

Rancang Bangun Modul Praktikum Penggunaan *Bipolar Junction Transistor* Sebagai Sakelar Berbasis Arduino Mega

Zeka Wijaya Sukma¹, Sunu Pradana², Abdul Hamid Kurniawan³
^{1,2,3}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
 pradana.sunu@gmail.com

Abstrak- BJT (*Bipolar Junction Transistor*) sebagai sakelar adalah salah satu pokok bahasan pada mata kuliah elektronika daya dan membutuhkan modul praktikum sebagai media dalam proses pembelajarannya. Modul praktikum yang sudah ada relatif kompleks sehingga penulis membuat rancang bangun yang lebih sederhana sehingga mudah untuk diperbaiki saat terjadi kerusakan serta komponen penggantinya mudah untuk ditemukan. BJT dapat berfungsi sebagai sakelar dengan memanfaatkan dua modenya yaitu *saturation* dan *cut off*. Pada perancangan modul, penyakelaran dikendalikan oleh Arduino Mega dengan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) pada terminal basis, baik BJT NPN maupun BJT PNP. Berdasarkan pengujian saat *cut off* untuk BJT NPN dan BJT PNP pada beban resistor maupun resistor dengan induktor, nilai tegangan beban 0 V dan arus beban 0,003 A. sedangkan saat *saturation* pada beban resistor untuk BJT NPN, nilai tegangan beban 11,45 V dan arus beban 0,572 A dan BJT PNP, nilai tegangan beban 11,45 V dan arus beban 0,573 A. pada beban resistor dengan induktor untuk BJT NPN, nilai tegangan beban 11,81 V dan arus beban 0,122 A dan BJT PNP, nilai tegangan beban 11,79 V dan arus beban 0,121 A.

Kata kunci: BJT, sakelar, elektronika daya, Arduino Mega, PWM, *cut off*, *saturation*.

I. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan memacu mahasiswa agar aktif berkompetisi dalam mengembangkan diri agar dapat bersaing di dunia industri. Untuk mencapai hal tersebut mahasiswa membutuhkan fasilitas pada pendidikan vokasi berupa kegiatan praktik di laboratorium sebagai penunjang proses pembelajaran.

Proses pembelajaran akan menjadi lebih efektif dengan adanya kegiatan praktikum di dalamnya, karena kegiatan praktikum dapat memfasilitasi pemenuhan capaian mahasiswa. Selain itu, karena adanya pergeseran paradigma metode pembelajaran pada pendidikan vokasi yang lebih berpusat pada mahasiswa atau yang lebih dikenal dengan *Student Centered Learning* (SCL) dimana mahasiswa berperan aktif dalam mengembangkan pengetahuan dan keterampilan, mengelola pengetahuan dalam mengembangkan karakter mahasiswa, berdiskusi dengan fasilitator atau dosen pengajar, dan bahkan kesalahan dapat menjadi sebuah metode pembelajaran [1], [2].

Pada mata kuliah Elektronika Daya memiliki pokok bahasan yang membahas prinsip pengendalian suatu beban, yaitu penggunaan BJT (*Bipolar Junction Transistor*) sebagai sakelar. BJT sebagai sakelar dapat mengaktifkan atau menonaktifkan suatu beban dengan hanya menggunakan arus pada sisi *input* yang kecil.

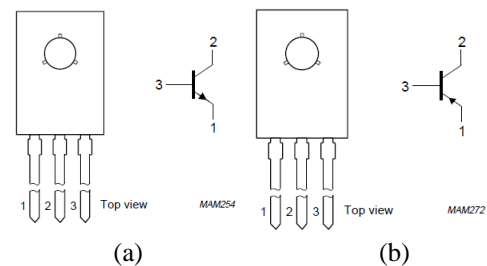
Pokok bahasan tersebut tentunya akan sulit untuk dipahami tanpa adanya media untuk praktik. Oleh karena itu maka dibutuhkan modul praktikum sebagai media untuk mempelajari elektronika daya agar lebih efektif dan efisien.

Modul praktikum yang sudah ada relatif kompleks yang berakibat sulit untuk diperbaiki dan sulit menemukan komponen penggantinya. Maka dari itu penulis bertujuan untuk membuat rancang bangun yang lebih sederhana dan mudah diperbaiki serta komponen penggantinya mudah untuk ditemukan.

II. LANDASAN TEORI

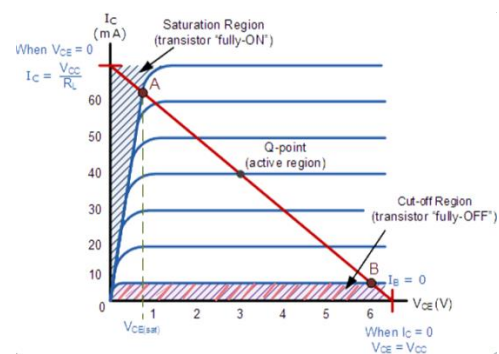
A. BJT (*Bipolar Junction Transistor*)

BJT memiliki tiga wilayah atau terminal yang disebut *collector* (kolektor), *emitter* (emiter), dan *base* (basis).



Gambar 1. Posisi terminal dan simbol BJT, (a) BJT NPN BD139, (b) BJT PNP BD140 [3], [4]

Berdasarkan fungsinya BJT memiliki tiga daerah operasi yang terdiri dari *cut off*, *saturation* dan daerah aktif. Daerah operasi BJT dapat dilihat pada Gambar 2.



