



**ALAT PERAGA KARAKTERISTIK TRANSISTOR  
MENGUNAKAN ARDUINO SEBAGAI  
MEDIA PEMBELAJARAN  
ELEKTRONIKA DASAR**

**SKRIPSI**

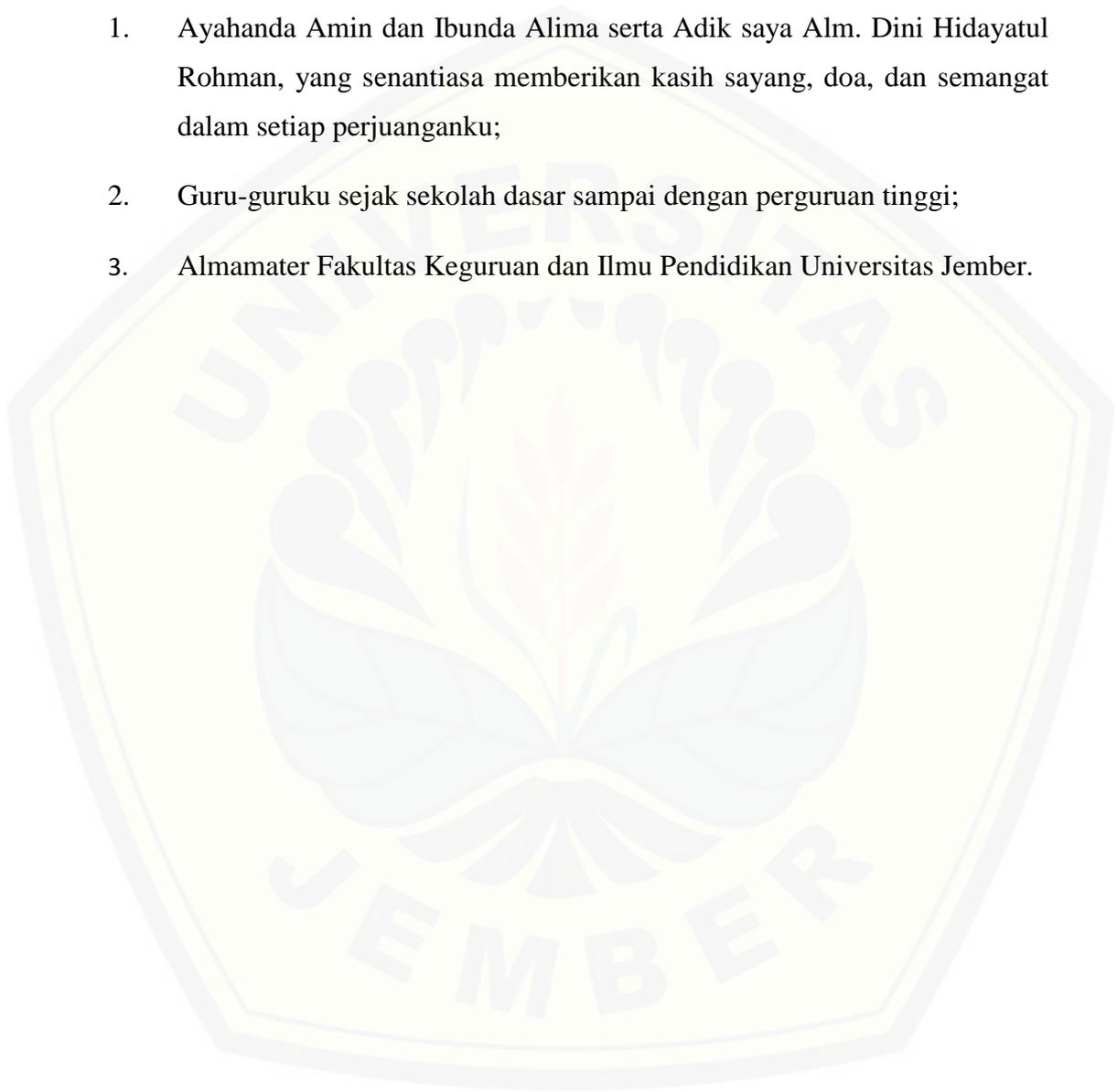
**Oleh :  
Nurhasanah  
140210102099**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda Amin dan Ibunda Alima serta Adik saya Alm. Dini Hidayatul Rohman, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dan semangat dalam setiap perjuanganku;
2. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



## MOTTO

*“Allah tidak membebankan seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat siksa dari kejahatan yang diperbuatnya. (mereka berdo’a) ‘Ya Allah, Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kamu lupa atau melakukan kesalahan. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami. Maka tolonglah kami menghadapi orang-orang kafir’” (QS. 26 : 286)*

*(Terjemahan surat al-Baqarah ayat 286) \**

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2008. Al Qur’an dan Terjemahannya. Bandung:

---

CV Penerbit Diponegoro.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurhasanah

NIM : 140210102099

Menyatakan dengan ini sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul

**“Alat Peraga Karakteristik Transistor menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada substansi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Juli 2018

Yang menyatakan

Nurhasanah

NIM 140210102099

**SKRIPSI**

**ALAT PERAGA KARAKTERISTIK TRANSISTOR  
MENGUNAKAN ARDUINO SEBAGAI MEDIA  
PEMBELAJARAN ELEKTRONIKA DASAR**

Oleh :

Nurhasanah

NIM 140210102099

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama  
Dosen Pembimbing anggota

: Drs. Alex Harijanto, M.Si  
: Drs. Maryani, M.Pd

**PENGESAHAN**

**Skripsi berjudul “Alat Peraga Karakteristik Transistor Menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar”**

telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : 27 Juli 2018

Tempat : Program Studi Pendidikan Fisika

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Alex Harijanto, M.Si.

NIP: 19641117 199103 1 001

Drs. Maryani, M.Pd.

NIP. 19640707 198902 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Supeno, S.Pd, M.Si.

NIP: 19741207 199903 1 002

Albertus Djoko Lesmono, M.Si.

NIP: 19641230 199302 1 001

Mengesahkan:

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan

Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D

NIP. 19680802 199303 1 004

## RINGKASAN

**Alat Peraga Karakteristik Transistor menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar;** Nurhasanah; 140210102099; 2018; 50 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Fisika merupakan pelajaran yang memiliki banyak teori, sehingga membutuhkan suatu eksperimen untuk membuktikan kebenaran dari teori tersebut. Salah satu cabang dari pelajaran fisika adalah elektronika yang mana lebih fokus mempelajari tentang komponen listrik. Terdapat komponen elektronika yang sering digunakan dalam peralatan elektronik, yakni transistor. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya. Kelebihan dari transistor penguat bukan sekedar bisa menguatkan sinyal, namun transistor ini juga dapat di pakai sebagai penguat arus, penguat daya dan penguat tegangan. Untuk mengetahui pemanfaatan transistor sebagai saklar atau penguat, maka diperlukan pengetahuan tentang kurva karakteristik transistor.

Pekembangan teknologi dibidang elektronika semakin meningkat. Saat ini sudah tersedia papan Arduino yang berbasis mikrokontroler yang telah dikembangkan dengan pelengkapannya yaitu sensor atau modul. Dengan piranti pintar Arduino ini juga telah dilengkapi piranti lunak yang dapat dikases secara gratis, dan dilengkapi dengan tampilan grafik untuk membuat plot dua variable yang berhubungan. Harga komponen-komponen ini masih bias dijangkau oleh para pelajar, mahasiswa maupun peneliti tingkat lanjut, yang merupakan nilai unggul dibandingkan papan mikro yang lainnya.

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian karakteristik transistor berbasis papan Arduino. Berdasarkan fakta diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang karakteristik transistor dengan menggunakan arduino dan perangkat keras laptop, sehingga penelitian ini diberi judul “Alat Peraga Karakteristik Transistor menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar”.

Transistor terbagi atas 3 terminal, yakni emitor, kolektor dan basis. Karakteristik transistor juga terbagi menjadi 3 konfigurasi dalam masing-masing terminal tersebut, yaitu konfigurasi emitor bersama, konfigurasi kolektor bersama dan konfigurasi basis bersama. Karakteristik tersebut terbagi atas karakteristik masukan dan keluaran dari transistor. Karakteristik masukan dan keuaran yang diperoleh dari suatu rangkaian berupa hubungan antara arus dan tegangan dari masing-masing konfigurasi yang digunakan. Penelitian yang dilakukan pada artikel ini adalah dengan mengetahui karakteristik dari transistor dengan tipe 2N9034 dengan mengetahui hubungan arus dan tegangan dari masing-masing rangkaian. Rangkaian yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 rangkaian. Pertama rangkaian konfigurasi emitor bersama dengan karakteristik masukan hubungan antara arus basis ( $I_b$ ) dengan tegangan basis-emitor ( $V_{be}$ ), sedangkan keluaran dari rangkaian ini hubungan antara arus kolektor ( $I_c$ ) dengan tegangan kolektor-emitor ( $V_{ce}$ ). Rangkaian kedua adalah konfigurasi kolektor bersama dengan karakteristik masukan hubungan antara arus basis ( $I_b$ ) dengan tegangan kolektor-basis ( $V_{cb}$ ), sedangkan keluaran dari rangkaian ini hubungan antara arus kolektor ( $I_c$ ) dengan tegangan kolektor-emitor ( $V_{ce}$ ). Rangkaian yang ketiga merupakan konfigurasi basis bersama dengan karakteristik masukan hubungan antara arus emitor ( $I_e$ ) dengan tegangan basis-emitor ( $V_{be}$ ), sedangkan keluaran dari rangkaian ini hubungan antara arus kolektor ( $I_c$ ) dengan tegangan kolektor-basis ( $V_{cb}$ ).

Penelitian ini digunakan menggunakan mikrokontroler arduino dan LCD sebagai penampil data yang sudah diprogram. Data yang diambil dari penelitian

ini pada masing masing variabel adalah menggunakan potensiometer, sehingga rentan setiap datanya tidak sama satu dengan yang lainnya.



## PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Alat Peraga Karakteristik transistor menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ibu Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Bapak Drs. Bambang Supriyadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
4. Bapak Drs. Alex Harijanto, M.Si dan Bapak Drs. Maryani, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Skripsi, serta Bapak Dr. Supeno, S.Pd, M.Si, dan Bapak Drs. Albertus Djoko Lesmono selaku Dosen Penguji;
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Pendidikan Fisika Universitas Jember;
6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis berharap nantinya skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak, baik sebagai suatu referensi untuk membantu suatu penelitian yang lebih lanjut ataupun hanya sebagai referensi untuk menggunakan alat peraga ini sebagai praktikum elektronika dasar. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

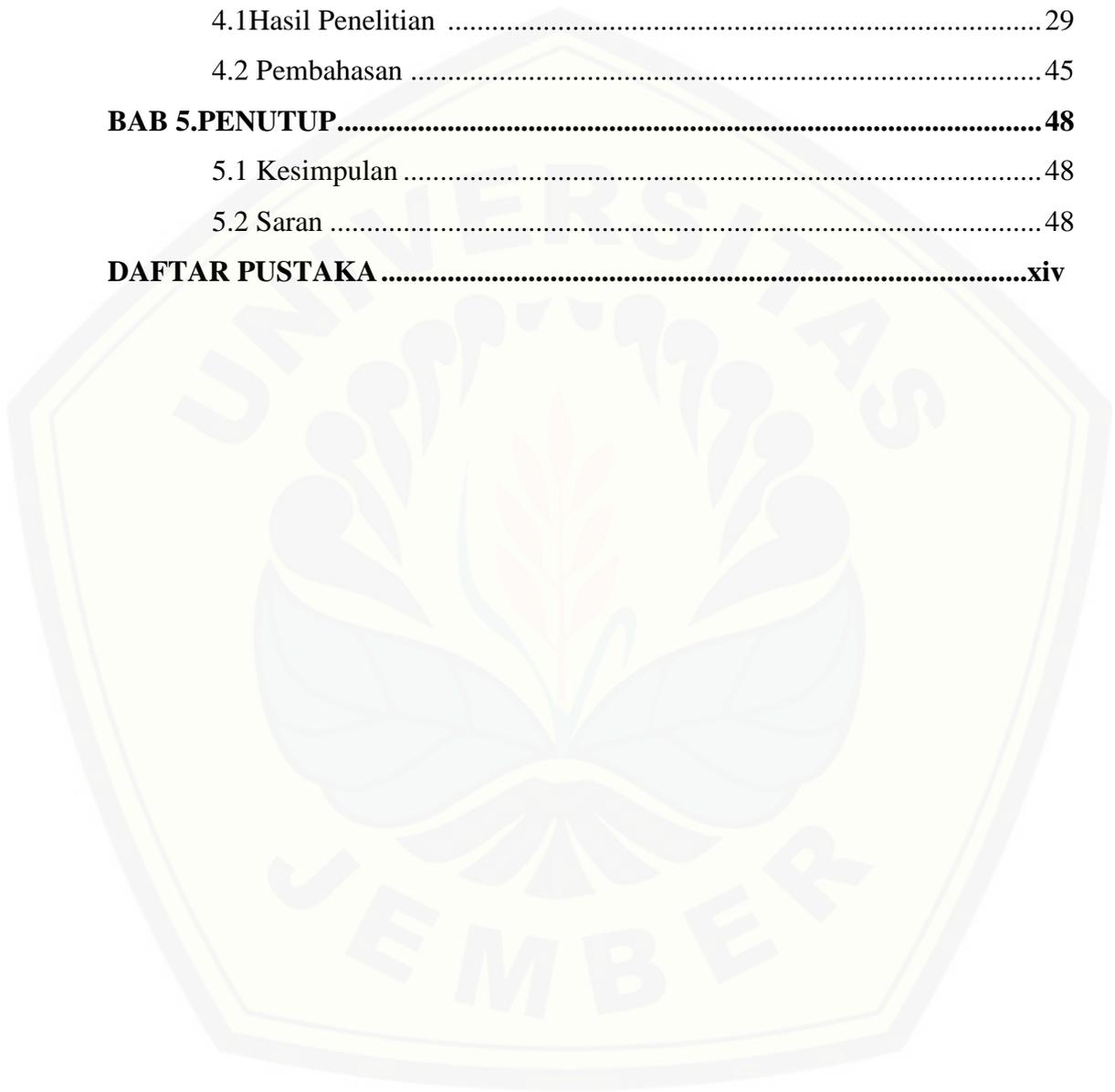
Jember, 27 Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN BIMBINGAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Transistor .....	4
2.2 Karakteristik Transistor .....	7
2.3 Mikrokontroler Arduino Uno.....	12
2.4 Karakteristik Transistor BJT menggunakan Arduino dan Laptop...	14
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel.....	19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.5 Rangkaian Elektronika.....	21

