

# Analisa dan Desain Maximum Power Point Tracking Untuk Generator Induksi Pada Aplikasi Sepeda Listrik

Anshari Hasan\*, Amir Hamzah\*\*

\*Teknik Elektro Universitas Riau \*\*Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau\*\*

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: [anshari\\_hasan@ymail.com](mailto:anshari_hasan@ymail.com)

## ABSTRACT

*Currently, vehicle transportation is becoming a very important tool in helping humans. Therefore an increase in the volume of the vehicle is very high every year. With so many current vehicles could damage the air cleaner in nature, caused by the combustion of residual Fuel (Fuel oil) the vehicles that emit fumes. Therefore it needs an alternative environment-friendly vehicles with electric bicycles. Electric vehicles currently using permanent magnet motors as their motive. On this research the drivers of electric vehicles use the induction generator who has the advantages i.e. a constant round of and excitation does not need another motor as a driving force. This vehicle is also installed on a system power savings, power saving methods is improved significantly. One of them is MPPT (Maximum Power Point Tracking) used in induction generators. MPPT design is modelled using Matlab/Simulink software. The Matlab simulation has manage to obtain 55.04 volts of MPPT. While the generator output voltage without using the MPPT is amount of 40.84 volts. By using perturb and observe algorithm, it is possible to search the optimum power of generator.*

**Keywords :** Generator, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Perturb and Observe, Boost Converter, Matlab/ Simulink.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin inovatif guna mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan. Namun perkembangan teknologi tidak lepas dari sumber energi yang digunakan. Hampir semua kendaraan bermotor di dunia menggunakan energi bahan bakar minyak atau yang biasa disebut dengan BBM. Seperti dewasa ini, sumber energi semakin hari semakin menipis, maka dibutuhkan energi lain sebagai alternatif sumber energi baru untuk mengurangi krisis energi yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan manusia.

Integrasi antara teknologi yang menggunakan energi terbarukan sangat

membantu kegiatan manusia disamping menyelamatkan bumi ini karena bersifat ramah lingkungan dan bisa mengurangi pemanasan global. Perkembangan ini salah satunya bisa diwujudkan dalam bidang transportasi yang pada akhirnya bertujuan untuk memberikan kemudahan kepada manusia. Sepeda listrik adalah sebuah alat transportasi yang ramah lingkungan, didesain untuk mengurangi emisi dari kendaraan bahan bakar minyak serta dapat digunakan untuk sarana rekreasi, *fitness* dan olahraga lainnya.

Penelitian ini akan dikembangkan untuk sepeda listrik dengan menggunakan generator induksi yang sekaligus memiliki fungsi sebagai motor. Generator sebagai

pembangkit listrik dengan penggerak kayuhan sepeda yang kemudian mengisi akumulator dan motor akan menggerakkan roda sepeda dengan menggunakan sumber listrik dari akumulator tersebut.

Mengingat pentingnya fungsi manufaktur penghematan energi listrik dan komponen pendukungnya, maka sangat dibutuhkan sebuah sistem yang dapat mencari atau menjejak daya maximum dari suatu sistem pembangkitan untuk mengatur konsumsi daya listrik itu sendiri.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Generator Induksi

Prinsip kerja generator induksi adalah kebalikan daripada saat mesin induksi bekerja sebagai motor. ketika mesin berfungsi sebagai motor, kumparan stator diberi tegangan tiga fasa sehingga akan timbul medan putar dengan kecepatan sinkron (ns). Namun jika motor berfungsi sebagai generator, pada rotor motor diputar oleh sumber penggerak dengan kecepatan lebih besar daripada kecepatan sinkronnya.

Bila suatu konduktor yang berputar didalam medan magnet (kumparan stator) akan membangkitkan tegangan sebesar,

$$e = B \cdot l \cdot v \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

e = tegangan induksi yang dihasilkan (volt)

B = fluks magnetik (weber)

l = panjang konduktor yang dilewati medan magnet (m)

v = kecepatan medan magnet melewati konduktor (m/s)

Dan bila dihubungkan ke beban akan mengalirkan arus. Arus pada rotor ini akan berinteraksi dengan medan magnet pada kumparan stator sehingga timbul arus pada kumparan stator sebagai reaksi atas gaya mekanik yang diberikan. Pada proses

perubahan motor induksi menjadi generator induksi dibutuhkan daya reaktif untuk membangkitkan tegangan pada terminal keluarannya. Dalam hal ini yang berfungsi sebagai penyedia daya reaktif adalah kapasitor yang besarnya disesuaikan dengan daya reaktif yang diperlukan.