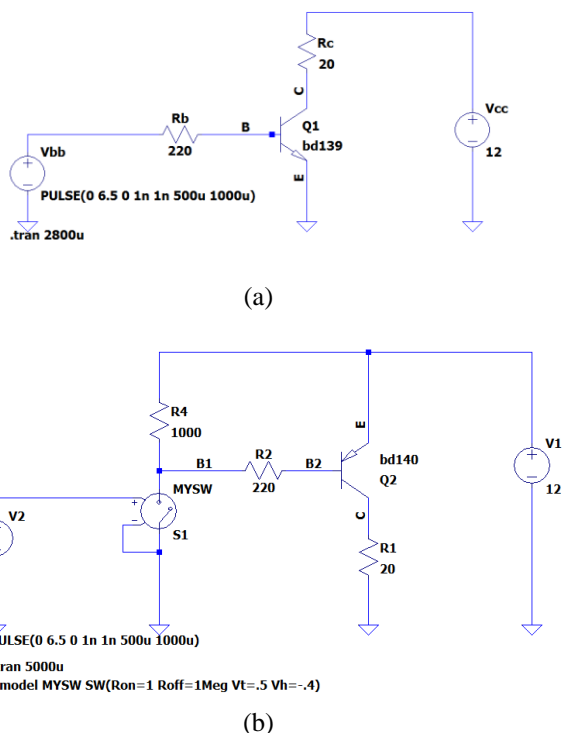
Gambar 2. Daerah operasi BJT [5]

Daerah operasi BJT terdiri atas:

1. *Cut off region* yaitu saat *base emitter junction* dalam keadaan tidak *forward biased*. Maka, semua arus pada *base* (basis) dan *collector* (kolektor) sama dengan nol dan tegangan *collector emitter* atau V_{CE} sama dengan tegangan sumber [6].
2. *Saturation* (saturasi) yaitu saat *base emitter junction* dalam keadaan *forward biased*. Ada cukup arus *base* yang membuat arus *collector* dalam keadaan maksimum serta tegangan *collector emitter* atau V_{CE} sangat kecil dibandingkan dengan tegangan sumber [6].
3. *Active region* (Daerah aktif) yaitu saat BJT berkerja di wilayah aktif atau di antara mode *saturation* dan *cut off*, pada wilayah aktif BJT berkerja sebagai *amplifier* dikarenakan arus *base* pada BJT dapat mengendalikan arus *collector* yang lebih besar [6].

BJT dapat berfungsi sebagai sakelar dengan memanfaatkan dua modenya yaitu *saturation* dan *cut off*. *Saturation* (saturasi) adalah saat terminal *base* dialiri oleh arus, maka transistor seperti sakelar tertutup penuh atau *fully on* pada saat saturasi (kondisi jenuh), penambahan besar arus basis tidak akan menambah arus kolektor. sedangkan *cut off* adalah saat terminal *base* tidak dialiri arus maka transistor seperti sakelar terbuka atau *off* [7].

Terdapat dua aplikasi dasar dari penyakelaran BJT yang digunakan dalam mengontrol aliran arus yaitu *low side switching* dan *high side switching* [8]. Berikut adalah gambar aplikasi dari penyakelaran BJT yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Aplikasi penyakelaran BJT, (a) *Low side switching*, (b) *High side switching*

Gambar. 3 menunjukkan aplikasi penyakelaran BJT, rangkaian disebut sebagai *low side switching* dikarenakan BJT digunakan sebagai sakelar pada sisi *ground* sedangkan rangkaian disebut sebagai *high switching* dikarenakan beban berada pada sisi *ground* dan untuk BJT PNP memiliki kondisi pengaktifan jika basis dalam keadaan low, oleh karena itu pada basis diberi sakelar untuk menghubungkan dengan *ground* [8].

B. Arduino Mega 2560

Arduino adalah suatu perangkat yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang memungkinkan untuk membuat prototipe suatu rangkaian elektronika yang berbasis mikrokontroler dengan mudah dan cepat [9].

Arduino dapat digunakan dengan mengirimkan instruksi pada papan arduino menggunakan bahasa pemrograman Arduino (bahasa C) pada perangkat lunak Arduino (IDE) [10]. Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 4.

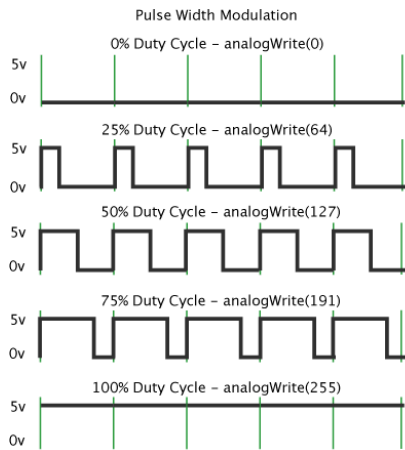


Gambar 4. Arduino Mega 2560

Pengendalian berbasis Arduino Mega menggunakan mikrokontroler ATmega 2560. Arduino Mega memiliki 54 pin *input/output* digital, yang mana 15 pin dapat digunakan sebagai *output PWM* (*Pulse Width Modulation*), 16 *input* analog, 4 *UARTs* (*hardware serial ports*), sebuah 16 MHz *crystal oscillator*, sebuah koneksi *USB*, sebuah *power jack*, dan sebuah *ICSP header*, dan tombol reset [11].

C. PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah teknik untuk mengatur sinyal digital sedemikian rupa untuk mendapatkan sinyal analog. Pengaturan pada sinyal digital digunakan untuk menghasilkan gelombang berbentuk persegi, yaitu sinyal yang beralih dari kondisi *on* (5 V) ke *off* (0 V). Perbandingan antara waktu *on* dengan periode (waktu *on* ditambah waktu *off*), disebut *duty cycle*. Untuk mendapatkan nilai sinyal analog yang bervariasi dapat diatur dengan mengubah nilai *duty cycle* [12]. Berikut adalah gelombang sinyal PWM yang dapat dilihat pada Gambar 5.

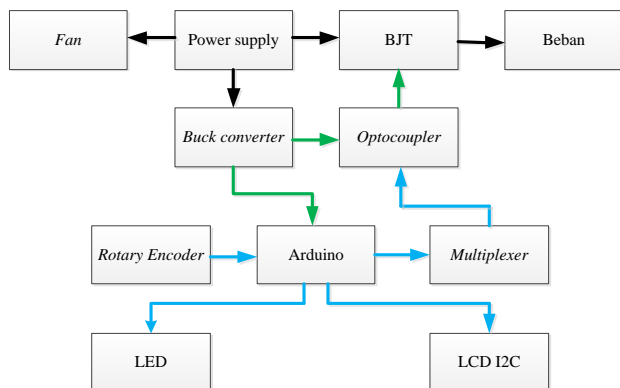


Gambar 5. Gelombang PWM [12]

III. METODOLOGI PERANCANGAN

A. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem terdiri dari komponen-komponen penyusun modul praktikum. Gambaran umum sistem dibuat agar alur kerja sistem dapat dilihat, sehingga memudahkan dalam perancangan hingga pembuatan modul praktikum. Berikut gambaran umum sistem yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Keterangan :
 → : Sumber power supply
 → : Sumber Buck Converter
 → : Sinyal

Gambar 6. Gambaran umum sistem

B. Perancangan Sumber Tegangan

Dalam proses perancangan ditentukan sumber tegangan yang akan digunakan yaitu SMPS (Switch Mode Power Supply) dengan tegangan *output* 12 V dan arus 10 A sebagai sumber tegangan *fan* atau kipas, V_{CC} pada modul BJT, dan sebagai *input* tegangan *buck converter* XL4005 *adjustable* 5 A DC-DC *step down*, *input* 4-35 V, dan *output* 1,25-32 V sebagai sumber tegangan untuk Arduino Mega dan basis pada modul BJT.

