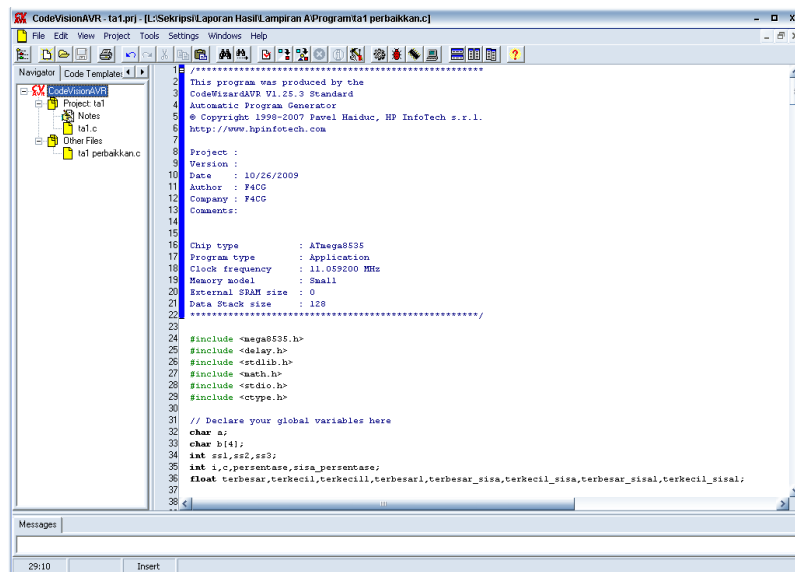


## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perangkat Lunak

#### Pemrograman pada Mikrokontroler

Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak Code Vision AVR dengan bahasa pemrograman bahasa C untuk menuliskan perintah pada mikrokontroler. Program yang di tuliskan memiliki perintah yaitu, memproses masukkan dari *keypad* yang kemudian ditampilkan pada seven segmen, selanjutnya mikrokontroler akan memberikan output berupa pengaturan PWM yang berfungsi untuk mengatur proses *on-off* pada rangkaian konverter DC.

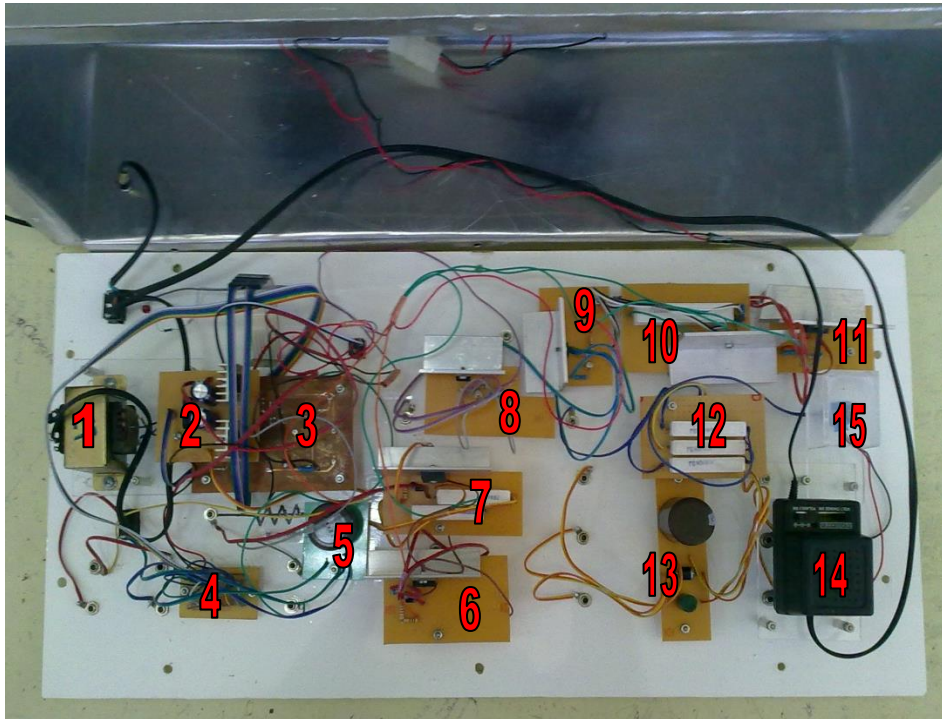


```
1 //*****
2 This program was produced by the
3 CodeVisionAVR V1.25.3 Standard
4 Automatic Program Generator
5 © Copyright 1998-2007 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
6 http://www.hpinfotech.com
7
8 Project :
9 Version :
10 Date : 10/26/2009
11 Author : F4DC
12 Company : F4DC
13 Comment:
14
15
16 Chip type : ATmega8535
17 Program type : Application
18 Clock frequency : 11.059200 MHz
19 Memory model : Small
20 External SRAM size : 0
21 Data Stack size : 128
22 *****/
23
24 #include <mega8535.h>
25 #include <delay.h>
26 #include <keypad.h>
27 #include <math.h>
28 #include <stdio.h>
29 #include <ctype.h>
30
31 // Declare your global variables here
32 char a;
33 char b[4];
34 int s1,s2,s3;
35 int i,c,persentase,sisa_persentase;
36 float terbesar,terkecil,terkecil1,terbesar1,terbesar_sisa,terkecil_sisa,terbesar_sisal,terkecil_sisal;
```

