

Perancangan Dan Analisis Rangkaian *Synchronous Boost Converter* Untuk Penyalan Lampu *LED* 21W Dengan Sumber Baterai 12VDC

Aldeni Prima Anugrah*, Budhi Anto**

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

Kampus Bina widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: aldeniprimaanugrah@gmail.com

ABSTRACT

Electronic devices efficiency is highly considered nowadays. One of the reasons caused low efficiency is power dissipation. Conventional Boost Converter has low efficiency, but there are some potential area need to be improved. Synchronous Boost Converter is the improved method of Boost Converter to improve the Conventional Boost Converter efficiency. Design and simulation is supplied by 12VDC. 21W LED light as output consist of 21 strands of 1W LED. 21W LED light is supplied by 21VDC. Synchronous Boost Converter works in Discontinuous Conduction Mode (DCM) to generate 12VDC input to 21VDC output. Synchronous Boost Converter simulation shows 21W LED light power produces 82,22% efficiency which better 2,4207% than Conventional Boost Converter. Synchronous Boost Converter with lower frequency gives better efficiency, previous research with 30MHz produces 70-80% efficiency.

Keywords: Synchronous Boost Converter, MOSFET, efficiency

I. PENDAHULUAN

Efisiensi peralatan elektronik akhir-akhir ini sangat dipertimbangkan oleh berbagai kalangan. Salah satunya pedagang kaki lima keliling yang sulit mendapatkan listrik bersumber dari PLN. Sebagai media penerangan di malam hari mereka dapat menggunakan lampu DC sebagai alternatif. Kendala yang muncul adalah bagaimana membuat peralatan elektronik tersebut agar menguntungkan mereka. Efisiensi yang baik akan menguntungkan pengguna dari segi ekonomi maupun segi waktu. Peningkatan efisiensi pada peralatan elektronik merupakan hal yang sudah sepatutnya dilakukan.

Boost Converter merupakan konverter tipe penaik tegangan. *Boost Converter* Konvensional yang menggunakan 1 buah *MOSFET* sebagai piranti *switching* memiliki efisiensi yang rendah. Efisiensi yang rendah ini dapat ditingkatkan dengan menggunakan *Synchronous Boost Converter* yang merupakan inovasi baru dari tipe *Boost Converter* yang menggunakan 2 buah *MOSFET* yang bekerja dalam keadaan sinkron.

Efisiensi yang tidak baik dapat disebabkan oleh disipasi daya. Pada *Boost Converter* Konvensional disipasi daya tersebut disebabkan oleh tegangan panjar maju dioda yang bernilai pada kisaran volt sedangkan pada *Synchronous Boost Converter* disipasi daya disebabkan oleh tahanan dalam *MOSFET* yang bernilai kisaran miliohm. Inilah yang membuat efisiensi pada *Synchronous Boost Converter* lebih baik.

Peralatan elektronik dengan efisiensi yang rendah akan menciptakan kerugian seperti dari segi ekonomi maupun waktu penggunaan peralatan itu sendiri. Oleh sebab itu penulis akan melakukan simulasi pada salah satu peralatan elektronik tipe penaik tegangan yaitu *Synchronous Boost Converter*. *Synchronous Boost Converter* ini akan digunakan sebagai rangkaian penyalan lampu *LED* 21W menggunakan software *MATLAB*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu tentang *Boost Converter* telah dilakukan oleh Budhi Anto

berjudul “Lampu LED 12VDC Menggunakan Rangkaian Penyalan Berbasis Boost Converter”. Penelitian yang dilakukan Budhi Anto pada Boost Converter menggunakan dioda sebagai saklar keduanya sehingga tegangan panjar maju dioda harus diperhitungkan dan ini membuat disipasi daya jauh lebih besar dibandingkan menggunakan MOSFET[1].

Penelitian terdahulu tentang Synchronous Boost Converter telah dilakukan oleh Junfei Wang yang berjudul “A New Control Method for Boost Converter in Discontinuous Conduction Mode with Synchronous Rectification and Zero Voltage Switching”. Penelitian Junfei menjelaskan analisa rangkaian Synchronous Boost Converter sebagai inovasi baru dari tipe Boost Converter namun tidak melakukan perhitungan nyata untuk mengetahui efisiensi Synchronous Boost Converter tersebut[2].

Penelitian terdahulu tentang Synchronous Boost Converter yang dilakukan oleh Ch. Venkateswra Rao yang berjudul “Digital Control LED High Power Synchronous Boost Converter Based MPPT Charge Controller For SPV System”. Penelitian Venkateswra mengganti PWM dengan MPPT yang memiliki harga lebih mahal[3].

Penelitian terdahulu oleh Benlafkih Abdessamad tentang Synchronous Boost Converter dalam jurnalnya yang berjudul “Design and Modeling of DC/DC Boost Converter for Mobile Device Applications”. Penelitian ini berisikan tentang analisa dan perancangan Synchronous Boost Converter yang dilakukan menggunakan frekuensi yang sangat tinggi berkisar 30MHz - 100MHz dan juga dengan tegangan input lebih kecil yaitu 3.3V. Dimana dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan rendahnya efisiensi dibandingkan dengan penelitian yang penulis lakukan menggunakan frekuensi 50KHz dan penulis juga menggunakan tegangan input lebih besar yaitu 12V[4].

2.2 Lampu LED

Lampu LED adalah lampu yang menggunakan dioda LED sebagai sumber cahaya yang memiliki efisiensi lebih baik daripada lampu pijar dan lampu neon. LED yang akan digunakan adalah tipe High Power LED(HPL) yang memproduksi intensitas cahaya lampu yang paling kuat diantara semua jenis lampu LED. Pada penelitian ini akan digunakan LED 1W sebanyak 21 buah. Spesifikasi LED yang dibutuhkan pada penelitian ini pada suhu 25° C mencakup tegangan panjar maju LED(V_D) dengan nilai minimum 2,9V dan maksimum 3,1V, sehingga dipilih nilai 3V dan arus panjar maju LED(I_D) dengan nilai maksimum sebesar 350 mA. Gambar 2.1 memperlihatkan simbol LED dan bentuk fisiknya[5].

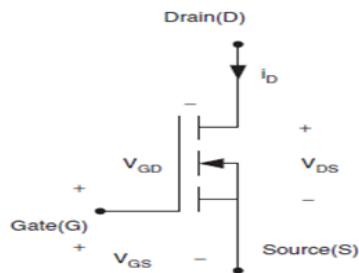


Gambar 2.1 (a) Simbol LED (b) Bentuk Fisik LED(<https://rasapas.wordpress.com/2011/03/04/8/>)[6]

2.3 MOSFET

Komponen yang digunakan sebagai switching adalah MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). Regulasi tegangan dilakukan dengan mengubah daur kerja(Duty Cycle) pada switch dan bukan pada resistansinya. Efisiensi secara keseluruhan catu daya jenis switching ini lebih tinggi daripada jenis catu daya konvensional.

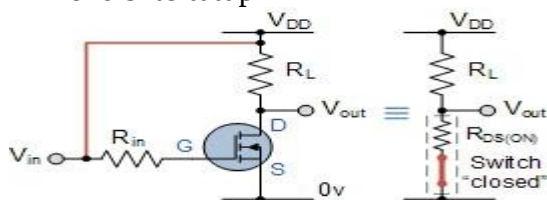
MOSFET yang digunakan adalah tipe N-Channel Enhancement karena merupakan perangkat switching yang paling cepat dengan frekuensi switching lebih dari 1MHz, dengan rating tegangan mencapai 1000V dan rating arus 300A. Gambar 2.2 memperlihatkan simbol MOSFET tipe N-Channel Enhancement.