TABEL 1
 PERKIRAAN NILAI ARUS PADA BEBAN

Beban	Nilai Arus (A)
Fan 6x6 (3 buah)	0,32
Fan 8x8 (2 buah)	0,40
Penyakelaran BJT	0,6
Total	1,32

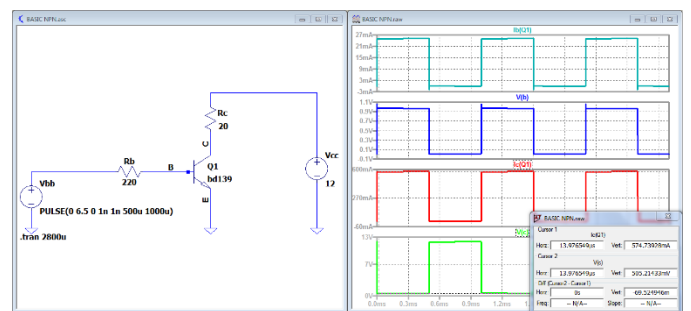
C. Perancangan Modul BJT sebagai Sakelar

Dalam perancangan modul BJT terdapat beberapa proses yang dilakukan seperti perhitungan manual untuk menentukan nilai resistor basis atau R_B yang digunakan dengan menggunakan persamaan :

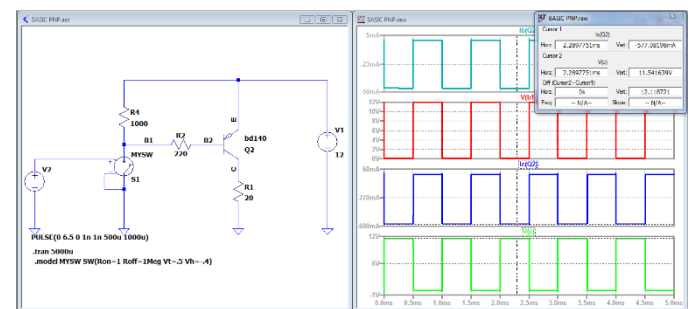
$$R_B = (V_{BB} - V_{BE})/I_B \tag{1}$$

Setelah melakukan perhitungan maka dapat dilakukan simulasi rangkaian pada aplikasi LTspice untuk mempermudah proses perancangan dan meminimalisir resiko kerusakan.

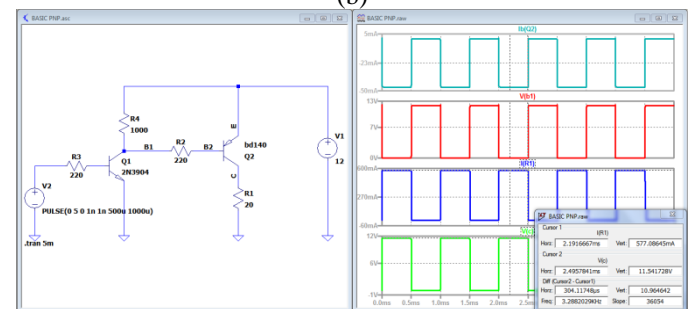
1). Rangkaian BJT dengan beban resistor 20 Ω



(a)



(b)

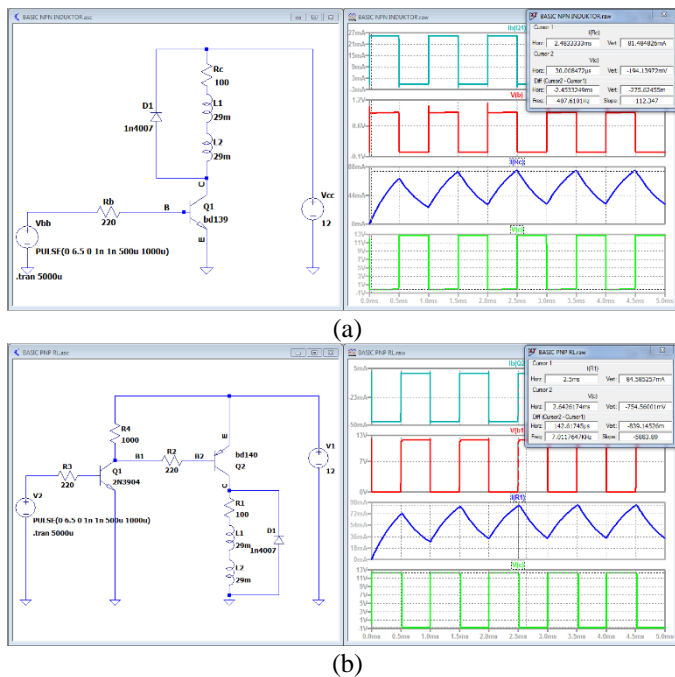


(c)

Gambar 7. Simulasi LTspice pada beban resistor 20 Ω , (a) Rangkaian BJT NPN BD139, (b) Rangkaian BJT PNP BD140 dengan sakelar, (c) Rangkaian PNP BJT BD140 dengan BJT NPN

Dengan menggunakan simulasi LTspice terlihat bahwa dengan menggunakan resistor 220 Ω pada basis BJT BD139 dapat mencapai *saturation* dengan tegangan *collector emitter* V_{CE} yaitu 0,505 V dan arus *collector* yaitu sebesar 0,574 A sedangkan BJT BD140 pada [Gambar 7 \(b\)](#) menggunakan sakelar dan pada [Gambar 7 \(c\)](#) menggunakan BJT NPN 2N3904 sebagai sakelar pada basis karena kondisi pengaktifan BJT PNP kondisi basis harus dalam keadaan *low* (terhubung dengan *ground*), serta tegangan pada beban adalah sebesar 11,54 V dan arus *collector* yaitu sebesar 0,577 A.