Gambar 15. Tampilan Code Vision AVR

## B. Perangkat Keras

Hasil dari perancangan perangkat keras dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 16. Foto alat bagian dalam

Gambar rangkaian diatas terdiri dari:

### 1. Transformator *step down*

Transformator digunakan untuk menurunkan tegangan AC dari 220 Volt AC menjadi 15 Volt AC. Transformator yang digunakan merupakan *Center Tap Transformer* dengan rating arus sebesar 1A.

### 2. Rangkaian *power supply*

Tegangan *output* dari transformator yang merupakan tegangan AC disearahkan menggunakan dioda bridge. Untuk menghasilkan tegangan sebesar 5V, dan 15V digunakan IC regulator 7805, dan 7815. Kapasitor

2200 $\mu$ F/25V digunakan untuk mereduksi tegangan *ripple* yang terjadi setelah tegangan disearahkan.

3. Rangkaian pengendali utama

Rangkaian pengendali utama ini terdiri dari ATmega8535 serta beberapa komponen-komponen pendukungnya.

4. Rangkaian *seven segmen*

Rangkaian ini terdiri dari tiga buah *seven segmen common* katoda.

5. Kapasitor 150  $\mu$ F

Kapasitor 150  $\mu$ F ini berfungsi sebagai *filter* bagi *power supply*.

6. Rangkaian penguat untuk BJT

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian penguat untuk *driver* BJT.

7. Rangkaian penguat untuk MOSFET

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian penguat untuk *driver* MOSFET.

8. Rangkaian penguat untuk IGBT

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian penguat untuk *driver* IGBT.

9. Rangkaian penguat untuk IGBT

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian penguat untuk *driver* IGBT.

10. Rangkaian penguat untuk MOSFET

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian penguat untuk *driver* MOSFET.

11. Rangkaian penguat untuk BJT

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian penguat untuk *driver* BJT.

12. Resistor

Rangkaian ini terdiri dari resistor yang digunakan sebagai beban pada *chopper*.

### 13. Induktor, dioda dan kapasitor

Rangkaian ini terdiri dari induktor, diode dan kapasitor yang berfungsi sebagai bagian dari praktikum *chopper*.

### 14. Adaptor

Adaptor dalam alat praktikum ini digunakan sebagai *power supply* kipas (*fan*).

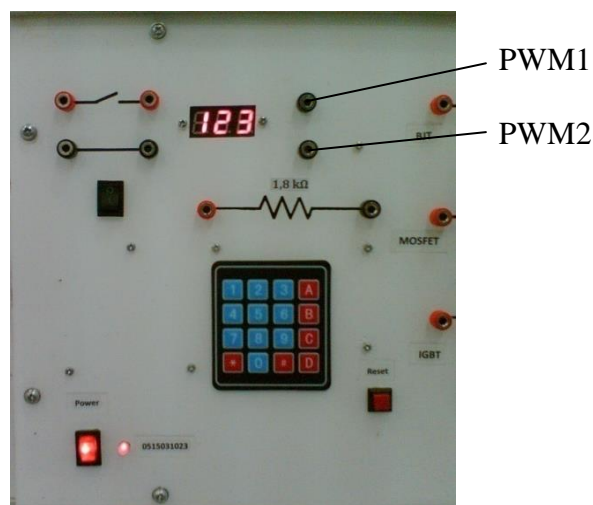
### 15. Tempat baterai

Tempat ini digunakan sebagai wadah baterai.

## C. Pengujian Alat

### 1. Pengujian Input dan Output Mikrokontroller

Pengujian pada mikrokontroller meliputi pengujian pemberian inputan ke mikrokontroller dari *keypad* kemudian mengamati *output*-nya yaitu berupa bilangan yang ditampilkan oleh *seven segmen* dan pengaturan PWM untuk mengatur proses *on-off* pada konverter DC.



Gambar 17. Tampilan *output seven segmen*

Bila ditekan angka 1 dan 0 pada *keypad* maka mikrokontroller akan memberikan *output* ke *seven segment*, sehingga *seven segment* akan menampilkan angka 10. Selanjutnya bila setelah menekan angka 1 dan 0 kemudian menekan tanda \*, maka mikrokontroller akan memberikan *output* berupa PWM dengan lama waktu *on* 10% dari 1 periode, *output* ditunjukkan pada PWM2. Sedangkan PWM1 adalah kebalikan dari PWM2. Bila PWM2 memiliki waktu *on* selama 10% dari periodenya, maka PWM1 memiliki 10% waktu *off* dari 1 periodenya. Selanjutnya PWM ini akan digunakan sebagai pengaturan waktu *on-off* pada konveerter DC.

