

# ANALISIS PERBANDINGAN HASIL OPERASI CCM DAN DCM DC CHOPPER TIPE BUCK BOOST BERBASIS TRANSISTOR

Milzam Andali Lababan<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Bambang Winardi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup> Email : milzam.andali@gmail.com

## Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini, aplikasi yang membutuhkan sumber catu daya DC sangat banyak. Konverter buck boost berfungsi mengubah masukan tegangan DC tetap menjadi lebih besar ataupun lebih kecil sesuai dengan kebutuhan beban. Penerapan aplikasi buck boost konverter telah banyak digunakan, namun pada laporan tugas akhir ini hanya akan dibahas mengenai beda kedua mode kerja rangkaian DC chopper tipe buck boost yaitu CCM, dimana arus pada konverter tidak pernah mencapai nilai nol, dan DCM, dimana arus pada konverter mencapai nilai nol, pengaruhnya pada variasi beban yang diberikan, dan perbandingan efisiensi pada kedua mode kerja tersebut. Switch elektronik yang digunakan berupa transistor SC2555. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian, dengan menggunakan induktor sebesar 0,2 mH, maka rangkaian akan bekerja secara DCM sedangkan dengan induktor 10,5 mH rangkaian akan bekerja secara CCM. Pada mode DCM beban resistif didapat nilai efisiensi terbaik sebesar 71 % dan pada mode CCM sebesar 72 %, keduanya dalam duty cycle 50 %. Efisiensi pada beban induktif mode DCM terbaik bernilai 89 % dan pada mode CCM bernilai 99 %, keduanya pada duty cycle 10 %. Dari hasil percobaan yang dilakukan juga terlihat bahwa pada mode DCM drop tegangan akan lebih cepat terjadi dibanding pada mode CCM.

*Kata kunci : Buck boost converter, CCM, DCM*

## Abstract

Recent technological developments, require a DC power supply for so many applications. Buck boost converter is a device that can convert fixed DC voltage input to larger or smaller output according to load requirements. Buck boost converter has been made for various applications, however in this final project, only discusses about the different of two operating mode in buck boost DC chopper which are CCM where the current that flow through the converter never reach zero, and DCM where the current that flow through the converter reach the zero point, and also discusses the influences to the various loads, and efficiency comparison in those two operating modes. Electronic switch that used in buck boost converter is transistor SC2555. Based on results of experimental works, the converter worked on discontinuous conduction mode with 0,2 mH inductor and on continuous conduction mode with 10,5 mH inductor. The CCM mode has better efficiency than the DCM mode. The best efficiency when the device was operated in CCM mode is 72 % while the DCM mode only 71 % when the device was connected to a resistive load. Whereas, when the device was connected to inductive load, the efficiency in CCM mode could reach 99 % and at DCM mode only 89%.

*Keywords : Buck boost converter, CCM, DCM*

## 1. Pendahuluan

P  
Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia tegangan searah (dc). Dalam bidang elektronika daya, alat pengonversi tegangan DC atau yang sering disebut DC chopper adalah hal yang menarik untuk dipelajari, khususnya bagi pendidikan teknik yang mengacu pada bidang kelistrikan seperti teknik elektro.

DC chopper merupakan alat yang dapat mengonversi tegangan masukan searah menjadi lebih besar ataupun lebih kecil tergantung pada tipe yang digunakan. DC

Chopper mempunyai 2 mode operasi kerja, yaitu mode DCM (*Discontinuous Conduction Mode*) dan mode CCM (*Continuous Conduction Mode*). Mode DCM adalah mode dimana arus induktor pada konverter mencapai nilai nol, atau tidak *continue*. Mode CCM adalah mode operasi dimana arus induktor pada konverter mengalir secara kontinyu, dalam artian tidak pernah mencapai nilai nol.

Pada Tugas Akhir ini penulis menggunakan DC Chopper tipe buck boost atau biasa disebut *buck boost Converter*. *Buck boost Converter* berfungsi untuk mengubah nilai tegangan DC, baik ke nilai tegangan yang lebih rendah

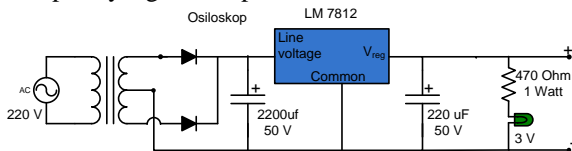
maupun ke nilai tegangan yang lebih tinggi dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari rangkaian kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*). Buck boost converter memiliki tegangan keluaran yang polaritasnya terbalik dengan tegangan masukan. Pemilihan topologi dc chopper tipe buck boost dikarenakan desainnya yang simpel dan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi.

Berdasarkan pada hal tersebut, penelitian tugas akhir ini akan merancang sebuah modul berupa DC Chopper tipe buck boost dengan sistem pensaklaran transistor. Pensaklaran transistor ini beroperasi dengan picuan arus melalui tahanan basis pada kaki Transistor. Rangkaian buck boost converter dengan pensaklaran transistor ini akan membandingkan 2 mode operasi yang berbeda yaitu DCM dan CCM dengan nilai titik kerja maksimum dan besar penguatan pada transistor sebagai sistem pensaklaran, sehingga dapat digunakan sebagai modul praktikum elektronika daya dengan mode pensaklaran yang berbeda yaitu dengan transistor.

## 2. Metode

### 2.1 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

Pada rangkaian ini terdapat penyearah satu fasa dengan CT, dioda, regulator tegangan, kapasitor, resistor dan LED seperti yang tertera pada Gambar 2.

