

PERANCANGAN RANGKAIAN APLIKASI DASAR TRANSISTOR BOPOLAR

M. Rahmad^{*)}, Yessy Angelia, dan Muhammad Sahal
*Laboratorium Pendidikan Fisika, Jurusan PMIPA FKIP
Universitas Riau, Pekanbaru 28293*

Abstract

This research purpose to design an instrument capable to run directly bipolar transistors function as an amplifier in current, AC voltage, and as switching. This type of research is research and development, which is developing a basic application instrument for bipolar transistors. The testing to bipolar transistor elementary application instrument use measuring instrument of microampere meter, voltmeter, a generator function, and digital oscilloscope. The reached result indicates that this instrument can prove to gain the current and gain voltage of the transistor. That thing is seen from existence mean gain current 119,99 - 480. While voltage gain 1,46 - 5,29. Transistor application for switching found the fact that transistor starts to have as switching at the voltage base-emitter 0,58 - 0,7 Volt, the result is equal to a bipolar transistor barrier voltage to emission a current from pin emitter to pin collector.

Key words: Amplifier, Bipolar transistor, Electronic switching.

Pendahuluan

Kecanggihan teknologi, komunikasi dan transportasi ini muncul saat semikonduktor dan transistor ditemukan. Sejak saat itu, dunia elektronika mengalami kemajuan pesat. Radio, tape, televisi, komputer bahkan pesawat ruang angkasa sekalipun menggunakannya (Zam, 2004). Penemuan transistor dan perangkat semikonduktor lainnya secara radikal telah mengubah konsep desain dalam elektronik yang mampu menghasilkan teknologi canggih (De waard and Lazarus, 1966).

Selama ini kita selalu dikelilingi oleh produk elektronika yang canggih dan mengagumkan. Tapi banyak orang tak menyadari bahwa peralatan elektronika itu didukung oleh komponen transistor. Juga tidak banyak orang yang mengetahui bahwa transistor itu memainkan peranan penting dalam peralatan elektronika yang kita gunakan. Penguatan sinyal baik arus, tegangan dan audio, pensaklaran, stabilisasi tegangan mampu dijalankan oleh komponen ini. Fungsi ini pun disertai oleh

karakteristik transistor yang bervariasi dalam mengadakan penguatan (Wikipedia, 2006).

Memang benar ada komponen elektronika yang lebih canggih daripada transistor, yang patut untuk dibahas. Rangkaian terintegrasi, piranti opto-elektronik dan processor-mikro adalah hal yang dimaksudkan di atas. Tapi ternyata semua penemuan itu juga berawal dari proyek industri semikonduktor dan transistor. Maka patut disyukuri oleh kita semua bahwa pemerintah telah memasukkan materi ajar tentang piranti semikonduktor dan transistor di dalam kurikulum fisika untuk sekolah menengah hingga perguruan tinggi (Wollard, 2003). Anak didik telah diperkenalkan dengan piranti semikonduktor ini melalui sajian teoritis yang disesuaikan dengan tingkatan kognitifnya.

Akan tetapi usaha pemerintah ini belum maksimal karena masih sebatas penjabaran teoritis. Sehingga diperlukan kerja keras dan inovasi guru sebagai tenaga pengajar untuk menghantarkan konsep ini ke hadapan anak didik. Oleh karena fisika adalah ilmu sains yang dapat dibuktikan secara eksperimental maupun

^{*)} Komunikasi Penulis

secara matematis maka penulis bermaksud merancang sebuah rangkaian aplikasi dasar transistor yang bisa membuktikan aplikasi dasar transistor sebagai pensaklaran, penguatan arus, penguatan tegangan (Sutrisno, 1992). Dengan memakai komponen-komponen elektronika yang sederhana dalam perancangannya, diharapkan *prototype* ini mampu dibuat juga oleh guru dan siswa SMA/ SMK maupun mahasiswa jurusan fisika sekalipun. Hal ini untuk memberikan variasi media pembelajaran pada pokok bahasan Piranti Semikonduktor. Bahkan alat ini juga dirancang untuk digunakan di Laboratorium Pendidikan Fisika.