## 2. Pengujian *Chopper Step-Down*

Dalam pengujian *chopper step-down* dilakuka dengan memvariasikan pensaklarannya dengan menggunakan tiga jenis transistor yaitu, BJT, MOSFET dan IGBT. Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan tegangan input, % *duty cycle* dan beban (resistor). Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran B.

Dengan persamaan

$$k = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad 4-1$$

dan tegangan keluaran rata-rata diberikan oleh

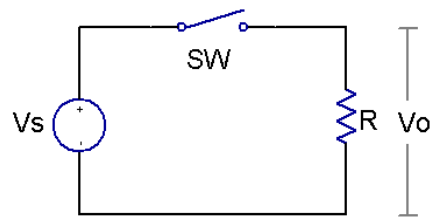
$$V_a = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} V_0 dt = \frac{t_1}{T} V_s = f t_1 V_s = k V_s \quad 4-2$$

atau

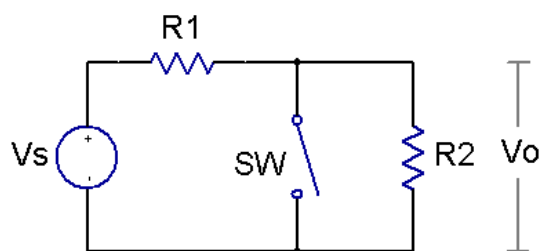
$$V_a = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} V_s \quad 4-3$$

Bila *chopper* diberikan tegangan *input* 20V maka idealnya *chopper* akan menghasilkan tegangan 20V saat *duty cycle* diatur 100% dan akan bernilai nol saat *duty cycle* diatur 0%.

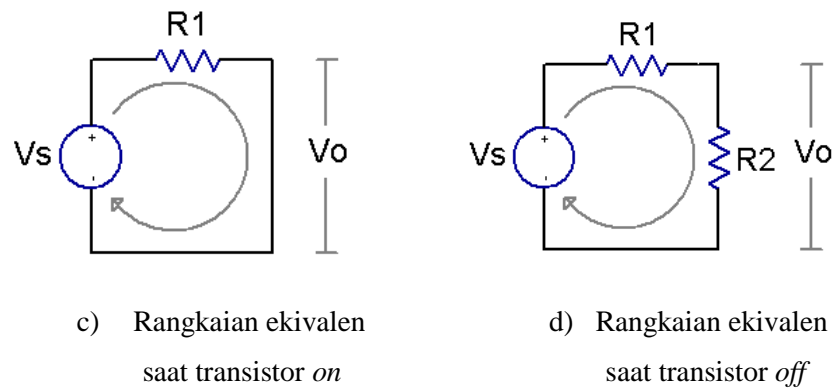
Dalam tugas akhir ini *chopper step-down* diuji dengan menggunakan dua rangkaian. Pengujian yang pertama transistor disusun seri dengan beban seperti yang terlihat pada gambar prinsip pembagi tegangan, seperti yang terlihat pada rangkaian dibawah ini



a) Rangkaian *chopper step-down*



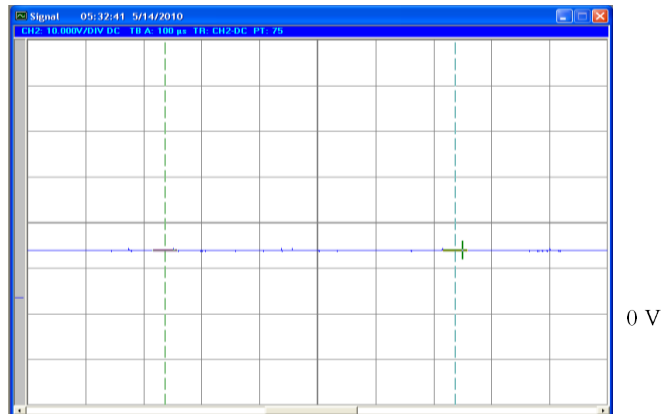
b) Rangkaian *chopper step-down* dengan prinsip pembagi tegangan



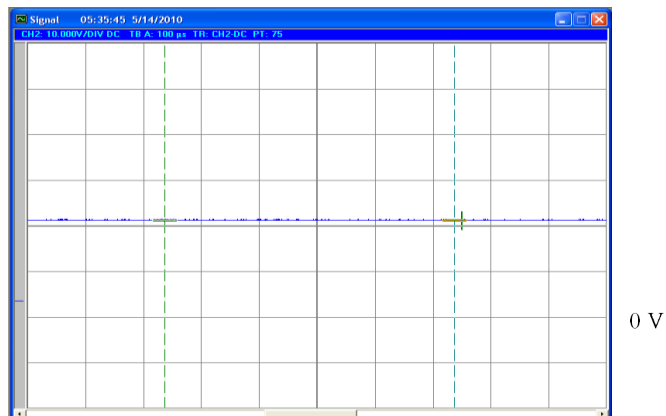
Gambar 18. Rangkaian *chopper step-down*

Pada gambar 18. a) menurut teori saat transistor terbuka (*off*) maka pada beban tidak akan ada tegangan karena tidak ada arus yang mengalir dari  $V_s$  ke beban sehingga tegangan pada beban nol. Sedangkan saat transistor (*on*) maka akan ada tegangan pada beban karena arus mengalir dari  $V_s$  ke beban, nilai tegangan pada beban sama dengan nilai  $V_s$ .

