

PENGEMBANGAN ALAT EKSPERIMEN UNTUK PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DASAR PADA TOPIKTRANSISTOR BIPOLAR

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL TOOLSTO LAB WORK FOR BASIC ELECTRONICS ON THE TOPIC BIPOLAR TRANSISTOR

M. Rahmad^{1*}, Azizahwati², Ernidawati³

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau, Pekanbaru^{1,2,3)}

e-mail: yemma.mr2012@gmail.com; Alamat Jl. Catra Raya Blok F.30/176 RT02 RW14
Tampan Permai, Kelurahan Tuah Karya, Pekanbaru. 28293

ABSTRACT

This research purpose to develop effective tools experiments on lab work for basic electronic on the topic bipolar transistor. The research place in the Laboratory of Physics Education FKIP, Riau University. The subject of tests as many as 14 students. Analysis of the data used is descriptive analysis by calculating the index of each indicator of the worthinessof the experimental tools.Based on the analysis of data obtained a description of the experimental tools that validator appreciate the well, which is characterized by an average score of 3.33, which means the content validity of the experimental tools is expressed very high.The average index of practicality is 3.36,it means practicality of the tools and guidance of experimentsis expressed very high. Thus, the tools and guidance experiment Basic Electronics developed for application experiment transistor in this research has validity and practicalities are very high, so the tools and guidance experiment application of a bipolar transistor as a current amplifier and AC voltage amplifier, otherwise effectively used in the experiment bipolar transistorsapplication.

Keywords : *experimental tools, bipolar transistor,amplifier, validity and practicality*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat eksperimen yang efektif untuk praktikum elektronika dasar pada topik transistor bipolar. Tempat penelitian ini di Laboratorium Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Riau. Subjek ujicoba sebanyak 14 orang mahasiswa. Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan cara menghitung indeks dari setiap indikator kelayakan alateksperimen. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh gambaran bahwa validator mengapresiasi alat eksperimen dengan baik, yang ditandai dengan rata-rata skor sebesar 3,33, yang berarti validitas isi dari alat eksperimen ini dinyatakan sangat tinggi. Indeks rata-rata praktikalitas sebesar 3,36 artinya praktalitas alat dan penuntun eksperimen dinyatakan sangat tinggi. Dengan demikian, alat dan penuntun eksperimen Elektronika Dasar yang dikembangkanuntukpercobaan aplikasi transistor dalam penelitian ini memiliki validitas dan praktikalitas yang sangat tinggi, sehinggaalat dan penuntun eksperimen aplikasi transistor sebagai penguat arus dan penguat tegangan AC,dinyatakan efektif digunakan dalam percobaan aplikasi transistor bipolar.

Kata Kunci : *alat eksperimen, transistor bipolar, penguat, validitas dan praktikalitas*

1. PENDAHULUAN

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. Ilmu yang mempelajari konsep dalam komponen elektronik merupakan cabang ilmu fisika, sedangkan bentuk desain dan pembuatan sirkuit elektroniknya adalah bagian dari teknik elektro, teknik komputer, dan ilmu/teknik elektronika dan instrumentasi [1], [2].