Bertitik tolak dari latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan Perancangan Rangkaian Aplikasi Dasar Transistor". Rumusan masalahnya adalah bagaimanakah merancang, merakit dan menguji sebuah rangkaian aplikasi dasar transistor yang bisa berfungsi sekaligus dengan pemodifikasian pensaklaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah rangkaian aplikasi dasar transistor yang dapat sekaligus menunjukkan fungsinya sebagai saklar dan penguat yang dapat menunjukkan penguatan dari transistor baik melalui arus DC maupun tegangan AC.

Transistor merupakan komponen aktif triode yang ditemukan sekitar 1950-an dengan memakai sistem analog. Transistor yang dibicarakan di sini adalah transistor bipolar atau

dwikutub. Pada transistor ini, hole maupun elektron bebasnya digunakan sekaligus secara bersamaan. Transistor ini memiliki tiga konfigurasi yang biasa digunakan, yakni konfigurasi *common emitter*, *common base* dan *common collector* yang karakteristiknya ditunjukkan pada Tabel 1. Konfigurasi yang paling sering digunakan dalam piranti non digital adalah *common emitter*. Hal ini karena penguatan arus dan daya yang maksimum (Malvino, 2006).

Karakteristik Transistor

Karakteristik yang bekerja pada transistor terdiri atas karakteristik input, karakteristik output. Pada karakteristik input ini yang dilihat adalah arus basis I_b sebagai fungsi V_{be} . Sebuah transistor NPN yang diberi tegangan akan memunculkan grafik I_b fungsi V_{be} , grafik ini terlihat seperti grafik dioda biasa.

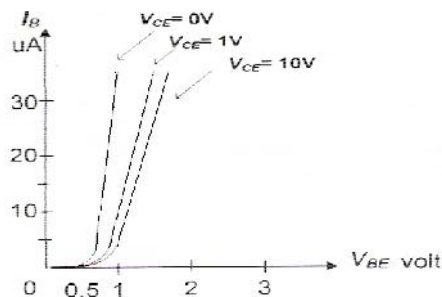
Saat tegangan dioda emiter-basis lebih kecil dari potensial bariernya, maka arus basis I_b akan kecil. Namun ketika tegangan dioda melebihi potensial bariernya, maka arus basis I_b akan naik secara cepat. Sementara bila transistor PNP diberi tegangan maka grafiknya akan sama dengan Gambar 1, tetapi arahnya berlawanan.

Karakteristik keluaran dari sebuah transistor NPN tampak seperti Gambar 2.

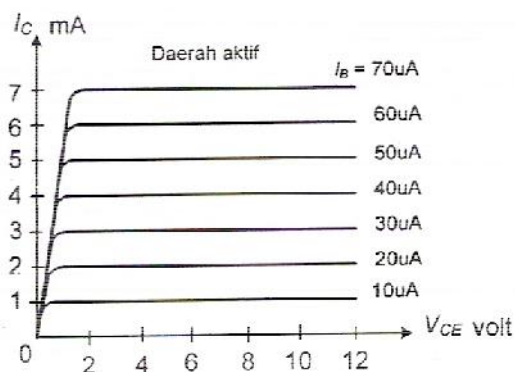
Tabel 1. Konfigurasi Transistor dan Karakteristiknya.

Konfigurasi	Common Emitter	Common Base	Common Collector
Karakteristik			
1. Input	Basis dan Ground	Emitor	Basis
2. Output	Kolektor	Kolektor	Emitor
3. Z_{in}	Medium	Rendah	Tinggi
4. Z_{out}	Medium	Tinggi	Rendah
5. Penguatan Daya	Maksimum	Medium	Rendah
6. Penguatan Teg.	Kurang lebih 250 x	Kurang dari 250 x	1 x
7. Inversi Sinyal	Inverting (-)	Inverting (+)	Inverting (+)
8. Penguatan Arus	50 – 100	0,92	50
9. Serba-serbi	Merespon sinyal HF dengan daya rendah, di bawah 3 dB	Merespon sinyal HF dengan daya tinggi, di atas 3 dB	Merespon terhadap sinyal HF tergantung bebannya (load).