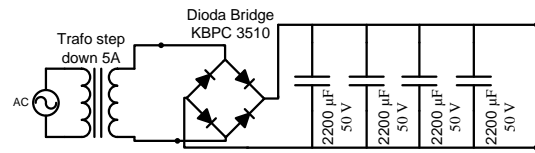


Gambar 2 Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa CT

Rangkaian ini merupakan sumber tegangan DC 12 Volt. Tegangan 12 VDC berfungsi sebagai suplai untuk rangkaian kontrol PWM, totempole dan kipas. Tegangan DC didapatkan dari hasil penyearahan tegangan AC jala-jala yang sebelumnya diturunkan menggunakan trafo stepdown. Tegangan DC selanjutnya diteruskan ke IC Regulator LM7812. LED pada penyearah digunakan untuk indikator rangkaian penyearah bekerja.

### 2.2 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa Dioda Bridge

Rangkaian penyearah bridge dengan dioda bridge digunakan untuk menyuplai rangkaian buck boost konverter. Rangkaian ini terdiri dari dioda bridge KBPC 0608 dan 4 buah kapasitor dengan total 8800 µF untuk meredam riak tegangan, dan dirangkai sebagaimana gambar 3.

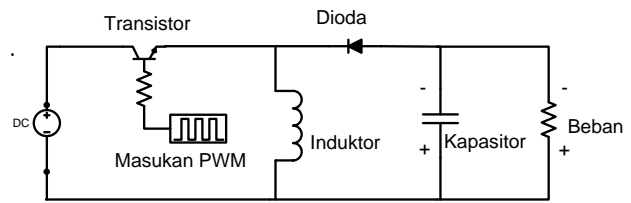


Gambar 3 Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Rangkaian buck boost konverter akan disuplai dengan tegangan DC 25 V yang didapat dari penyearahan tegangan jala – jala 220 V yang telah diturunkan melalui trafo step down.

### 2.3 Buck Boost Converter

DC Chopper yang digunakan pada tugas akhir ini adalah DC Chopper tipe buck boost, yang mempunyai karakteristik nilai tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari nilai tegangan masukan. Buck boost converter terdiri dari beberapa komponen penyusun yaitu kapasitor, induktor, Transistor dan dioda yang tersusun seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Skema DC chopper tipe buck boost

Komponen penyusun perlu dihitung nilai minimalnya agar buck boost converter dapat bekerja sesuai yang diinginkan. Penentuan spesifikasi awal juga dilakukan berdasarkan ketersediaan komponen yang mudah didapat dan kemampuan komponen berdasarkan datasheet. Spesifikasi Buck boost Converter yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

- Tegangan masukan : 25 Vdc
- Frekuensi Switching : 21 kHz
- Kapasitor :  
Kapasitor digunakan untuk meredam riak tegangan, sehingga diasumsikan riak tegangan sebesar 0,19 volt (sangat kecil).

$$C = \frac{D_{max} \cdot V_{O_{max}}}{f \cdot R \cdot \Delta V_o}$$

$$C = \frac{0,758,3}{21000 \cdot 100 \cdot 0,19}$$

$$C = 100 \mu F$$

- Induktor :  
Nilai induktor dicari untuk menentukan batas minimal rangkaian buck boost converter bekerja pada mode operasi CCM atau DCM.

$$L_{CCM} = \frac{(1-D)^2 \cdot R}{2 \cdot f}$$

$$L_{CCM} = \frac{(1-0,1)^2 \cdot 100}{2 \cdot 21000} = 1,93 \text{ mH}$$

$$L_{DCM} = \frac{(1-D)^2 \cdot R}{2 \cdot f}$$

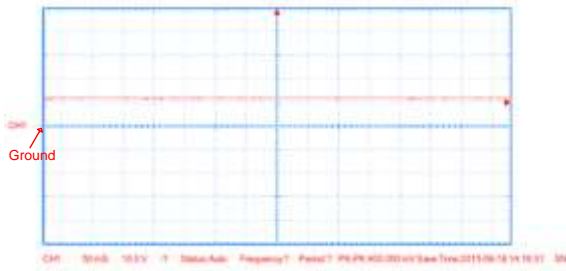
$$L_{DCM} = \frac{(1-0,7) \cdot 100}{2 \cdot 21000} = 0,22 \text{ mH}$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapat agar rangkaian bekerja dalam mode CCM induktor yang digunakan diatas 1,93 mH dan untuk mode DCM, harus dibawah 0,22 mH, sehingga dipilih induktor dengan nilai 10,5 mH untuk mode CCM dan 0,2 mH untuk mode DCM.

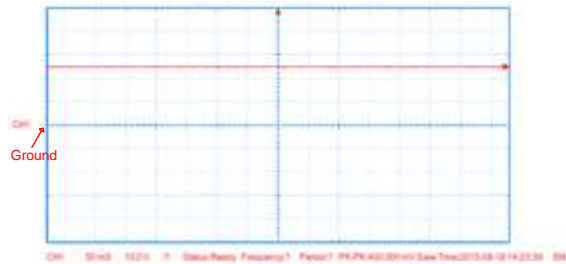
### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1 Pengujian Penyearah Tegangan

Terdapat 2 buah penyearah, yaitu untuk suplai daya rangkaian DC *Chopper* dan suplai daya rangkaian kontrol.