3.6 Alur Penelitian .....	23
3.7 Langkah Penelitian .....	24
3.8 Teknik Analisis Data .....	26
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	29
4.2 Pembahasan .....	45
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xiv</b>



**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Tabel karakteristik keluaran (*output*) transistor emitor bersama .....26  
Tabel 3.2 Tabel karakteristik masukan (*input*) transistor emitor bersama.....26

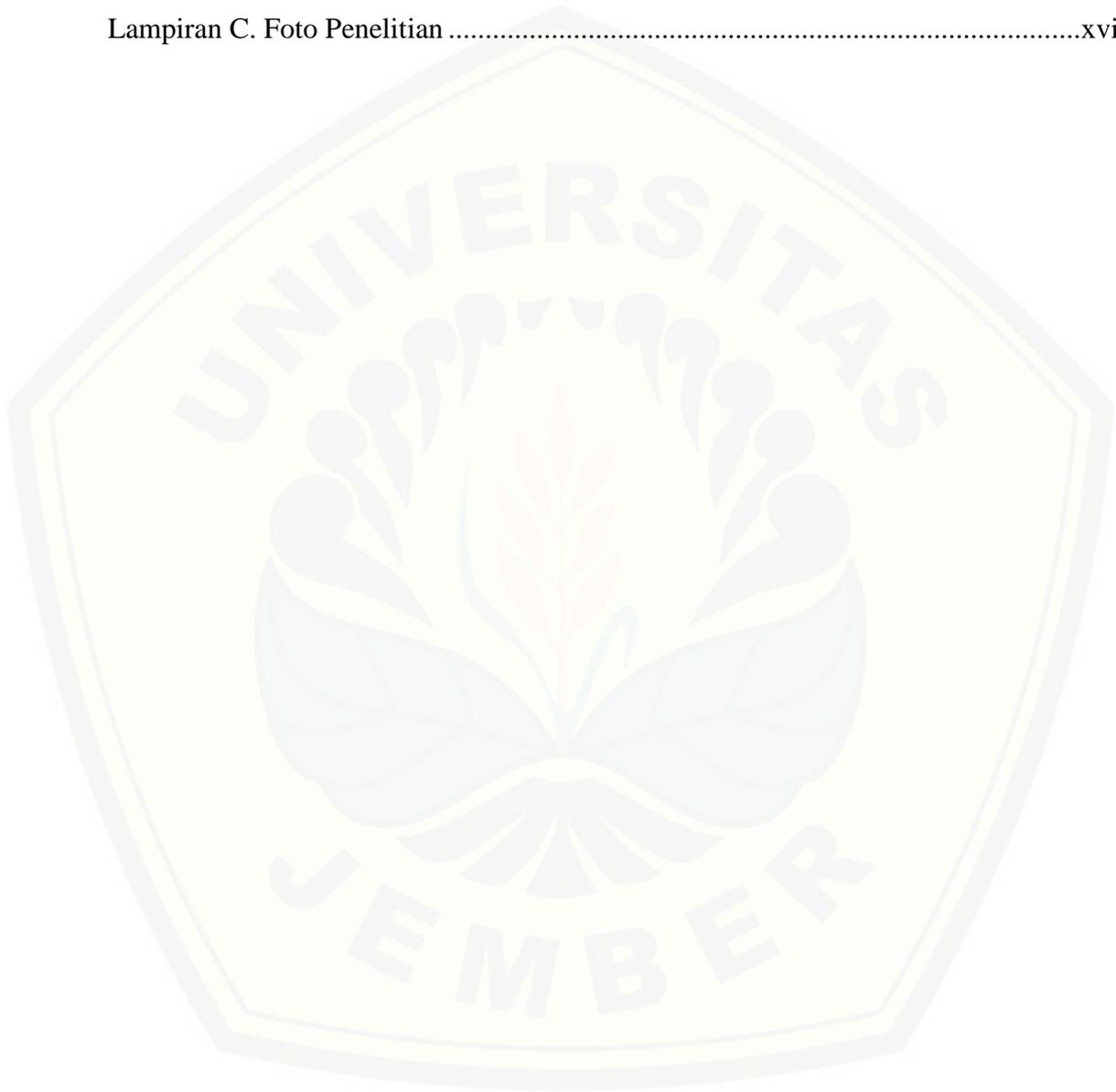


**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Simbol Hubungan Arus dan Tegangan .....	5
Gambar 2.2 Transistor NPN dan PNP .....	6
Gambar 2.3 Kurva input karakteristik transistor emitor bersama.....	8
Gambar 2.4 Gambar 2.4 Kurva output karakteristik transistor emitor bersama .....	9
Gambar 2.5 Kurva input karakteristik transistor basis bersama .....	10
Gambar 2.6 Kurva output karakteristik transistor basis bersama .....	11
Gambar 2.7 Kurva input karakteristik transistor kolektor bersama .....	12
Gambar 2.8 Kurva output karakteristik transistor kolektor bersama .....	13
Gambar 2.9 Arduino UNO .....	15
Gambar 3.1 Rangkaian ukur konfigurasi emitor bersama .....	21
Gambar 3.2 Rangkaian pengukur arus dan tegangan berbasis arduino UNO.....	22
Gambar 4.1 Alat peraga karakteristik transistor menggunakan arduino UNO .....	32
Gambar 4.2 Kurva Karakteristik output emitor bersama .....	44
Gambar 4.3 Kurva Karakteristik input emitor bersama .....	44

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A. Tabel Data Penelitian.....xvi  
Lampiran B. Koding.....xvii  
Lampiran C. Foto Penelitian .....xviii



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fisika adalah keilmuan yang berlandaskan pada pendekatan ilmiah, maka berbagai pengamatan, percobaan dan analisa data pengukuran diperlukan dalam pembuktian suatu teori fisika. Pengamatan dapat secara langsung dilakukan pada kejadian yang ditemui sehari-hari atau terjadi pada saat melakukan percobaan di laboratorium. Untuk melakukan pengamatan dan pengukuran fisis maka diperlukan alat atau media agar mendapatkan data pengukuran yang lebih terukur dan akurat. Data pengukuran yang didapat juga harus sesuai dengan satuan yang berlaku secara global (Satuan Internasional) (Isnaini, 2015 : 1). Elektronika merupakan ilmu yang mempelajari berbagai komponen yang pada umumnya beroperasi pada arus lemah melalui pengendalian aliran elektron (muatan listrik) dalam suatu peralatan seperti komputer dan peralatan elektronik lainnya (Kho, online).

Transistor adalah salah satu komponen elektronika yang mempunyai tipe yang bervariasi dengan karakteristik dan spesifikasi yang berbeda, sehingga pengaplikasiannya disesuaikan dengan kebutuhan dalam perancangan (Handoko, 2015 : 1). Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus atau tegangan inputnya, memungkinkan pengaliran sinyal listrik yang sangat akurat dari rangkaian sumber listriknya atau adanya efek arus terobosan pada transistor. Terdapat suatu hubungan matematis antara besarnya arus *colector* (IC), arus basis (IB) dan arus emiter (IE) yaitu beta ( $\beta$ ), di mana beta merupakan besar penguatan arus DC untuk *common emitter* sedangkan alpha ( $\alpha$ ) merupakan besar penguatan arus untuk *common basis* (Debataraja *et al.*, 2011 : 2).

Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian

rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya. Kelebihan dari transistor penguat bukan sekedar bisa menguatkan sinyal, namun transistor ini juga dapat di pakai sebagai penguat arus, penguat daya dan penguat tegangan (Nurrohmah dan Sondang, 2015 : 3). Untuk mengetahui pemanfaatan transistor sebagai saklar atau penguat, maka diperlukan pengetahuan tentang kurva karakteristik transistor.

Kurva karakteristik dari sebuah transistor dapat dilihat dengan membuat kurva karakteristik secara manual yang data-datanya didapatkan melalui hasil pengukuran arus dan tegangan. Hasil survei menyatakan untuk mengetahui karakteristik dari transistor maka praktikan harus menggambar kurva yang dilakukan secara manual berdasarkan data-data hasil pengukuran yang didapatkan (Handoko et al, 2015 : 4). Cara lain untuk mengetahui karakteristik transistor dapat dilakukan dengan menggunakan suatu alat yang sudah paten yang dilengkapi dengan layar tampilan kurva yakni menggunakan *curve tracer* (pelacak kurva). *Curve Tracer* tersedia dari berbagai manufaktur dalam bentuk alat yang sudah terintegrasi dengan *power supply*, *switch*, dan tampilan grafik x-y. *Curve tracer* praktis untuk digunakan tetapi harganya mahal (Handoko et al, 2015 : 1) sehingga tidak semua praktikan bisa menggunakan alat tersebut.

Tersedia perangkat keras (komputer) dan perangkat lunak telah memungkinkan untuk membuat perangkat keras yang dapat menggantikan *curve tracer*. Saat ini sudah tersedia papan Arduino yang berbasis mikrokontroler Atmega yang telah dikembangkan dengan pelengkapannya yaitu sensor atau modul. Dengan piranti pintar Arduino ini juga telah dilengkapi piranti lunak yang dapat dikases secara gratis, dan dilengkapi dengan tampilan grafik untuk membuat plot dua variable yang berhubungan. Harga komponen-komponen ini masih bias dijangkau oleh para pelajar, mahasiswa maupun peneliti tingkat lanjut, yang merupakan nilai unggul dibandingkan papan mikro yang lainnya.

Pada penelitian sebelumnya (Handoko, 2015) melakukan penelitian tentang kurva karakteristik transistor. Namun pada penelitian tersebut dengan tujuan untuk membuat sebuah alat ukur karakteristik kurva bipolar junction transistor menggunakan personal komputer. Sedangkan pada penelitian ini yakni membuat

alat peraga untuk menampilkan kurva karakteristik transistor menggunakan arduino.

Berdasarkan fakta diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang karakteristik transistor dengan menggunakan arduino, sehingga penelitian ini diberi judul “**Alat Peraga Karakteristik Transistor menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar**”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berkaitan dengan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimanakah alat peraga karakteristik transistor berbasis arduino UNO dengan laptop?
2. Bagaimanakah kurva karakteristik keluaran transistor pada konfigurasi emitor bersama?
3. Bagaimanakah kurva karakteristik masukan transistor pada konfigurasi emitor bersama?

### **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat alat peraga karakteristik transistor berbasis arduino UNO dengan laptop
2. Menampilkan kurva karakteristik keluaran transistor menggunakan alat peraga karakteristik transistor berbasis arduino UNO dengan laptop
3. Menampilkan kurva karakteristik masukan transistor menggunakan alat peraga karakteristik transistor berbasis arduino UNO dengan laptop

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil setelah dilaksanakan penelitian adalah :

1. Bagi Peneliti lain, sebagai rujukan untuk mengembangkan penelitian ini ke arah aplikasi software

2. Bagi mahasiswa, sebagai acuan untuk mengembangkan penelitian tentang analisis karakteristik transistor menggunakan arduino dan perangkat keras laptop
3. Bagi Dosen media dalam praktikum dan kuliah karakteristik transistor pada matakuliah elektronika



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Transistor

Transistor merupakan salah satu komponen elektronika yang mempunyai tipe yang bervariasi dengan karakteristik dan spesifikasi yang berbeda sehingga pengaplikasiannya disesuaikan dengan kebutuhan dalam perancangan (Handoko *et al*, 2015 : 1). Paling penting dan sangat berperan dalam teknologi rangkaian terintegrasi. Terdapat dua jenis transistor berdasarkan jenis muatan penghantar listriknya yaitu bipolar dan unipolar. Transistor bipolar, jenis muatan penghantar listriknya adalah melalui pergerakan elektron dan *hole* sedangkan pada transistor unipolar, jenis penghantar listriknya adalah elektron. Sesuai dengan susunan bahan yang digunakan, transistor bipolar terdiri dari dua tipe yaitu NPN dan PNP. Terdapat suatu hubungan matematis antara besarnya arus *colector* ( $I_C$ ), arus basis ( $I_B$ ) dan arus emiter ( $I_E$ ) yaitu beta ( $\beta$ ), di mana beta merupakan besar penguatan arus DC untuk *common emitter* sedangkan alpha ( $\alpha$ ) merupakan besar penguatan arus untuk *common basis*. Hubungan matematis dapat ditunjukkan dengan persamaan,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (2.1)$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad (2.2)$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} \quad (2.3)$$

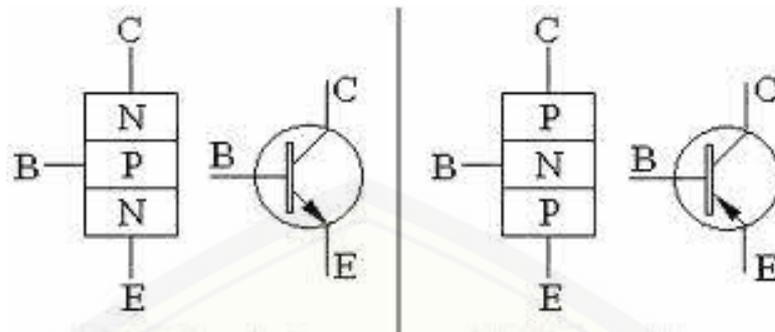
$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad (2.4)$$

Daerah emiter memiliki konsentrasi doping yang tinggi untuk menghasilkan sumber *carrier* yang cukup, elektron untuk NPN, dan *hole* untuk PNP. Disebut transistor bipolar karena arus listrik yang terbentuk dihasilkan oleh kedua *carrier* tersebut. Karena kedua sambungan emitor basis dan kolektor basis dapat dibias secara maju atau mundur, maka terdapat 4 mode operasi pada BJT, yaitu *active*, *reverse-active*, *cut-off*, dan saturasi.



Gambar 2.1 (a) Simbol Hubungan Arus dan Tegangan untuk Tipe NPN; (b) Simbol Hubungan Arus dan Tegangan untuk Tipe PNP (Debataraja, 2011 : 2).