Sumber: (Malvino, 2006).



Gambar 1. Karakteristik input transistor NPN (Malvino, 2006).



Gambar 2. Karakteristik Output Transistor NPN (Malvino, 2006).

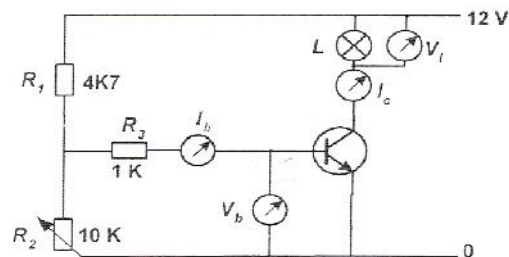
Aplikasi Dasar Transistor

Transistor dalam aplikasi dasarnya adalah sebagai *switching* dan *amplifier*. *Switching* adalah suatu alat dengan sambungan dan bisa memiliki dua keadaan, yaitu keadaan on dan keadaan off. Keadaan off adalah keadaan dimana tidak ada arus yang mengalir. Sementara itu keadaan on adalah keadaan yang mana arus bisa mengalir dengan bebas (Wollard, 2003). Rangkaian elektronika digital adalah salah satu contoh penggunaan transistor sebagai saklar ditunjukkan pada Gambar 3.

Hidupnya LED menjadi indikator bahwa transistor mampu menghantarkan arus lewat kaki-kakinya. Secara teori, transistor silikon akan menghantarkan arus pada saat tegangan

ambangannya diantara 0,6-0,7 volt dan memenuhi persamaan (1).

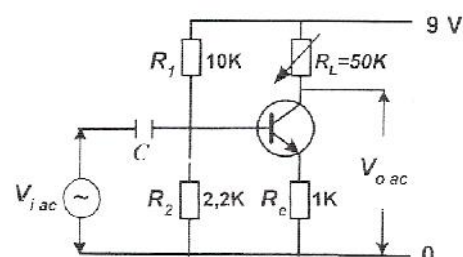
$$V_B = I_B R_B + V_{BE} \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 3 Aplikasi Transistor sebagai Saklar.

Sedangkan istilah *amplifier* pada dasarnya membuat sesuatu menjadi lebih kuat. Dalam bidang elektronika, yang diperkuat adalah amplitudo dari sinyal. Untuk itu diperlukan pengertian terlebih dahulu tentang dua tipe penguatan yang utama, yaitu penguatan tegangan dan penguatan arus.

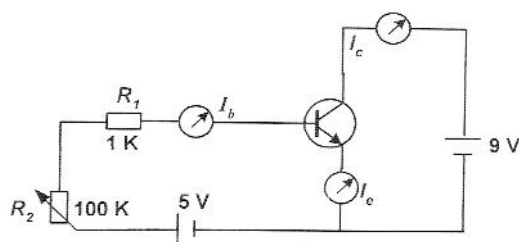
Disamping itu, perlu diperhatikan bahwa sebuah transistor memiliki empat daerah operasi yang berbeda, yaitu daerah aktif, daerah saturasi, daerah *cut off* dan daerah *break down*. Saat sebuah transistor berfungsi sebagai penguat, maka ia bekerja pada daerah aktif. Namun bila digunakan dalam rangkaian digital, transistor dioperasikan pada daerah saturasi dan *cut off*.



Gambar 4. Rangkaian Aplikasi Dasar Transistor sebagai Penguat Tegangan (Wasito, 1998).

Transistor sebagai penguat dapat dibagi atas dua jenis yaitu penguat tegangan (ac) sebagaimana Gambar 4 dan penguat arus seperti

pada Gambar 5. Penguatan tegangan adalah penguatan yang menguatkan tegangan dari sinyal masukan. Sementara penguatan arus menguatkan arus masukan (Sound Wethost, 2005). Dengan memberikan sinyal masukan yang kecil, transistor mampu menguatkan sinyal keluarannya hingga beberapa kali lipat. Hal ini menguntungkan sekali dalam perancangan suatu peralatan elektronik. Aplikasi sebagai *switching* dan *amplifier* inilah yang nantinya akan dimodifikasi dalam perancangan yang akan dibuat.