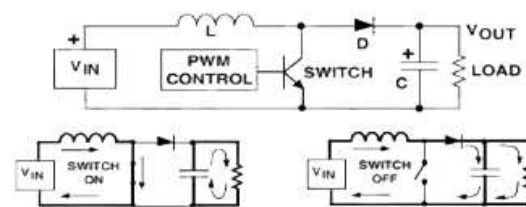
Kebutuhan daya reaktif dapat dipenuhi dengan memasang suatu unit kapasitor pada terminal keluaran, dimana kapasitor menarik daya reaktif kapasitif atau dengan kata lain kapasitor memberikan daya reaktif induktif pada mesin induksi. Kerja dari kapasitor ini dapat dipandang sebagai suatu sistem penguat (eksitasi) sehingga generator induksi juga dikenal dengan sebutan generator induksi penguatan sendiri (*self excited of induction generator*).

### 2.2 DC- DC Converter

DC-Dc converter adalah sirkuit elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah (DC) ke tegangan DC dengan level yang berbeda.

#### 2.2.1 Boost Converter

Boost converter digunakan untuk meregulasi tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih tinggi levelnya dan dengan polaritas yang sama.



Gambar 2.1 Boost converter

#### 2.2.2 Switching Converter

Switching converter mempunyai efisiensi daya yang lebih baik dari linier voltage regulator. Di dalam switching, transistor difungsikan sebagai saklar digital,

berbeda dengan linier regulator yang dijadikan sebagai penguat. Sehingga hanya ada 2 keadaan yaitu saturasi dan cutoff, converter ini juga dikenal sebagai *DC chopper*.

### 2.2.3 Induktor

Apabila ada tegangan yang masuk ke sebuah induktor, maka arus yang melewati induktor akan berubah-ubah berdasarkan waktu walaupun tegangan yang masuk konstan. Rumus dasar untuk mendefinisikan hubungan antara tegangan dan arus didalam induktor adalah :  $V = L (di / dt)$ .

### 2.2.2 PWM

Semua switching konverter menggunakan bentuk output regulasi tegangan dikenal sebagai Pulse Width Modulation (PWM). PWM adalah bentuk gelombang kotak yang mempunyai waktu aktif (Ton) dan waktu mati (Toff) dalam satu periodenya. Dalam PWM juga dikenal dengan perbandingan waktu saat waktu aktif dibagi jumlah waktu dalam satu periode dikenal dengan istilah duty cycle.

### 2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

MPPT adalah metode untuk mendapatkan daya maksimum dari sebuah sumber energi pada berbagai kondisi lingkungan dan kondisi beban. MPPT berfungsi untuk meningkatkan energi yang dapat ditransfer dari penggerak utama ke sistem listrik . Fungsi utamanya adalah

untuk menyesuaikan tegangan output generator yang digunakan untuk memasok energi maksimum ke beban. Kebanyakan desainnya terdiri atas tiga komponen dasar : switch-mode dc - dc converter , sistem kontrol , dan komponen tracking, (Rashid, M. H. 2011)

Terdapat beberapa algoritma MPPT yang telah ditemukan dan ditulis pada jurnal ilmiah internasional seperti *Perturb and Observe, Incremental Conductance, Dynamic Approach, Temperature Methods, Artificial Neural Network method, Fuzzy Logic method* dll. Semua algoritma tersebut berbeda-beda dalam beberapa aspek termasuk kesederhanaan, kecepatan, implementasi *hardware*, sensor yang dibutuhkan, biaya, efektifitas, dan parameter yang dibutuhkan.