Gambar 2.2 Simbol MOSFET tipe N-Channel Enhancement(Rashid,2007)

Sebagai saklar maka MOSFET memiliki kondisi saat ON dan saat OFF, saat ON dinamakan kondisi saturasi dan saat OFF dinamakan kondisi *cut-off*. Gambar 2.3 memperlihatkan rangkaian MOSFET sebagai saklar pada kondisi saturasi. Karakteristik MOSFET pada kondisi saturasi antar lain adalah :

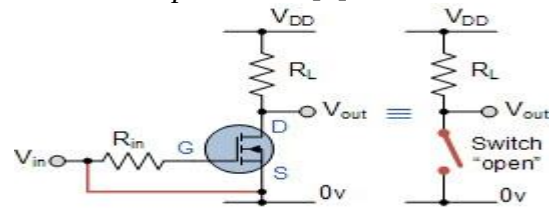
- Tegangan *input gate* (V_{GS}) tinggi
- Tegangan *input gate* (V_{GS}) lebih tinggi dari tegangan *threshold* ($V_{GS} > V_{th}$)
- MOSFET ON (Fully-ON) pada daerah Saturasi
- Tegangan *drain* dan *source ideal* (V_{DS}) pada daerah saturasi adalah 0V ($V_{DS} = 0V$)
- Resistansi *drain* dan *source* sangat rendah ($R_{DS} < 0,1\Omega$)
- Tegangan *output* $V_{out} = V_{DS} = 0,2V(R_{DS} \times I_D)$
- MOSFET dianalogikan sebagai saklar kondisi tertutup



Gambar 2.3 Rangkaian MOSFET Sebagai Saklar Pada Kondisi Saturasi (<http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>)

Gambar 2.4 memperlihatkan rangkaian MOSFET sebagai saklar pada kondisi *cut-off*. Karakteristik MOSFET pada daerah *cut-off* antara lain sebagai berikut:

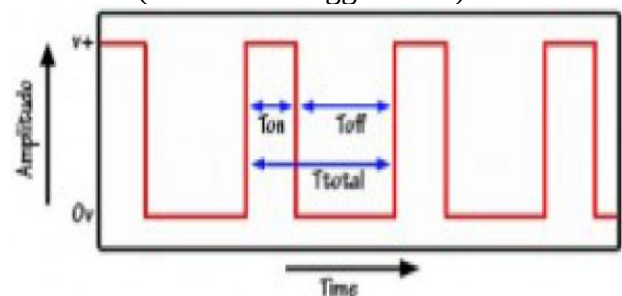
- *Input gate* tidak mendapat tegangan bias karena terhubung ke *ground* (0V)
- Tegangan *gate* lebih rendah dari tegangan *threshold* ($V_{GS} < V_{th}$)
- MOSFET OFF (Fully-OFF) pada daerah *cut-off* ini
- Tidak ada arus *drain* yang mengalir pada MOSFET
- Tegangan *output* $V_{out} = V_{DS} = V_{DD}$
- Pada daerah *cut-off* MOSFET dalam kondisi *open circuit*[7]



Gambar 2.4 Rangkaian MOSFET Sebagai Saklar Pada Kondisi *Cut-Off*(<http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>)

2.4 PWM

Pulse Width Modulation(PWM) adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *Duty Cycle* bervariasi(antara 0% hingga 100%).



Gambar 2.5 Sinyal PWM(<https://globalenergizer.wordpress.com/2014/06/06/pulse-width-modulation-PWM/>)

Dari sinyal PWM pada Gambar 2.5 diatas kita bisa mendapatkan persamaan sebagai berikut:

Dari sinyal PWM pada Gambar 2.5 diatas kita bisa mendapatkan persamaan sebagai berikut:
 $T_{TOTAL} = T_{ON} + T_{OFF} \dots\dots\dots(1)$

Keterangan:

T_{TOTAL} = Periode(s)

T_{ON} = Waktu Pulsa Tinggi(s)

T_{OFF} = Waktu Pulsa Rendah(s)

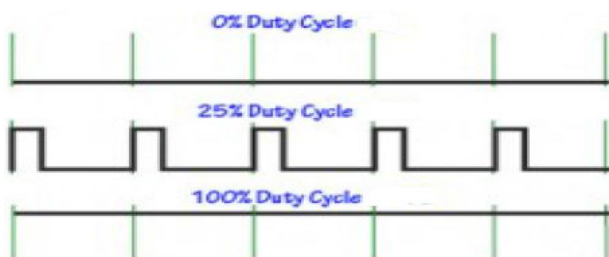
2.4.1 Duty Cycle

Duty Cycle adalah lamanya pulsa tinggi dalam satu periode. Dengan cara mengatur lebar pulsa “ON” dan “OFF” dalam satu periode gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi *output* dari suatu PWM akan didapat *Duty Cycle* yang diinginkan. *Duty Cycle* dari PWM dapat dinyatakan menggunakan persamaan sebagai berikut[8]:

$$D = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100\% = \frac{T_{ON}}{T_{TOTAL}} \times 100\% \dots\dots(2)$$

Keterangan:

D = *Duty Cycle*



Gambar 2.6 Sinyal PWM Dari Berbagai *Duty Cycle*(<https://globalenergizer.wordpress.com/2014/06/06/pulse-width-modulation-PWM/>)

2.5 Synchronous Boost Converter

Boost Converter adalah konverter dc-dc jenis penaik tegangan. Adapun *Synchronous Boost Converter* adalah salah satu tipe *Boost Converter* yang menerapkan MOSFET kedua sebagai pengganti dioda pada *Boost Converter* Konvensional. MOSFET kedua ini akan bekerja secara bergantian dengan frekuensi yang sama sehingga dianggap sinkron.

Terdapat 2 cara pengoperasian *Synchronous Boost Converter* berdasarkan bentuk arus induktornya, yaitu *Discontinuous Conduction Mode(DCM)* dan *Continuous Conduction Mode(CCM)*. DCM adalah ketika arus induktor pernah bernilai nol, sedangkan pada CCM adalah ketika arus induktor tidak pernah bernilai nol. DCM lebih mudah dalam

pengendaliannya dibandingkan CCM. Oleh karena itu dalam penelitian ini telah dipilih pengoperasian secara DCM.

2.4.1 Keunggulan Synchronous Boost Converter Dibandingkan Dengan Boost Converter Konvensional

Diagram dasar dari *Boost Converter* dengan dioda *rectification* pada Gambar 2.7 menunjukkan bahwa disipasi daya di diode D1 signifikan, yang ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini[9]:

$$P_{DIODA} = V_D \times I_{OUT}(1-D) \dots\dots\dots(3)$$

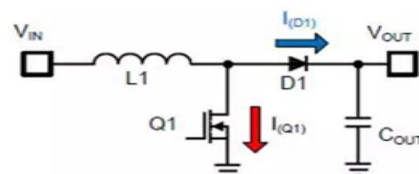
Keterangan:

P_{DIODA} = Disipasi Daya Pada Dioda(W)

V_D = Tegangan Jatuh Dioda(V)

I_{OUT} = Arus Keluaran *Boost Converter*(A)

D = *Duty Cycle*



Gambar 2.7 Diagram Dasar Dari *Boost Converter* Dengan Dioda *Rectification*(Ashok Bindra, 2014, *Synchronous Rectification Gives Step-Up Converters a Boost*)

Berdasarkan artikel yang dibuat oleh Per Bell dan Lee menjelaskan bahwa ketika besarnya tegangan *input* dan *output* yang nilainya sangat dekat, *Duty Cycle* dari MOSFET *Boost Converter* bernilai kecil. Dalam kasus tersebut, *Duty Cycle* yang sesuai (1-D) dari dioda bernilai besar. Akibatnya, dalam aplikasi ini, dioda mengalirkan sebagian besar periode *switching*-nya yang mengakibatkan kerugian tinggi pada dioda. Dengan demikian, disipasi daya dioda ini dapat diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{DIODA} = V_D \times I_{IN}(1-D) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

I_{IN} = Arus Masukan *Boost Converter*(A)

Jika dioda tersebut digantikan dengan sebuah *MOSFET*, persamaan (2) bisa kembali ditulis:

$$P_{MOSFET} = R_{DS(ON)} \times I_{IN}^2 (1-D) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

P_{MOSFET} = Disipasi Daya Pada *MOSFET* (W)

$R_{DS(ON)}$ = Tahanan *Drain-Source* (Ohm)

I_{IN} = Arus Masukan *Synchronous Boost Converter* (A)

D = *Duty Cycle*

Dari persamaan (4) jelas bahwa konsumsi daya dioda ditentukan oleh V_D dan I_{IN} . Demikian juga, persamaan (5) menunjukkan bahwa disipasi daya di *MOSFET* ditentukan oleh $R_{DS(on)}$ dan I_{IN} . V_D memiliki nilai kisaran Volt sedangkan $R_{DS(on)}$ memiliki nilai kisaran miliohm sehingga persamaan tersebut menunjukkan bahwa *Boost Converter* menghemat daya lebih baik menggunakan *MOSFET* dibandingkan menggunakan dioda.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Lampu LED