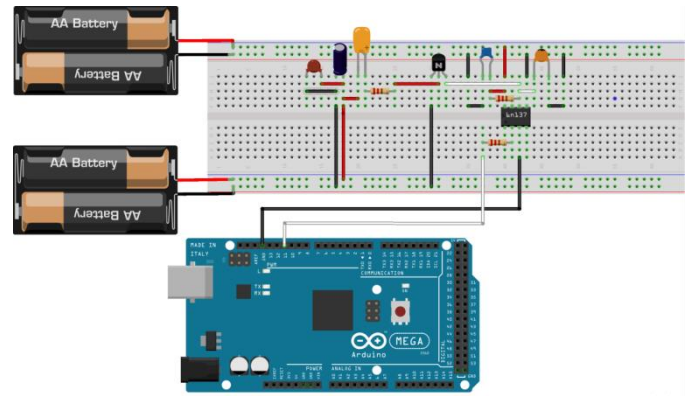
2). Rangkaian BJT dengan beban resistor 100 Ω dan induktor 58 mH



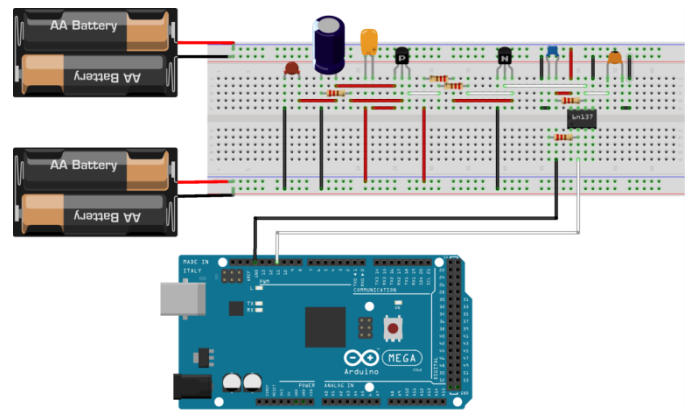
Gambar 8. Simulasi LTspice pada beban resistor dan induktor, (a) Rangkaian BJT NPN BD139, (b) Rangkaian PNP BJT BD140

Untuk rangkaian dengan beban resistor dan induktor, resistor yang digunakan adalah 100 Ω dan dua induktor dengan nilai masing-masing 29 mH yang dihubungkan secara seri. Dari hasil simulasi pada frekuensi 1 KHz dan *duty cycle* 50%, arus *collector* tidak dapat turun ke nilai minimum saat BJT kondisi *cut off* dikarenakan sifat induktansi dari induktor yaitu menyimpan energi listrik dalam bentuk medan magnet dan melawan perubahan arus.

Setelah melakukan perhitungan manual maupun simulasi dengan LTspice rangkaian di uji coba pada *breadboard*, perancangan rangkaian dilakukan dengan menggunakan aplikasi Fritzing. Untuk sumber sinyal PWM digunakan *pin* 11 pada Arduino Mega. Gambar rangkaian *breadboard* dapat dilihat pada [Gambar 9](#).



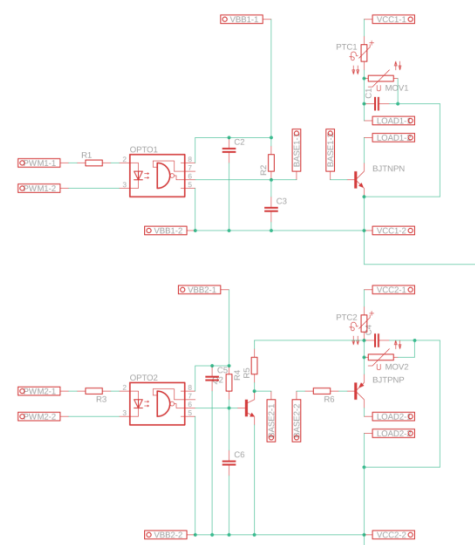
(a)



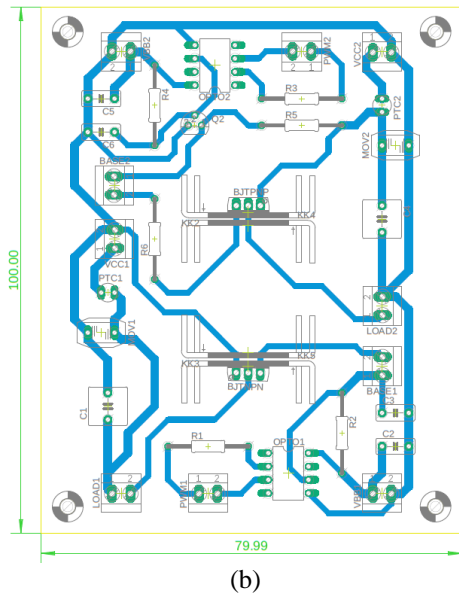
(b)

Gambar 9. Perancangan Rangkaian BJT pada *Breadboard*, (a) Rangkaian BJT NPN BD139, (b) Rangkaian BJT PNP BD140

Setelah melakukan perancangan manual, simulasi, maupun pada *breadboard*. Selanjutnya melakukan perancangan jalur PCB pada aplikasi Autodesk Eagle.