Ada dua jenis transistor berdasarkan dua kelas utamanya yaitu transistor sambungan bipolar (*bipolar junction transistor*, BJT) dan transistor efek medan (*field effect transistor*, FET), yang karakteristik kerja dan strukturnya berbeda. Transistor efek medan (FET) adalah piranti terkendali tegangan, yang berarti karakteristik keluaran dikendalikan oleh tegangan masukan. Konfigurasi FET biasanya dibuat dengan menggunakan teknik deposisi lapisan tipis seperti *evaporation*, *sputtering*, *chemical vapor deposition*, dan *spin-coating*. FET terdiri dari tiga terminal, dimana pengisian konduksi antara dua terminal *source* dan *drain* dikendalikan oleh modulasi potensial listrik dari terminal ketiga yaitu *gate*. Prinsip kerja dari FET yaitu dengan mengontrol distribusi pembawa muatan dalam semikonduktor dengan menggunakan medan listrik-dalam. Jika polimer organik yang digunakan tipe-p, dengan memberikan tegangan negatif pada elektroda *gate* akan menghasilkan akumulasi muatan positif pada lapisan aktif di sekitar permukaan dielektrik. Ketika muatan pembawa sudah cukup terakumulasi, konduktivitas daerah akumulasi muatan meningkat secara drastis, akibatnya akan meningkatkan arus antara *drain* dan *source* (Gunawan, 2013 : 10).



Gambar 2.2 Transistor NPN dan Transistor PNP

(Fariz, 2015 : online).

Transistor bipolar yang memiliki 3 terminal kaki ini terdapat 3 jenis rangkaian konfigurasi dasar yang digunakan. Ketiga jenis Konfigurasi dasar tersebut diantaranya adalah Common Base (Basis Bersama), Common Collector (Kolektor Bersama) dan Common Emitter (Emitor Bersama). Nama “Common” atau “bersama” ini menunjukkan kaki terminal yang dipakai bersama untuk INPUT (masukan) atau OUTPUT (keluaran). Setiap konfigurasi memiliki respon yang berbeda-beda terhadap sinyal Input dalam rangkaiannya. Berikut ini adalah ketiga konfigurasi Transistor yang dimaksud. Seperti namanya, yang dimaksud dengan Konfigurasi Common Base (CB) atau Basis Bersama adalah konfigurasi yang kaki Basis-nya di-ground-kan dan digunakan bersama untuk input maupun output. Pada Konfigurasi Common Base, sinyal input dimasukkan ke Emitor dan sinyal outputnya diambil dari Kolektor, sedangkan kaki Basis-nya di-ground-kan. Oleh karena itu, Common Base juga sering disebut dengan istilah “Grounded Base” (Budianto,1994).

Penjelasan tentang Konfigurasi Common Base ini adalah dapat menghasilkan Penguatan Tegangan antara sinyal input dan sinyal output namun tidak menghasilkan penguatan pada arus Konfigurasi Common Collector (CC) atau Kolektor Bersama memiliki sifat dan fungsi yang berlawanan dengan Common Base (Basis Bersama). Sedangkan pada Common Base menghasilkan penguatan Tegangan tanpa memperkuat Arus, maka Common Collector ini memiliki fungsi yang dapat menghasilkan Penguatan Arus namun tidak menghasilkan penguatan Tegangan. Pada Konfigurasi Common Collector, Input diumpankan ke Basis

Transistor sedangkan Outputnya diperoleh dari Emitor Transistor sedangkan Kolektornya di-ground-kan dan digunakan bersama untuk input maupun output. Konfigurasi Kolektor bersama (Common Collector) ini sering disebut juga dengan Pengikut Emitor (Emitter Follower) karena tegangan sinyal Output pada Emitor hampir sama dengan tegangan Input Basis. Konfigurasi Common Emitter (CE) atau Emitor Bersama merupakan Konfigurasi Transistor yang paling sering digunakan, terutama pada penguat yang membutuhkan penguatan Tegangan dan Arus secara bersamaan. Hal ini dikarenakan Konfigurasi Transistor dengan Common Emitter ini menghasilkan penguatan Tegangan dan Arus antara sinyal Input dan sinyal Output. Common Emitter adalah konfigurasi Transistor dimana kaki Emitor Transistor di-groundkan dan dipergunakan bersama untuk input dan output. Pada Konfigurasi Common Emitter ini, sinyal input dimasukkan ke Basis dan sinyal output-nya diperoleh dari kaki Kolektor.

## 2.2 Karakteristik Transistor

Bentuk grafis dari hubungan diantara berbagai peubah (variabel) arus dan tegangan dikenal sebagai karakteristik statis transistor. Dengan menganggap setiap dua peubah sebagai peubah dapat digambarkan berbagai family kurva karakteristik. Namun, hanya dua set lengkung karakteristik yang dikenal sebagai karakteristik masukan dan karakteristik keluaran untuk ragam operasi Basis Umum dan Emitor Umum sangat penting dalam praktek. Penggambaran arus masuk terhadap tegangan masuk dengan keluaran dijadikan sebagai parameter untuk ragam kerja tertentu, sehingga menghasilkan karakteristik masukan untuk ragam tersebut. Gambaran serupa untuk arus keluaran terhadap tegangan keluaran dengan arus masuk sebagai parameter memberikan karakteristik keluaran.

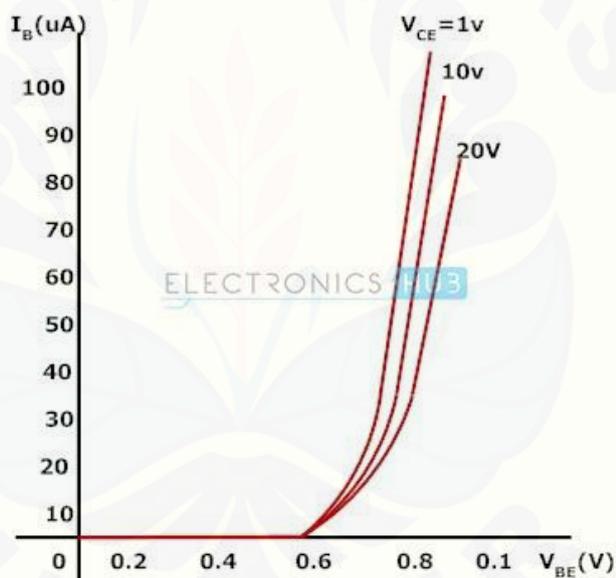
### 2.2.1 Kurva Karakteristik Transistor Emitor Bersama (CB = *Common Colector*)

Konfigurasi Common Emitter (CE) atau Emitor Bersama merupakan Konfigurasi Transistor yang paling sering digunakan, terutama pada penguat yang

membutuhkan penguatan Tegangan dan Arus secara bersamaan. Hal ini dikarenakan Konfigurasi Transistor dengan Common Emitter ini menghasilkan penguatan Tegangan dan Arus antara sinyal Input dan sinyal Output.

a. Karakteristik Masukan (input)

Sinyal input dimasukkan melalui rangkaian base-emitter dan sinyal output diambil melalui rangkaian collector-emiter. Pada rangkaian penguat emitter bersama (CE) sering disebut sebagai penguat yang emitemnya ditanahkan (grounded emitter amplifier). Hubungan CE digunakan jauh lebih banyak daripada hubungan CB karena arus input yang kecil (basis) mengendalikan bersama (CE) sering disebut sebagai penguat yang emitemnya ditanahkan. (grounded emitter amplifier) (Prima, 2014 : 22).

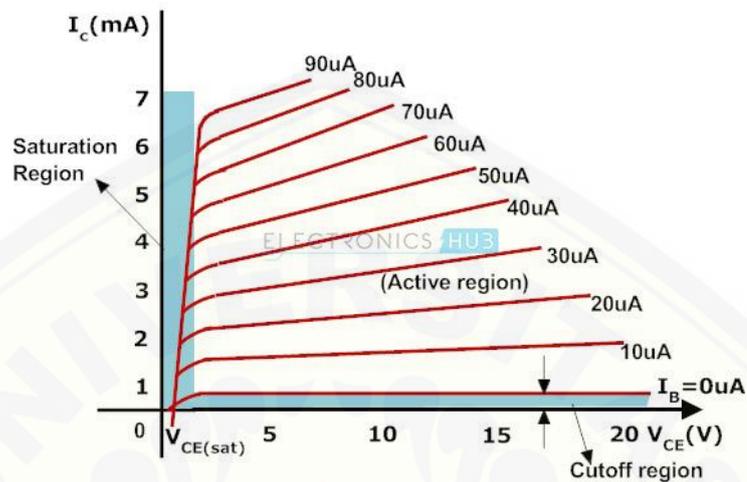


Gambar 2.3 Kurva input karakteristik transistor emitor bersama  
(Administrator, 2015 online).

b. Karakteristik keluaran (output)

Hubungan CE digunakan jauh lebih banyak dari hubungan CB karena arus input yang kecil (basis) mengendalikan arus output yang besar (kolektor). Arus

emiter merupakan penjumlahan dari arus kolektor dan arus basis ( $I_e = I_c + I_b$ ) (Prima, 2014 : 22).



Gambar 2.4 Kurva output karakteristik transistor emitor bersama (Administrator, 2015 online).

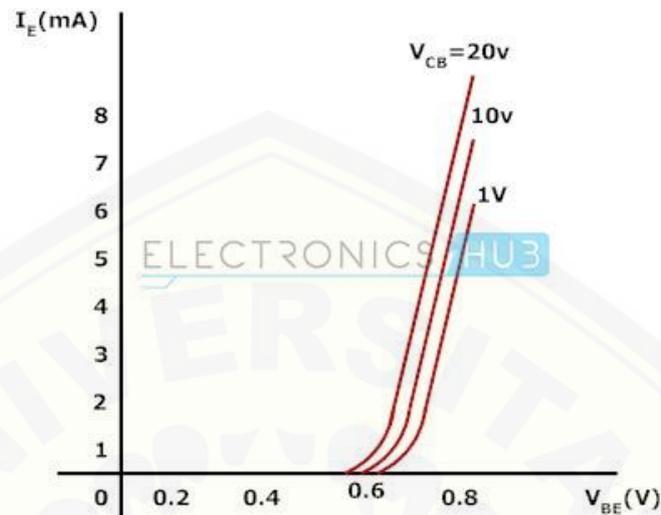
### 2.2.2 Kurva Karakteristik Transistor Basis Bersama (CB = *Common Base*)

Konfigurasi Common Base (CB) atau Basis Bersama adalah konfigurasi yang kaki Basis-nya di-ground-kan dan digunakan bersama untuk INPUT maupun OUTPUT. Pada Konfigurasi Common Base, sinyal INPUT dimasukan ke Emitter dan sinyal OUTPUT-nya diambil dari Kolektor, sedangkan kaki Basis-nya di-ground-kan. Oleh karena itu, Common Base juga sering disebut dengan istilah “Grounded Base”. Konfigurasi Common Base ini menghasilkan Penguatan Tegangan antara sinyal INPUT dan sinyal OUTPUT namun tidak menghasilkan penguatan pada arus.

#### a. Karakteristik masukan

$V_{BE}$  merupakan tegangan masuk dan  $V_{CE}$  merupakan tegangan keluar. Perubahan arus basis  $I_B$  dengan tegangan basis ke emiter  $V_{BE}$  dengan  $V_{CE}$ .

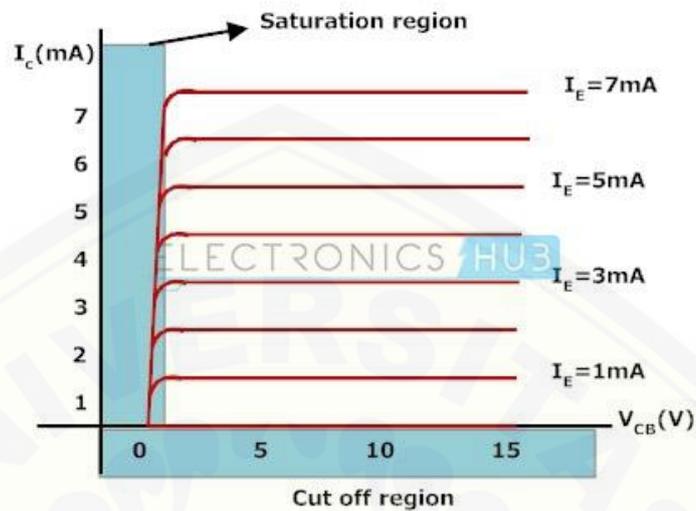
Dibawah ini merupakan gambar kurva karakteristik input pada transistor bass bersama :



Gambar 2.5 Kurva input karakteristik transistor basis bersama  
(Administrator, 2015 online).

Satu set kurva ini menggambarkan karakteristik masuk  $CE$ . Karakteristik ini serupa dengan karakteristik dari diode dicatu maju. Namun, untuk  $V_{BE}$  tetap besarnya arus basis berkurang dengan membesarnya  $V_{CE}$ . Hal ini disebabkan dengan membesarkan  $V_{CE}$  lebar basis efektif dan dengan demikian juga arus basis rekombinasi menurun.

b. Karakteristik keluaran (output)



Gambar 2.6 Kurva output karakteristik transistor basis bersama  
(Administrator, 2015 online).

Sinyal input dimasukkan melalui rangkaian emitter-base dan sinyal output diambil melalui rangkaian collector-base. Pada rangkaian penguat basis bersama (CB) sering disebut sebagai penguat yang basisnya ditanahkan (grounded base amplifier) arus basis mempunyai nilai jauh lebih kecil daripada dua arus lainnya ( $I_b \ll I_c$  dan  $I_b \ll I_e$ ) (Prima, 2014 : 22).

### 2.2.2 Kurva Karakteristik Transistor Kolektor Bersama (CB = *Common Colector*)

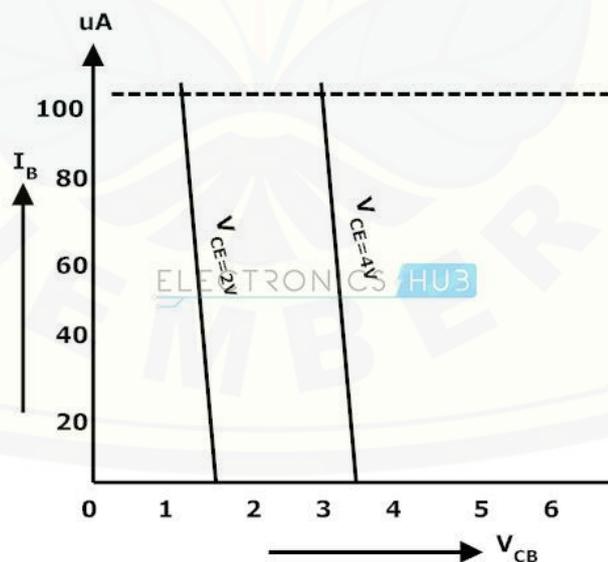
Sinyal dimasukkan melalui rangkaian base collector dan sinyal output diambil melalui rangkaian emiter-collector. Pada rangkaian penguat collector bersama (CC) sering disebut sebagai penguat yang kolektornya ditanahkan (grounded collector amplifier). Arus kolektor mempunyai nilai yang hampir sama atau mendekati nilai dari arus emitter ( $I_c = I_e$ ) (Prima, 2014 : 22).