Perancang lampu LED 21W menggunakan untai LED 1W sebanyak 21 buah. Tegangan maju LED 1W adalah 3V dan arus panjar majunya adalah 350mA. Untuk mendapatkan lampu LED yang memiliki daya 21W, terdapat beberapa pilihan susunan LED, yaitu:

1. 7 seri x 3 paralel
2. 3 seri x 7 paralel
3. 1 seri x 21 paralel
4. 21 paralel x 1 seri

Syarat memilih susunan LED yang tepat adalah:

1. Tegangan keluaran besar dari Tegangan sumber ($V_o > V_s$)
2. *Duty Cycle* yang diperoleh dari perhitungan V_s dan V_o adalah kecil dari 50% ($D < 50\%$)

Dari pilihan pilihan tersebut pilihan yang paling cocok adalah nomor 1. Berikut

persamaan V_o jika menggunakan untai Lampu LED 7 seri x 3 paralel:

$$V_o = V_{fLED} \times \text{Jumlah LED Seri Dalam Satu}$$

$$\text{Cabang} \dots\dots\dots (6)$$

$$V_o = 3V \times 7$$

$$V_o = 21V$$

Keterangan:

V_o = Tegangan Keluaran *Synchronous Boost Converter* (V)

V_{fLED} = Tegangan Panjar Maju LED (V)

Perhitungan *Duty Cycle* jika menggunakan untai Lampu LED 7 seri x 3 paralel menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_o = \left(\frac{1}{1-D} \right) \times V_i \dots\dots\dots (7)$$

$$V_o = \left(\frac{1}{1-D} \right) \times V_i$$

$$21 = \left(\frac{1}{1-D} \right) \times 12$$

$$D = 43\%$$

Keterangan:

V_o = Tegangan Keluaran *Synchronous Boost Converter* (V)

V_i = Tegangan Masukan *Synchronous Boost Converter* (V)

D = *Duty Cycle*

Persamaan (7) menganggap dioda adalah ideal dan resistansi induktor sama dengan nol dan kapasitansi kapasitor besar sekali. Kemudian menentukan beban yang akan disimulasikan sebagai LED 21W sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Simulasi Resistor Sebagai Beban Lampu LED21W

Pertama hitung terlebih dahulu arus keluaran *Synchronous Boost Converter* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_o = I_{fLED} \times \text{Jumlah Cabang LED Paralel} \dots\dots\dots(8)$$

$$I_o = 350\text{mA} \times 3$$

$$I_o = 1050\text{mA}$$

Keterangan:

I_{fLED} = Arus Panjar Maju LED(mA)

Kemudian untuk menghitung beban simulasi LED menggunakan persamaain ini:

$$R_{LED} = \frac{V_o}{I_o} \dots\dots\dots(9)$$

$$R_{LED} = \frac{21V}{1.05A}$$

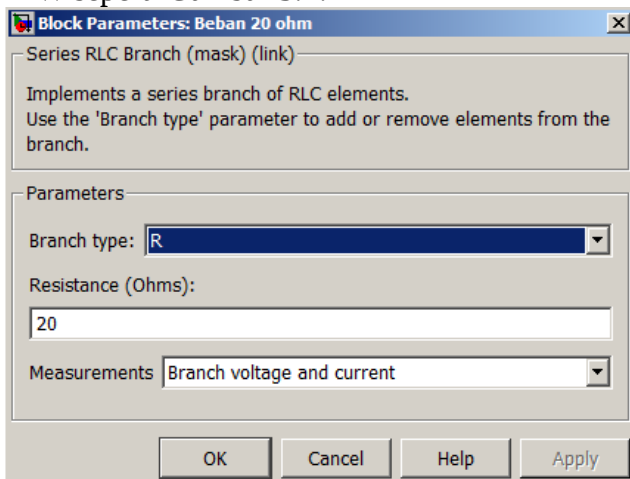
$$R_{LED} = 20\Omega$$

Keterangan:

R_{LED} = Resistansi Sebagai Beban Lampu LED(Ohm)

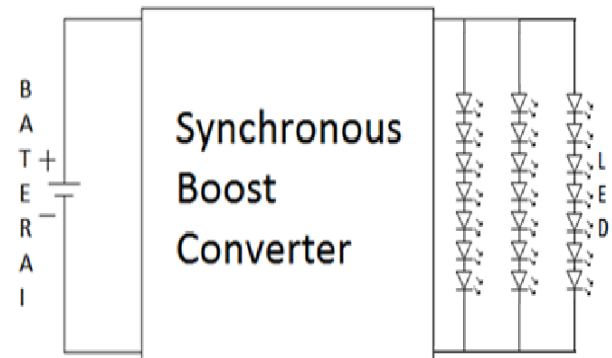
I_o = Arus Keluaran Synchronous Boost Converter(A)

Setelah ditemukan masukan pada *block parameter* resistor sebagai beban lampu LED 21W seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Block Parameter Resistor Sebagai Beban Lampu LED 21W

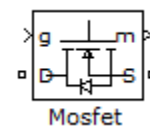
3.2 Perancangan Synchronous Boost Converter



Gambar 3.3 Diagram Blok Lampu LED

Gambar 3.3 memperlihatkan Diagram Blok Lampu LED. Input pada perancangan Synchronous Boost Converter ini adalah sumber dc 12V sedangkan keluaran yang diharapkan adalah 21Vdc yang akan digunakan untuk menyuplai lampu LED.

3.2.1 Pemilihan MOSFET



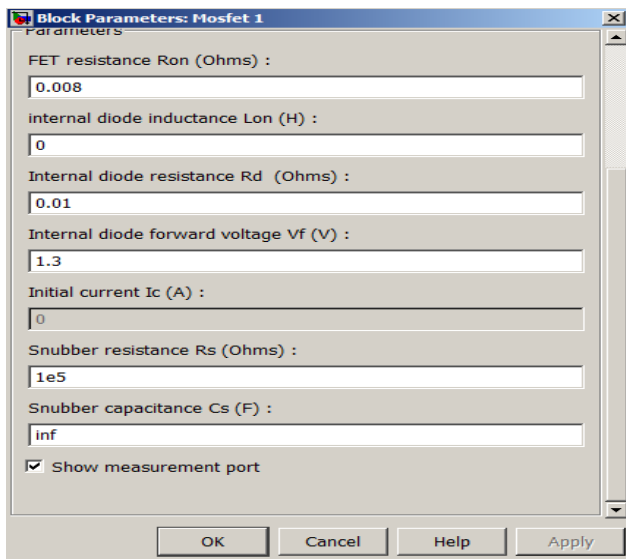
Gambar 3.4 Simulasi MOSFET

Gambar 3.4 memperlihatkan simulasi MOSFET pada software MATLAB. Spesifikasi simulasi MOSFET merujuk pada tipe IRF3205, berikut spesifikasi yang dapat dimasukkan pada block parameter-nya:

$$R_{DS(on)} = 8\text{m}\Omega$$

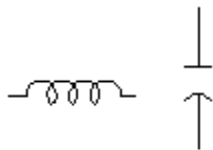
$$V_{SD(max)} = 1.3V$$

Kemudian spesifikasi tersebut dimasukkan pada *block parameter* MOSFET1 dan MOSFET2 seperti terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Block Parameter MOSFET1 Dan MOSFET2

3.2.2 Pemilihan Nilai Induktansi Dan Nilai Kapasitansi



Gambar 3.6 Simulasi Induktor Dan Kapasitor

Gambar 3.6 memperlihatkan simulasi induktor dan kapasitor pada *software MATLAB*. Dengan nilai *Duty Cycle* yang telah diperoleh yaitu 43%, maka akan dilakukan pencarian nilai L_{max} (induktansi maksimum) dan C_{min} (kapasitansi maksimum) dengan frekuensi yang ditetapkan yaitu 50KHz, dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

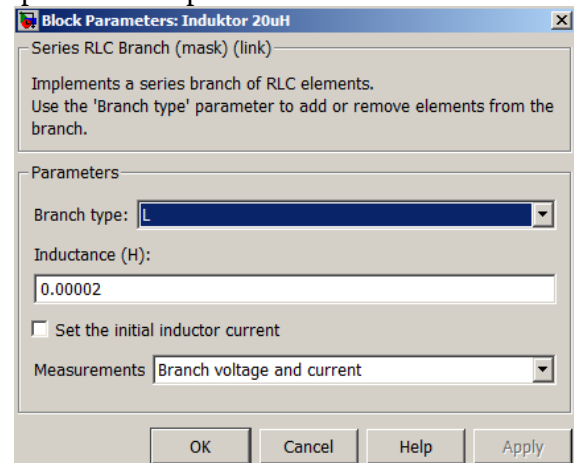
$f_s = 50\text{KHz}$, $V_o = 21\text{V}$, $I_o = 1.05\text{A}$, $D = 0.43$, dan nilai yang biasanya digunakan untuk $r = 0.01$:

$$L_{\max} = \frac{V_o}{2 \times I_o \times f_s} \times D(1-D)^2 \dots\dots\dots(10)$$

$$L_{\max} = \frac{21\text{V}}{2 \times 1,05\text{A} \times 50000\text{Hz}} \times 0,43(1-0,43)^2$$

$$L_{\max} = 0,00002794\text{H}$$

Untuk memudahkan perhitungan ditetapkan nilai induktansi dibawah nilai $L_{\max}$ yaitu 0.00002H. Kemudian nilai tersebut dimasukan pada *block parameter* induktor seperti terlihat pada Gambar 3.7.