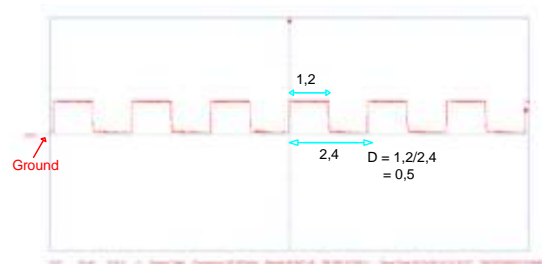
Gambar 5 Gelombang tegangan keluaran penyearah pada blok rangkaian kontrol



Gambar 6 Gelombang tegangan keluaran penyearah pada blok rangkaian daya

Pada Gambar 5 dan 6, digunakan probe dengan faktor pengali x 1, sehingga nilai tegangan keluaran pada gambar 5 adalah (1,2 div x 10 V/div x 1 = 12) dan pada gambar 6 adalah (2,453div x 10V/div x 1 = 24,53 V).

#### 3.2 Pengujian Rangkaian Kontrol PWM



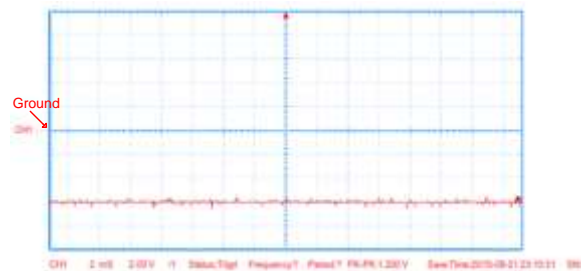
Gambar 7 Gelombang keluaran rangkaian control PWM

Pengukuran yang dilakukan menggunakan probe dengan faktor pengali 1, sehingga dari gambar 7 dapat diketahui bahwa nilai tegangan *peak to peak* (Vpp) adalah (1,2 div x 10 div x 1 = 12Volt)

#### 3.3 Pengujian Rangkaian *Buck boost Converter*

Pengujian *Buck boost Converter* meliputi pengujian tegangan keluaran, pengujian arus, pengujian efisiensi, dan pengujian daerah kerja transistor tiap variasi beban dengan 2 mode operasi CCM dan DCM.

##### 3.3.1 Pengujian Tegangan Keluaran



Gambar 8 Tegangan keluaran *Buck boost Converter*

Gambar 8 menunjukkan gelombang keluaran buck boost konverter beban resistif pada duty cycle 50 %, diukur dengan probe pengali 10, sehingga didapat nilai  $V_{out}$  :  
 $V_{out} = -3 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} \times 10$   
 $= -60 \text{ V}$

Tabel 1 dan 2 menunjukkan hasil pengujian gelombang keluaran buck boost konverter pada beban resistif dan induktif.

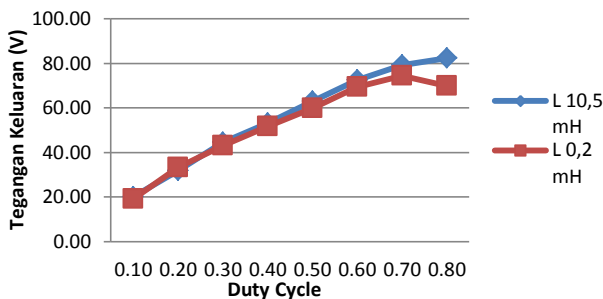
Tabel 1 Hasil pengujian gelombang keluaran *buck boost converter* beban resistif

| Duty cycle | L 10,5 mH    |                    |                      | L 0,2 mH     |                    |                      |
|------------|--------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|----------------------|
|            | $V_{in}$ (V) | $V_{out}$ ukur (V) | $V_{out}$ hitung (V) | $V_{in}$ (V) | $V_{out}$ ukur (V) | $V_{out}$ hitung (V) |
| 0,10       | 23,85        | -20,00             | -2,65                | 23,85        | -19,13             | -2,65                |
| 0,20       | 23,50        | -31,80             | -5,88                | 23,55        | -33,30             | -5,89                |
| 0,30       | 23,25        | -44,60             | -9,96                | 23,25        | -43,10             | -9,96                |
| 0,40       | 22,83        | -53,10             | -15,22               | 22,92        | -51,80             | -15,28               |
| 0,50       | 22,50        | -62,90             | -22,50               | 22,43        | -59,90             | -22,43               |
| 0,60       | 21,83        | -72,60             | -32,75               | 22,27        | -69,40             | -33,41               |
| 0,70       | 21,53        | -79,20             | -50,24               | 21,87        | -74,50             | -51,03               |
| 0,80       | 21,08        | -82,40             | -84,32               | 21,40        | -70,00             | -85,60               |

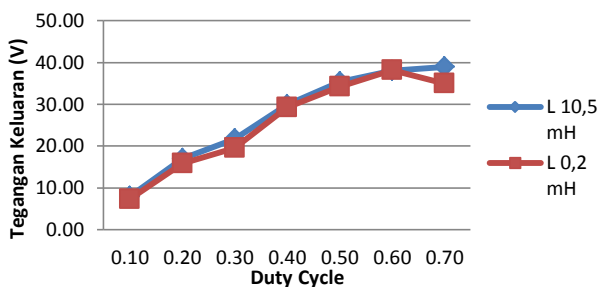
Tabel 2 Hasil pengujian gelombang keluaran buck boost converter beban induktif