Gambar 5. Aplikasi Dasar Transistor sebagai Penguat Arus (Sutrisno, 1992).

Berdasarkan hukum Kirchoff, arus yang masuk ke dalam suatu titik pertemuan akan sama dengan arus yang meninggalkan titik tersebut. Secara matematis, hubungan antara arus emiter (I_E), arus kolektor (I_C) dan arus basis (I_B) seperti persamaan (2) (Warsito, 1988) adalah:

$$I_E = I_C + I_B \dots\dots\dots(2)$$

dan penguatan arus DC sama dengan:

$$h_{FE} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{I_{c2} - I_{c1}}{I_{b2} - I_{b1}} \dots\dots\dots(3)$$

Penguatan yang dapat dihasilkan sebuah transistor bipolar (h_{FE}) hitung menurut persamaan (3) akan dibandingkan dengan h_{FE} literatur (Wikipedia, 2006). Data yang diukur berupa tegangan masukan AC dan tegangan keluaran AC akan memberikan penguatan tegangan A_{Vf} memenuhi persamaan (4)

$$A_{Vf} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \dots\dots\dots(4)$$

Oleh karena V_{in} dan V_{out} yang dihasilkan berasal dari pembacaan osiloskop adalah V_{rms} maka perlu dilakukan perhitungan untuk mencari V_{ef} dengan rumusan (5)

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana V_{ef} = tegangan efektif
 V_p = tegangan puncak sinyal ac.

Bahan dan Metode

Alat dan bahan yang digunakan adalah alat aplikasi dasar transistor, transistor dengan berbagai tipe, Multimeter Digital, Osiloskop digital dan Generator Fungsi.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang dilakukan secara eksperimen, mulai dari tahap perancangan instrumen penelitian hingga pengambilan data. Rancangan penelitian yang digunakan secara umum tampak pada Gambar 6. berikut ini. Dapat dilihat bahwa pengoperasian rancangan diatur oleh saklar putar S_1 , S_2 , S_3 dan S_4 . Sedangkan desain rangkaian yang digunakan beserta komponen-komponen-nya terlihat pada gambar.