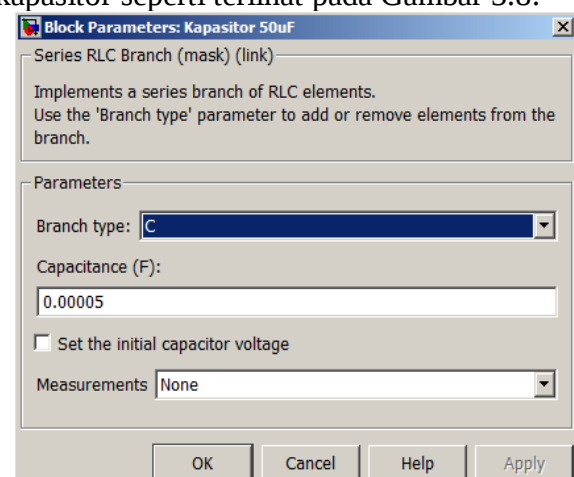
Gambar 3.7 Block Parameter Induktor

$$C_{\min} = \frac{D \times I_o}{r \times f_s \times V_o} \dots\dots\dots(11)$$

$$C_{\min} = \frac{0.43 \times 1.05}{0.01 \times 50000 \times 21}$$

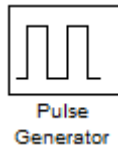
$$C_{\min} = 0.000043\text{F}$$

Penulis menetapkan nilai kapasitansi diatas nilai $C_{\min}$ yaitu 0.00005F. Kemudian nilai tersebut dimasukan pada *parameter block* kapasitor seperti terlihat pada Gambar 3.8.



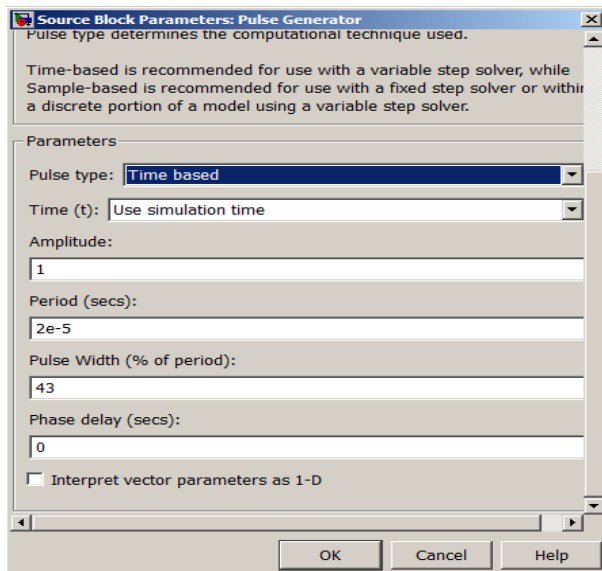
Gambar 3.8 Parameter Block Kapasitor

3.3 Pengendali PWM SG3525

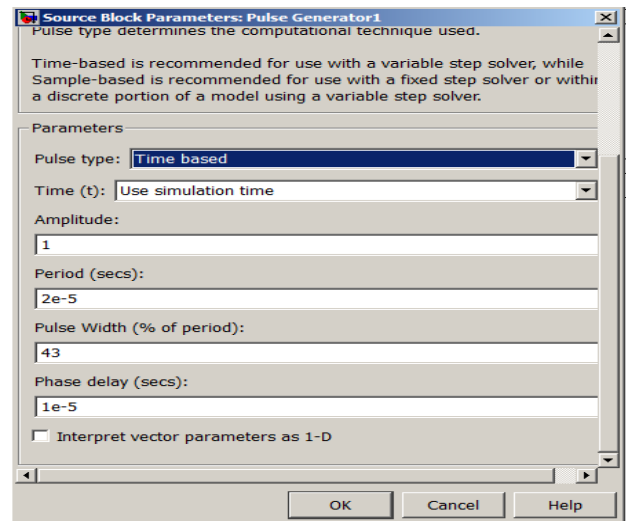


Gambar 3.9 Simulasi *Pulse Generator*

Pemodelan Pengendali PWM SG3525 seperti terlihat pada Gambar 3.9 akan digantikan dengan *Pulse Generator*. PWM yang digunakan memiliki *Duty Cycle* 43%. *Duty Cycle* tersebut di masukkan pada ke 2 *parameter block PWM* dan di antara keduanya ada *delay* setengah periode, hal ini dilakukan mengingat *Synchronous Boost Converter* dipasaran menggunakan *delay* demikian. *Delay* periode yang ditetapkan adalah 1/50KHz, maka *delay*-nya adalah 1/100KHz atau 0.00001s. Spesifikasi yang telah ditemukan tersebut dimasukkan ke *parameter block Pulse Generator1* dan *Pulse Generator2* seperti terlihat pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.

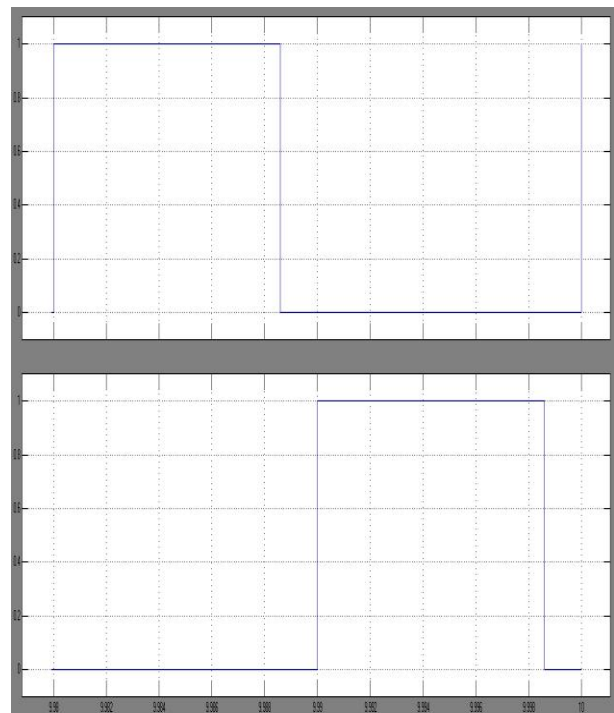


Gambar 3.10 Block Parameter *Pulse Generator1*



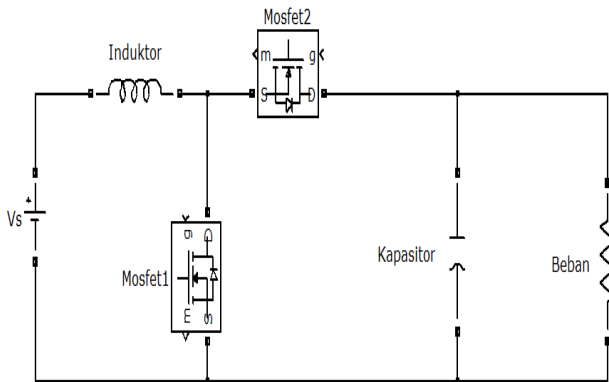
Gambar 3.11 Block Parameter *Pulse Generator2*

Gambar 3.12s memperlihatkan bentuk sinyal PWM dari *Pulse Generator 1* dan *Pulse Generator2*.