| Duty cycle | V <sub>in</sub> | L 10,5 mH                 |                             | L 0,2 mH            |                           |                             |
|------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|
|            |                 | V <sub>out</sub> ukur (V) | V <sub>out</sub> hitung (V) | V <sub>in</sub> (V) | V <sub>out</sub> ukur (V) | V <sub>out</sub> hitung (V) |
| 0,10       | 24,16           | -7,94                     | -2,68                       | 24,44               | -7,25                     | -2,72                       |
| 0,20       | 23,83           | -16,95                    | -5,96                       | 23,85               | -15,80                    | -5,96                       |
| 0,30       | 23,20           | -21,70                    | -9,94                       | 23,50               | -19,50                    | -10,07                      |
| 0,40       | 22,83           | -29,84                    | -15,22                      | 23,03               | -29,20                    | -15,35                      |
| 0,50       | 22,38           | -35,40                    | -22,38                      | 22,80               | -34,20                    | -22,80                      |
| 0,60       | 22,00           | -38,11                    | -33,00                      | 22,26               | -38,20                    | -33,39                      |
| 0,70       | 21,17           | -39,00                    | -49,40                      | 21,50               | -35,00                    | -50,17                      |

Dari data tabel yang tersaji, tampak bahwa perhitungan dan pengukuran berbeda. Hal ini dikarenakan rangkaian menggunakan transistor sebagai saklar picu, dimana transistor memiliki penguatan. Nilai gain pada transistor didapat dari perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan. Dari kedua tabel 1 dan 2, dapat dibuat grafik perbandingan D dan V<sub>out</sub>.



Gambar 9 grafik hubungan D - V<sub>out</sub> beban resistif



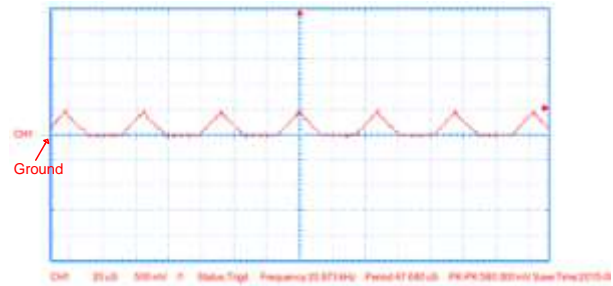
Gambar 10 grafik hubungan D - V<sub>out</sub> beban induktif

Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa semakin besar duty cycle maka akan semakin besar pula tegangan keluarannya. Rangkaian yang menggunakan induktor 0,2 mH mengalami drop tegangan pada duty cycle 0,8 pada beban resistif dan 0,7 pada beban induktif dikarenakan induktor telah mengalami kejenuhan.

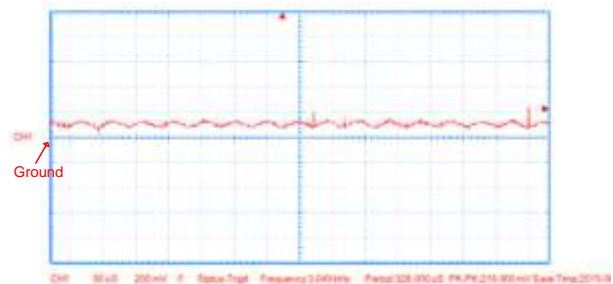
### 3.3.2 Pengujian Arus Induktor (CCM dan DCM)

Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan probe osiloskop pada tahanan tiap induktor. Untuk mode operasi DCM digunakan induktor dengan nilai 0,2 mH sedangkan mode operasi CCM digunakan induktor dengan nilai 10,5

mH. Gambar 9 dan 10 menunjukkan gelombang keluaran pada osiloskop.



Gambar 11 Gelombang arus induktor 0,2 mH



Gambar 12 Gelombang arus induktor 10,5 mH

Terlihat dari gambar 9 gelombang arus menyentuh ground, yang menandakan bahwa rangkaian bekerja pada mode operasi DCM, sedangkan pada gambar 10 gelombang arus tidak sampai menyentuh ground yang menandakan bahwa rangkaian bekerja pada mode CCM.

## 3.4 Perhitungan Efisiensi Buck boost Converter

### 3.4.1 Perhitungan Efisiensi Beban Resistif

Efisiensi buck boost converter dapat dicari dengan cara menghitung daya input (P<sub>in</sub>) dan daya output (P<sub>out</sub>) pada buck boost converter pada masing – masing percobaan, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

$$P_{in} = V_{input} \times I_{input}$$

$$P_{out} = V_{output} \times I_{output}$$

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada beban resistif dan induktif, didapat data yang disajikan pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3 Perhitungan daya Buck boost converter beban resistif mode DCM

| Duty cycle | I <sub>in</sub> (A) | V <sub>in</sub> (V) | P <sub>in</sub> (Watt) | I <sub>out</sub> (A) | V <sub>out</sub> (V) | P <sub>out</sub> (Watt) |
|------------|---------------------|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| 0,10       | 0,05                | 23,85               | 1,19                   | 0,04                 | 19,13                | 0,77                    |
| 0,20       | 0,11                | 23,55               | 2,59                   | 0,05                 | 33,30                | 1,67                    |
| 0,30       | 0,17                | 23,25               | 3,95                   | 0,06                 | 43,10                | 2,59                    |
| 0,40       | 0,23                | 22,92               | 5,27                   | 0,07                 | 51,80                | 3,63                    |
| 0,50       | 0,30                | 22,43               | 6,73                   | 0,08                 | 59,90                | 4,79                    |
| 0,60       | 0,38                | 22,27               | 8,46                   | 0,08                 | 69,40                | 5,55                    |
| 0,70       | 0,47                | 21,87               | 10,28                  | 0,09                 | 74,50                | 6,71                    |
| 0,80       | 0,58                | 21,40               | 12,41                  | 0,08                 | 70,00                | 5,60                    |