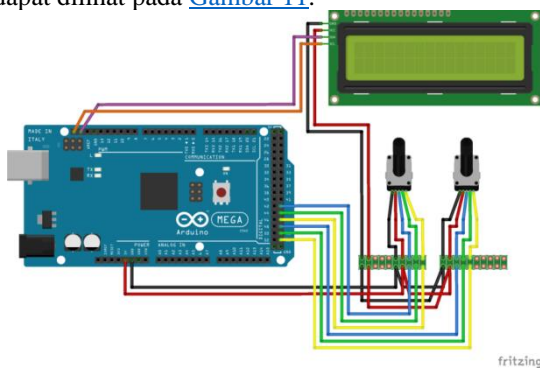
(a)



Gambar 10. Rangkaian BJT NPN dan BJT PNP, (a) Gambar schematic rangkaian, (b) Gambar rangkaian jalur PCB

D. Perancangan pengaturan pengendali PWM

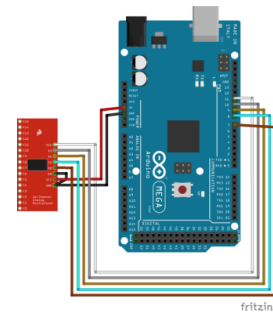
Perancangan pengaturan pengendali PWM dibuat dengan aplikasi Fritzing. Pengendali PWM menggunakan *rotary encoder* sebagai *input* pada Arduino Mega 2560 yang ditampilkan pada LCD I2C. Berikut adalah gambar rangkaian yang dapat dilihat pada [Gambar 11](#).



Gambar 11. Perancangan pengaturan pengendali PWM

E. Perancangan Multiplexer

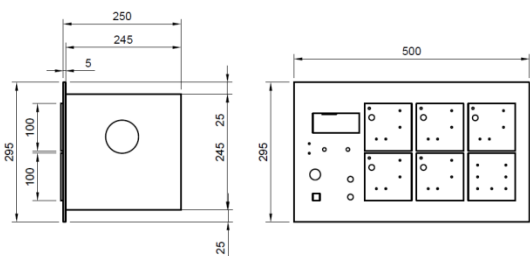
Papan *multiplexer* digunakan sebagai sakelar pemilih untuk mengaktifkan rangkaian sakelar yang akan digunakan. Dalam tegangan BJT jenis *multiplexer* yang digunakan adalah 74HC4067 yang merupakan *multiplexer* dengan 16 *channel* analog, terdapat dua *channel* yang digunakan sebagai *output* PWM, yaitu *channel* 11 untuk BJT NPN dan *channel* 12 untuk BJT PNP. Berikut adalah gambar dari perancangan rangkaian *multiplexer* yang ditunjukkan pada [Gambar 12](#).



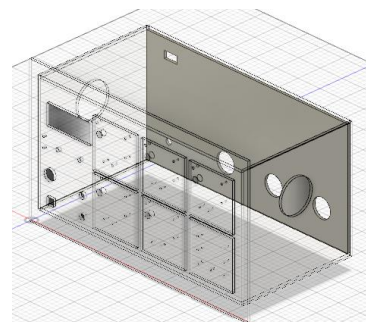
Gambar 12. Perancangan *multiplexer*

F. Perancangan Box atau Wadah Modul Praktikum

Perancangan box atau wadah dilakukan dibuat pada aplikasi Autodesk Fusion 360. *Box* atau wadah digunakan sebagai tempat untuk menempatkan seluruh komponen, *box* berbahan akrilik tembus pandang agar rangkaian sistem didalamnya dapat terlihat dengan jelas. Berikut adalah gambar desain box atau wadah yang dapat dilihat pada [Gambar 13](#).



(a)



(b)

Gambar 13. Perancangan *box* atau wadah modul praktikum, (a) Dimensi *box* atau wadah, (b) Desain 3D *box* atau wadah

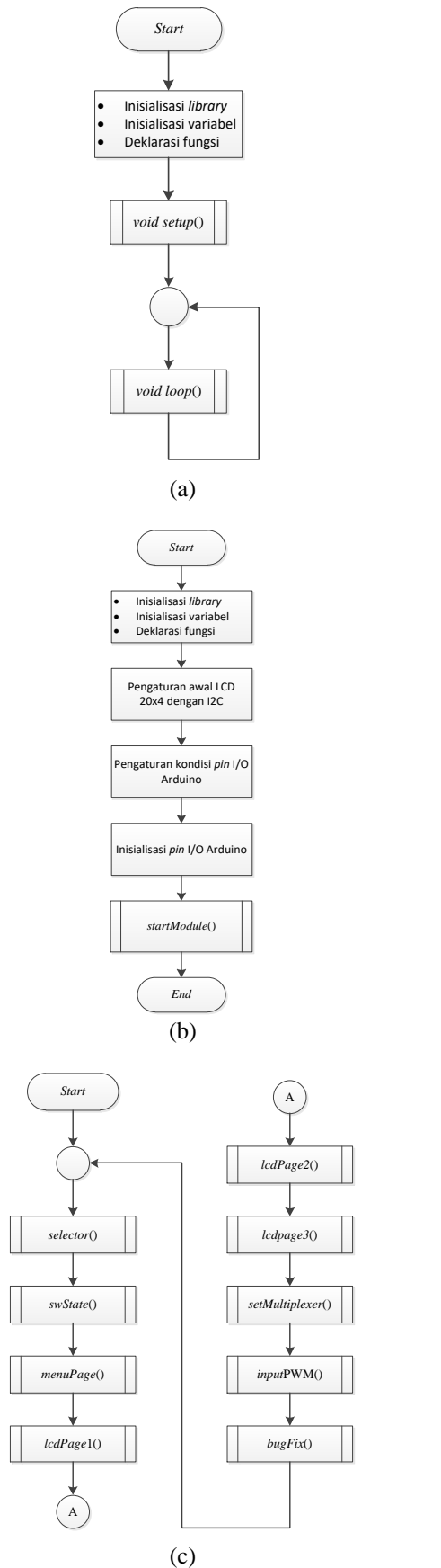
G. Diagram Alir

Pada modul praktikum penggunaan BJT sebagai sakelar terdapat diagram alir pemrograman yang dibuat berdasarkan *sketch* atau program pada Arduino IDE. Berikut adalah diagram alir yang dapat dilihat pada [Gambar 14](#).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian BJT dengan Percobaan 1

Percobaan 1 merupakan pengujian BJT NPN dengan beban berupa resistor 20 Ω dengan nilai frekuensi dan *duty cycle* yang divariasikan sesuai dengan tabel percobaan. Berikut merupakan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 15.