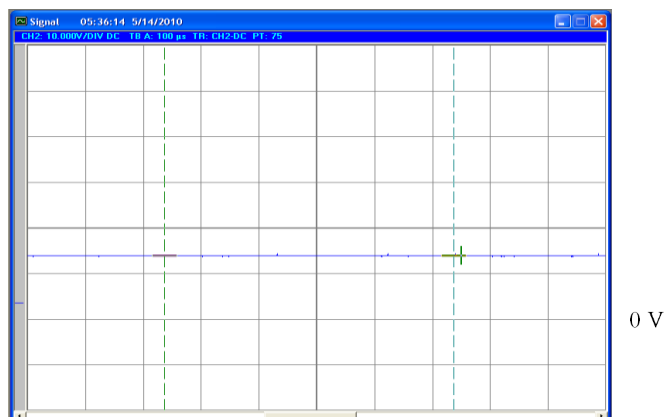
Namun saat dilakukan pengujian dengan menyusun rangkaian seperti pada gambar 18. a) didapatkan data yang tidak sesuai dengan teori. Pengujian dilakukan dengan menggunakan nilai  $V_s = 40\text{V}$ ,  $R$  (beban) =  $10\text{k}\Omega$ , dan *duty cycle* 100%, data yang didapatkan untuk BJT menghasilkan tegangan pada beban yaitu berupa gelombang DC murni dengan nilai 13,75V. Begitu juga dengan MOSFET dan IGBT keduanya menghasilkan tegangan pada beban yaitu berupa gelombang DC murni dengan nilai 21,1V dan 13,9V. Bentuk gelombang keluarannya dapat dilihat pada gambar berikut dengan pengaturan  $V/\text{DIV} = 10\text{V}$  dan  $T/\text{DIV} = 100\mu\text{s}$ .



a) Gelombang output BJT



b) Gelombang output MOSFET



c) Gelombang output IGBT

Gambar 19. Gelombang output BJT, MOSFET dan IGBT saat beban di hubungkan pada bagian emitor transistor.



Hal ini dikarenakan saat beban diletakkan pada bagian emitor transistor maka tegangan pada beban dibawah tegangan basisnya, sesuai dengan persamaan:

$$V_B = 0,7V + V_E \quad 4-4$$

Sedangkan saat pengujian dilakukan dengan menggunakan rangkaian seperti pada gambar 22. b) didapatkan data yang mendekati teori pembagi tegangan dengan cara kerja sebagai berikut : bila *duty cycle* diatur 0% maka saklar akan tertutup seperti pada gambar 22. c). sehingga arus hanya akan mengalir melalui  $R_1$ , hal ini disebabkan karena arus akan cenderung mengalir melalui hambatan yang lebih rendah. Sedangkan saat *duty cycle* diatur 100%, maka saklar akan terbuka seperti pada gambar 22. d). sehingga arus akan mengalir melalui  $R_1$  dan  $R_2$ .

Dalam hal ini diasumsikan bahwa  $R_2$  adalah beban yang akan dikonversikan tegangannya. Nilai tegangan pada  $R_2$  saat saklar tertutup adalah 0 V dan nilai tegangan saat saklar terbuka adalah

$$V_{R2} = V_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad 4-5$$

Pada pengujian *chopper step down* ini digunakan  $R_1 = 1,8k\Omega$  dan  $R_2$  divariasikan  $10k\Omega$  dan  $20k\Omega$ , dengan tegangan *input* divariasikan 20V sampai 100V (dengan kenaikan tegangan kelipatan 20) dan *duty cycle* diatur dari 0% sampai 100% (dengan kenaikan *duty cycle* kelipatan 10).

Misal saat *chopper* diberikan input 20V dan *duty cycle* diatur 100%, menggunakan persamaan 4-4 maka saat  $R_2$  bernilai  $10k\Omega$  akan terukur tegangan 16,95V dan saat  $R_2$  bernilai  $20k\Omega$  tegangan akan terukur 18,35V. dan nilai tersebut akan dijadikan  $V_s$  pada konverter DC ke DC.