Konfigurasi Common Collector (CC) atau Kolektor Bersama memiliki sifat dan fungsi yang berlawanan dengan Common Base (Basis Bersama). Kalau pada Common Base menghasilkan penguatan Tegangan tanpa memperkuat Arus, maka

Common Collector ini memiliki fungsi yang dapat menghasilkan Penguatan Arus namun tidak menghasilkan penguatan Tegangan. Pada Konfigurasi Common Collector, Input diumpankan ke Basis Transistor sedangkan Outputnya diperoleh dari Emitor Transistor sedangkan Kolektor-nya di-ground-kan dan digunakan bersama untuk INPUT maupun OUTPUT. Konfigurasi Kolektor bersama (Common Collector) ini sering disebut juga dengan Pengikut Emitor (Emitter Follower) karena tegangan sinyal Output pada Emitor hampir sama dengan tegangan Input Basis (Praditya, 2015 : 22).

a. Karakteristik masukan (input) :

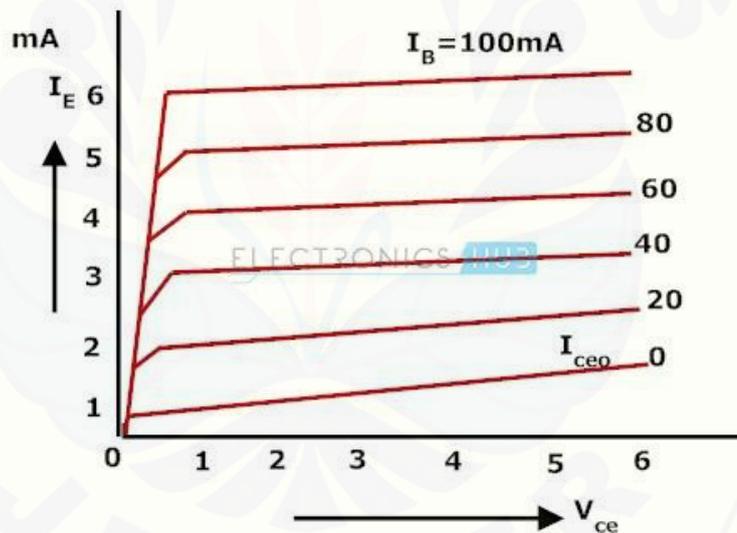
Karakteristik inputnya adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara (arus basis)  $I_B$  dan kolektor basis tegangan  $V_{CB}$  di  $V_{CE}$  konstan Metode penentuan karakteristik. tegangan yang cocok diterapkan antara emitor dan kolektor. Kemudian tegangan input  $V_{CB}$  meningkat pada sejumlah langkah dan nilai-nilai yang sesuai  $I_E$ . Arus basis diambil pada sumbu y , dan tegangan input diambil pada sumbu x Gambar. menunjukkan dari karakteristik input pada berbagai tegangan kolektor - emitor. Karakteristik Input sangat berbeda dari umum dasar andcommon sirkuit emitor Pada  $V_{CB}$  meningkat,  $I_B$  menurun.



Gambar 2.7 Kurva input karakteristik transistor kolektor bersama (Administrator, 2015 online).

b. Karakteristik keluaran (output)

Karakteristik outputnya adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara arus emitor dan tegangan kolektor - emitor, metode penentuan karakteristik output dengan menyesuaikan input  $I_B$  arus yang tepat dipertahankan. VCB berikutnya meningkat di sejumlah langkah dari nilai nol dan sesuai  $I_E$ . Arus emitor diambil pada sumbu Y dan tegangan kolektor - emitor diambil pada sumbu-X. Karakteristik Output Common Collector identik dengan rangkaian emitor umum. Karakteristik gain arus untuk berbagai nilai VCE juga mirip dengan rangkaian emitor umum (Praditya, 2015 : 19-20).



Gambar 2.8 Kurva output karakteristik transistor kolektor bersama (Administrator, 2015 online).

Masing-masing jenis konfigurasi ini mempunyai karakteristik yang berlainan satu sama lain. Karakteristik yang utama diperhatikan adalah impedansi input, impedansi output, penguatan arus, dan penguatan tegangan. Penguatan daya yang tertinggi diberikan oleh konfigurasi common emitter. Dengan demikian konfigurasi yang akan dipilih untuk suatu penguat daya adalah konfigurasi common emitter (Praditya, 2015 : 20).



**Daerah pada Bagian Kurva karakteristik :****a. Active Region**

Di dalam daerah ini, junction kolektor mendapat bias mundur dan junction emitor mendapat bias maju. Anggap dulu bahwa arus emitor bernilai nol. Dalam keadaan ini, arus kolektor kecil dan sama dengan arus saturasi balik  $I_{C0}$  (mikroamper untuk germanium dan nanoampere untuk silikon) dan *junction* ini berlaku seperti dioda. Andaikan sekarang terdapat arus emitor  $I_E$ . Di dalam daerah aktif (*active region*), arus kolektor independen terhadap tegangan kolektor dan hanya tergantung pada arus emitor. Namun demikian, karena efek Early, terdapat pengaruh  $|V_{CB}|$  berupa kenaikan  $|I_C|$  walaupun hanya 0,5 persen. Karena  $I_C$  lebih kecil dari satu (tapi mendekati satu), arus kolektor sedikit lebih kecil dari arus emitor.

**b. Daerah saturasi (*saturation region*)**

Daerah dimana junction emitor maupun kolektor mendapat bias maju (forward biased) dinamakan daerah saturasi. Daerah ini terdapat di bagian kiri ordinat, dimana  $V_{CB} = 0$  dan di atas karakteristik  $I_E = 0$ . Di sini dapat dikatakan terjadi proses "*bottoming*" karena tegangan akan merosot drastis hingga mendekati dasar, pada saat  $V_{CB} = 0$ . Sebenarnya  $V_{CB}$  di daerah ini bernilai positif (untuk *pnp*, walau nilainya kecil), dan bias maju pada kolektor ini menimbulkan perubahan arus kolektor yang besar melalui perubahan tegangan kolektor yang kecil. Dalam keadaan terbias maju,  $I_C$  naik secara eksponensial terhadap tegangan mengikuti hubungan diode. Bias maju dapat diartikan bahwa sisi *p* (kolektor) dibuat lebih positif dibandingkan dengan sisi *n* (basis), sehingga terjadi aliran *hole* dari kolektor (*p*) menuju basis (*n*). Dengan demikian arus kolektor akan naik secara drastis dan  $I_C$  dapat bernilai positif jika bias maju bernilai cukup besar.

**c. Daerah Cutoff**

Karakteristik untuk kondisi dimana  $I_E = 0$  melewati titik origin, namun dalam hal lain sama seperti karakteristik-karakteristik lain. Karakteristik ini sebenarnya tidak berhimpitan dengan sumbu tegangan, namun hal ini sulit untuk diperlihatkan mengingat  $I_{C0}$  bernilai hanya beberapa nano- atau mikroamper.

Daerah di bawah  $I_E = 0$ , dimana junction emitor dan kolektor sama-sama terbias mundur dinamakan cutoff region (Arifin, 2004 : 57-58).

### 2.3 Mikrokontroler Arduino Uno

Pada situs resminya, Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk para seniman, desainer, hobbies dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif (Arduino : online).

Arduino adalah suatu perangkat prototipe elektronik berbasis mikrokontroler yang fleksibel dan open-source, perangkat keras dan perangkat lunaknya mudah digunakan. Perangkat ini ditujukan bagi siapapun yang tertarik/memanfaatkan mikrokontroler secara praktis dan mudah. Bagi pemula dengan menggunakan board ini akan mudah mempelajari pengendalian dengan mikrokontroler, bagi desainer pengontrol menjadi lebih mudah dalam membuat prototype ataupun implementasi; demikian juga bagi para hobi yang mengembangkan mikrokontoler. Arduino dapat digunakan “mendeteksi” lingkungan dengan menerima masukan dari berbagai sensor (misal : cahaya, suhu, inframerah, ultrasonik, jarak, tekanan, kelembaman) dan dapat ‘mengendalikan’ peralatan sekitarnya (misal : lampu, berbagai jenis motor, dan aktuator lainnya (Andrianto dan Darmawan, 2016 :15).



Gambar 2.9 Arduino Uno  
(Elektronics, 2015 : online).

Kelebihan arduino dari platform hardware mikrokontroler lain adalah

- a. IDE arduino merupakan multiplatform, yang dapat dijalankan di berbagai system operasi, seperti Windows, Macintosh dan Linux.
- b. IDE arduino dibuat berdasarkan pada IDE Processing, yang sederhana sehingga mudah digunakan.
- c. Programarduino menggunakan kabel yang dihubungkan dengan port USB, bukan port sinyal. Fitur ini digunakan karena banyak computer yang sekarang ini tidak memiliki port serial.
- d. Arduino adalah hardware dan software open source- pembaca bias men-download software dan gambar rangkaian arduino tanpa harus membayar ke pembuat Arduino.
- e. Biaya hardware cukup murah, sehingga tidak terlalu menakutkan untuk membuat kesalahan.
- f. Proyek Arduino ini dikembangkan dalam lingkungan pendidikan, sehingga bagi pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya.
- g. Memiliki begitu banyak pengguna dan komunitas di internet yang dapat membantu setiap kesulitan yang dihadapi.

(Artanto, 2012 : 2).

Terdapat tiga arduino yang memiliki banyak kesamaan antara lain Arduino Uno, arduino Nano dan Arduino Pro Mini. Arduino Pro Mini tidak memiliki chip untuk menghubungkan USB ke komputer. Sedangkan dua Arduino lainnya dilengkapi chip. Arduino Uno itu sendiri lebih memudahkan penggunaannya untuk membuat berbagai hal yang berkaitan dengan mikrokontroler, karena didalamnya sudah tersedia yang dibutuhkan oleh mikrokontroler. Jadi hanya tinggal menyambungkan kabel USB yang sudah tersedia, sama halnya dengan Arduino Nano. Perbedaannya terletak pada ketersediaan tegangan input pada masing-masing arduino. Dengan kelebihan tersebut, sehingga penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Arduno Uno.

#### 2.4 Karakteristik Transistor BJT menggunakan Arduino dan Laptop

Eksperimen karakteristik transistor diwktub akan menampilkan karakteristik kurva yang berupa hubungan arus dan tegangan. Kurva yang ditampilkan pada percobaan tersebut ada 2 yaitu kurva  $I_B - V_{BE}$  (arus *basis* terhadap tegangan *basis emitter*), dan kurva  $I_C - V_{CE}$  (arus *collector* terhadap tegangan *kolektor emitor*). Informasi berupa data arus dan tegangan pada transistor diwktub dideteksi dengan menggunakan sensor arus dan tegangan yang dihubungkan pada mikrokontroler Arduino. Data tersebut akan ditampilkan pada LCD yang terdapat mikrokoktroler Arduino, selanjutnya data direkam pada *software* Microsoft Excel diolah sehingga menjadi kurva.

Arus yang masuk pada terminal *base* dari transistor akan diatur besarnya dengan melalui hambatan variabel dengan nilai yang disesuaikan dengan buku data transitor. Data tersebut akan diolah oleh mikrokontroler dan dikenal sebagai arus *base* ( $I_B$ ) pada *software* PC. Besarnya Arus *collector* ( $I_C$ ) yang dihasilkan diatur dengan mengatur besar tegangan yang diberikan pada kaki *collector* transistor yang terhubung dengan resistor yang nilainya sudah ditentukan. Tegangan tersebut akan naik secara perlahan sehingga akan menghasilkan nilai  $I_C$  yang berbeda juga. Nilai  $I_C$  akan dideteksi dengan menggunakan sensor arus lalu dikirimkan ke mikrokontroler melalui ADC dan dikenal sebagai arus *collector* ( $I_C$ ). Besarnya *current gain* ( $h_{FE}$ ) diperoleh dari perbandingan arus *collector* ( $I_C$ ) dengan arus *base* ( $I_B$ ) pada transistor.

Besarnya tegangan  $V_{BE}$  dan  $V_{CE}$  dideteksi dengan menggunakan ADC yang terdapat pada mikrokontroler. Besarnya nilai  $V_{BE}$  diperoleh dengan menghubungkan *base* dari transistor ke bagian *input* ADC yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler dan bagian *emitter* transistor dihubungkan dengan *ground* sehingga tegangan yang didapatkan merupakan tegangan *base* transistor terhadap *ground*. Besarnya nilai  $V_{CE}$  juga didapatkan dengan cara yang sama seperti mendapatkan tegangan  $V_{BE}$ . Perbedaannya hanya sekarang yang diuji adalah tegangan *collector* terhadap *ground*. Pada transistor PNP tegangan  $V_{BE}$  dan  $V_{CE}$  didapatkan dengan melakukan hal yang sama. Data nilai arus dan tegangan tersebut akan dikirim oleh mikrokontroler melalui *interface* RS-232 ke *software*

PC dan data-data tersebut diproses oleh *software* PC sehingga ditampilkan dalam bentuk kurva pada PC. Transistor yang diuji adalah transistor *bipolar* tipe NPN. Besarnya arus *collector* ( $I_C$ ) tergantung pada nilai arus *base* ( $I_B$ ) transistor dan besarnya *current gain* ( $\beta$ ) sehingga pada rangkaian diperlukan metode untuk memasukkan arus pada terminal *base* dari transistor. Sebuah catu daya DC yang dapat diatur memberikan tegangan pada resistor yang terdapat pada *base* dari transistor ( $R_B$ ). Semakin besar nilai  $I_B$  transistor akan menyebabkan nilai  $I_C$  semakin besar juga. Nilai  $I_C$  merupakan fungsi  $I_B$  dikalikan dengan  $\beta$  (Handoko *et al*, 2015).

Sedangkan pada penelitian ini akan dilakukan perobaan menampilkan kurva karakteristik transistor dengan menggunakan laptop dan bantuan dari mikrokontroler arduino. Data yang diinput dari rangkaian akan diproses oleh arduino, sehingga dapat menampilkan kurva karakteristik transistor. Kurva yang ditampilkan baik berupa kurva masukan maupun kurva luaran dari emiter dan basis dengan kurva berupa hubungan antara  $I_C$ - $V_{CE}$  dan  $I_B$  -  $V_{BE}$ , masing-masing dari hubungan tersebut berupa masukan dan luaran.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and development*). Penelitian pengembangan adalah suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan suatu hasil produk tertentu, serta menguji keefektifan dari produk tersebut (Sugiyono, 2011). Penelitian ini dilakukan untuk membuat sebuah alat peraga untuk menampilkan kurva karakteristik transistor menggunakan arduino sebagai media pembelajaran elektronika dasar.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk mengkaji Karakteristik Transistor menggunakan Arduino sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar bertempat di Laboratorium Elektronika Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018.