### 2.4 Algoritma Perturb and Observe

Pada aplikasi sepeda listrik seperti diketahui bahwa karakteristik daya keluaran turbinnya dipengaruhi oleh kecepatan kayuh dari penggunanya, diperlukan sebuah algoritma untuk mencari titik daya maksimum (MPP) dan menjaga pada titik kerja tersebut. Terdapat beberapa cara untuk menjejak titik daya maksimum tersebut seperti *Perturb and Observe, Incremental Conductance, Dynamic Approach, Temperature Methods* dll. Pada pembahasan kali ini dipilih algoritma *perturb and observe* (P&O) sebagai algoritma kontrol MPPT karena komputasi yang mudah dan cepat. P&O disebut juga dengan metode *hill climbing*, yang mengacu pada karakteristik  $P-\omega$ .

Dalam tugas akhir ini energi mekanik yang dihasilkan oleh rotor diubah menjadi energi listrik oleh generator induksi, karena generator induksi sangat

tepat untuk pembangkit listrik skala kecil yang berdiri sendiri tanpa memerlukan eksitasi dari luar. Untuk aplikasi daya yang besar menggunakan generator sinkron, generator sinkron menggunakan eksitasi diciptakan rotor sehingga menimbulkan medan putar yang akan menghasilkan tegangan terbangkit di stator. Jenis generator ini tidak perlu sistem eksitasi karena sumber eksitasi disediakan oleh kapasitor bank.

### 2.4.1 Diagram Alir Algoritma P&O

Algoritma P&O dapat dinyatakan dalam bentuk diagram alir. Gambar 2.2 menunjukkan diagram alir dari algoritma P&O yang akan digunakan pada sistem MPPT.

Keterangan variabel yang digunakan pada Gambar 2.2:

$V(k)$  : Tegangan keluaran Generator pada sampling k

$I(k)$  : Arus keluaran Generator pada sampling k

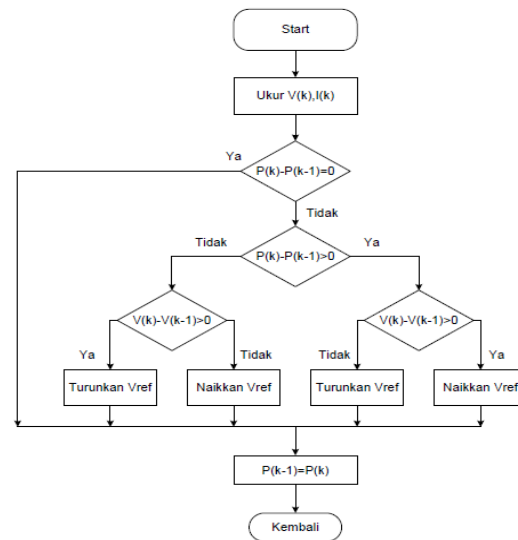
$V(k-1)$  : Tegangan keluaran Generator pada sampling k-1

$I(k-1)$  : Arus keluaran Generator pada sampling k-1

$P(k)$  : Daya keluaran Generator pada sampling k

$P(k-1)$  : Daya keluaran Generator pada sampling k-1

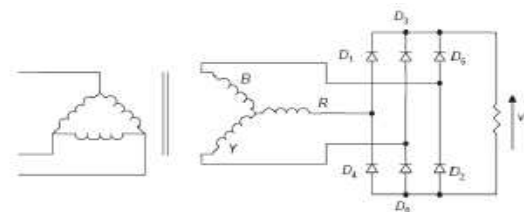
$V_{ref}$  : Rekomendasi tegangan operasi Generator



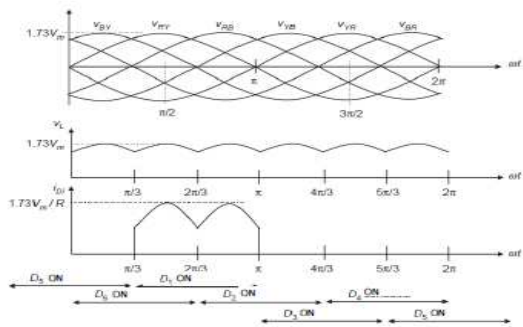
Gambar 2.2 Diagram Alir Algoritma P&O

### 2.3 Penyearah Tegangan Tiga Fasa

Gambar rangkaian penyearah gelombang-penuh tiga-fasa hubungan jembatan dengan beban resistif (R) dapat dilihat pada gambar 2.3, sedangkan Gambar 2.4 merupakan bentuk gelombang hasil penyearahan. Untuk memudahkan penjelasan proses penyearahan, dioda pada setiap fasa diberi nomor sebagai berikut: fasa R terdiri dari dioda D1 dan D4, fasa Y terdiri dari dioda D3 dan D6, dan fasa B terdiri dari dioda D5 dan D2. Sudut konduksi setiap dioda sebesar  $2\pi/3$ , sehingga urutan kerja dioda adalah 12, 23, 34, 45, 56, dan 61.