Setelah melakukan pengujian didapatkan data dari hasil pegujian dengan pensaklaran yang divariasikan yaitu dengan menggunakan BJT (*Bipolar Junction Transistor*), MOSFET (*Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) dan IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), dihasilkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil pengujian *chopper step-down* ( $V_{in} = 20V$ ,  $R = 10k\Omega$ )

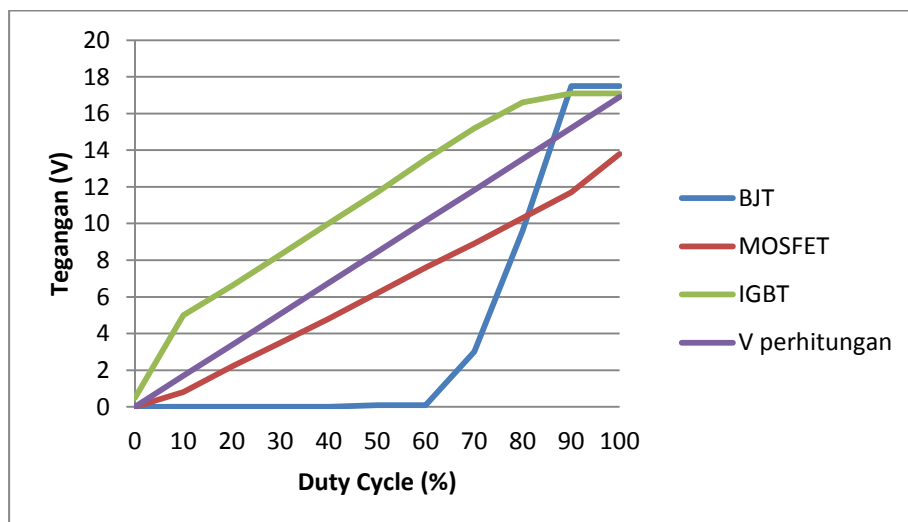
$V_{in} = 20V$ ,  $R = 10k\Omega$

Duty cycle (%)	BJT (V)	MOSFET (V)	IGBT (V)	V perhitungan (V)
0	0	0	0.5	0
10	0	0.8	5	1.69
20	0	2.2	6.6	3.38
30	0	3.5	8.3	5.07
40	0	4.8	10	6.76
50	0.1	6.2	11.7	8.45
60	0.1	7.6	13.5	10.14
70	3	8.9	15.2	11.83
80	9.6	10.3	16.6	13.52
90	17.5	11.7	17.1	15.21
100	17.5	13.8	17.1	16.9

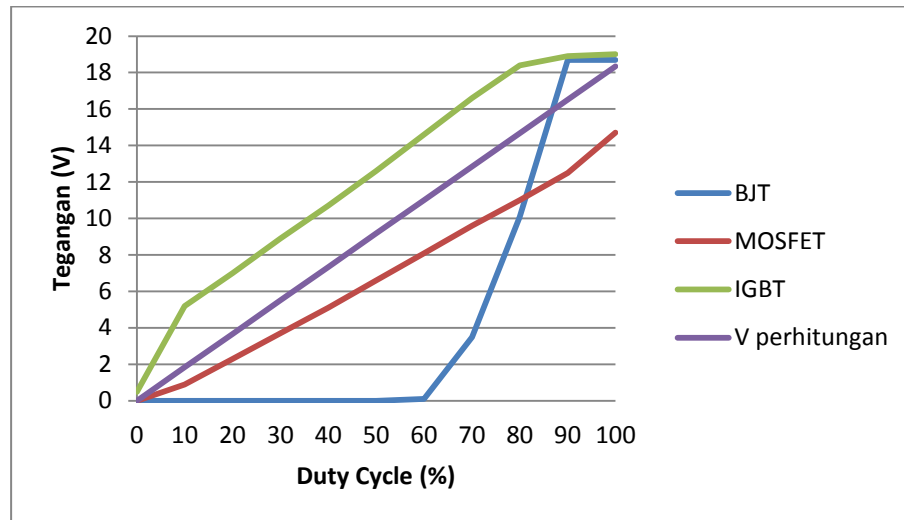
Tabel 2. Data hasil pengujian *chopper step-down* ( $V_{in} = 20V$ ,  $R = 20k\Omega$ ) $V_{in} = 20V$ ,  $R = 20k\Omega$ 

Duty Cycle (%)	BJT (V)	MOSFET (V)	IGBT (V)	V perhitungan (V)
0	0	0	0.5	0
10	0	0.9	5.2	1.835
20	0	2.3	7	3.67
30	0	3.7	8.9	5.505
40	0	5.1	10.7	7.34
50	0	6.6	12.6	9.175
60	0.1	8.1	14.6	11.01
70	3.5	9.6	16.6	12.845
80	10.1	11	18.4	14.68
90	18.7	12.5	18.9	16.515
100	18.7	14.7	19	18.35

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan multimeter sanwa CD771 untuk pengukuran arus dan multimeter sanwa CD800a pengukuran tegangan. Dari data diatas didapatkan grafik perbandingan  $V_{out}$  yang dihasilkan oleh BJT, MOSFET dan IGBT seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut.



