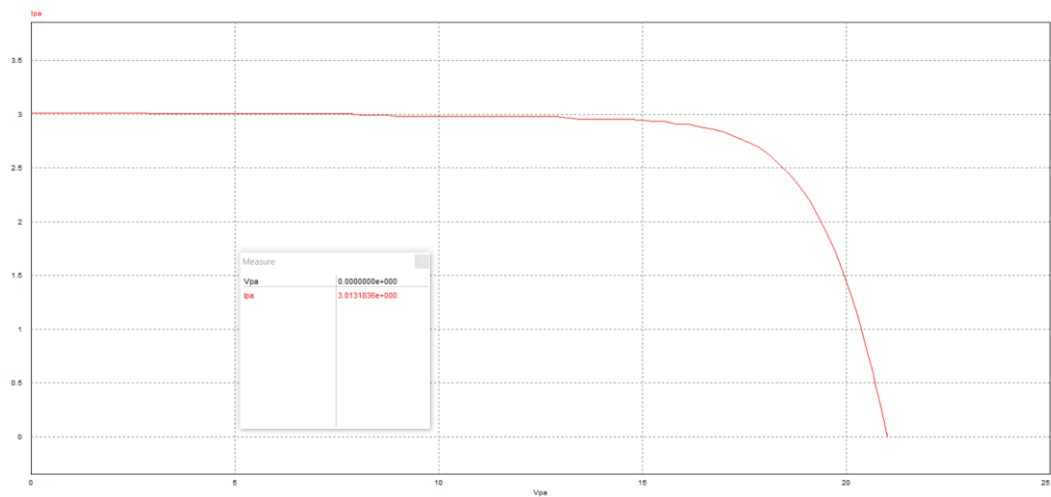
Dari rangkaian yang telah dibuat pada simulasi *software* PSIM dan direpresentasikan pada Gambar 6 nantinya untuk hasil dari rangkaian dan metode yang diajukan akan ditampilkan pada Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16. Pada gambar tersebut akan menampilkan kurva karakteristik P-V dengan *input* nilai parameter yang telah diperoleh dengan empat (4) nilai iradiasi yang berbeda dimana dari Gambar 13 dengan nilai iradiasi 1000, dari Gambar 14 dengan nilai iradiasi 750, dari Gambar 15 dengan nilai iradiasi 500, dan dari Gambar 16 dengan nilai iradiasi 250.



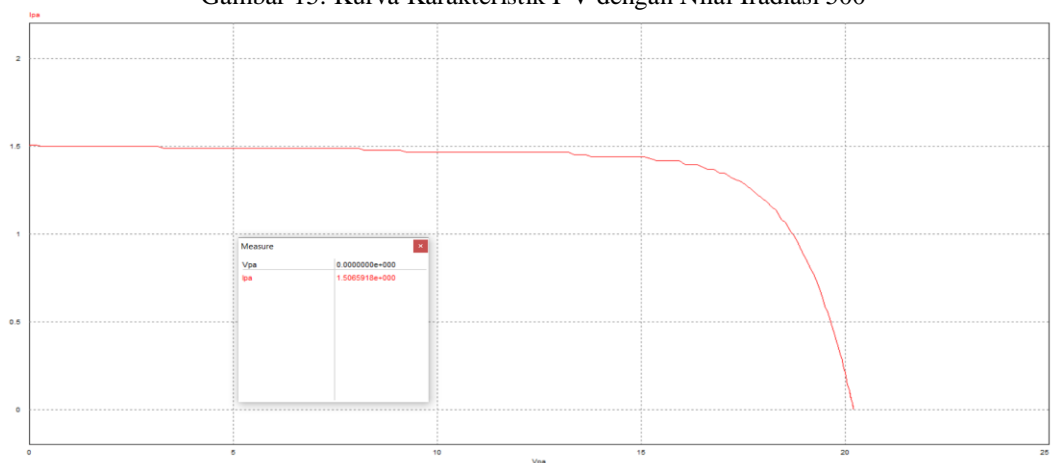
Gambar 13. Kurva Karakteristik I-V dengan Nilai Iradiasi 1000



Gambar 14. Kurva Karakteristik I-V dengan Nilai Iradiasi 750



Gambar 15. Kurva Karakteristik I-V dengan Nilai Iradiasi 500



Gambar 16. Kurva Karakteristik I-V dengan Nilai Iradiasi 500

Dapat dijelaskan dari hasil kurva karakteristik P-V yang didapatkan pada Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12, hasil dari kurva karakteristik P-V yang dibuat dengan metode yang diajukan sudah sesuai dengan kurva karakteristik aslinya, dengan pengambilan nilai iradiasi dengan nilai 1000, 750, 500 dan 250.

Pada hasil kurva karakteristik P-V yang telah didapatkan dengan rangkaian yang dibuat pada *software* simulasi PSIM dan menggunakan metode yang diajukan hasilnya sudah terlihat maksimal, yang berarti bahwa kurva yang dihasilkan sudah sesuai dengan kurva karakteristik P-V yang sesungguhnya. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan menguji rangkaian serta metode yang diujikan dengan empat (4) nilai iradiasi yang berbeda, yang pertama dengan nilai iradiasi 1000 dan mendapatkan daya sebesar 102 *Watt*, yang kedua dengan nilai iradiasi 750 dan mendapatkan daya sebesar 75 *Watt*, yang ketiga dengan nilai iradiasi 500 dan mendapatkan daya sebesar 49 *Watt* dan yang keempat dengan nilai iradiasi 250 dan mendapatkan daya sebesar 23 *Watt*. Dimana dari keempat pengujian tersebut semua kurva P-V yang dihasilkan sudah berbentuk sesuai dengan kurva karakteristik P-V yang sesungguhnya.