Tabel 4 Perhitungan daya Buck boost converter beban resistif mode CCM

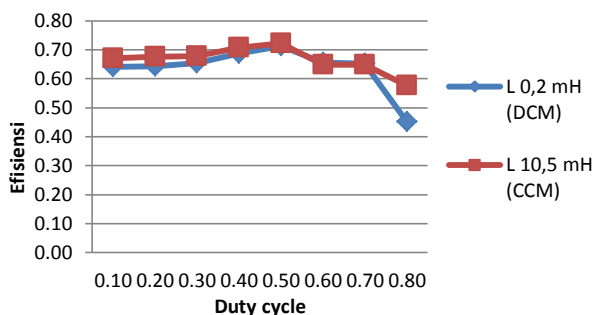
| Duty cycle | lin (A) | Vin (V) | Pin (Watt) | Iout (A) | Vout (V) | Pout (Watt) |
|------------|---------|---------|------------|----------|----------|-------------|
| 0,10       | 0,05    | 23,85   | 1,19       | 0,04     | 20,00    | 0,80        |
| 0,20       | 0,10    | 23,50   | 2,35       | 0,05     | 31,80    | 1,59        |
| 0,30       | 0,17    | 23,25   | 3,95       | 0,06     | 44,60    | 2,68        |
| 0,40       | 0,23    | 22,83   | 5,25       | 0,07     | 53,10    | 3,72        |
| 0,50       | 0,31    | 22,50   | 6,98       | 0,08     | 62,90    | 5,03        |
| 0,60       | 0,41    | 21,83   | 8,95       | 0,08     | 72,60    | 5,81        |
| 0,70       | 0,51    | 21,53   | 10,98      | 0,09     | 79,20    | 7,13        |
| 0,80       | 0,61    | 21,08   | 12,86      | 0,09     | 82,40    | 7,42        |

Setelah mendapatkan nilai daya input dan daya output, maka dapat ditentukan nilai efisiensinya, yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan efisiensi beban resistif

| Duty cycle | DCM        |             |        | CCM        |             |        |
|------------|------------|-------------|--------|------------|-------------|--------|
|            | Pin (Watt) | Pout (Watt) | $\eta$ | Pin (Watt) | Pout (Watt) | $\eta$ |
| 0,10       | 1,19       | 0,77        | 0,64   | 1,19       | 0,80        | 0,67   |
| 0,20       | 2,59       | 1,67        | 0,64   | 2,35       | 1,59        | 0,68   |
| 0,30       | 3,95       | 2,59        | 0,2    | 3,95       | 2,68        | 0,68   |
| 0,40       | 5,27       | 3,63        | 0,69   | 5,25       | 3,72        | 0,71   |
| 0,50       | 6,73       | 4,79        | 0,71   | 6,98       | 5,03        | 0,72   |
| 0,60       | 8,46       | 5,55        | 0,66   | 8,95       | 5,81        | 0,2    |
| 0,70       | 10,28      | 6,71        | 0,2    | 10,98      | 7,13        | 0,2    |
| 0,80       | 12,41      | 5,60        | 0,45   | 12,86      | 7,42        | 0,58   |

Dari data yang terpapar pada tabel 5, tampak efisiensi terbaik pada mode DCM adalah sebesar 71 % sedangkan pada mode operasi CCM adalah 72 % dan jika dirata – ratakan, mode operasi DCM memiliki efisiensi 64 % dan CCM 67 %. Hal ini menandakan bahwa pada beban resistif, rangkaian lebih baik bekerja pada mode CCM. Dari data tabel 5, maka akan dibuat grafik hubungan antara efisiensi dan duty cycle sebagaimana gambar 13.



Gambar 13 Grafik hubungan D – efisiensi beban resistif

Dari gambar 11 terlihat bahwa dikedua mode operasi kerja, transistor bekerja paling baik saat duty cycle 10 % dimana pada duty cycle tersebut nilai efisiensi terbaik didapat.

### 3.4.2 Perhitungan Efisiensi Beban Induktif

Setelah melihat perbandingan efisiensi mode operasi DCM dan CCM pada beban resistif, akan dilakukan perhitungan efisiensi beban induktif dengan mencari nilai daya input dan output, seperti yang tampak pada tabel 6 dan 7 berikut.

Tabel 6 Perhitungan daya Buck boost converter beban induktif mode DCM

| Duty cycle | Vin (V) | lin (A) | Pin (Watt) | Iout (A) | Vout (V) | Pout (Watt) |
|------------|---------|---------|------------|----------|----------|-------------|
| 0,10       | 24,44   | 0,05    | 1,22       | 0,15     | 7,25     | 1,09        |
| 0,20       | 23,85   | 0,11    | 2,62       | 0,14     | 15,80    | 2,21        |
| 0,30       | 23,50   | 0,17    | 4,00       | 0,16     | 19,50    | 3,12        |
| 0,40       | 23,03   | 0,24    | 5,53       | 0,15     | 29,20    | 4,38        |
| 0,50       | 22,80   | 0,31    | 7,07       | 0,15     | 34,20    | 5,13        |
| 0,60       | 22,26   | 0,41    | 9,13       | 0,15     | 38,20    | 5,73        |
| 0,70       | 21,50   | 0,50    | 10,75      | 0,15     | 35,00    | 5,25        |