Gambar 2.3 Rangkaian Penyearah



Gambar 2.4 Bentuk Gelombang Hasil Penyearahan

Dengan bentuk gelombang hasil penyearahan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 dapat ditentukan nilai rata-rata tegangan keluaran ( $V_{dc}$ ) dan tegangan efektif ( $V_{rms}$ ) sebagai berikut:

$$V_{dc} = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \sqrt{3}V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) d\omega t$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} = 1.654 V_m \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{9}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} (V_m \sin \theta)^2 d\theta}$$

$$V_{rms} = V_m \sqrt{\frac{3}{2} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi}} = 1.655V_m \quad \dots (2.3)$$

### 3.1 Alat dan Bahan

Adapun sarana yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini antara lain :

1. Laptop Hawlett Packard.
2. Software Matlab R2008b.

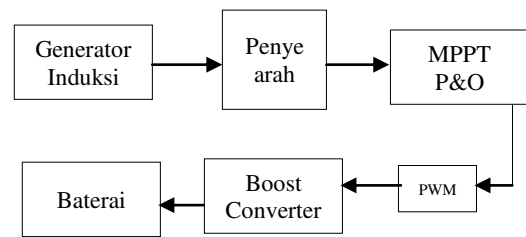
### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Adapun parameter yang ditentukan, yaitu:

1. MOSFET NTB35N15, Rating Maksimal:  $V_{DS} = 200 \text{ V}$ ,  $I_D = 20 \text{ A}$
2. Tegangan baterai:  $V_S = 48 \text{ V}$

3. Frekuensi Fundamental:  $f = 50 \text{ Hz}$
4. Frekuensi PWM:  $f_z = 2.5 \text{ kHz}$
5. Generator Induksi Tiga Fasa  $V_{LL} = 30 \text{ V}$ ,  $R_s = 1,791 \Omega$ ,  $R_r = 1.2 \Omega$ ,  $X_{ls} = 1.71 \Omega$ ,  $X_m = 11.62 \Omega$ ,  $R_m = 100 \Omega$ .

### 3.3 Blok Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Blok Diagram Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan rancangan sistem MPPT dengan rangkaian Boost Converter. Sistem MPPT ini memiliki 3 blok yang memiliki fungsi masing-masing, yaitu blok rangkaian Boost Converter, blok MPPT dan blok PWM.

Dalam sistem ini, tegangan masukan pada blok rangkaian boost converter adalah tegangan keluaran generator yang terlebih dahulu disearahkan oleh sebuah penyearah.

Algoritma MPPT berfungsi untuk mencari nilai tegangan dari generator yang optimal. Dengan pengendalian pada tegangan masukan rangkaian boost converter seperti ini maka generator akan dipaksa bekerja pada titik yang optimal. Algoritma yang digunakan sebagai algoritma MPPT adalah algoritma perturbation and observe. Agar algoritma P&O mampu menemukan titik kerja optimal, algoritma ini membutuhkan pengukuran nilai tegangan dan arus dari generator sehingga masukan dari blok algoritma P&O adalah arus dan tegangan generator.

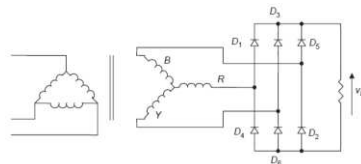
### 3.4 Perancangan Model Simulasi

#### 3.4.1 Desain Boost Converter

Tabel 3.1 Parameter Boost Converter

Tegangan Masukan	40.5 Vdc
Induktor	$2.86 \times 10^{-5}$ H
Kapasitor	$5.87 \times 10^{-3}$ F
Rasio Kerja	0.266
Frekuensi pensaklaran	25000 Hz
Tegangan Keluaran	55,2 Vdc