### 3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

Variabel beserta definisi operasionalnya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 3.3.1 Variabel Penelitian

##### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variabel yang tidak ditentukan nilainya. Berikut adalah variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- a.  $V_{CE}$  : Tegangan *Collector –Emitter*
- b.  $V_{BE}$  : Tegangan *Base -Emitter*

##### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah variabel yang hendak dicari dalam penelitian ini. Berikut adalah variabel terikat pada penelitian ini adalah :

- a.  $I_C$  : Arus *Collector*
- b.  $I_B$  : Arus *Base*

### 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah variabel yang dengan sengaja ditentukan nilai dan tipenya. Berikut adalah variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- a. Tipe transistor : 2N 3904
- b. Jenis arduino : Arduino UNO

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Untuk menghindari perbedaan persepsi dan penafsiran yang kesalahan dalam penelitian ini, maka diperlukan adanya definisi operasional variabel. Adapun pengertian dari variabel-variabel tersebut, antara lain:

- a. Tegangan kolektor emitor  $V_{CE}$   
Adalah tegangan antara kolektor dan emitor pada transistor yang digunakan pada kurva karakteristik keluaran transistor
- b. Arus kolektor  $I_C$   
Adalah arus yang mengalir menuju kolektor pada transistor NPN atau arus yang meninggalkan kolektor pada transistor PNP yang dicari pada kurva karakteristik keluaran transistor
- c. Tegangan basis-emitor  $V_{BE}$   
Adalah tegangan antara basis dan emitor pada transistor yang digunakan pada kurva karakteristik masukan transistor
- d. Arus Basis  $I_B$   
Adalah arus yang menuju basis pada transistor NPN atau arus yang meninggalkan basis pada transistor PNP yang dicari pada kurva karakteristik masukan transistor
- e. Tipe Transistor  
Tipe Transistor adalah variasi tipe dari transistor yang digunakan pada penelitian ini. Adapun penelitian ini menggunakan tipe transistor NPN yang bekerja pada penguat frekuensi rendah.

f. Jenis Arduino

Jenis arduino yang digunakan adalah arduino UNO yang berfungsi sebagai mikrokontroler

### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

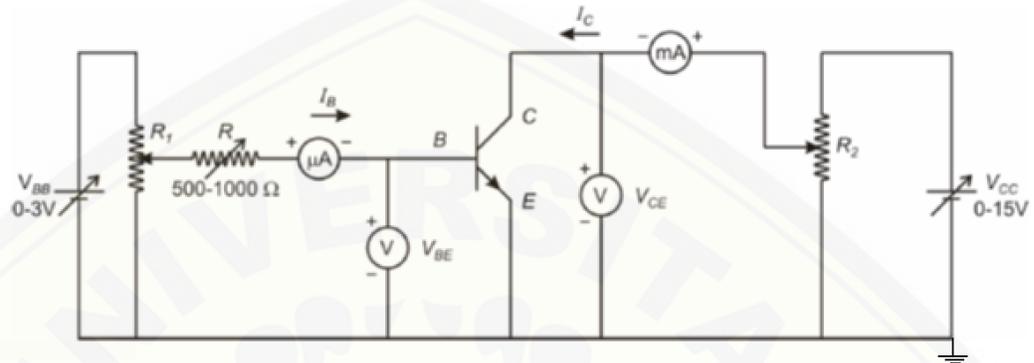
Seperangkat alat dan bahan penelitian yang digunakan adalah :

1. Alat Penelitian
  - a. Laptop
  - b. Microsoft Excel 2010
  - c. Proteus Versi 8 sp
  - d. Multimeter Digital
  - e. Toolset
2. Bahan-bahan Penelitian
  - a. Arduino UNO
  - b. Sensor arus
  - c. Sensor tegangan
  - d. LCD 20 x 4
  - e. Baterai
  - f. Resistor dan potensiometer
  - g. Transistor
  - h. Kabel penghubung

### 3.5 Rangkaian Elektronika

Ada dua rangkaian elektronika yang digunakan dalam penelitian:

#### 3.5.1 Rangkaian ukur konfigurasi emitor bersama



Gambar 3.1 Rangkaian ukur konfigurasi emitor bersama

Keterangan:

$V_{BB}$  = tegangan sumber untuk basis dan emitor

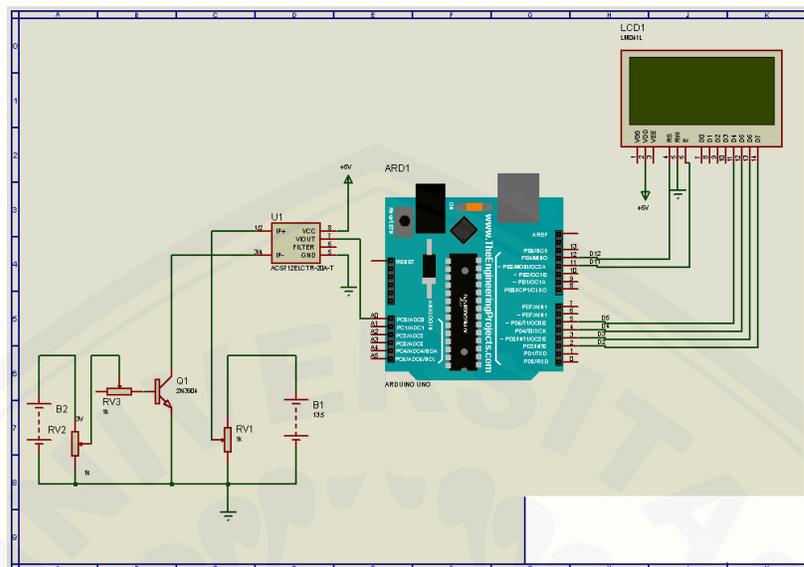
$V_{CC}$  = tegangan sumber untuk kolektor dan emitor

$R$ ,  $R_1$  dan  $R_2$  = potensiometer

$I_B$  = arus basis

$I_C$  = arus kolektor

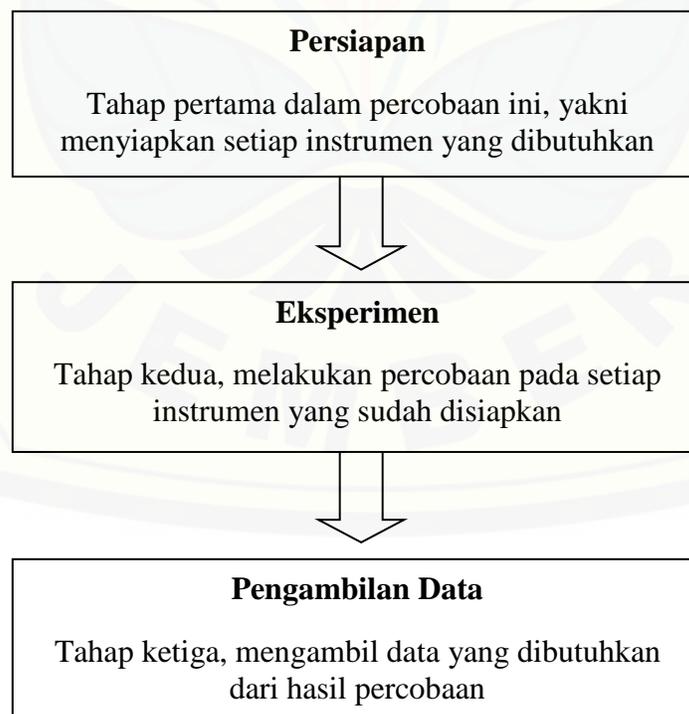
#### 3.5.2 Rangkaian pengukur arus dan tegangan berbasis arduino UNO

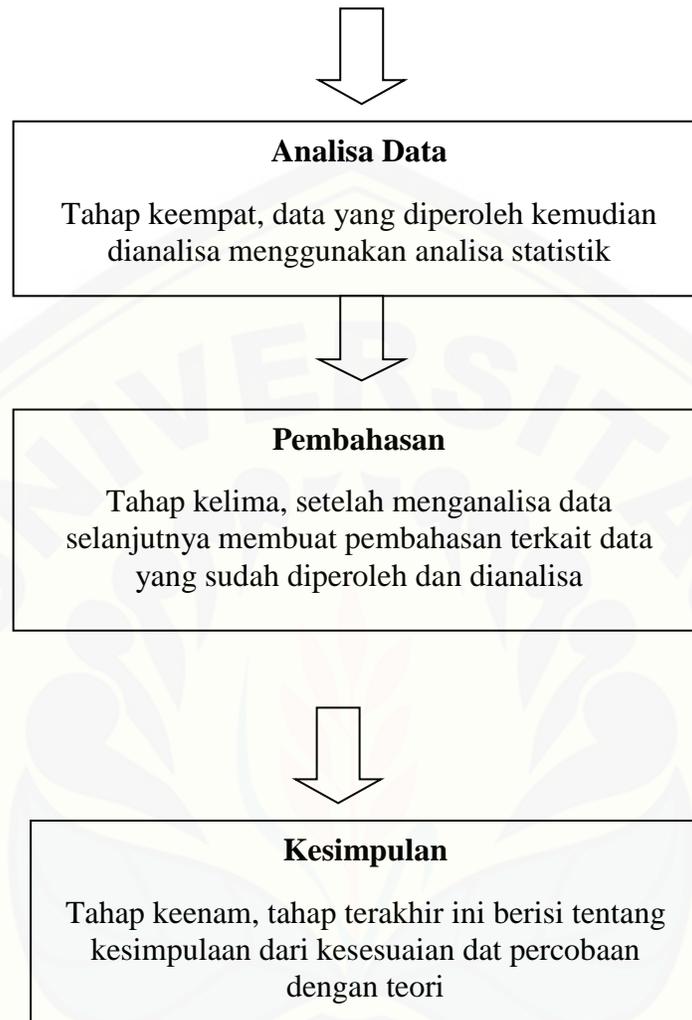


Gambar 3.2 Rangkaian pengukur arus dan tegangan berbasis arduino UNO

### 3.6 Alur Penelitian

Penelitian ini mempunyai alur sebagai berikut :





Gambar 3.2 Bagan alur penelitian

### 3.7 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan
- b. Merangkai alat dan bahan

Menyusun set alat percobaan seperti pada gambar 3.1

- c. Prosedur pengukuran

Setelah alat dan bahan dirangkai, maka penelitian dapat dilakukan. Adapun proses penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Menghubungkan transistor 1 dengan rangkaian
  2. Memnyiapkan koding di laptop
  3. Menghubungkan USB Arduino Uno pada laptop
  4. Meng-*Upload* koding
  5. Memplotting kurva yang akan dihasilkan
  6. Mengamati arus dan tegangan yang dihasilkan berupa grafik
  7. Menyimpan grafik
  8. Melakukan percobaan diatas dengan menggunakan trasistor tipe yang berbeda, namun dengan transistor frekuensi sama.
  9. Mencatat nilai arus dan tegangan yang dihasilkan
- d. Analisis data  
Data yang telah disusun dalam tabel akan diolah dan dianalisis berdasarkan teori karakteristik masukan dan keluaran transistor.
- e. Pembahasan  
Apabila analisis data telah dilakukan maka dilanjutkan pembahasan terhadap penelitian dan hasilnya. Dalam pembahasan akan diuraikan hasil penelitian sesuai atau tidak dengan teori yang ada.
- f. Kesimpulan  
Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang diperoleh.

### 3.8 Teknik Analisis Data

#### a. Tabel Penyajian Data

Data yang diperoleh dari eksperimen akan ditabulasikan dalam tabel berikut :

Tabel 3.1. Tabel penyajian data untuk karakteristik keluaran (*output*) transistor emitor bersama

No	$I_c$ ( $\mu A$ )	$V_{CE}$ (mV)
1	_____	_____
	_____	_____
2	_____	_____
	_____	_____
3	_____	_____
	_____	_____
...	_____	_____
	_____	_____
dst	_____	_____

Tabel 3.2. Tabel penyajian data untuk karakteristik masukan (*input*) transistor emitor bersama

No	$I_b$ (mA)	$V_{BE}$ (V)
1	_____	_____
	_____	_____
2	_____	_____
	_____	_____
3	_____	_____
	_____	_____

\_\_\_\_\_

...

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

dst

b. Menghitung kesalahan mutlak pengukuran untuk arus

1. Kesalahan mutlak  $\Delta I = \sqrt{\frac{\sum(I-\bar{I})^2}{n-1}}$

2. Kesalahan relatif =  $\frac{\Delta I}{Q} \times 100\%$

3. Keseksamaan = 100% - kesalahan relatif (I)

4.  $H_p = I \pm \Delta I$

c. Menghitung kesalahan mutlak pengukuran untuk tegangan

1. Kesalahan mutlak  $\Delta V = \sqrt{\frac{\sum(V-\bar{V})^2}{n-1}}$

2. Kesalahan relatif =  $\frac{\Delta V}{Q} \times 100\%$

3. Keseksamaan = 100% - kesalahan relatif (I)

4.  $H_p = I \pm \Delta V$

(Sulthoni, 2017 : 42-43).

### b. Uji Linieritas Data

Untuk pengujian linieritas data hasil pengukuran arus kolektor ( $I_C$ ) terhadap tegangan kolektor emitor ( $V_{BE}$ ), maka digunakan model regresi linier

$$Y = a + bX$$

Dengan:

$Y$  = Arus kolektor ( $I_C$ )

$X$  = tegangan kolektor emitor ( $V_{CE}$ )

$a$  = bilangan konstan

$b$  = koefisien regresi tegangan kolektor emitor

$n$  = jumlah data

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

### c. Uji Validitas Alat

Uji validitas data merupakan cara untuk mengetahui suatu alat dapat layak digunakan atau valid untuk dipakai, sehingga menghasilkan suatu kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan. Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dikemukakan, maka digunakan teknik analisis statistik untuk mengolah data yang diperoleh. Data yang akan dianalisis pada penelitian ini berupa nilai kelinieritasan data yang diperoleh dari alat peraga yang dibuat pada percobaan dengan teori karakteristik transistor pada datasheet.