Tabel 7 Perhitungan daya Buck boost converter beban induktif mode CCM

| Duty cycle | Vin (V) | lin (A) | Pin (Watt) | Iout (A) | Vout (V) | Pout (Watt) |
|------------|---------|---------|------------|----------|----------|-------------|
| 0,10       | 24,16   | 0,05    | 1,21       | 0,15     | 7,94     | 1,19        |
| 0,20       | 23,83   | 0,12    | 2,86       | 0,16     | 16,95    | 2,71        |
| 0,30       | 23,20   | 0,19    | 4,41       | 0,16     | 21,70    | 3,47        |
| 0,40       | 22,83   | 0,25    | 5,71       | 0,15     | 29,84    | 4,48        |
| 0,50       | 22,38   | 0,34    | 7,61       | 0,15     | 35,40    | 5,31        |
| 0,60       | 22,00   | 0,44    | 9,68       | 0,17     | 38,11    | 6,48        |
| 0,70       | 21,17   | 0,58    | 12,28      | 0,18     | 39,00    | 7,02        |

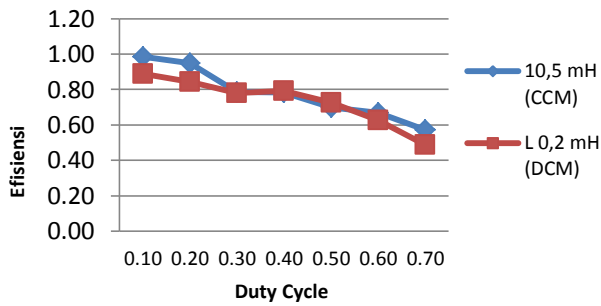
Dari tabel perhitungan daya pada tabel 6 dan tabel 7, maka dapat dicari nilai efisiensinya, yang disajikan pada tabel 8 berikut.

Tabel 8 Perhitungan efisiensi beban induktif

| Duty cycle | DCM        |             |        | CCM        |             |        |
|------------|------------|-------------|--------|------------|-------------|--------|
|            | Pin (Watt) | Pout (Watt) | $\eta$ | Pin (Watt) | Pout (Watt) | $\eta$ |
| 0,10       | 1,22       | 1,09        | 0,89   | 1,21       | 1,19        | 0,99   |
| 0,20       | 2,62       | 2,21        | 0,84   | 2,86       | 2,71        | 0,95   |
| 0,30       | 4,00       | 3,12        | 0,78   | 4,41       | 3,47        | 0,79   |
| 0,40       | 5,53       | 4,38        | 0,79   | 5,71       | 4,48        | 0,78   |
| 0,50       | 7,07       | 5,13        | 0,73   | 7,61       | 5,31        | 0,70   |
| 0,60       | 9,13       | 5,73        | 0,63   | 9,68       | 6,48        | 0,67   |
| 0,70       | 10,75      | 5,25        | 0,49   | 12,28      | 7,02        | 0,57   |

Dari data yang terpapar pada tabel 8, tampak efisiensi terbaik pada mode DCM adalah sebesar 89 % sedangkan pada mode operasi CCM adalah 99 % dan jika dirata – ratakan, mode operasi DCM memiliki efisiensi 74 % dan CCM 78 %. Hal ini menandakan bahwa pada beban induktif, rangkaian lebih baik bekerja pada mode CCM. Dari data tabel 8, maka akan dibuat grafik hubungan antara efisiensi dan duty cycle sebagaimana gambar 14.





Gambar 14 Grafik hubungan D – efisiensi beban induktif

Dari gambar 11 terlihat bahwa dikedua mode operasi kerja, transistor bekerja paling baik saat duty cycle 10 % dimana pada duty cycle tersebut nilai efisiensi terbaik didapat.

### 3.5 Daerah Kerja Transistor

#### 3.5.1 Beban Resistif

Pada rangkaian *buck boost converter*, pensaklaran transistor memiliki titik kerja maksimal di mana transistor memiliki titik jenuh, daerah aktif, daerah cutoff dan daerah breakdown. Dengan data dan parameter  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $V_{CE}$  di bawah ini. Maka dapat dilihat daerah kerja transistor sebagai sistem pensaklaran di mana dapat ditentukan dengan perhitungan  $I_B$  dan  $V_{CE}$ .  $V_{BE} = 0,6$  (silikon), untuk transistor berbahan silikon. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$I_B = \frac{V_{BB} \times V_{BE}}{R_B}$$

$$V_{CE} = V_{cc} - (I_c \times R_e)$$

Setelah melakukan perhitungan, didapat data daerah kerja transistor baik pada mode operasi CCM maupun DCM di tiap variasi beban, yang ditunjukkan pada pada tabel 9, 10, 11, dan 12.

Tabel 9 perhitungan daerah kerja transistor induktor 0,2 mH (DCM) beban resistif

| Duty cycle | $V_{cc}$ (V) | $V_{BB}$ (V) | $I_c$ (A) | $I_B$ (mA) | $R_e$ ( $\Omega$ ) | $V_{CE}$ |
|------------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------------|----------|
| 0,10       | 23,85        | 0,88         | 0,05      | 2,64       | 0,58               | 23,82    |
| 0,20       | 23,55        | 1,33         | 0,11      | 3,99       | 0,58               | 23,49    |
| 0,30       | 23,25        | 1,75         | 0,17      | 5,25       | 0,58               | 23,15    |
| 0,40       | 22,92        | 2,25         | 0,23      | 6,75       | 0,58               | 22,79    |
| 0,50       | 22,43        | 2,67         | 0,30      | 8,01       | 0,58               | 22,26    |
| 0,60       | 22,27        | 3,13         | 0,38      | 9,39       | 0,58               | 22,05    |
| 0,70       | 21,87        | 3,65         | 0,47      | 10,95      | 0,58               | 21,60    |
| 0,80       | 21,40        | 4,05         | 0,58      | 12,15      | 0,58               | 21,06    |