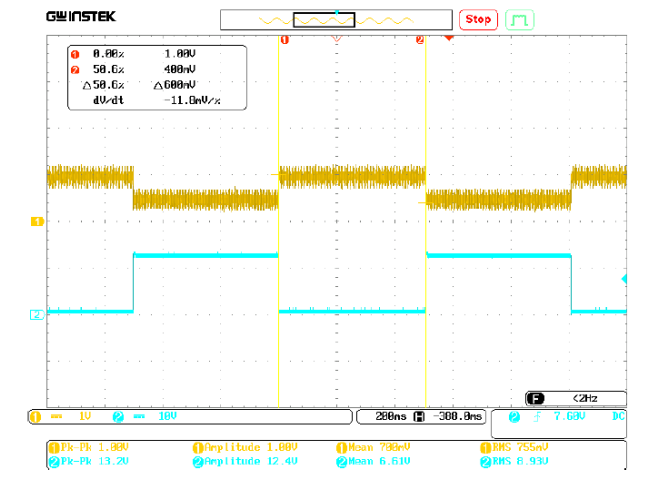


Gambar 14. Diagram alir pemrograman Arduino, (a) Diagram utama, (b) Diagram alir void setup(), (c) Diagram alir void loop()

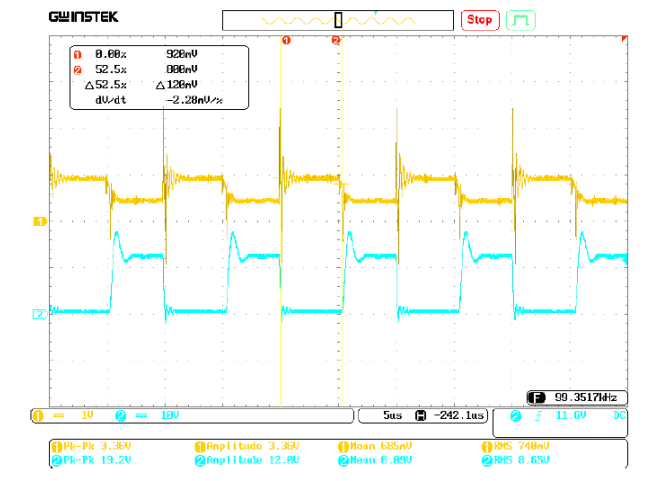
Submitted: 20/10/2019 Revised: 24/11/2019;
 Accepted: 24/11/2019; Online first: 30/06/2020
<http://dx.doi.org/10.46964/poligrd.v1i1.343>



(a)



(b)

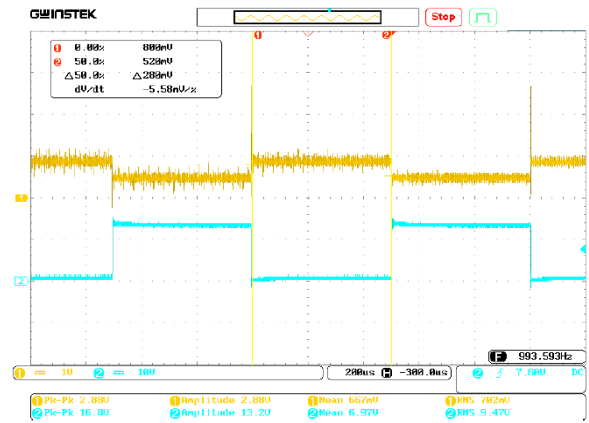


(c)

Gambar 15. Pengujian BJT NPN dengan percobaan 1 DTC 50%, (a) Gambar rangkaian, (b) frekuensi 1 Hz, (c) frekuensi 100 KHz

TABEL 2
PENGUJIAN BJT DENGAN PERCOBAAN 1 PADA FREKUENSI RENDAH

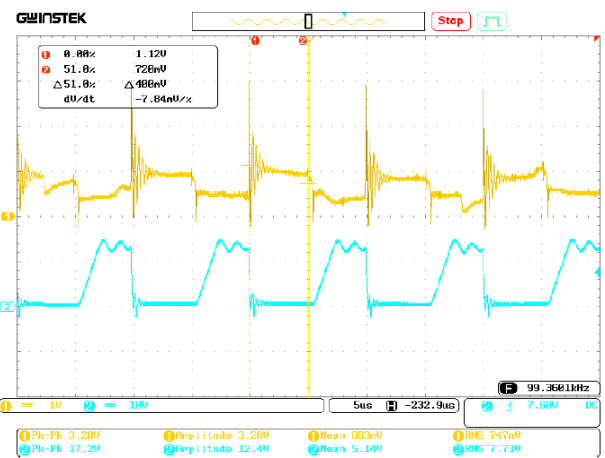
Freq (Hz)	DTC (%)	Beban		Base	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	5,79	0,288	0,700	0,011
	100	11,44	0,572	0,917	0,028
50	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	5,706	0,282	0,665	0,016
	100	11,44	0,571	0,917	0,028
100	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	5,743	0,285	0,665	0,016
	100	11,45	0,571	0,917	0,028



(b)

TABEL 3
PENGUJIAN BJT DENGAN PERCOBAAN 1 PADA FREKUENSI TINGGI

Freq (KHz)	DTC (%)	Beban		Base	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	5,806	0,288	0,664	0,016
	100	11,45	0,572	0,917	0,028
50	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	6,007	0,298	0,669	0,015
	100	11,45	0,572	0,918	0,028
100	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	6,201	0,307	0,675	0,016
	100	11,45	0,572	0,918	0,028



(c)

Dari hasil pengujian yang dilakukan, kanal 1 (kuning) merupakan gelombang pada basis dan kanal 2 (biru) merupakan tegangan kolektor emiter. Saat diberikan frekuensi 1 Hz gelombang terlihat bagus dan sesuai antara basis dan kolektor emitter sedangkan saat frekuensi dinaikkan ke 100 KHz gelombang terlihat tidak bagus antara gelombang basis dan kolektor emiter terjadi selisih dan terdapat *ringing* pada gelombang.

Gambar 16. Pengujian BJT NPN dengan percobaan 2 DTC 50%, (a) Gambar rangkaian, (b) frekuensi 1 KHz, (c) frekuensi 100 KHz

B. Pengujian BJT dengan Percobaan 2

Percobaan 2 merupakan pengujian BJT NPN dengan beban berupa resistor 100 Ω dan induktor 58 mH dengan nilai frekuensi dan *duty cycle* yang divariasikan sesuai dengan tabel percobaan. Berikut merupakan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 16.