Untuk menganalisis data tersebut peneliti menggunakan analisis koefisien regresi sederhana. Teknik analisis regresi menggunakan asumsi adanya hubungan yang linier antara variabel independen (X) dalam hal ini adalah data yang dihasilkan oleh karakteristik transistor dari alat peraga menggunakan arduino, dan variabel dependen (Y) atau nilai yang didapat dari karakteristik transistor berdasarkan datasheet. Selanjutnya data yang didapat akan diolah menggunakan SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) versi 22.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Alat peraga karakteristik transistor menggunakan arduino UNO dan laptop dapat digunakan sebagai media pembelajaran elektronika dasar untuk mengetahui kurva karakteristik pada rangkaian emitor bersama.
- b. Kurva karakteristik input transistor dapat diketahui dengan menggunakan alat peraga karakteristik transistor menggunakan arduino dengan mengukur nilai  $I_b$  dan  $V_{be}$  pada saat  $V_{ce}$  konstan dengan hubungan  $I_b$  dan  $V_{be}$  meningkat pada setiap  $I_b$  yang tetap.
- c. Kurva karakteristik output transistor dapat diketahui dengan menggunakan alat peraga karakteristik transistor menggunakan arduino dengan mengukur nilai  $I_c$  dan  $V_{ce}$  pada saat  $I_b$  konstan dengan hubungan  $I_c$  dan  $V_{ce}$  meningkat pada setiap  $I_b$  yang tetap.

### 5.2 Saran

Untuk lebih mengetahui karakteristik transistor masukan dan keluaran dari transistor lebih maksimal maka disarankan untuk :

- a. Menambah sensor tegangan, karena sensor tegangan akan menghasilkan tegangan yang lebih teliti dari pada pembagi tegangan, sehingga dapat langsung dirangkai pada rangkaian tanpa harus menyusul transistor
- b. Menggunakan alat peraga kurva karakteristik transistor berbasis arduino UNO dan laptop untuk mengamati kurva karakteristik untuk konfigurasi basis bersama dan kolektor bersama

DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, A. dan Darmawan. 2016. *Arduino : Belajar Cepat dan Pemrograman*. Edisi Pertama. Bandung : Informatika
- Arifin, Irwan. 2004. Elektronika 1. <http://sunny.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/2652/BAGIAN+5BX++Transistor.pdf>. [Diakses pada 12 Desember 2017]
- Artanto, D. 2012. *Interaksi Arduino dan Labview*. Jakarta : Gramedia
- Budianto, Joko. 1994. *Panduan Rangkaian Elektronika*. Citra Grafika. Surakarta
- Cholis, I. D. Sara, dan Y. Away. 2016. Perancangan Alat Pencatat Data Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan (I-V) Modul Surya. *Circuit*. 2(1) : 215-229
- Debataraja, A. L. Mawardi, dan R. V. Manurung. 2011. Studi Awal MEMS pada Mikrofabrikasi Divais Transistor Bipolar NPN. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*. 2(2) : 88-94
- Electronics, Maker. 2015. Arduino UNO R3. <https://www.makerlab-electronics.com/product/arduino-uno-r3/>. [Diakses pada 29 Juli 2018]
- Fariz, Thohir. 2015. Mengetahui Fungsi Transistor dan Cara Kerjanya. <http://thohirfariz24.blogspot.com/2015/10/mengetahui-fungsi-transistor-dan-cara.html> [diakses pada 29 Juli 2018]
- Gunawan, A. 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi *Field Effect Transistor* (FET) Berbasis *Poly 3-Hexylthiophene* (P3HT) Untuk Mendeteksi Gas Amonia. Skripsi. Bogor : Departemen Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- Handoko, H. Suharto, dan H. Kristiadjie. 2015. Alat Ukur Karakteristik Kurva *Bipolar Junction Transistor* Berbasis *Personal Computer*. *Tesla*. 17(1) : 1-17
- Kho, Dickson. 2018. Tiga Jenis Konfigurasi Transistor Bipolar. <https://teknikelektronika.com/tiga-jenis-konfigurasi-transistor-bipolar/>. [diakses pada juli 2018]
- Nurrohmah dan Sondang. 2015. Penerapan Model Pembelajaran *Think Talk Write* (TTW) terhadap Hasil Belajar Siswa dan Aktivitas Belajar Siswa Pada Kompetensi Dasar *Bipolar Junction Transistor* Kelas X-Tav Di SMKN 1 Nganjuk. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*. 4(2). 88-94
- Praditya, R. W. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran *Bipolar Junction Transistor Common Collector Amplifier* Berbasis Flash untuk Menunjang

Mata Kuliah Elektronika di Jurusan Teknik Elektro. Skripsi. Semarang : Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Prima,M. 2014. Kofigurasi Transistor. <http://eprints.polsri.ac.id/1119/3/BAB%20II%20LA.pdf>. [Diakses pada juli 2018]

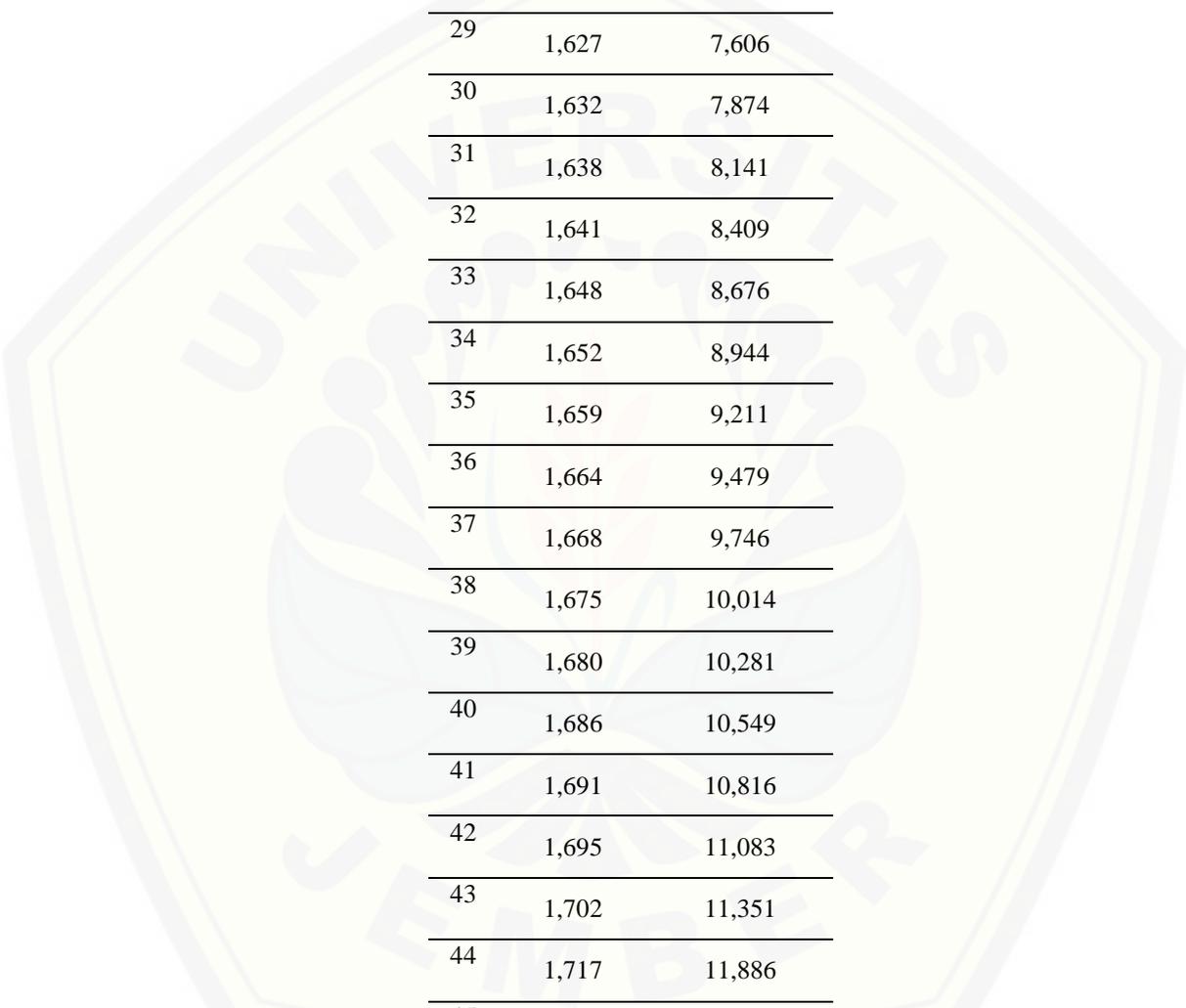
Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Afabeta

Sulthoni, M. I. 2017. Karakteristik Masukan I-V Lithium-Ion Battery Charging Akibat Intensitas Kecerahan Layar dan Penggunaan Random Access Memory. Skripsi. Jember : Pendidikan Fisika Universitas Jember

**Lampiran A. Tabel Hasil Penelitian**

Tabel 1. a Tabel Data Karakteristik Output Emitor Bersama, saat  $I_B = 10.658(\mu A)$

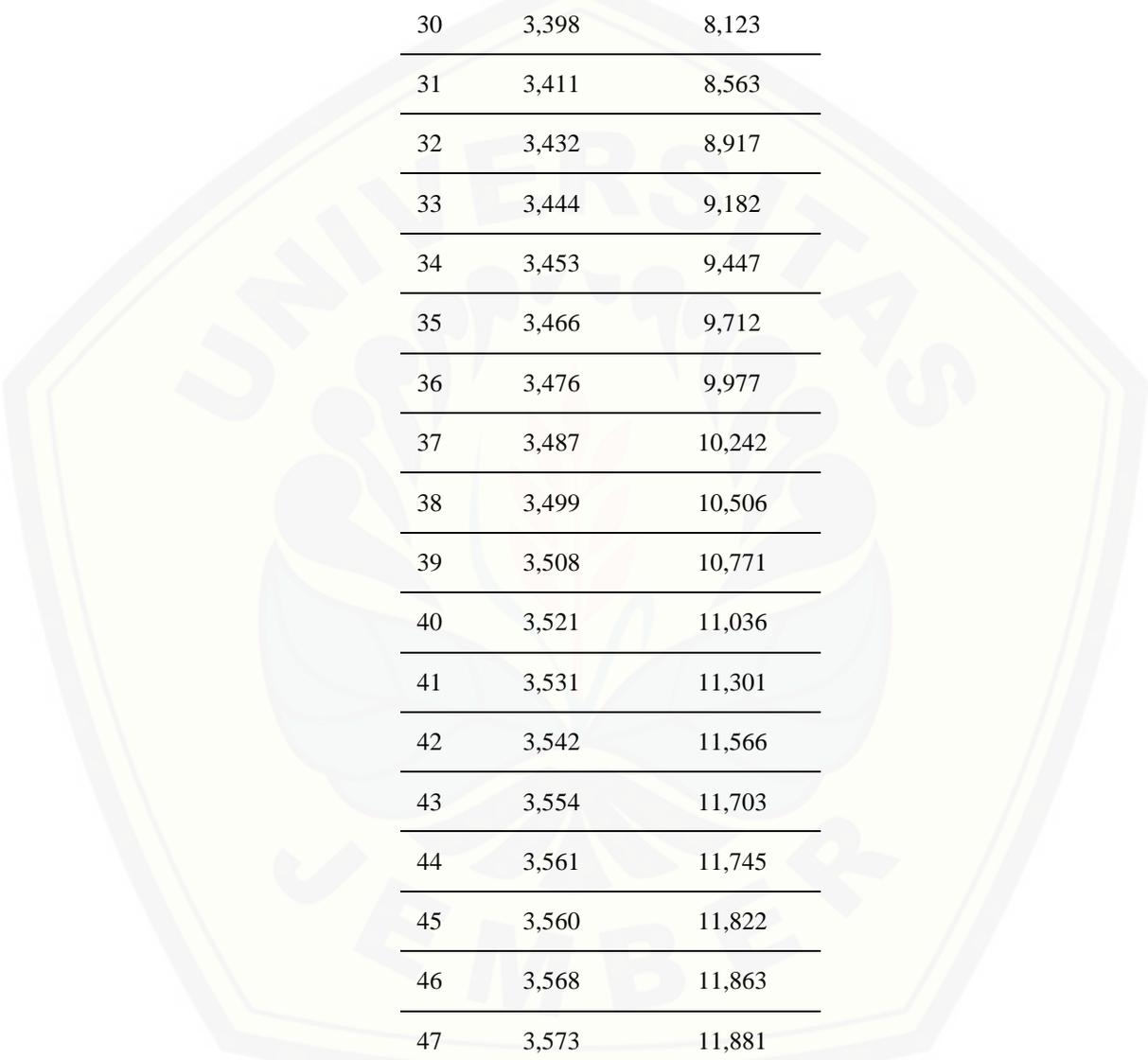
No.	IC (mA)	VCE (volt)
1	1,311	0,194
2	1,481	0,383
3	1,487	0,651
4	1,492	0,918
5	1,497	1,186
6	1,503	1,454
7	1,508	1,721
8	1,513	1,989
9	1,519	2,256
10	1,524	2,254
11	1,530	2,791
12	1,535	3,059
13	1,541	3,326
14	1,545	3,594
15	1,551	3,861
16	1,556	4,129
17	1,561	4,396
18	1,568	4,664
19	1,573	4,931
20	1,577	5,199
21	1,583	5,466
22	1,589	5,734
23	1,594	6,001



24	1,600	6,269
25	1,604	6,536
26	1,610	6,804
27	1,616	7,071
28	1,621	7,339
29	1,627	7,606
30	1,632	7,874
31	1,638	8,141
32	1,641	8,409
33	1,648	8,676
34	1,652	8,944
35	1,659	9,211
36	1,664	9,479
37	1,668	9,746
38	1,675	10,014
39	1,680	10,281
40	1,686	10,549
41	1,691	10,816
42	1,695	11,083
43	1,702	11,351
44	1,717	11,886
45	1,722	11,913
46	1,728	11,947
47	1,733	11,981
48	1,741	12,153

Tabel 1.b Tabel Data Karakteristik Output Emitor Bersama, saat  $I_B = 20.539(\mu A)$