Ringkasan Penggunaan Alat Aplikasi Dasar Transistor

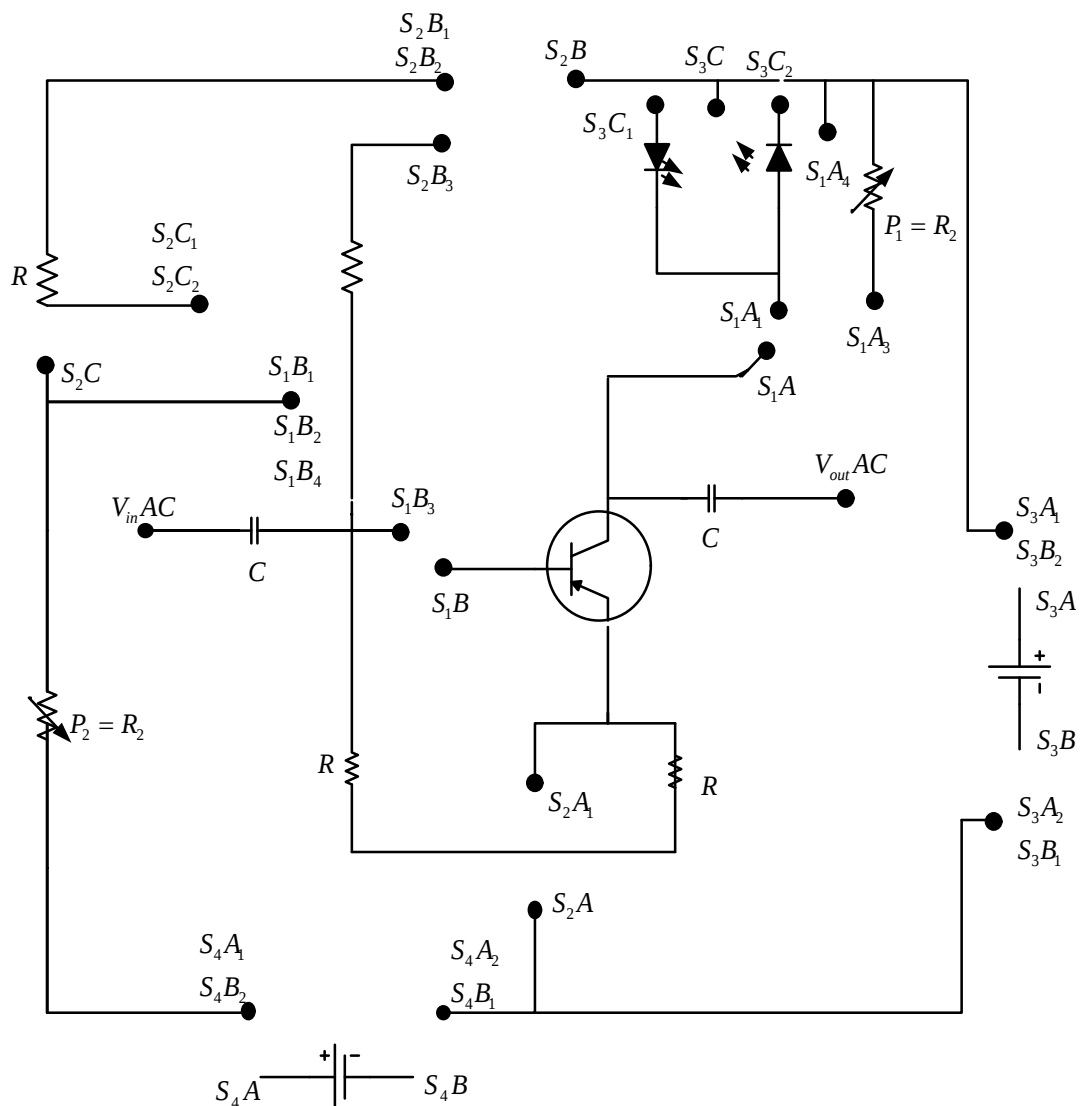
1. Saklar tanpa Meter Pengukur; S_1 ke S_a , S_2 ke S_a , S_3 sesuai tipe transistor uji dan S_4 ke S_a , S_b , V_{AC} .
2. Saklar dengan Meter Pengukur; S_1 ke S_b , S_2 ke S_b , S_3 sesuai tipe transistor uji dan S_4 ke S_a , S_b , V_{AC} .
3. Penguatan Arus; S_1 ke h_{FE} , S_2 ke h_{FE} , S_3 sesuai tipe transistor uji dan S_4 ke h_{FE} .
4. Penguatan Tegangan; ; S_1 ke V_{AC} , S_2 ke V_{AC} , S_3 sesuai tipe transistor uji dan S_4 ke S_a , S_b , V_{AC} .

Rancangan Aplikasi Dasar Transistor ini menggunakan desain rancangan seperti Gambar 6. Secara real, pada desain rancangan, antara

subjek penelitian transistor sebagai penguat arus, penguat tegangan dan sebagai saklar dibedakan dari kabel penghubung yang digunakan. Rancangan transistor sebagai saklar ditandai dengan kabel kuning. Transistor sebagai penguat arus ditandai kabel jingga. Sementara transistor sebagai penguat tegangan ditandai kabel biru.

Teknik pengambilan data dengan mengamati beberapa variabel yaitu pensaklaran, penguatan arus DC dan penguatan tegangan AC.

Untuk variabel pensaklaran tanpa menggunakan meter pengukur digunakan indikator *on-off* LED. Pada pensaklaran dengan meter pengukur digunakan data V_B sebagai indikator transistor berfungsi sebagai saklar. Pada variabel penguatan arus, harga I_B (arus masukan) dan I_C (arus keluaran) merupakan indikator transistor berfungsi sebagai penguat arus. Sedangkan variabel penguatan tegangan AC memuat indikator V_{in} dan V_{out} .