#### 3.4.2 Desain Penyearah



Gambar 3.2 Rangkaian Penyearah

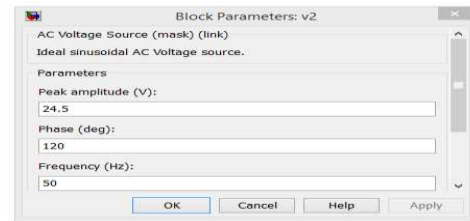
Gambar 3.2 merupakan rangkaian penyearah gelombang penuh tiga fasa dengan beban resistif (R). Pada penelitian ini model penyearah yang digunakan mempunyai nilai tahanan sebesar 5.5 ohm dengan sumber induktif bernilai 5 mili Henry. Arus penyearahan diserahkan dengan induktansi sebesar 200 mili Henry. Dioda yang digunakan pada simulink dikoneksikan dengan Rc snubber secara paralel (1000 ohm, 0.1 mikro Farad).

## 4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

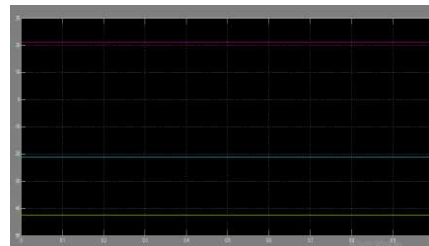
### 4.1 Tegangan Masukan dan Keluaran Generator

Pada simulink sistem tegangan masukan generator adalah sebesar 30 Volt. Nilai ini didapat dari perhitungan bab 3 dari persamaan 3.10. Adapun untuk frekuensi yang dipakai nilainya adalah sebesar 50 Hertz. Untuk lebih jelasnya tentang tegangan input generator yang

dipakai dapat dilihat pada blok parameter dibawah ini.



Gambar 4.1 Masukan generator

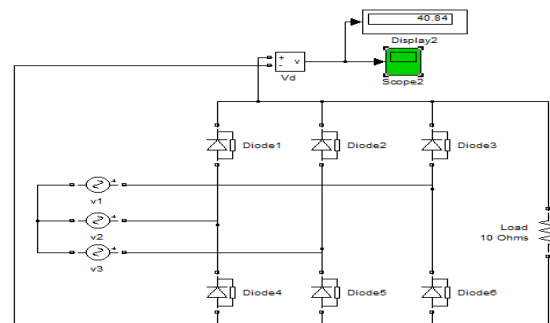


Gambar 4.2 Tegangan keluaran generator

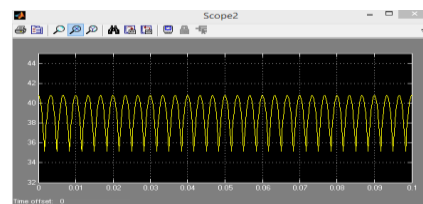
### 4.3 Tegangan Keluaran Generator

#### Memakai Rectifier

Untuk mendapatkan tegangan generator dalam bentuk dc digunakan penyearah 3 fasa dengan beban R. Tegangan keluaran dari generator ini adalah sebesar 40.8.



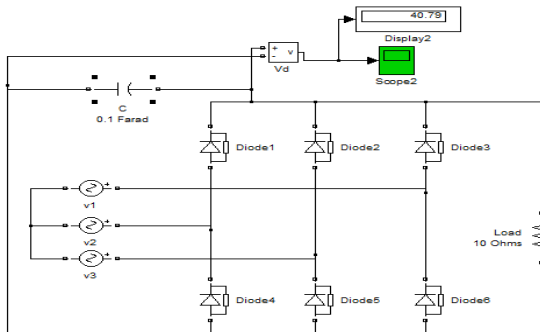
Gambar 4.3 Simulink rangkaian penyearah



Gambar 4.4 Bentuk gelombang tegangan dc generator

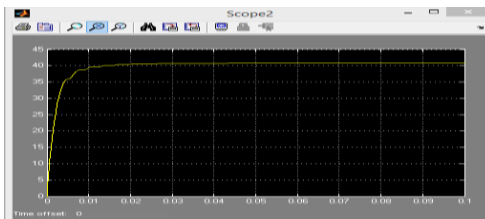
### 4.3 Tegangan Keluaran Generator Memakai Filter

Untuk menghasilkan tegangan keluaran dengan bentuk gelombang yang ideal maka pada keluaran penyearah dipasang *filter* berupa kapasitor dengan nilai sebesar 0.1 Farad.