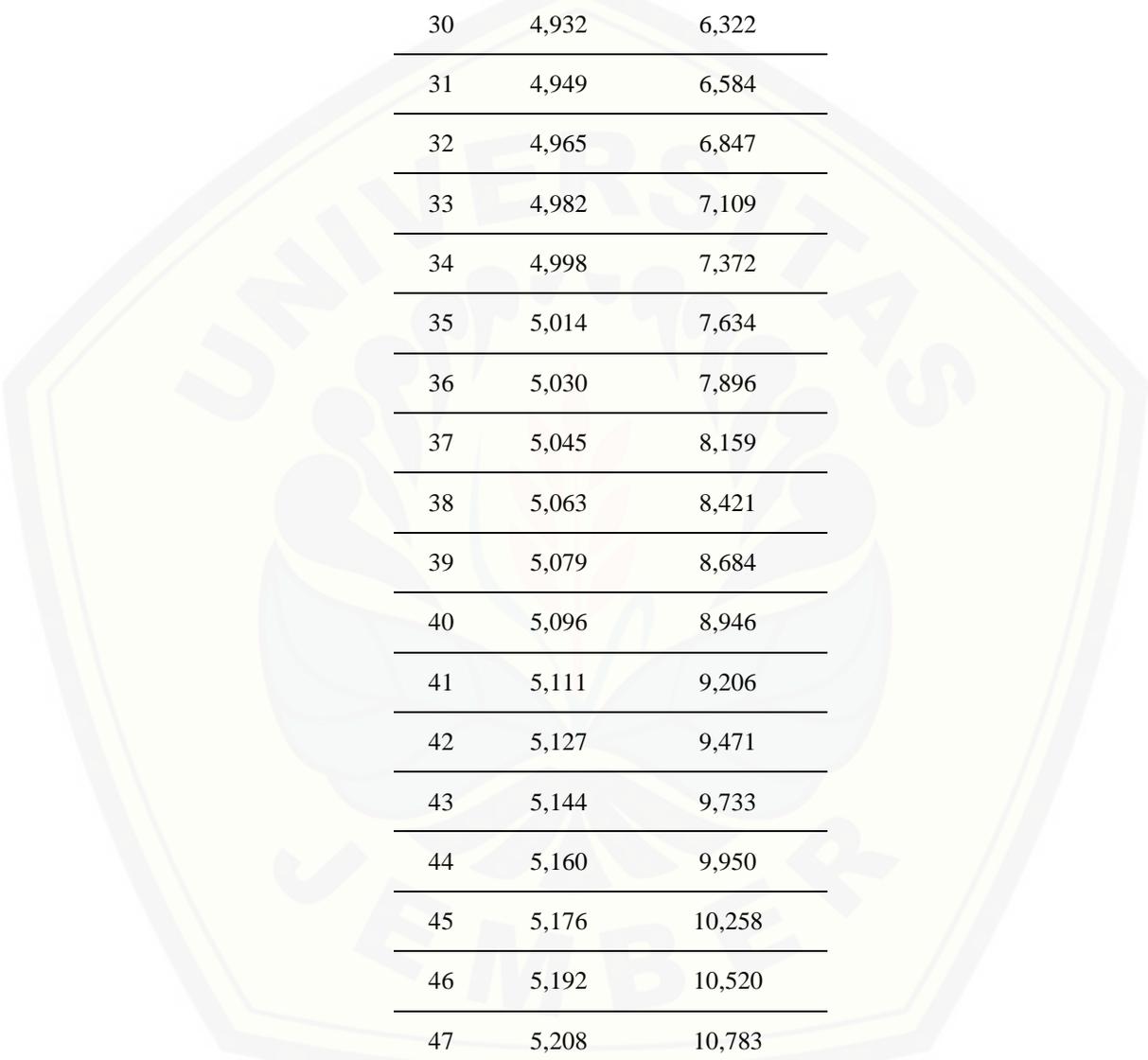
No	IC (mA)	VCE (volt)
1	1,429	0,139
2	1,962	0,158
3	2,487	0,181
4	2,959	0,229
5	3,079	0,443
6	3,090	0,708
7	3,123	1,502
8	3,134	1,767
9	3,145	2,032
10	3,156	2,297
11	3,167	2,562
12	3,178	2,827
13	3,189	3,091
14	3,201	3,356
15	3,211	3,621
16	3,222	3,886
17	3,255	4,680
18	3,267	4,945
19	3,277	5,210
20	3,289	5,475
21	3,300	5,740
22	3,310	6,004
23	3,322	6,269
24	3,333	6,534
25	3,344	6,799



26	3,355	7,064
27	3,366	7,328
28	3,377	7,593
29	3,388	7,858
30	3,398	8,123
31	3,411	8,563
32	3,432	8,917
33	3,444	9,182
34	3,453	9,447
35	3,466	9,712
36	3,476	9,977
37	3,487	10,242
38	3,499	10,506
39	3,508	10,771
40	3,521	11,036
41	3,531	11,301
42	3,542	11,566
43	3,554	11,703
44	3,561	11,745
45	3,560	11,822
46	3,568	11,863
47	3,573	11,881
48	3,581	11,907

Tabel 1.c Tabel Data Karakteristik Output Emitor Bersama, saat  $I_B = 29.865(\mu A)$

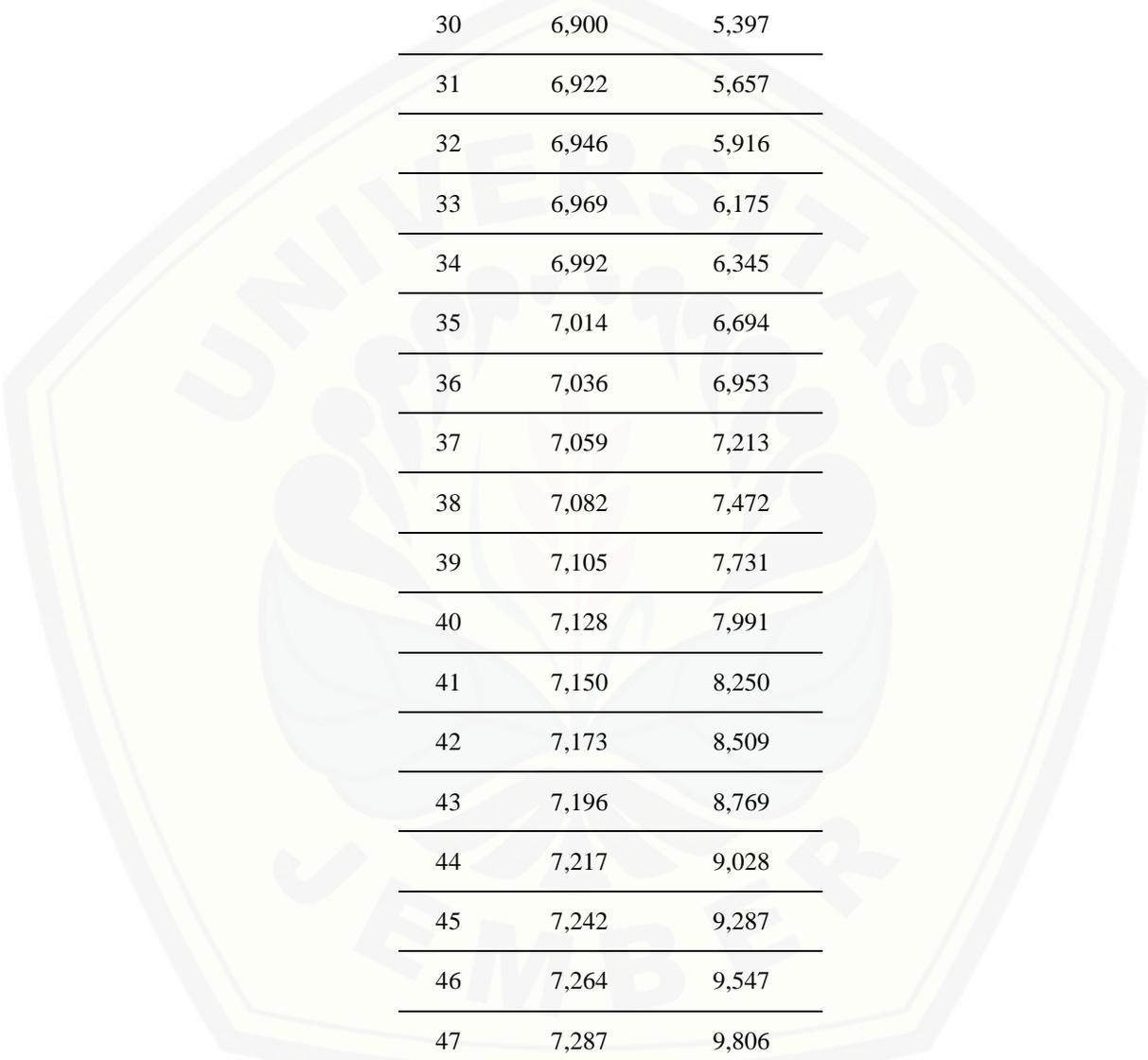
No	IC (mA)	VCE (volt)
1	1,461	0,123
2	2,006	0,137
3	2,553	0,150
4	3,097	0,164
5	3,636	0,182
6	4,156	0,206
7	4,544	0,294
8	4,575	0,549
9	4,591	0,812
10	4,607	1,075
11	4,624	1,337
12	4,640	1,599
13	4,656	1,862
14	4,672	2,124
15	4,689	2,386
16	4,705	2,649
17	4,721	2,911
18	4,738	3,174
19	4,754	3,436
20	4,770	3,698
21	4,786	3,961
22	4,802	4,223
23	4,819	4,485
24	4,835	4,748
25	4,851	5,010



26	4,867	5,273
27	4,884	5,535
28	4,900	5,797
29	4,917	6,060
30	4,932	6,322
31	4,949	6,584
32	4,965	6,847
33	4,982	7,109
34	4,998	7,372
35	5,014	7,634
36	5,030	7,896
37	5,045	8,159
38	5,063	8,421
39	5,079	8,684
40	5,096	8,946
41	5,111	9,206
42	5,127	9,471
43	5,144	9,733
44	5,160	9,950
45	5,176	10,258
46	5,192	10,520
47	5,208	10,783
48	5,226	11,045

Tabel 1.d Tabel Data Karakteristik Output Emitor Bersama, saat  $I_B = 41.078(\mu A)$

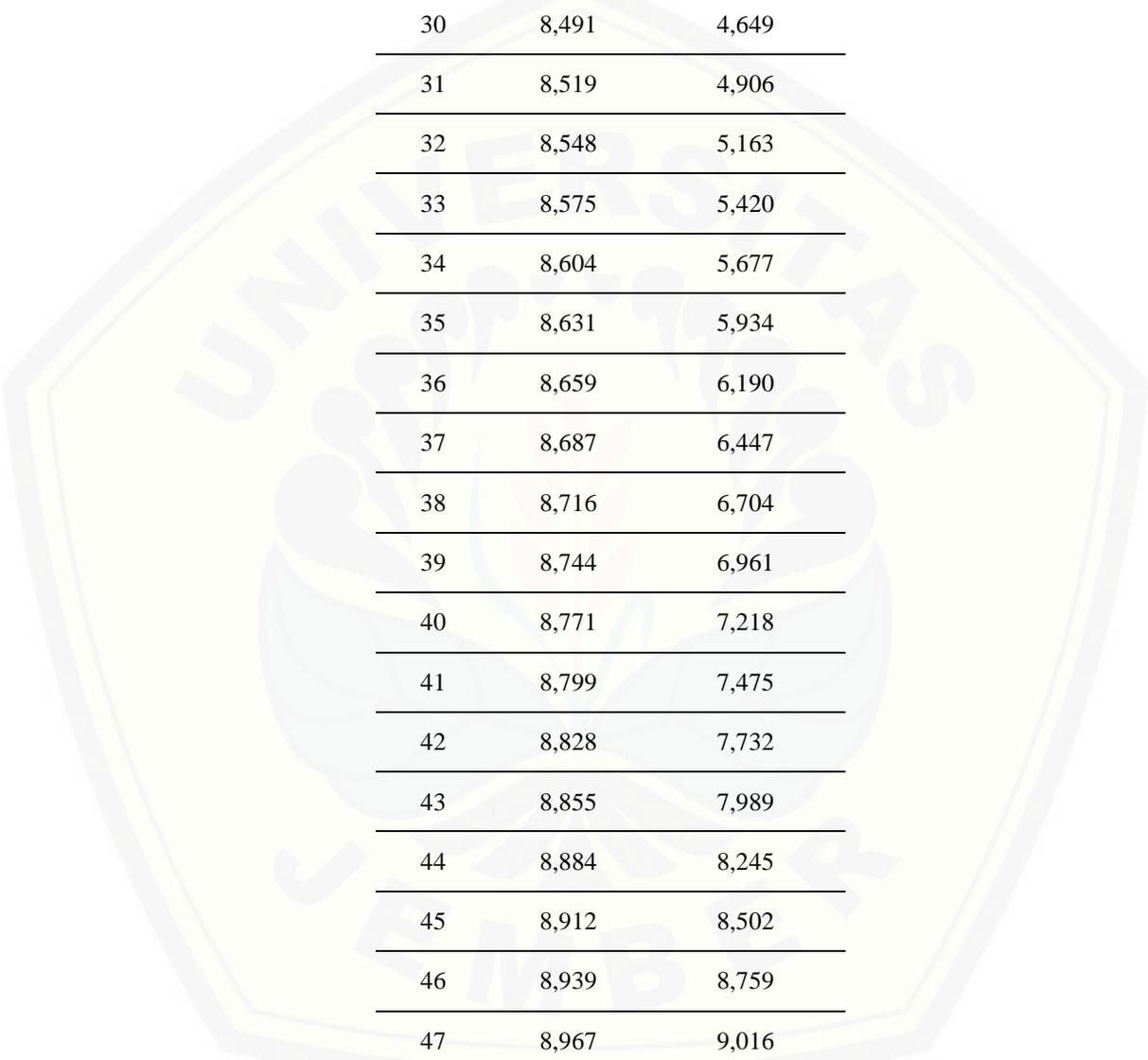
No	IC (mA)	VCE (volt)
1	1,485	0,112
2	2,035	0,124
3	2,587	0,134
4	3,131	0,144
5	3,695	0,153
6	4,248	0,163
7	4,799	0,175
8	5,344	0,189
9	5,875	0,208
10	6,349	0,256
11	6,468	0,469
12	6,491	0,729
13	6,514	0,989
14	6,537	1,248
15	6,559	1,507
16	6,582	1,767
17	6,604	2,064
18	6,628	2,285
19	6,650	2,545
20	6,673	2,804
21	6,696	3,064
22	6,718	3,323
23	6,741	3,582
24	6,764	3,841
25	6,787	4,101



26	6,809	4,360
27	6,832	4,619
28	6,855	4,879
29	6,878	5,138
30	6,900	5,397
31	6,922	5,657
32	6,946	5,916
33	6,969	6,175
34	6,992	6,345
35	7,014	6,694
36	7,036	6,953
37	7,059	7,213
38	7,082	7,472
39	7,105	7,731
40	7,128	7,991
41	7,150	8,250
42	7,173	8,509
43	7,196	8,769
44	7,217	9,028
45	7,242	9,287
46	7,264	9,547
47	7,287	9,806
48	7,310	10,065

Tabel 1.e Tabel Data Karakteristik Output Emitor Bersama, saat  $I_B = 50.292(\mu A)$