(a)

TABEL 4
PENGUJIAN BJT DENGAN PERCOBAAN 2

Freq (KHz)	DTC (%)	Beban		Base	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	5,664	0,032	0,621	0,016
	100	11,81	0,122	0,838	0,028
50	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	6,68	0,061	0,636	0,016
	100	11,81	0,122	0,839	0,028
100	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	7,33	0,071	0,639	0,016
	100	11,81	0,122	0,839	0,028

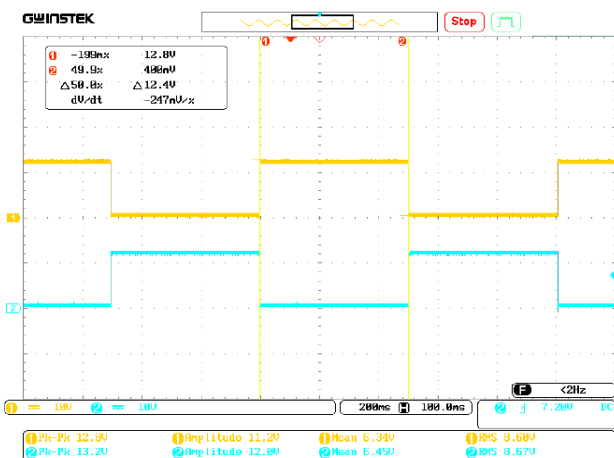
Dari hasil pengujian yang dilakukan, kanal 1 (kuning) merupakan gelombang pada basis dan kanal 2 (biru) merupakan tegangan kolektor emiter. Saat diberikan frekuensi 1 KHz gelombang terlihat bagus dan sesuai antara basis dan kolektor emitter sedangkan saat frekuensi dinaikkan ke 100 KHz gelombang terlihat tidak bagus antara gelombang basis dan kolektor emiter terjadi selisih dan terdapat *ringing* pada gelombang.

C. Pengujian BJT dengan Percobaan 3

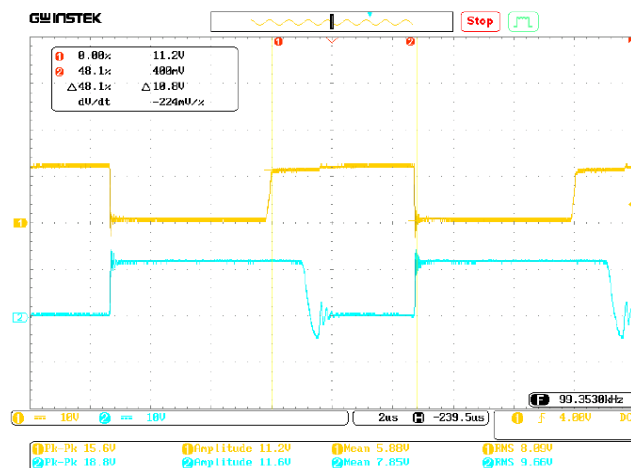
Percobaan 3 merupakan pengujian BJT PNP dengan beban berupa resistor 20 Ω dengan nilai frekuensi dan *duty cycle* yang divariasikan sesuai dengan tabel percobaan. Berikut merupakan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 17.



(a)



(b)



(c)

Gambar 17. Pengujian BJT PNP dengan percobaan 3 DTC 50%, (a) Gambar rangkaian, (b) frekuensi 1 Hz, (c) frekuensi 100 KHz

TABEL 5
PENGUJIAN BJT DENGAN PERCOBAAN 3 PADA FREKUENSI RENDAH

Freq (Hz)	DTC (%)	Beban		Base	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	11,45	0,573	0,069	0,052
	50	6,45	0,323	6,34	0,025
	100	11,44	0,572	0,917	0,028
50	0	0	0,003	0,417	0,002
	50	5,70	0,282	6,076	0,028
	100	0	0,003	11,93	0,002
100	0	11,44	0,571	0,002	0,052
	50	5,75	0,285	6,025	0,028
	100	0	0,003	11,94	0,002

TABEL 6
PENGUJIAN BJT DENGAN PERCOBAAN 3 PADA FREKUENSI TINGGI

Freq (KHz)	DTC (%)	Beban		Base	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	11,44	0,571	0,069	0,052
	50	5,82	0,289	5,961	0,027
	100	0	0,003	11,93	0,002
50	0	11,44	0,571	0,069	0,052
	50	6,64	0,331	5,66	0,028
	100	0	0,003	11,93	0,002
100	0	11,44	0,571	0,069	0,052
	50	7,37	0,365	5,510	0,028
	100	0	0,003	11,93	0,002

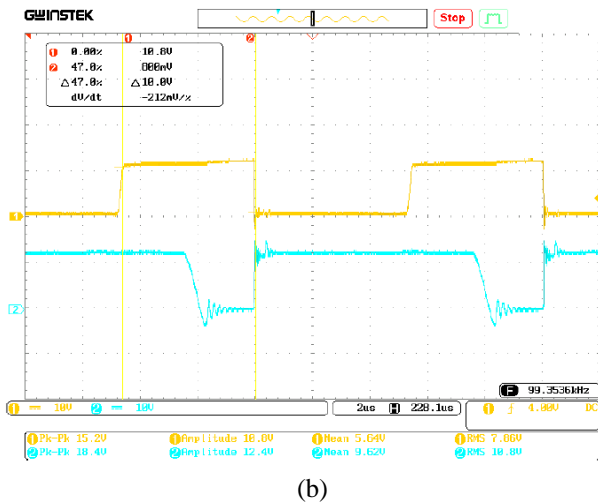
Dari hasil pengujian yang dilakukan, kanal 1 (kuning) merupakan gelombang pada basis dan kanal 2 (biru) merupakan tegangan beban. Saat diberikan frekuensi 1 Hz gelombang terlihat bagus dan sesuai antara basis dan beban sedangkan saat frekuensi dinaikkan ke 100 KHz gelombang terlihat tidak bagus antara gelombang basis dan beban terjadi selisih dan terdapat *ringing* pada gelombang.