Gambar 4.4 Rangkaian penyearah dengan memakai *filter*

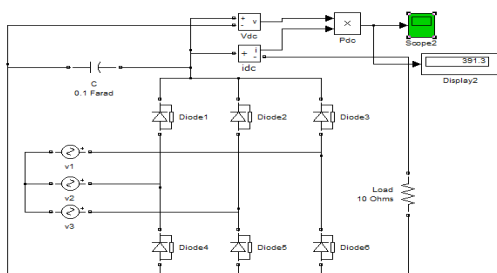
Adapun bentuk hasil gelombang tegangan keluaran dari penyearah dengan memakai *filter* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



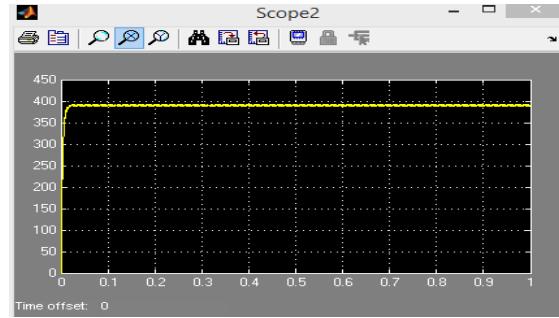
Gambar 4.5 Gelombang tegangan generator memakai *filter*

### 4.4 Daya Aktif Keluaran Generator

Untuk dapat menghasilkan daya aktif keluaran generator adalah dengan cara mengalikan tegangan keluaran generator dengan arus keluaran generator.



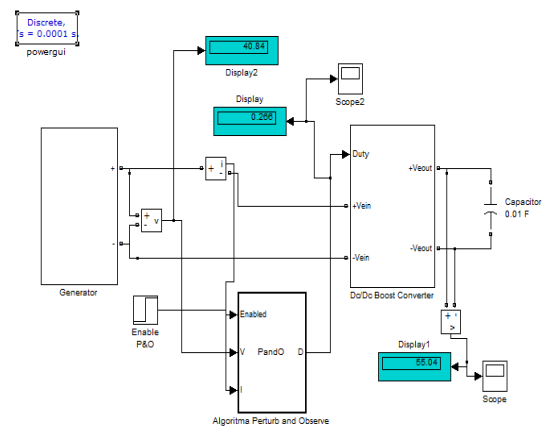
Gambar 4.6 Daya aktif keluaran generator



Gambar 4.7 Gelombang daya aktif keluaran generator

### 4.5 Desain Maximum Power Point Tracking

Model keseluruhan sistem untuk generator dengan *maximum power point tracking* (MPPT) pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.8 dimana model ini terdiri dari blok – blok dan *subsystem*. Bentuk keseluruhan desain generator dengan MPPT ini akan menampilkan karakteristik keluaran tegangan generator dengan MPPT, arus generator dengan MPPT dan daya generator dengan MPPT.

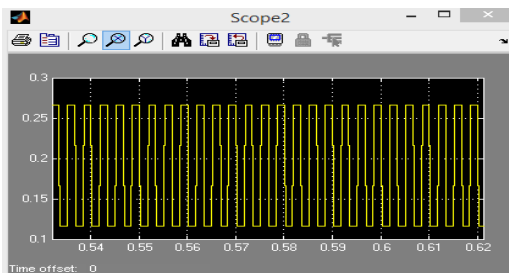


Gambar 4.8 Model simulink keseluruhan generator dengan MPPT

### 4.6 Grafik dan Hasil Desain Maximum Power Point Tracking

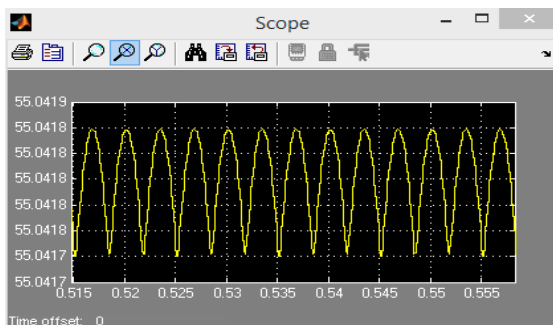
Pada gambar dibawah ini dapat terlihat beberapa keluaran dari generator dengan menggunakan MPPT. Pada hasil

simulasi ini menampilkan hasil grafik yang terdiri dari grafik rasio kerja (*duty cycle*) sistem, tegangan keluaran dari *boost converter* yang berbentuk tegangan dc, arus keluaran dari *boost converter*, daya aktif sistem. Simulasi ini dilakukan selama 1 detik.