a). Grafik perbandingan  $V_{out}$  BJT, MOSFET dan IGBT dengan beban  $10k\Omega$  dan  $V_{in} 20V$



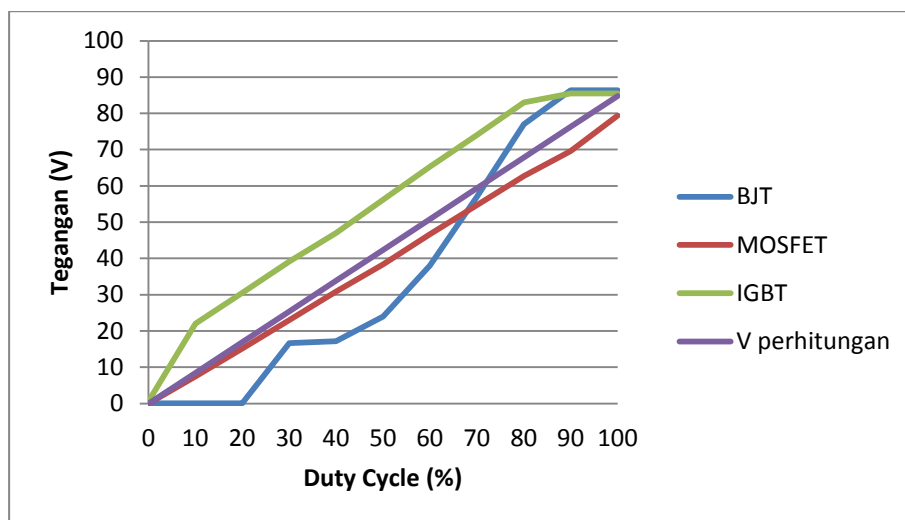
b). Grafik perbandingan Vout BJT, MOSFET dan IGBT dengan beban 20k $\Omega$  dan Vin 20V

Gambar 20. Grafik perbandingan Vout BJT, MOSFET dan IGBT dengan Vin 20V pada pengujian *chopper step-down*.

Dari grafik perbandingan tegangan output terlihat nilai tegangan saat menggunakan IGBT lebih besar dari nilai perhitungannya, hal ini dikarenakan waktu *on* pada beban yang dihasilkan IGBT lebih lama dibandingkan dengan nilai pengaturannya. Pada grafik perbandingan terlihat saat nilai  $k = 90\%$  menghasilkan nilai Vout pada beban yang hampir sama dengan nilai output saat  $k = 100\%$ . Gambar gelombang hasil dari pengujian IGBT dapat dilihat pada lampiran.

Pada pengujian BJT saat diberikan nilai  $k = 0\%$  sampai 60% dengan Vin = 20V dan  $R$  (beban) = 10k $\Omega$  nilai kenaikan tegangan output yang dihasilkan pada BJT beban tidak terlalu signifikan, jika dibandingkan dengan pengaturan nilai  $k$  dari  $k = 60\%$  sampai 100%. Saat nilai  $k = 90\%$

menghasilkan nilai yang hampir sama dengan  $V_{out}$  saat  $k = 100\%$ . Namun saat pengujian pada BJT bila nilai  $V_{in}$  dinaikkan, BJT menghasilkan  $V_{out}$  pada beban dengan kerja pensaklaran yang lebih baik dibandingkan saat nilai  $V_{in} = 20V$ . dilihat dari hasil pengujian BJT saat nilai  $V_{in} 100V$  BJT akan bekerja ketika *duty cycle* 20% hingga 100%. Seperti terlihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 21. Grafik perbandingan  $V_{out}$  BJT, MOSFET dan IGBT dengan beban  $10k\Omega$  dan  $V_{in} 100V$

Berbeda dengan hasil pengujian IGBT dan BJT, pada MOSFET pada hasil pengujian yang didapatkan selalu menghasilkan tegangan  $V_{out}$  yang dihasilkan MOSFET lebih rendah dari nilai referensinya. Saat nilai *duty cycle* diatur 100%, data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

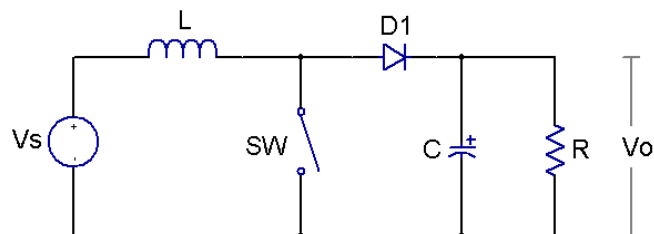
Dari hasil pengujian MOSFET memiliki pensaklaran yang baik dilihat dari kecepatan pensaklarannya. Hasil gelombangnya dapat dilihat pada lampiran. Saat *duty cycle* diatur 90% hasil gelombang tegangan  $V_{out}$

pada beban yang dihasilkan MOSFET memiliki waktu *off*, sedangkan pada IGBT dan BJT saat *duty cycle* diatur 90% gelombang yang dihasilkan adalah DC murni sama seperti nilai *duty cycle* saat diatur 100%.