Gambar 6. Skematik Rangkaian Alat Aplikasi Dasar Transistor Bipolar.

Pengumpulan data penelitian secara prakteknya dilakukan melalui empat tahapan sesuai dengan fungsi rangkaian yang dibuat yaitu sebagai saklar, penguat arus dan sebagai penguat tegangan AC melalui pengaturan sistem pendsaklaran. Analisis data dilakukan secara perhitungan dan interpretasi grafik dan digunakan juga pemaparan deskriptif tentang data yang dihasilkan oleh alat aplikasi dasar transistor dengan transistor ujinya.

Hasil dan Pembahasan

Rancangan penelitian yang dihasilkan adalah seperangkat alat aplikasi dasar transistor sebagaimana Gambar 7. Melalui penggunaan alat itu, didapat data-data yang menunjukkan fungsi transistor sebagai saklar dan penguat arus dan penguat tegangan.



Gambar 7. Alat Aplikasi Dasar Transistor Bipolar.

Hasil Pengujian pengujian Transistor sebagai Saklar adalah bahwa harga V_{BE} pada saat transistor mulai berfungsi sebagai saklar adalah 0,6-0,7 Volt. Perancangan alat aplikasi dasar transistor ini mampu membuktikan fungsi transistor sebagai saklar. Hal ini dapat dilihat dengan menyalanya semua transistor uji yang dipakai dalam pengujian. Transistor mulai menghantarkan arus pada saat V_B mendekati tegangan ambang transistor yaitu 0.59 - 0.7 V artinya berada dalam keadaan off dibawah

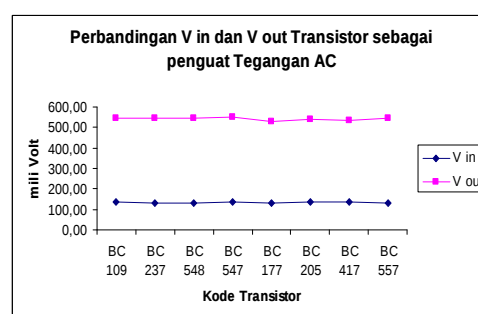
tegangan ambang dan keadaan *on* jika telah mencapai tegangan ambang. Hasil yang didapat cenderung sama dengan teori (Malvino, 2006; Wasito, 1988).

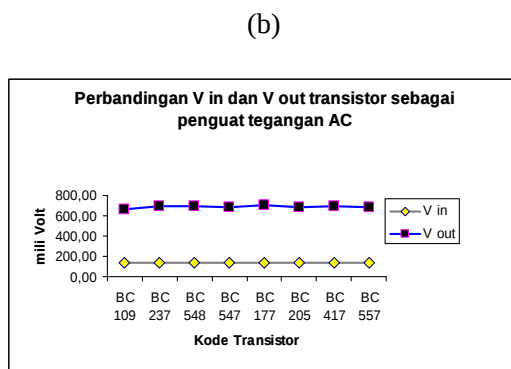
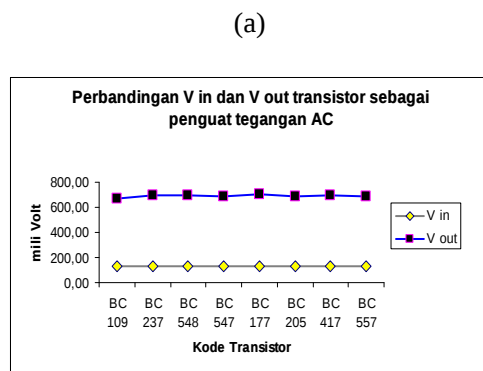
Hasil pengukuran transistor sebagai penguat arus DC (h_{FE}) dari sejumlah transistor uji tersaji pada tabel 2. Untuk fungsi transistor sebagai penguat arus data. Dari data yang didapat, harga h_{FE} (penguatan arus) untuk transistor uji berada pada range 100 hingga 800 kali penguatan. Hal ini membuktikan bahwa perubahan arus di basis dalam orde mikroampere dapat menyebabkan penguatan pada arus kolektor sebagai keluaran (Wasito, 1998).