D. Pengujian BJT dengan Percobaan 4

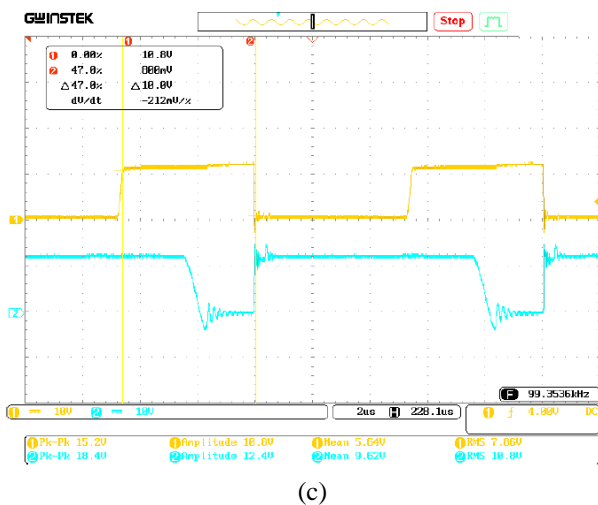
Percobaan 4 merupakan pengujian BJT NPN dengan beban berupa resistor 100 Ω dan induktor 58 mH dengan nilai frekuensi dan *duty cycle* yang divariasikan sesuai dengan tabel percobaan. Berikut merupakan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 18.



(a)



(b)



(c)

Gambar 18. Pengujian BJT PNP dengan percobaan 2 DTC 50%, (a) Gambar rangkaian, (b) frekuensi 1 KHz, (c) frekuensi 100 KHz

TABEL 7
PENGUJIAN BJT DENGAN PERCOBAAN 4

Freq (KHz)	DTC (%)	Beban		Base	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	11,79	0,121	0,064	0,053
	50	5,67	0,034	5,979	0,028
	100	0	0,003	11,94	0,002
50	0	11,79	0,122	0,064	0,053
	50	7,44	0,275	5,67	0,028
	100	0	0,003	11,94	0,002
100	0	11,79	0,121	0,064	0,053
	50	9,15	0,090	5,346	0,029
	100	0	0,003	11,94	0,002

Dari hasil pengujian yang dilakukan, kanal 1 (kuning) merupakan gelombang pada basis dan kanal 2 (biru) merupakan tegangan beban. Saat diberikan frekuensi 1 KHz gelombang terlihat bagus dan sesuai antara basis dan beban sedangkan saat frekuensi dinaikkan ke 100 KHz gelombang terlihat tidak bagus antara gelombang basis dan beban terjadi selisih dan terdapat *ringing* pada gelombang.

Submitted: 20/10/2019 Revised: 24/11/2019;
Accepted: 24/11/2019; Online first: 30/06/2020
<http://dx.doi.org/10.46964/poligrd.v1i1.343>

E. Konsumsi daya

Modul praktikum yang telah dibuat memiliki konsumsi daya PLN yang terbagi pada pengukuran tanpa beban atau beban 0, pengukuran beban R dan pengukuran beban RL yang dapat dilihat pada Gambar 19 dan Tabel 8.



(a)



(b)



(c)

Gambar 19. Konsumsi daya PLN pada modul praktikum, (a) tanpa beban, (b) beban resistor, (c) beban resistor dan induktor

TABEL 8
KONSUMSI DAYA PLN PADA MODUL PRAKTIKUM

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
0	231,6	0,136	17,4
R	232,4	0,194	25,2
RL	234,5	0,161	20,2

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan Berdasarkan hasil pengujian yaitu, saat *cut off* untuk BJT NPN dan BJT PNP pada beban resistor maupun resistor dengan induktor, nilai tegangan beban 0 V dan arus beban 0,003 A. sedangkan saat *saturation* pada beban resistor untuk BJT NPN, nilai tegangan beban 11,45 V dan arus beban 0,572 A dan BJT PNP, nilai tegangan beban 11,45 V dan arus beban 0,573 A. pada beban resistor dengan induktor untuk BJT NPN, nilai tegangan beban 11,81 V dan arus

beban 0,122 A dan BJT PNP, nilai tegangan beban 11,79 V dan arus beban 0,121 A. serta konsumsi daya PLN pada saat tanpa beban adalah 17,4 W, saat dibebani resistor adalah 25,2 W, dan saat dibebani resistor dengan induktor adalah 20,2 W.

B. Saran

Penyempurnaan pada modul praktikum Penggunaan Bipolar Junction Transistor Sebagai Sakelar Berbasis Arduino Mega dapat dilakukan penambahan IR *Remote* sebagai pengontrol PWM untuk pengaturan nilai *duty cycle* dan frekuensi serta penambahan untuk variasi beban dengan menggunakan motor PMDC (*Permanent Magnet Direct Current*) dengan rating tegangan 12 V.

REFERENSI

- [1] *Panduan Penyusunan Kurikulum Pendidikan Vokasi 1st ed.*, Ristekdikti Jakarta, 2016.
- [2] *Panduan Teknologi Pembelajaran Vokasi 1st ed.*, Ristekdikti, Jakarta, 2016.
- [3] “BD139 datasheet,” *NPN Power Transistors*, Phillips Semiconductor, Mar. 1997.
- [4] “BD140 datasheet,” *PNP Power Transistors*, Phillips Semiconductor, Mar. 1997.
- [5] Elprocus, *How to Use Transistors As A Switch*. Accessed January 22, 2019, [Online] Available <https://www.elprocus.com/using-transistor-as-a-switch/>
- [6] T. L. Floyd, *Electronic Devices 9th ed*, New Jersey, 2012. [E-book].
- [7] A. Malvino and D. Bates, *Electronic Principles, Edition 8*, McGraw-Hill Education, 2011. [E-book].
- [8] Sparkfun, *Transistors*, Accessed July, 2019, [Online] Available <https://learn.sparkfun.com/tutorials/transistors/applications-i-switches>
- [9] Abdul Kadir, *Simulasi Arduino*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2016.
- [10] Arduino, *Arduino Introduction*, Accessed January 22, 2019, [Online] Available <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>
- [11] Arduino, *Arduino Mega 2560 Rev 3*. Accessed June, 2019, [Online] Available <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-adk-rev3>.
- [12] Arduino, *PWM*, Accessed June, 2019. [Online] Available <https://www.arduino.cc/en/tutorial/PWM>.