### 3. Pengujian *Chopper Step-Up*

Sama seperti pada pengujian *chopper step-down* dalam pengujian *chopper step-up* ini dilakukan dengan tiga jenis transistor yaitu, BJT, MOSFET dan IGBT. Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan tegangan input, % *duty cycle* dengan tegangan  $V_{in} = 20V$  dan beban  $R = 10k\Omega$ . Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran.

Gambar rangkaian untuk *chopper step-up* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 22. Rangkaian *Chopper Step-Up*

Dari rangkain diatas dapat diketahui arus ripel puncak ke puncak yaitu

$$\Delta I = \frac{V_s}{L} t_1 \quad 4-6$$

Dan dapat diketahui  $V_o$  dengan menggunakan persamaan

$$V_0 = V_s + L \frac{\Delta I}{t_2} = V_s \left( 1 + \frac{t_1}{t_2} \right) = V_s \frac{1}{1-k} \quad 4-7$$

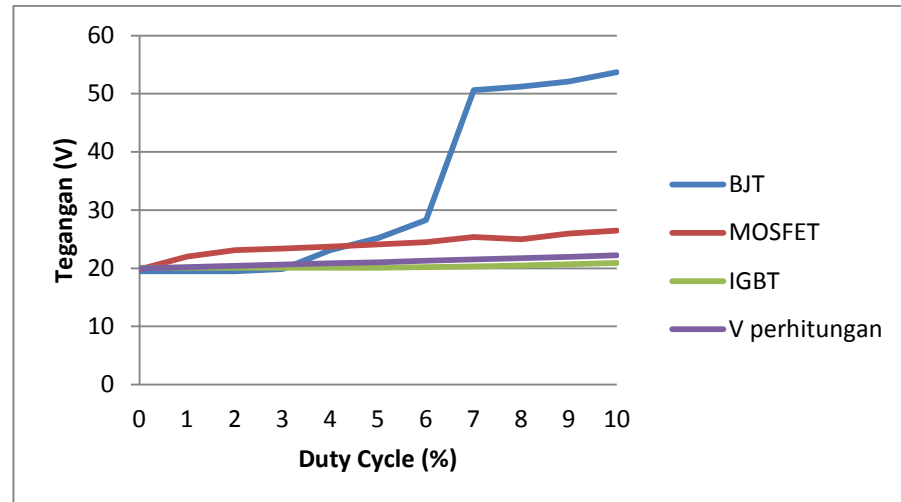
Sesuai dengan persamaan 4-6 bila diberikan input  $V_s = 20V$ , maka pada saat *duty cycle* 10% maka akan dihasilkan tegangan  $V_{out} = 22,22V$ .

Pada pengujian *chopper step-up* ini diberikan tegangan input 20V dengan nilai  $L = 10mH$ ,  $C = 150\mu F$ , dioda 6A dan  $R$  (beban) =  $10k\Omega$ . *Duty cycle* pada transistor saat percobaan ini divariasikan dari 0% sampai dengan 10%. Dan data hasil pengujian dan grafik hasil pengujiannya dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 3. Data hasil pengujian *chopper step-up* ( $V_{in} = 20V$ ,  $R = 10k\Omega$ ,  $k = 0\% - 10\%$ )

$V_{in} = 20V$ ,  $R = 10k\Omega$

Duty Cycle (%)	BJT (V)	MOSFET (V)	IGBT (V)	V perhitungan (V)
0	19.5	19.8	20.1	20
1	19.5	22	20.1	20.2
2	19.5	23.1	20.1	20.41
3	19.9	23.4	20.1	20.62
4	23.1	23.7	20.1	20.85
5	25.2	24.1	20.1	21.05
6	28.3	24.5	20.2	21.28
7	50.6	25.4	20.3	21.5
8	51.2	25	20.5	21.74
9	52.1	26	20.7	21.98
10	53.7	26.5	20.9	22.22



Gambar 23. Grafik perbandingan  $V_{out}$  BJT, MOSFET dan IGBT dengan beban  $10k\Omega$ ,  $V_{in}$  20V dan *duty cycle* 0% hingga 10% pada *Chopper Step-Up*.

Dari grafik perbandingan  $V_{out}$  BJT, MOSFET dan IGBT pada pengujian *chopper step-up* terlihat hasil  $V_{out}$  dari BJT jauh lebih tinggi saat  $k = 10\%$  dibandingkan dengan  $V_{out}$  IGBT dan MOSFET, namun kenaikan tegangan yang dihasilkan BJT tidak beraturan (*nonlinear*).

$V_{out}$  yang dihasilkan MOSFET memiliki nilai lebih tinggi dari nilai  $V_{perhitungan}$ . Namun menghasilkan kenaikan gelombang yang bertahap seiring dengan naiknya nilai % *duty cycle* berbeda dengan BJT.