Tabel 2. Hasil Pengukuran h_{FE} rata-rata Transistor sebagai penguat arus

No.	Kode Transistor	h_{FE} rata- rata
1	BC 109	400
2	BC 237	413
3	BC 548	480
4	BC 547	400
5	BC 177	120
6	BC 205	174
7	BC 417	133
8	BC 557	400

Transistor sebagai Penguat Tegangan AC didapatkan data bahwa penggunaan transistor BC mampu memperkuat sinyal masukan hingga lima kali. Penguatan ini tergantung dari besarnya harga R_L yang diatur melalui potensiometer. Perbandingan antara V_{in} dengan V_{out} dapat dilihat pada Gambar 8.





(c)

Gambar 8. Grafik Perbandingan V_{in} dan V_{out} untuk transistor sebagai penguat Tegangan AC; (a) $R_L = 2 \text{ K Ohm}$, (b) $R_L = 4 \text{ K Ohm}$, (c) R_L tergantung batas cacat amplitudonya.

Untuk penguatan tegangan AC didapat data bahwa penggunaan transistor uji BC mampu memperkuat sinyal masukan hingga lima kali. Penguatan ini tergantung dari resistansi beban (R_L). Dari grafik 2 tampak hubungan antara penguatan tegangan AC dengan resistansi beban. Semakin besar harga resistansi beban yang dipakai, semakin besar pula penguatan tegangan keluaran. Grafik ini memperlihatkan bahwa tegangan masukan diperkuat hingga lima kali, sebelum akhirnya mengalami cacat amplitudo. Dengan hasil yang didapat, telah berhasil dirancang sebuah prototipe alat aplikasi dasar transistor bipolar yang mampu menguji fungsi

transistor bipolar sebagai penguat arus, penguat tegangan ac dan sebagai saklar elektronik.

Kesimpulan dan Saran

Rangkaian aplikasi dasar transistor yang dirancang mampu menjalankan sekaligus fungsi transistor sebagai saklar elektronik dan penguat dengan teknik penggunaan saklar. Hasil pengujian sebagai saklar transistor dalam keadaan on pada tegangan basis 0,59V - 0,7V. Sebagai penguat arus, mendekati h_{FE} literatur yaitu penguatan dari 120 - 480. Penguatan tegangan AC dari 1,47 hingga 5,29 kali.

Sebagai rekomendasi, dapat dikembangkan alat aplikasi transistor sebagai lanjutan aplikasi dasar dan pada saat pengambilan data, alat ukur yang digunakan yang lebih teliti dalam pembacaannya sehingga pengukuran yang diperoleh lebih akurat.

Daftar Pustaka

- De Waard dan Lazarus, 1966. *Modern Electronics, A Practical Guide For Scientist and Enginers*. Addison- Wesley Publishing Company, London.
- Malvino, A., P., 2006. *Prinsip Elektronika*, Teknika Salemba, Jakarta
- Sound Wethost, 2005, *Penguat Daya*. Available at. [http:// elka.brawijaya.ac.id/ praktikum / analog/analog.php?page=5](http://elka.brawijaya.ac.id/praktikum/analog/analog.php?page=5)(21 Juli 2005).
- Sutrisno, 1992. *Elektronika, Teori Dasar dan Penerapannya*. Jilid 1, ITB, Bandung.
- Wasito, S., 1988. *Pelajaran Elektronika Percobaan- Percobaan Laboratorium*. PT.Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Wikipedia, 2006. *Transistor*, [http://id.wikipedia.org/ wiki/Transistor](http://id.wikipedia.org/wiki/Transistor) (21 Juli 2006).
- Wollard, B., 2003. *Elektronika Praktis*, diterjemahkan oleh H. Kristono. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Zam, E. Z., 2004. *Transistor*. Indah, Surabaya.