Tabel 10 perhitungan daerah kerja transistor induktor 10,5 mH (CCM) beban resistif

| Duty cycle | $V_{cc}$ (V) | $V_{BB}$ (V) | $I_c$ (A) | $I_B$ (mA) | $R_e$ ( $\Omega$ ) | $V_{CE}$ |
|------------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------------|----------|
| 0,10       | 23,85        | 1,02         | 0,05      | 3,06       | 1,25               | 23,79    |
| 0,20       | 23,50        | 1,49         | 0,10      | 4,47       | 1,25               | 23,38    |
| 0,30       | 23,25        | 1,96         | 0,17      | 5,88       | 1,25               | 23,04    |
| 0,40       | 22,83        | 2,38         | 0,23      | 7,14       | 1,25               | 22,54    |
| 0,50       | 22,50        | 2,81         | 0,31      | 8,43       | 1,25               | 22,11    |
| 0,60       | 21,83        | 3,23         | 0,41      | 9,69       | 1,25               | 21,32    |
| 0,70       | 21,53        | 3,68         | 0,51      | 11,04      | 1,25               | 20,89    |
| 0,80       | 21,08        | 4,13         | 0,61      | 12,39      | 1,25               | 20,32    |

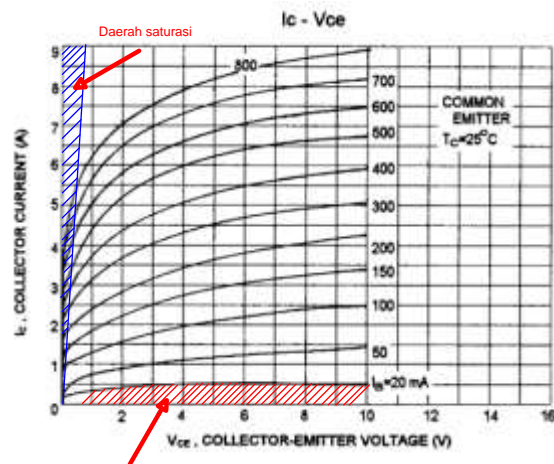
Tabel 11 perhitungan daerah kerja transistor induktor 0,2 mH (DCM) beban induktif

| Duty cycle | $V_{cc}$ (V) | $V_{bb}$ (V) | $I_c$ (A) | $I_B$ (mA) | $R_e$ ( $\Omega$ ) | $V_{CE}$ (V) |
|------------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------------|--------------|
| 0,10       | 24,44        | 0,98         | 0,05      | 2,94       | 0,58               | 24,41        |
| 0,20       | 23,85        | 1,42         | 0,11      | 4,26       | 0,58               | 23,79        |
| 0,30       | 23,50        | 1,90         | 0,17      | 5,70       | 0,58               | 23,40        |
| 0,40       | 23,03        | 2,37         | 0,24      | 7,11       | 0,58               | 22,89        |
| 0,50       | 22,80        | 2,80         | 0,31      | 8,40       | 0,58               | 22,62        |
| 0,60       | 22,26        | 3,20         | 0,41      | 9,60       | 0,58               | 22,02        |
| 0,70       | 21,50        | 3,65         | 0,50      | 10,95      | 0,58               | 21,21        |

Tabel 12 perhitungan daerah kerja transistor induktor 10,5 mH (CCM) beban induktif

| Duty cycle | $V_{cc}$ (V) | $V_{bb}$ (V) | $I_c$ (A) | $I_B$ (mA) | $R_e$ ( $\Omega$ ) | $V_{CE}$ (V) |
|------------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------------|--------------|
| 0,10       | 24,16        | 1,01         | 0,05      | 3,03       | 1,25               | 24,10        |
| 0,20       | 23,83        | 1,48         | 0,12      | 4,44       | 1,25               | 23,68        |
| 0,30       | 23,20        | 1,92         | 0,19      | 5,76       | 1,25               | 22,96        |
| 0,40       | 22,83        | 2,34         | 0,25      | 7,02       | 1,25               | 22,52        |
| 0,50       | 22,38        | 2,78         | 0,34      | 8,34       | 1,25               | 21,96        |
| 0,60       | 22,00        | 3,19         | 0,44      | 9,57       | 1,25               | 21,45        |
| 0,70       | 21,17        | 3,65         | 0,58      | 10,95      | 1,25               | 20,45        |

Setelah mendapatkan data hasil perhitungan daerah kerja, akan dibandingkan dengan kurva yang terdapat pada datasheet transistor SC2555 seperti pada gambar 15.