Gambar 4.9 Duty cycle

Pada gambar diatas dapat terlihat gambar sinyal keluaran dari blok MPPT algoritma *perturb and observe* yang berupa *duty cycle* sistem. *Duty cycle* ini digunakan untuk menjadi masukan dari Mosfet (*boost converter*). Sinyal *duty cycle* ini memainkan peranan yang sangat penting dalam sistem karena untuk mendapatkan daya maksimal dari generator adalah melalui proses ini. Tegangan keluaran dari generator setelah dipasang MPPT adalah 55.04 V. Bentuk gelombang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.13 Tegangan generator dengan MPPT

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desain MPPT ini menggunakan metode Perturb and Observe dalam rangka mencapai nilai maksimal dari generator. Pada hasil simulasi, tegangan masukan dari generator adalah sebesar  $30 V_{LL}$ .
2. Pada saat generator dihubungkan dengan MPPT *duty cycle* (rasio kerja) yang digunakan adalah sebesar 0.266
3. Perbandingan hasil keluaran dari generator adalah tegangan sebesar 40.84 V ( $V_g$ ) dan tegangan sebesar 55.04 V ( $V_{mpp}$ ).

### 5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih terdapat kekurangan. Salah satu kekurangannya adalah algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah yang paling sederhana diantara beberapa algoritma MPPT lainnya. Kekurangan ini dapat dijadikan sebagai bahan penelitian lanjutan yaitu dengan membuat perbandingan antara algoritma Perturb and Observe dengan metode lain misalnya dengan Incremental Conductance. Dengan membandingkan dua metode yang terdapat pada MPPT dapat dipilih metode mana yang lebih ekonomis dan akurat dalam memaksimalkan daya generator. Diharapkan dengan penelitian yang akan datang didapatkan cara yang lebih maksimal dalam memaksimalkan daya keluaran dari generator.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rashid, Muhammad H. 2011. "*Power Electronics Handbook Third Edition*". Elsevier's Science and Technology Department. Oxford. UK
- [2] Hauke, Brigitte. 2009. "*Basic Calculation of a Boost Converter's Power Stage*". Texas Instrument. Texas. USA
- [3] Sugiharto, Danie N. 2010. "*Implementasi Algoritma Maximum Power Point Tracking Pada Panel Photovoltaic menggunakan Metode Perturb and Observe*". Skripsi Departemen teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok
- [4] Evelina, Winna. 2008. "*Analisis Karakteristik Penguatan VAR Pada Generator Induksi Penguatan Sendiri Dengan Menggunakan Kondensor Sinkron*". Skripsi Departemen teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok
- [5] Moring, Stefan. dan Anton Pols. 2012. "*Maximum Power Point Tracking Algorithm and Software Development*". Delft University Of Technology
- [6] Takeshwar, P.Sahu. 2014. "Simulation and Analysis of Perturb and Observe MPPT Algorithm for PV Array Using CUK Converter". Research India Publication. Vol.4, No.213-224. India
- [7] Wayan, W.Ananduta. 2011. "*Simulasi dan Analisis Sistem Maximum Power Point Tracker Berbasis Rangkaian Boost Converter*". Skripsi Departemen teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok
- [8] Zuhail, 1991. "*Dasar Tenaga Listrik*". Bandung: ITB Bandung
- [9] Danie, Novin Sugiharto. 2010. "*Implementasi Algoritma Maximum Power Point Tracking Pada Panel Photovoltaic menggunakan Metode Perturb and Observe*". Skripsi Departemen teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok
- [10] Mohammed, A.Elgeddy, dkk. 2012. "*Assessment of Perturb and Observe MPPT Algorithm Implementation Techniques for PV Pumping Applications*". IEEE Transactions On Sustainable Energy, VOL. 3, NO. 1.