Sedangkan pada IGBT didapatkan nilai  $V_{out}$  yang lebih kecil dari nilai  $V_{perhitungan}$ , gelombang yang dihasilkannya selalu dibawah nilai  $V_{perhitungan}$  dan gelombang yang dihasilkannya mengalami kenaikan seiring dengan naiknya % *duty cycle* ( $k$ ).

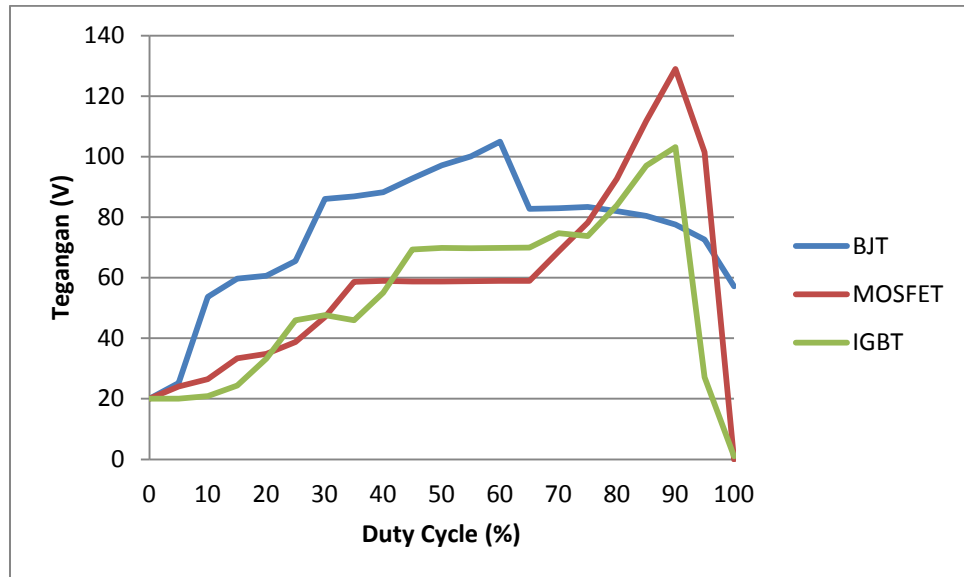


Saat dilakukan pengujian *Chopper Step-Up* dengan *duty cycle* diatur hingga dari 0% hingga 100%, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4. Data hasil pengujian *Chopper Step-Up* ( $V_{in} = 20V$ ,  $R = 10k\Omega$ ,  $k = 0\%$  - 100%)

Vin	Beban	Duty Cycle	BJT		MOSFET		IGBT	
(V)	(k $\Omega$ )	(%)	(mA)	(V)	(mA)	(V)	(mA)	(V)
20	10	5	2.59	25.2	2.38	24.1	2.03	20.1
		10	5.5	53.7	2.61	26.5	2.45	20.9
		15	6.17	59.7	3.4	33.4	2.51	24.4
		20	6.25	60.6	3.6	34.9	3.43	33.3
		25	6.68	65.5	4	38.8	4.74	46
		30	8.8	86	4.6	47	4.89	47.6
		35	8.99	86.9	6	58.6	4.71	46
		40	9.1	88.2	6.1	59	5.5	55
		45	9.61	92.8	6	58.7	7.1	69.3
		50	10.7	97.1	6	58.7	7.2	69.8
		55	10.45	100.1	6	58.8	7.2	69.7
		60	10.9	105	6.1	59	7.2	69.8
		65	8.5	82.7	6.1	59	7.23	70
		70	8.6	83	7.1	68.7	7.7	74.7
		75	8.64	83.4	8.1	78.2	7.6	73.8
		80	8.55	82	9.6	92.7	8.69	83.9
		85	8.34	80.4	11.6	111.8	10.1	97
		90	8.1	77.6	13.5	129	10.7	103.2
95	7.5	72.6	10.5	101.5	2.8	27.1		
100	5.8	57.2	0	0.03	0.1	1		

Dari table hasil percobaan di atas di dapatkan grafik hasil perbandingan  $V_{out}$  dari ketiga transistor sebagai berikut:



Gambar 24. Grafik perbandingan  $V_{out}$  BJT, MOSFET dan IGBT dengan beban  $10k\Omega$ ,  $V_{in}$  20V dan *duty cycle* 0% hingga 100% pada *Chopper Step-Up*.

Dari grafik hasil percobaan terlihat tegangan  $V_{out}$  yang tertinggi dihasilkan oleh MOSFET yaitu senilai 129V saat *duty cycle* diatur dengan nilai 90%. Dan menghasilkan nilai yang mendekati 0 saat *duty cycle* diatur dengan nilai 100%. Hal ini sesuai dengan rangkaian *Chopper Step-Up* pada gambar 22, saat transistor on maka arus dari arus dari inductor cenderung melalui transistor dibandingkan dengan beban karena arus akan mengalir pada hambatan yang lebih rendah.