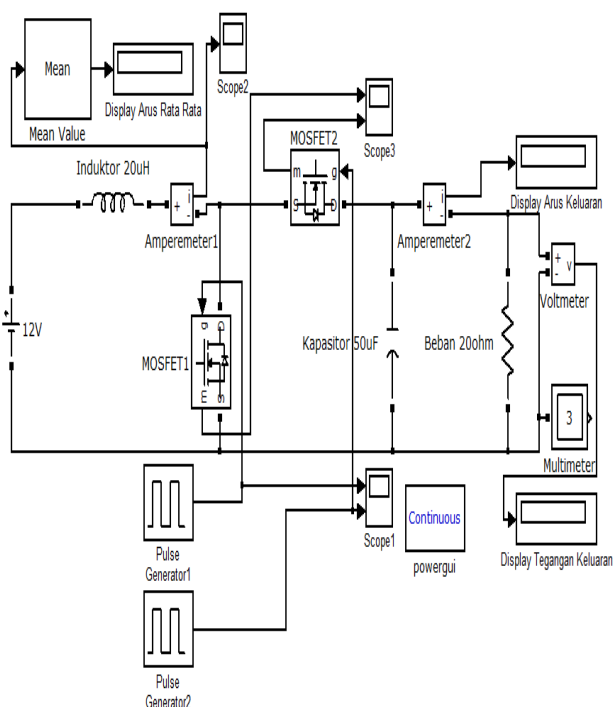
Gambar 3.12 Bentuk Sinyal PWM Dari *Pulse Generator1* Dan *Pulse Generator2*

3.4 Simulasi Lampu LED Dan Synchronous Boost Converter Pada MATLAB



Gambar 3.13 Rangkaian Keseluruhan Synchronous Boost Converter

Gambar 3.13 memperlihatkan simulasi rangkaian keseluruhan Synchronous Boost Converter pada software MATLAB.



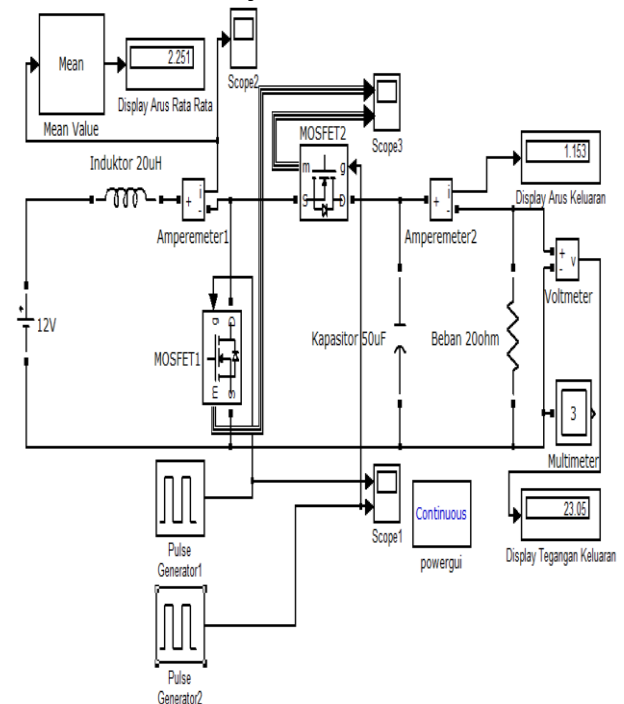
Gambar 3.14 Rangkaian Keseluruhan Synchronous Boost Converter Dengan Alat Ukur

Gambar 3.14 memperlihatkan rangkaian keseluruhan Synchronous Boost Converter dengan alat ukur.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

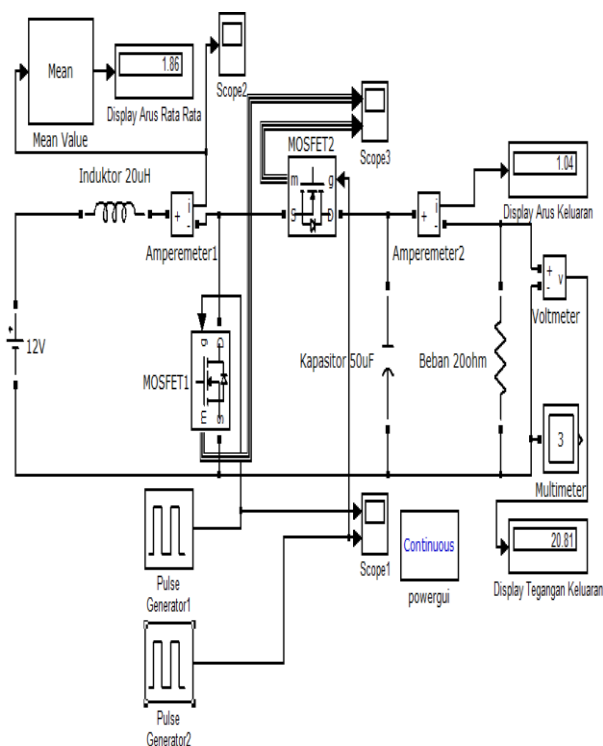
4.1 Hasil Simulasi Rangkaian Synchronous Boost Converter

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan Synchronous Boost Converter menghasilkan luaran lebih besar dari yang diharapkan sehingga dilakukan perubahan nilai Duty Cycle agar mendekati sebagaimana yang telah diharapkan yaitu menghasilkan tegangan keluaran 21 Volt dan arus keluaran 1,05 Ampere. Simulasi dilakukan dengan memasukkan parameter-parameter yang telah ditemukan, Gambar 4.1 berikut ini memperlihatkan hasil simulasi pada MATLAB setelah simulasi dijalankan.



Gambar 4.1 Hasil Simulasi MATLAB Dengan Nilai Pada Display

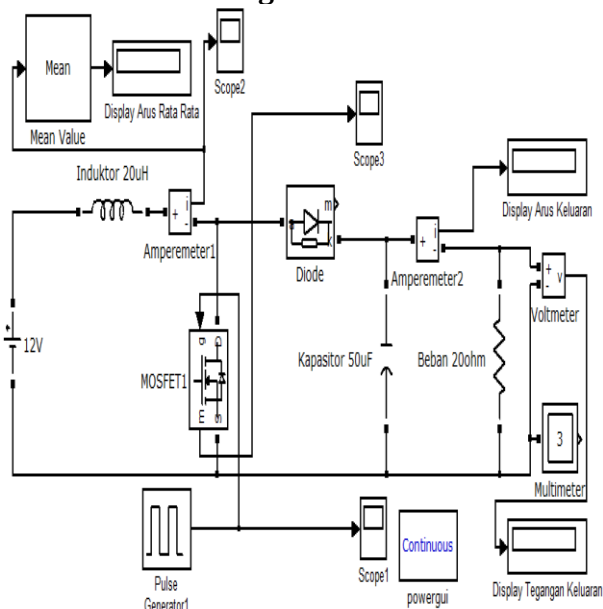
Gambar 4.2 berikut ini memperlihatkan hasil simulasi pada MATLAB setelah simulasi dijalankan dan diubah Duty Cyclenya.



Gambar 4.2 Hasil Simulasi *MATLAB* Dengan Nilai Pada Display Setelah Perubahan Nilai *Duty Cycle*

4.2 Pembahasan Simulasi

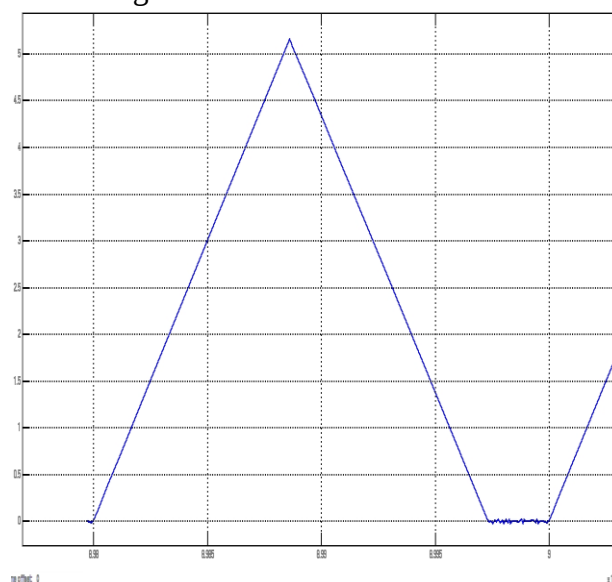
4.2.1 Simulasi Rangkaian *Boost Converter*