Sedangkan pada hasil kurva karakteristik I-V yang telah didapatkan dengan rangkaian yang dibuat pada *software* simulasi PSIM dan menggunakan metode yang diajukan hasilnya juga sudah terlihat maksimal, yang berarti bahwa kurva yang dihasilkan sudah sesuai dengan kurva karakteristik I-V yang sesungguhnya. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan menguji rangkaian serta metode yang diujikan dengan empat (4) nilai iradiasi yang berbeda, yang pertama dengan nilai iradiasi 1000 dan mendapatkan arus sebesar 6.03 *Ampere*, yang kedua dengan nilai iradiasi 750 dan mendapatkan daya sebesar 4.52 *Ampere*, yang ketiga dengan nilai iradiasi 500 dan mendapatkan daya sebesar 3.01 *Ampere* dan yang ke empat dengan nilai iradiasi 250 dan mendapatkan daya sebesar 1.5 *Ampere*. Dimana dari ke empat pengujian tersebut semua kurva I-V yang dihasilkan sudah berbentuk sesuai dengan kurva karakteristik I-V yang sesungguhnya.

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, penulis berfokus pada estimasi parameter sebagai *input* yang digunakan mencari nilai *Maximum Power Point* atau nilai MPP. Hal tersebut dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi PSIM dan menggunakan algoritma numerik *secant method*, dari nilai MPP tersebut nantinya akan dibuat kurva karakteristik P-V dan kurva karakteristik I-V, sehingga nantinya kurva karakteristik P-V dan kurva karakteristik I-V yang didapatkan akan dibandingkan dengan kurva yang aslinya. Pada penelitian ini nilai iradiasi yang diujikan ada empat yaitu 1000, 750, 500 dan 250. Dari ke empat nilai iradiasi tersebut hasil dari masing-masing kurva dengan metode yang diajukan sudah sesuai dengan kurva pada aslinya.

## SARAN

Dari hasil yang didapatkan jika nilai iradiasi yang dimasukkan rendah maka kurva yang didapatkan akan ada sedikit *noise*, untuk mengatasi hal tersebut bisa dilakukan dengan cara menambahkan satu lagi *diode* pada rangkaian atau menggunakan rangkaian ekuivalen *double diode*. Dan untuk menambahkan perbandingan selanjutnya dapat digunakan dengan panel *photovoltaic* yang berbeda sehingga nantinya ada perbedaan dengan menggunakan metode yang sama.

## DAFTAR RUJUKAN

- Alrashidi, M. R., & Alhajri, M. F. (2013). Parameters Estimation of Double Diode Solar Cell Model. *Engineering and Technology*, 7(2), 93–96.
- De Brito, M. A. G., Galotto, L., Sampaio, L. P., De Azevedo Melo, G., & Canesin, C. A. (2013). Evaluation of the main MPPT techniques for photovoltaic applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(3), 1156–1167. <https://doi.org/10.1109/TIE.2012.2198036>
- Fitriah, A., Wijaya, D., & Firmansyah, E. (2019). *Implementasi Maximum Power Point Tracking ( MPPT ) Berbasis Perturb and Observe ( P & O ) pada Photovoltaic (PV) dengan Variasi Iradiasi*. 24–25.
- Hussein, A. (2017). A simple approach to extract the unknown parameters of PV

- modules. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 25(5), 4431–4444. <https://doi.org/10.3906/elk-1703-14>
- Indonesia, E. (2017). *Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Energi Baru Terbarukan Indonesia Energy*. 3804242.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(September 2016), 894–900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
- Kannan, N., & Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world: - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.022>
- Liu, Y. H., Huang, S. C., Huang, J. W., & Liang, W. C. (2012). A particle swarm optimization-based maximum power point tracking algorithm for PV systems operating under partially shaded conditions. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 27(4), 1027–1035. <https://doi.org/10.1109/TEC.2012.2219533>
- Ma, T., Yang, H., Lu, L., & Peng, J. (2014). An optimization sizing model for solar photovoltaic power generation system with pumped storage. *Energy Procedia*, 61, 5–8. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.892>
- Messalti, S., Harrag, A. G., & Loukriz, A. E. (2015). A new neural networks MPPT controller for PV systems. *2015 6th International Renewable Energy Congress, IREC 2015*. <https://doi.org/10.1109/IREC.2015.7110907>
- Najmurokhman, A. (2018). *Mengoptimalkan Penyerapan Energi Surya Pada Solar*.
- Sahu, H. S., Kumar, S., & Nayak, S. K. (2018). Maximum Power Point Estimation of a PV Array by Using Improve Bisection Method. *ITEC Asia-Pacific 2018 - 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific: E-Mobility: A Journey from Now and Beyond*, (1), 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITEC-AP.2018.8432595>
- Satpathy, S. (2014). Photovoltaic Power Control Using MPPT and Boost Converter. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2(1), 23–27. <https://doi.org/10.17694/bajece.22113>
- Subandi, & Hani, S. (2015). PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI MATAHARI SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL. *PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI MATAHARI SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL*, 7(2), 157–163. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-457-2.X5000-8>
- Windarko, N. A., Tjahjono, A., Anggriawan, D. O., & Purnomo, M. H. (2016). Maximum power point tracking of photovoltaic system using adaptive modified firefly algorithm. *Proceedings - 2015 International Electronics Symposium: Emerging Technology in Electronic and Information, IES 2015*, 31–35. <https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2015.7380809>