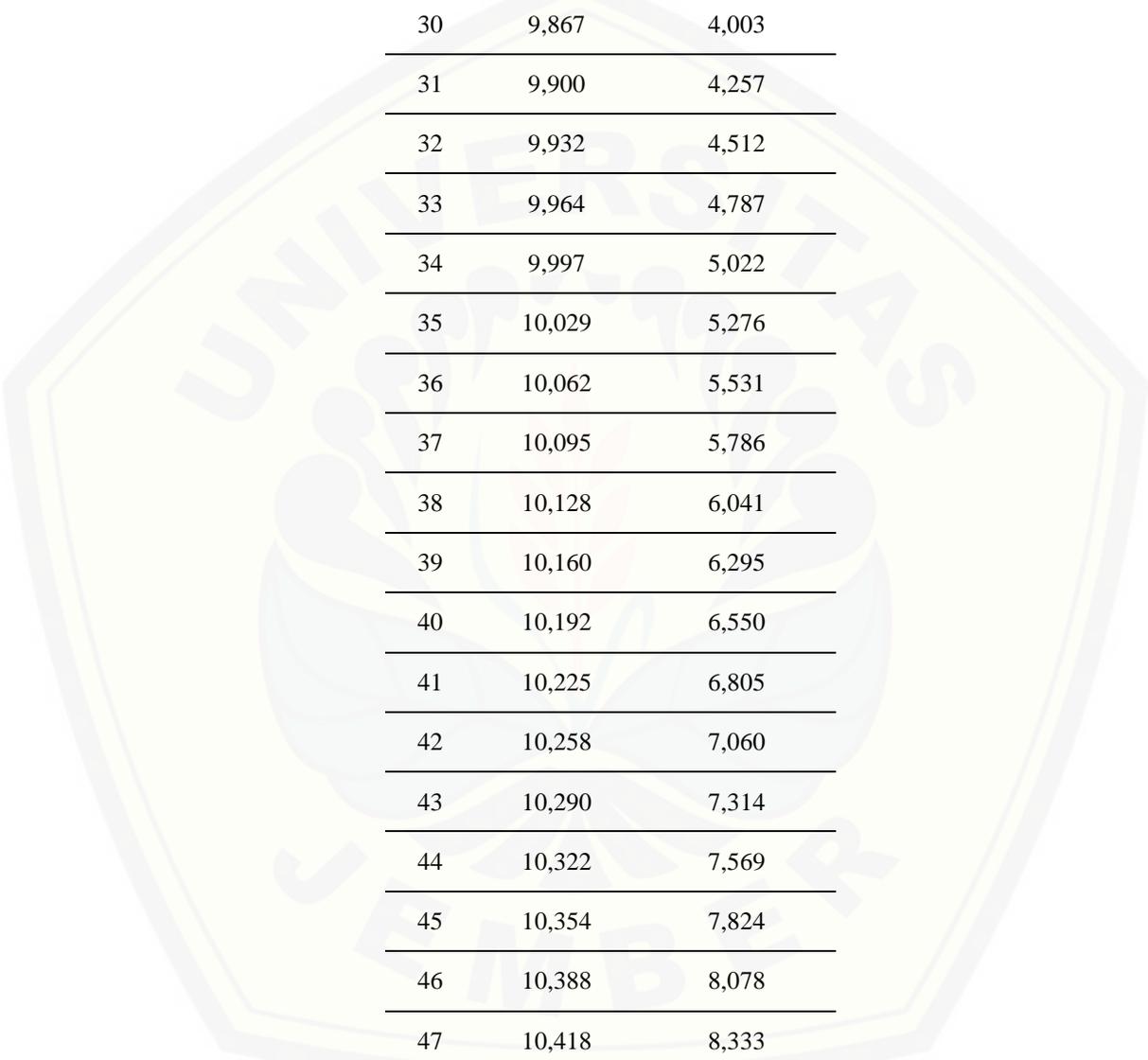
No	IC (mA)	VCE (volt)
1	1,499	0,105
2	2,051	0,116
3	2,605	0,125
4	3,162	0,134
5	3,719	0,142
6	4,277	0,149
7	4,834	0,157
8	5,391	0,166
9	5,945	0,175
10	6,496	0,186
11	7,041	0,201
12	7,567	0,223
13	7,988	0,295
14	8,044	0,539
15	8,072	0,796
16	8,100	1,053
17	8,128	1,310
18	8,156	1,567
19	8,184	1,824
20	8,212	2,081
21	8,240	2,338
22	8,268	2,594
23	8,296	2,851
24	8,324	3,108
25	8,352	3,365



26	8,380	3,622
27	8,407	3,879
28	8,436	4,136
29	8,463	4,392
30	8,491	4,649
31	8,519	4,906
32	8,548	5,163
33	8,575	5,420
34	8,604	5,677
35	8,631	5,934
36	8,659	6,190
37	8,687	6,447
38	8,716	6,704
39	8,744	6,961
40	8,771	7,218
41	8,799	7,475
42	8,828	7,732
43	8,855	7,989
44	8,884	8,245
45	8,912	8,502
46	8,939	8,759
47	8,967	9,016
48	8,995	9,273

Tabel 1.f Data Karakteristik Output Emitor Bersama, saat  $I_B = 59.286(\mu A)$ 

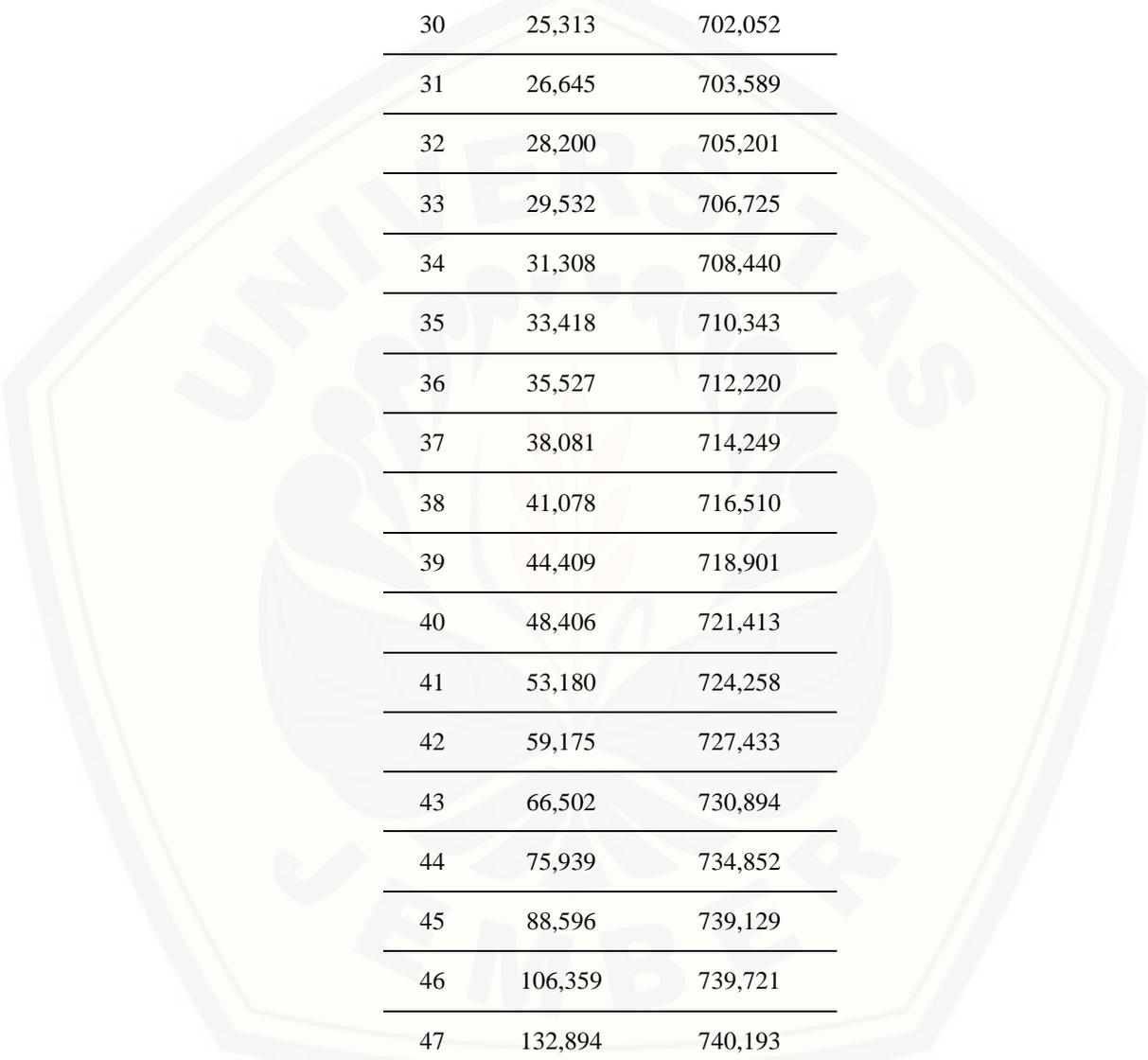
No	IC (mA)	VCE (volt)
1	1,509	0,101
2	2,062	0,111
3	2,617	0,119
4	3,175	0,127
5	3,734	0,134
6	4,294	0,141
7	4,854	0,148
8	5,414	0,155
9	5,973	0,162
10	6,531	0,170
11	7,088	0,178
12	7,642	0,188
13	8,190	0,200
14	8,727	0,218
15	9,222	0,255
16	9,412	0,436
17	9,444	0,691
18	9,477	0,945
19	9,510	1,201
20	9,542	1,455
21	9,575	1,710
22	9,607	1,965
23	9,640	2,220
24	9,672	2,474
25	9,705	2,729



26	9,737	2,984
27	9,770	3,239
28	9,802	3,493
29	9,834	3,748
30	9,867	4,003
31	9,900	4,257
32	9,932	4,512
33	9,964	4,787
34	9,997	5,022
35	10,029	5,276
36	10,062	5,531
37	10,095	5,786
38	10,128	6,041
39	10,160	6,295
40	10,192	6,550
41	10,225	6,805
42	10,258	7,060
43	10,290	7,314
44	10,322	7,569
45	10,354	7,824
46	10,388	8,078
47	10,418	8,333
48	10,452	8,588

Tabel 2.a Tabel Data Karakteristik Input Emitor Bersama, saat  $V_{CE} = 6.001(\text{mV})$

No	IE ( $\mu\text{A}$ )	VBE (mV)
1	10,658	676,267
2	10,880	676,904
3	11,213	677,554
4	11,435	678,217
5	11,657	678,893
6	11,990	679,584
7	12,212	680,289
8	12,546	681,009
9	12,879	681,745
10	12,990	682,126
11	13,323	682,906
12	13,656	683,705
13	13,989	684,523
14	14,433	685,362
15	14,877	686,222
16	15,321	687,105
17	15,765	688,013
18	16,209	688,644
19	16,653	689,613
20	17,208	690,612
21	17,653	691,365
22	18,319	692,436
23	18,985	693,544
24	19,762	694,689
25	20,539	695,874



26	21,427	696,988
27	22,315	698,270
28	23,315	699,603
29	24,203	700,788
30	25,313	702,052
31	26,645	703,589
32	28,200	705,201
33	29,532	706,725
34	31,308	708,440
35	33,418	710,343
36	35,527	712,220
37	38,081	714,249
38	41,078	716,510
39	44,409	718,901
40	48,406	721,413
41	53,180	724,258
42	59,175	727,433
43	66,502	730,894
44	75,939	734,852
45	88,596	739,129
46	106,359	739,721
47	132,894	740,193
48	177,192	740,876
49	265,676	742,145
50	531,464	745,792

## Lampiran B. Koding

```
/*  
    tegangan_panjar  
    Menampilkan tegangan Vc, Vb, dan Vc  
  
*/  
  
#include <LiquidCrystal.h> // library "LCD 20X4"  
  
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); // inialisasi pin-pin antarmuka  
  
float Vc = 0.0; // inialisasi tegangan dc kolektor  
float Vb = 0.0; // inialisasi tegangan dc basis  
float Ve = 0.0; // inialisasi tegangan dc emitor  
float Vce = 0.0; //  
float Vcc = 12.0; //  
float Ic = (Vcc-Vce)/(390);  
#include <Wire.h>  
  
int Volt1;  
int Volt;  
  
const int analogIn = A0;  
double mVperAmp = 185;  
double RawValue = 0;
```

```
double ACSoffset = 2500;
```

```
double Voltage = 0;
```

```
double Amps = 0;
```

```
// inialisasi
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  lcd.begin(20,4);    // seting LCD 2 baris dua kolom:
```

```
  lcd.clear();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  int analog_Vc = analogRead(A0);    // membaca analog pin A0, variabel analog_Vc
```

```
  int analog_Vb = analogRead(A1);    // membaca analog pin A1, variabel analog_Vb
```

```
  int analog_Ve = analogRead(A3);    // membaca analog pin A2, variabel analog_Ve
```

```
  Vc = ((analog_Vc * 5.0)/1024.0)*2.4; // angka 2.4 untuk pengukuran tegangan maks =  
12 volt
```

```
  Vb = ((analog_Vb * 5.0)/1024.0)*2.4; //
```

```
Ve = ((analog_Ve * 5.0)/1024.0)*2.4;
```

```
Vce = Vc - Ve;
```

```
// tampilan tegangan Vc pada LCD
```

```
lcd.setCursor(0, 0); // posisi cursor pada kolom 0 baris 0
```

```
lcd.print("Vc="); // print Tegangan
```

```
lcd.print(Vc);
```

```
lcd.print("V");
```

```
// tampilan tegangan Vb pada LCD
```

```
lcd.setCursor(0, 1); // posisi cursor pada kolom 0 baris 0
```

```
lcd.print("Vb="); // print Tegangan
```

```
lcd.print(Vb);
```

```
lcd.print(" volt");
```

```
delay(500);
```

```
// tampilan tegangan Vb pada LCD
```

```
lcd.setCursor(0, 2); // posisi cursor pada kolom 0 baris 0
```

```
lcd.print("Ve="); // print Tegangan
```

```
lcd.print(Ve);
```

```
lcd.print(" volt");
```

```
delay(500);
```

```
// tampilan tegangan Vce pada LCD
```

```
lcd.setCursor(9, 0); // posisi cursor pada kolom 0 baris 0
```

```
lcd.print("Vce="); // print Tegangan

lcd.print(Vce);

lcd.print("V");

lcd.print(";");

delay(500);

// tampilan Ic

lcd.setCursor(0, 4); // posisi cursor pada kolom 0 baris 0

lcd.print("Ic="); // print Arus

lcd.print(Ic);

lcd.print("A");

lcd.print(";");

delay(500);

}
```

**Lampiran C. Foto Kegiatan penelitian**