Gambar 4.3 Simulasi Rangkaian *Boost Converter* Sebelum dijalankan

Seperti terlihat pada Gambar 4.3 Rangkaian simulasi *Boost Converter* pada *MATLAB* terdiri dari:

- Sumber dc(Vs) bernilai 12V
- Induktor bernilai 0,00002H
- Kapasitor bernilai 0,00005F
- Dioda dengan tegangan panjar maju(Vf) bernilai 1,5V
- *MOSFET N-channel enhancement* dengan $R_{DS(ON)}$ bernilai 0,008Ohm
- *Pulse generator* dengan nilai:
 - *Duty Cycle* sebesar 43%
 - Periode sebesar 0,00002s
- dan resistor mewakili lampu *LED* 21W dengan R bernilai 200Ohm



Gambar 4.4 Bentuk Gelombang Arus Induktor

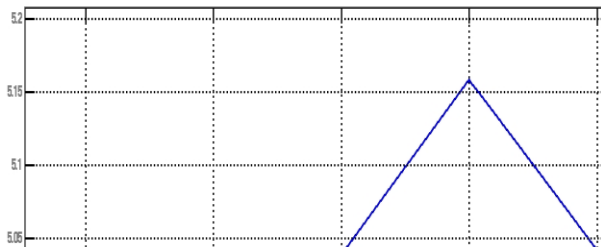
Bentuk gelombang arus pada induktor seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4 diatas akan digunakan untuk mencari arus rata-rata. Arus rata-rata diperoleh dari luas daerah gelombang segitiga menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$I_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \dots\dots\dots(12)$$

Seperti kita ketahui persamaan untuk mencari luas daerah segitiga adalah:

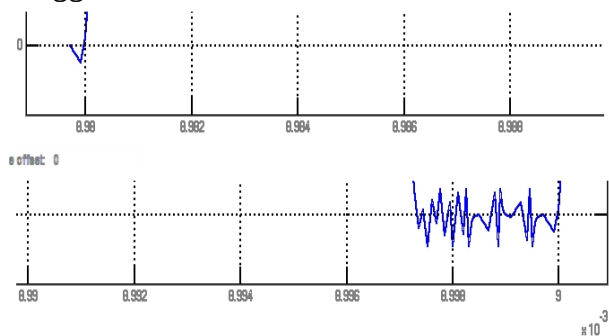
$$Luas\ Segitiga = \frac{Alas \times Tinggi}{2} \dots\dots\dots(13)$$

Untuk mencari tinggi dan alas gelombang arus induktor akan diperbesar berikut penampakannya pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Tinggi Gelombang Setelah Diperbesar

Setelah diperbesar nilainya mendekati 5,16A, sehingga nilai itu dijadikan parameter Tinggi.



Gambar 4.6 Alas Gelombang Setelah Diperbesar

Setelah diperbesar nilai awal adalah $8,98s \times 10^{-3}$ dan nilai akhirnya adalah antara $8,996s \times 10^{-3}$ dan $8,998s \times 10^{-3}$ sehingga diambil nilai tengah saja yaitu $8,997s \times 10^{-3}$. Kemudian nilai akhir dikurang nilai awal:

$$\Delta t = t \text{ akhir} - t \text{ awal} \dots \dots \dots (14)$$

$$\Delta t = (8,997s \times 10^{-3}) - (8,98s \times 10^{-3})$$

$$\Delta t = 0,017s \times 10^{-3}$$

$$\Delta t = 0,000017s$$

Nilai Δt adalah sebagai nilai Alas. Setelah parameter yang dibutuhkan diperoleh kemudian mencari daya input(Pin) menggunakan persamaan:

$$Pin = Vs \times I_{avg} \dots \dots \dots (15)$$

Berikut perhitungannya Dimana: V_s = Tegangan *input*, dan untuk memudahkan T = nilai awal diganti dengan nilai Alas, 0 = nilai akhir diganti dengan 0 , I_L = adalah nilai Tinggi

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \right\} \dots \dots \dots (16)$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} [I_L \times T]_0^T \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} [I_L \times T]_0^{0,000017s} \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} \times I_L \times T \right]_0^{0,000017s} \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} \times 5,16A \times T \right]_0^{0,000017s} \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} \times 5,16A \times 0,000017s \right] - \left[\frac{1}{2} \times 5,16A \times 0 \right] \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{T} [0,00004386As] - [0] \right\}$$

$$Pin = Vs \left\{ \frac{1}{0,00002s} 0,00004386As \right\}$$

$$Pin = 12V \times 2,193A$$

$$Pin = 26,316W$$

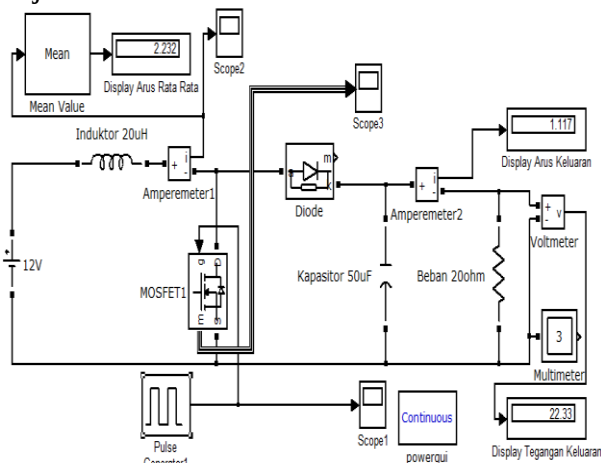
Setelah Pin diperoleh, kemudian dapat mencari nilai efisiensi dari *Boost Converter* menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (17)$$

$$Efisiensi = \frac{21W}{26,316W} \times 100\%$$

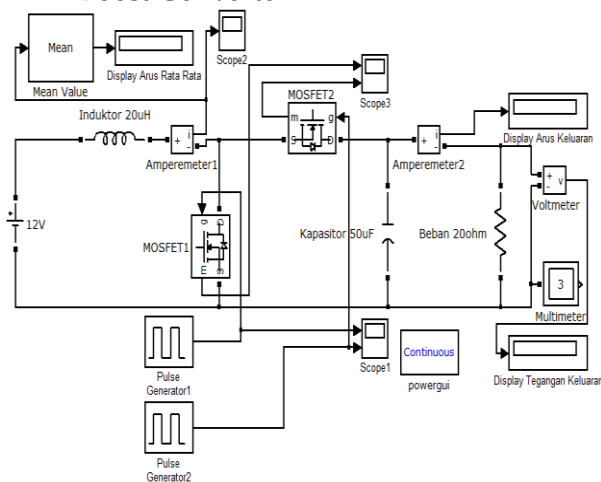
$$Efisiensi = 79,7993\%$$

Gambar 4.7 memperlihatkan Simulasi Rangkaian *Boost Converter* Setelah Dijalankan.



Gambar 4.7 Simulasi Rangkaian *Boost Converter* Setelah Dijalankan

4.2.2 Simulasi Rangkaian *Synchronous Boost Converter*

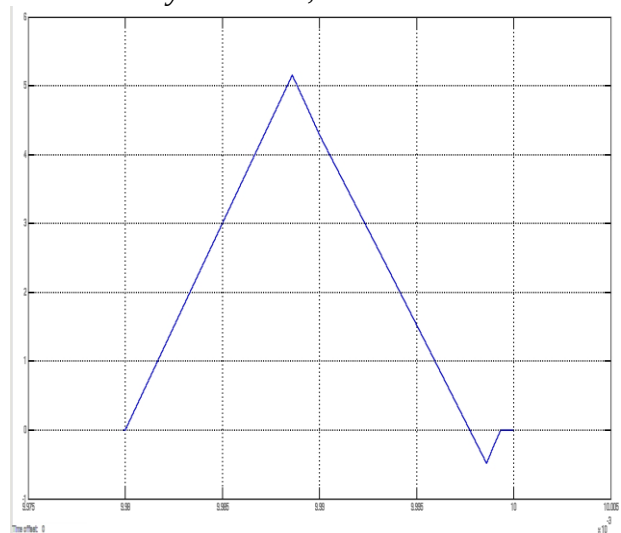


Gambar 4.8 Simulasi Rangkaian *Synchronous Boost Converter* Sebelum Dijalankan

Seperti terlihat pada Gambar 4.8 Rangkaian simulasi *Synchronous Boost Converter* pada *MATLAB* terdiri dari:

- Sumber dc(Vs) bernilai 12V
- Induktor bernilai 0,00002H
- Kapasitor bernilai 0,00005F
- Dioda dengan tegangan panjar maju(Vf) bernilai 1,3V
- 2 buah *MOSFET N-channel enhancement* dengan $R_{DS(ON)}$ bernilai 0,008Ohm

- *Pulse generator1* dengan nilai:
 - *Duty Cycle* sebesar 43%
 - Periode sebesar 0,00002s
- *Pulse generator2* dengan nilai:
 - *Duty Cycle* sebesar 43%
 - Periode sebesar 0,00002s
 - *Delay* sebesar 0,00001s



Gambar 4.9 Bentuk Gelombang Arus Induktor

Bentuk gelombang arus pada induktor seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9 diatas akan digunakan untuk mencari arus rata-rata. Arus rata-rata diperoleh dari luas daerah gelombang segitiga menggunakan persamaan (12) berikut ini:

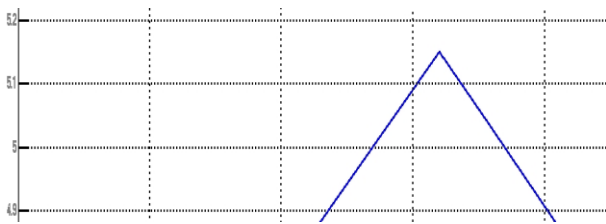
$$I_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt$$

Synchronous Boost Converter memiliki 2 luas daerah segitiga yang perlu diperhitungkan. Oleh karena itu, persamaan (13) digunakan untuk mencari luas daerah segitiga.

$$Luas\ Segitiga = \frac{Alas \times Tinggi}{2}$$

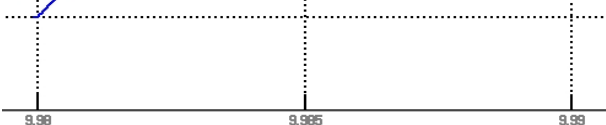
Luas Daerah 1:

Untuk mencari tinggi dan alas gelombang arus induktor akan diperbesar berikut penampakannya pada Gambar 4.10, Gambar 4.11, dan Gambar 4.12.

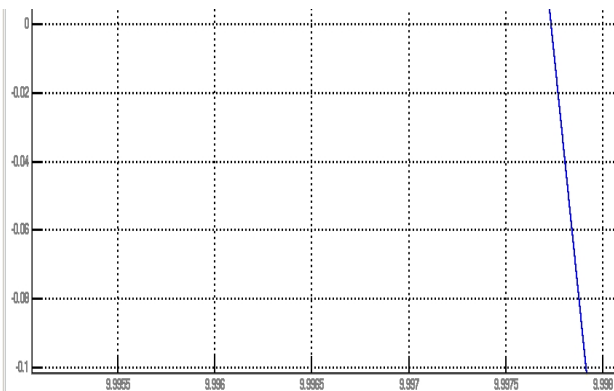


Gambar 4.10 Tinggi Gelombang Setelah Diperbesar

Setelah diperbesar nilainya mendekati 5,16A, sehingga nilai itu dijadikan *parameter* Tinggi.



Gambar 4.11 Alas Gelombang Setelah Diperbesar 1



Gambar 4.12 Alas Gelombang Setelah Diperbesar 2

Setelah diperbesar nilai awal adalah $9,98s \times 10^{-3}$ dan nilai akhirnya adalah antara $9,9978s \times 10^{-3}$ dan $9,998s \times 10^{-3}$ sehingga diambil nilai tengah saja yaitu $9,9979s \times 10^{-3}$. Kemudian mencari nilai Δt menggunakan persamaan (14).

$$\Delta t = t_{akhir} - t_{awal}$$

$$\Delta t = (9,9979s \times 10^{-3}) - (9,98s \times 10^{-3})$$

$$\Delta t = 0,0179s \times 10^{-3}$$

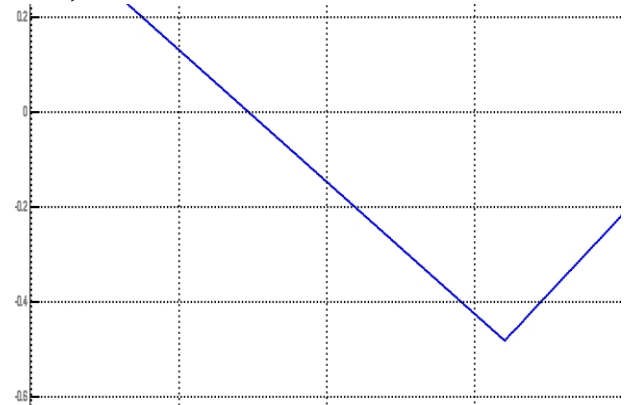
$$\Delta t = 0,0000179s$$

Nilai Δt adalah sebagai nilai Alas.

Luas Daerah 2:

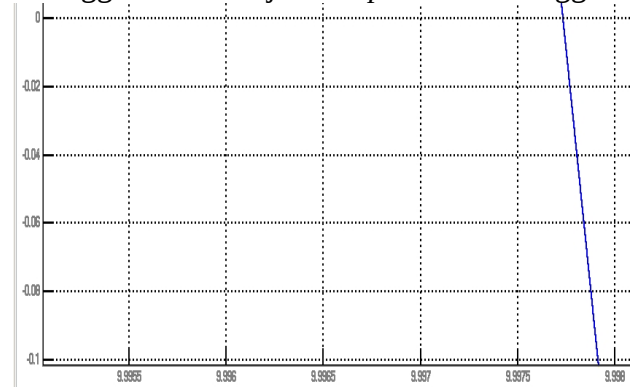
untuk mencari tinggi dan alas gelombang arus induktor akan diperbesar berikut

penampakkannya pada Gambar 4.13, Gambar 4.14, dan Gambar 4.15:

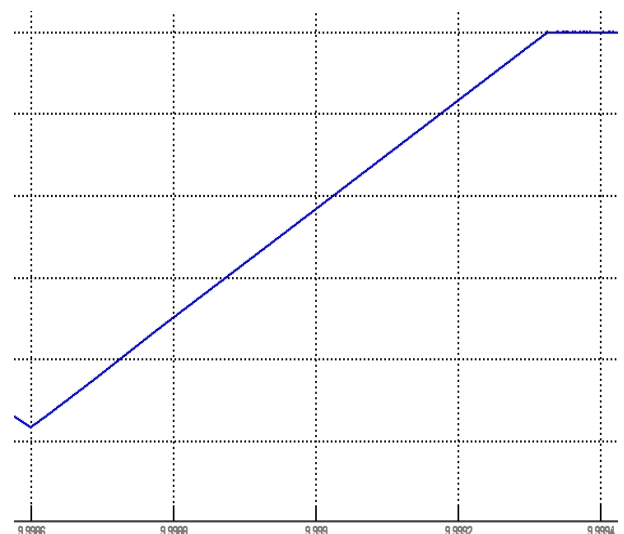


Gambar 4.13 Tinggi Gelombang Setelah Diperbesar

Setelah diperbesar nilainya mendekati 5,16A, sehingga nilai itu dijadikan *parameter* Tinggi.



Gambar 4.14 Alas Gelombang Setelah Diperbesar 1



Gambar 4.15 Alas Gelombang Setelah Diperbesar 2

Nilai awal daerah 2 adalah nilai akhir daerah 1, yaitu $9,9979s \times 10^{-3}$ dan nilai akhir daerah 2 setelah diperbesar adalah antara $9,9992s \times 10^{-3}$ dan $9,9994s \times 10^{-3}$, sehingga di pilih nilai tengahnya yaitu $9,9993s \times 10^{-3}$. Kemudian mencari nilai Δt menggunakan persamaan (28), yaitu:

$$\Delta t = t_{akhir} - t_{awal}$$

$$\Delta t = (9,9993s \times 10^{-3}) - (9,9979s \times 10^{-3})$$

$$\Delta t = 0,0014s \times 10^{-3}$$

$$\Delta t = 0,0000014s$$

Nilai Δt adalah sebagai nilai Alas. Setelah parameter yang dibutuhkan diperoleh kemudian mencari daya *input*(Pin) menggunakan persamaan(15), karena ada 2 luas daerah, maka akan dilakukan 2 perhitungan:

$$Pin = Vs \times I_{avg}$$

Berikut perhitungannya Dimana: V_s = Tegangan *input*, dan untuk memudahkan T = nilai awal diganti dengan nilai Alas, 0 = nilai akhir diganti dengan 0, I_L = adalah nilai Tinggi.