Daerah kerja picuan transistor pada rangkaian buck boost konverter

Gambar 15 kurva daerah kerja transistor SC2555

Daerah yang diarsir biru merupakan daerah saturasi, dimana  $V_{CE}$  bernilai kurang dari 1 Volt dan daerah yang diarsir merah merupakan daerah kerja transistor pada rangkain *buck boost converter*. Setelah melakukan pembuktian dengan membandingkan kurva hasil pengukuran dan kurva yang ada dalam grafik, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengujian sudah benar dan dapat diterima.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pada perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Buck boost converter* dengan sistem pensaklaran transistor SC2555 dapat beroperasi pada mode DCM dan DCM.
2. *Buck boost converter* dengan sistem pensaklaran transistor SC2555 dapat beroperasi pada tahanan basis transistor 200  $\Omega$ .
3. *Buck boost converter* dengan sistem pensaklaran transistor SC2555 dapat beroperasi pada frekuensi picu 21.000 Hz.
4. Tegangan keluaran pada *buck boost converter* memiliki polaritas yang berkebalikan dengan polaritas tegangan masukannya
5. Pada saat rangkaian *buck boost converter* dipasang induktor dengan nilai 0,2 mH, maka rangkaian akan bekerja pada mode DCM sedangkan jika dipasang induktor dengan nilai 12 mH, rangkaian *buck boost converter* akan bekerja pada mode CCM.
6. Pengujian arus induktor menunjukkan bahwa transistor akan lebih mudah jenuh pada saat bekerja pada mode DCM dikarenakan terlalu kecilnya nilai induktor yang terpasang pada mode DCM.
7. Pengujian tegangan keluaran beban resistif dengan induktor 0,2 mH mode DCM, tegangan sudah mulai mengalami drop pada saat bekerja pada duty cycle diatas 0,7, sedangkan dengan induktor 12 mH mode CCM rangkaian masih dapat menaikkan tegangan.
8. Pengujian tegangan keluaran beban induktif dengan induktor 0,2 mH mode CCM, tegangan sudah mulai mengalami drop pada saat bekerja pada duty cycle diatas 0,6 sedangkan dengan induktor 12 mH mode CCM rangkaian masih dapat menaikkan tegangan.
9. Pengujian efisiensi pada beban resistif mode DCM didapat efisiensi paling baik sebesar 71 % pada saat duty cycle 50 % sedangkan pada mode CCM efisiensi terbaik bernilai 72 % pada duty cycle 50%
10. Pengujian efisiensi pada beban induktif mode DCM didapat efisiensi paling baik sebesar 89 % pada saat duty cycle 10 % sedangkan pada mode CCM efisiensi terbaik bernilai 99 % pada duty cycle 10%
11. Efisiensi rata-rata *buck boost converter* dengan tahanan basis 200  $\Omega$  dengan mode CCM lebih baik dari mode DCM, pada beban resistif dan beban induktif. *Buck boost converter* akan bekerja maksimal pada mode CCM dengan tahanan basis 200  $\Omega$ .

#### Referensi

- [1] Ervan Kurniawan, Dody. *Analisa Power Induktor Bentuk E dengan Kawat Enamel pada Boost Converter*. Depok, Universitas Indonesia.
- [2] Floyd, Thomas L. 2012. *Electronic Devices : Electron Flow Version, 9<sup>th</sup> edition*. Prentice Hall: USA.
- [3] Hart, Daniel W. 2011. *Power Electronics*. New York : McGraw-Hill
- [4] Hidayat, Suryo Mochamad. 2010. "Rancang Bangun *Buck Boost Konverter*". Program Sarjana. Universitas Indonesia. Depok
- [5] [http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/5775/MO\\_TOROLA/TL494.html](http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/5775/MO_TOROLA/TL494.html) : (diakses pada Maret 2015)
- [6] Kazimierz Marian. 2008. *Pulse-width Modulated DC-DC Power Converters*. Ohio: Wright State University Dayton
- [7] Kurniawan, Ervan, Dody, *Analisa Power Induktor Bentuk E dengan Kawat Enamel pada Boost Converter*, Depok, Universitas Indonesia.
- [8] Kusuma Wardana, Adam. 2014. "Aplikasi *Buck boost Converter* Sebagai Penyedia Daya Arus Searah Pada Rangkaian Tegangan Tinggi Impuls". Program Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [9] Lin Luo, Fang, Hong Ye dan Muhammad Rashid. *Digital Power Electronics and Applications*. Elsevier (USA).
- [10] Madouh, Jamal, Nabil A. Ahmed. Ahmad M. Al-Kandari, "Advanced power conditioner using sinewave modulated buck-boost converter cascaded polarity changing inverter" Electrical Engineering Departement, College of Technological Studies, 42325, Shuwaikh 70654, Kuwait.
- [11] Mahartoto Pratama, Gigih. 2014. "Analisis Perbandingan Hasil Operasi CCM dan DCM pada *DC Chopper Tipe Cuk*". Program Sarjana. Semarang.
- [12] Pressman, Abraham I. 2000. *Switching Power Supply Design, 3<sup>rd</sup> edition*. New York : McGraw-Hill.
- [13] Rashid, M. *Power Electronics Circuit, Device, and Application 3<sup>rd</sup>*, Prentice-Hall International Inc, 2011.
- [14] Rashid, Muhammad H. "Power Electronics Circuits, Devices, and Applications", Prentice Hall International, United States. 1993
- [15] S, Wasitio. 2004. *Vademekum Elektronika Edisi Kedua*. Jakarta: PT. Gramedia.
- [16] Simare-mare, Rony, Pembuatan Modul Perangkat Keras DC *Chopper* Konfigurasi *Buck* Dan *Boost*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [17] <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf>, (diakses pada Juli 2015).
- [18] [http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/2542/MO\\_SPEC/2SC2555.html](http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/2542/MO_SPEC/2SC2555.html), (diakses pada Juli 2015).
- [19] [http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/59215/DI\\_ODES/MUR460.html](http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/59215/DI_ODES/MUR460.html), (diakses pada Juli 2015).
- [20] [https://www.academia.edu/5727777/bahan-bahan\\_listrik\\_Bahan\\_Penghantar](https://www.academia.edu/5727777/bahan-bahan_listrik_Bahan_Penghantar), (diakses pada Agustus 2015)