Pin daerah 1:

$$Pin1 = \frac{1}{T} \int_0^T V_s x I_L dt \dots \dots \dots (18)$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} [I_L \times T]_0^T \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} [I_L \times T]_0^{0,0000179} \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} x I_L \times T \right]_0^{0,0000179} \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} x 5,16 A \times T \right]_0^{0,0000179} \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} x 5,16 A x 0,0000179s \right] - \left[\frac{1}{2} x 5,16 A x 0 \right] \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{T} [0,000046182 As] - [0] \right\}$$

$$Pin1 = V_s \left\{ \frac{1}{0,00002s} 0,000046182 As \right\}$$

$$Pin1 = 12V \times 2,3091A$$

$$Pin1 = 27,7092W$$

Pin daerah 2:

$$Pin2 = \frac{1}{T} \int_0^T V_s \times I_L dt \dots \dots \dots (19)$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T I_L dt \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} [I_L \times T]_0^T \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} [I_L \times T]_0^{0,0000014} \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} \times 1,6A \times T \right]_0^{0,0000014} \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} \times 5,16A \times T \right]_0^{0,0000014} \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} \left[\frac{1}{2} \times 5,16A \times 0,0000014s \right] - \left[\frac{1}{2} \times 5,16A \times \right] \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{T} [0,000003612As] - [0] \right\}$$

$$Pin2 = V_s \left\{ \frac{1}{0,00002} 0,000003612As \right\}$$

$$Pin2 = 12V \times 0,1806A$$

$$Pin2 = 2,1672W$$

Untuk mendapatkan Pin *Synchronous Boost Converter* yang sesungguhnya, hasil persamaan (18) dikurangi dengan hasil persamaan (19):

$$Pin = Pin1 - Pin2 \dots \dots \dots (20)$$

$$Pin = 27,7092W - 2,1672W$$

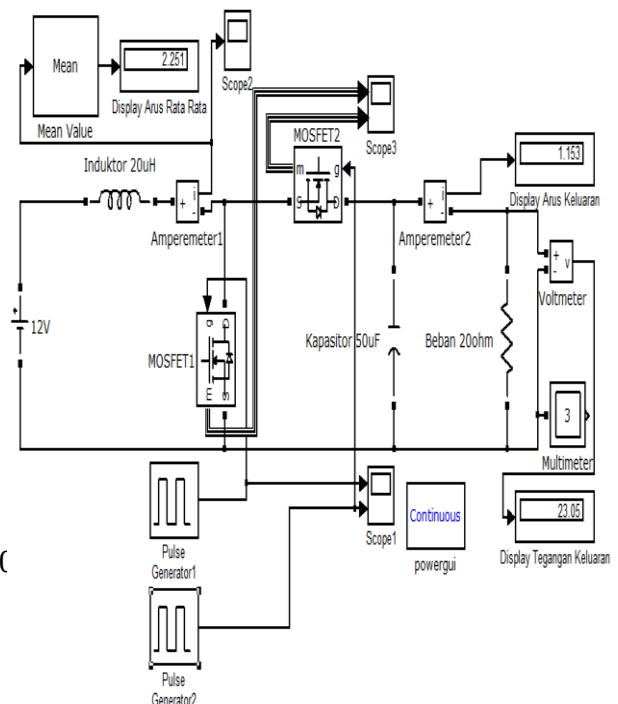
$$Pin = 25,542W$$

Sehingga diperoleh efisiensi menggunakan persamaan (17) sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

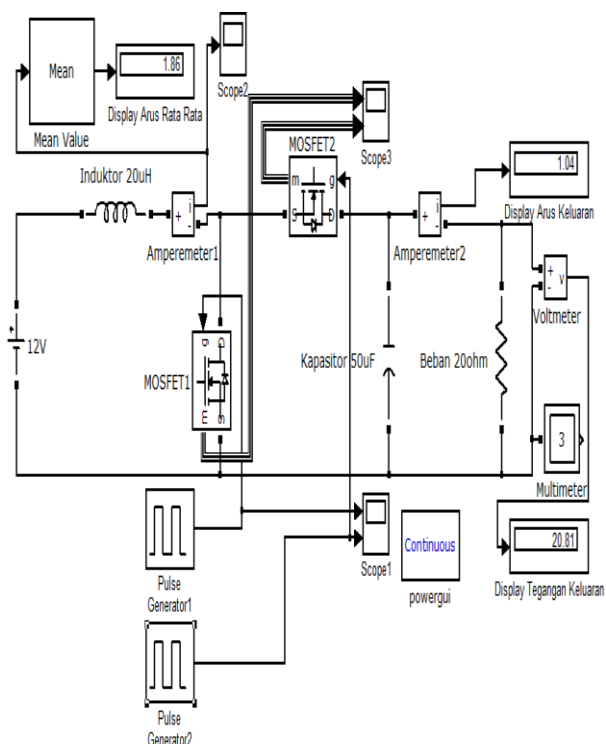
$$Efisiensi = \frac{21W}{24,8065W} \times 100\%$$

$$Efisiensi = 82,22\%$$



Gambar 4.16 Simulasi Rangkaian *Synchronous Boost Converter* Setelah Dijalankan

Gambar 4.16 memperlihatkan hasil simulasi rangkaian *Synchronous Boost Converter*. Hasil tersebut memiliki arus yang terlalu besar melebihi arus maksimum lampu LED 21W, sehingga dilakukan perubahan nilai *Duty Cycle*. Nilai *Duty Cycle* yang memungkinkan adalah 37% dengan mempertimbangkan arus panjar maju maksimum lampu LED 21W bernilai 1,05A dan tegangan panjar maju minimal lampu LED 21W adalah $2,9V \times 7 = 20,3W$. Gambar 4.17 berikut ini memperlihatkan hasil simulasi setelah *Duty Cycle* diubah menjadi 37%.



Gambar 4.17 Simulasi Rangkaian *Synchronous Boost Converter* Setelah Djalankan Dengan *Duty Cycle* 37%

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi Rangkaian *Synchronous Boost Converter* untuk penyalan lampu LED 21W menggunakan software MATLAB dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. *Synchronous Boost Converter* memiliki efisiensi 82,22% lebih baik dibandingkan dengan *Boost Converter* Konvensional yang memiliki efisiensi 79,7993%.
2. Efisiensi *Synchronous Boost Converter* yang lebih baik disebabkan oleh penerapan MOSFET kedua sebagai pengganti dioda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anto, Budhi, Dian Yayan Sukma, Hendro Uli Sugio Simamora, "Lampu LED 12VDC Menggunakan Rangkaian Penyalan Berbasis Boost Converter", Proceedings Seminar Nasional Teknik

Elektro (FORTEI 2016), Departemen Teknik Elektro Undip, pp 21-25.

- [2] Wang, Junfei, Feng Zheng, Yu Zhang, Peikang Wang, Xiaoyu Yang, Depeng Bai, "A New Control Method For Boost Converter In Discontinuous Conduction Mode With Synchronous Rectification And Zero Voltage Switching", 2013 IEEE ECCE Asia Downunder, Australia, pp 650-654.
- [3] Venkateswra Rao, Ch., S.S.Tulasiram, B.Brahmaiah, "Digital ControlLED High Power Synchronous Boost Converter Based Mppt Charge Controller For Spv System", International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJET), Vol. 5 No. 1, pp. 104-110, April 2015.
- [4] Abdessamad, Benlafkih, Krit Salah-dine, Chafik Elidrissi Mohamed, "Design And Modeling Of DC/ DC Boost Converter For Mobile Device Applications", IJST Publication UK, Vol. 2 No. 5, pp. 394-401, May 2013.
- [5] Wikipedia Ensiklopedia Bebas. "Diode pancaran cahaya". Diunduh dari laman: https://id.wikipedia.org/wiki/Diode_pancaran_cahaya
- [6] Wordpress. "LED (Light Emiting dioda)". Diunduh dari laman: <https://rasapas.wordpress.com/2011/03/04/8/>
- [7] Web. "MOSFET Sebagai Saklar". Diunduh dari laman: <http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/>
- [8] Wordpress. "Pulse Width Modulation(PWM)". Diunduh dari laman: <https://globalenergizer.wordpress.com/2014/06/06/pulse-width-modulation-PWM/>
- [9] Ashok Bindra, "Synchronous Rectification Gives Step-Up Converters A Boost", 2014.