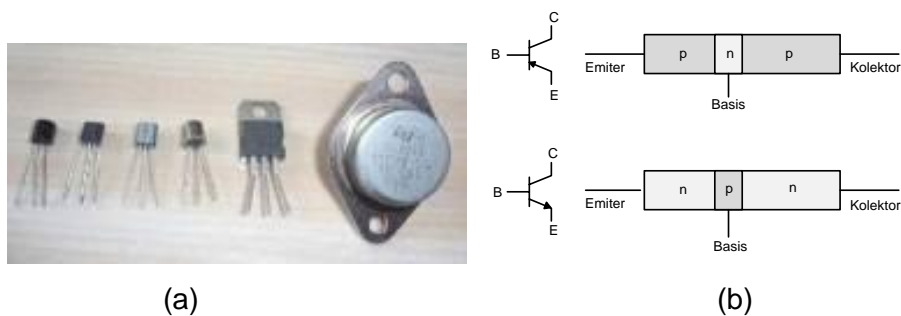
Begitu pesatnya perkembangan dunia elektronika, namun pada umumnya orang tidak mudah memahami konsep yang membangun sebuah perangkat elektronika, meskipun peralatan tersebut sudah digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Demikian juga bagi mahasiswa pendidikan fisika terdapat kecenderungan kesulitan mempelajari konsep dan rangkaian elektronika, padahal salah satu mata kuliah wajib pada kurikulum pendidikan fisika yaitu Elektronika Dasar yang disajikan 3 SKS Teori dan 1 SKS praktikum, dimaksudkan untuk menanamkan konsep-konsep dasar elektronika dari konsep teori dan rangkaian untuk dapat diaplikasikan baik dalam praktikum maupun aplikasi dalam keseharian [3]. Beberapa penyebab sulitnya mahasiswa memahami konsep elektronika dasar antara lain: 1) kurangnya perangkat alat dalam pembelajaran elektronika, 2) minimnya pengetahuan dasar konsep elektronika, 3) praktikum yang dilaksanakan ternyata masih mengalami kesulitan dan belum mampu merangkum seluruh konsep elektronika secara maksimal, 4) teori dan rangkaian elektronika cenderung dianggap sulit.

Faktor-faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap proses dan hasil belajar mahasiswa dalam perkuliahan Elektronika Dasar. Hal ini tentu saja terkait dengan motivasi belajar mahasiswa terhadap elektronika dasar yang masih rendah. Dosen dapat menciptakan dorongan dalam proses belajar mengajar melalui metode yang menarik sehingga akan timbul motivasi, ingin bekerja keras, dan berusaha menyelesaikan tugas dengan baik [4].

Salah satu materi Elektronika Dasar yang selalu sulit dipahami mahasiswa yaitu konsep transistor bipolar terutama sekali dalam praktikum, meskipun telah dibuat suatu rangkaian aplikasi dasar transistor [5], namun belum memenuhi kriteria sebagaimana yang dikembangkan oleh tim ITB menggunakan Transistor FET [6]. Rumusan permasalahan yang mendasari penelitian ini adalah bagaimanakah pengembangan alat eksperimen yang efektif untuk pengujian aplikasi transistor bipolar? Oleh karena itu perlu dirancang alat eksperimen yang untuk praktikum elektronika dasar pada topik transistor bipolar, sebagai upaya meningkatkan kemampuan psikomotor mahasiswa dalam

menggunakan alat eksperimen dan memahami rangkaian elektronika. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat eksperimen yang dapat digunakan dalam praktikum Elektronika Dasar pada topik transistor bipolar sebagai penguat arus dan penguat tegangan ac.

Transistor merupakan suatu komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor dan dapat digunakan sebagai penguat, rangkaian *switching*, stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya seperti untuk rancangan panel surya [7]. 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 [8]. Beberapa bentuk transistor bipolar dapat dilihat pada Gambar 1 (a).

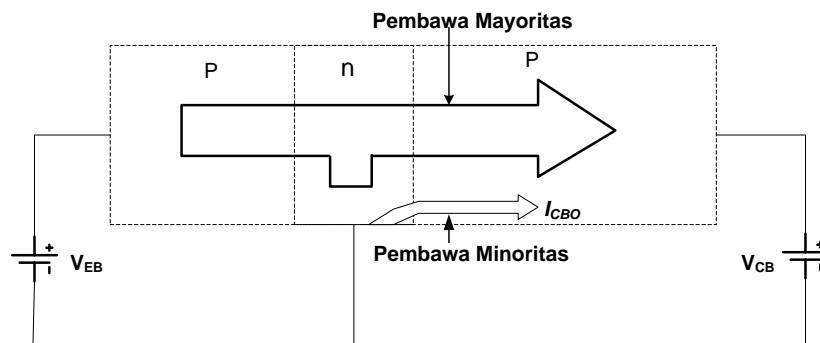


Gambar 1. Beberapa bentuk transistor bipolar dan simbolnya

Transistor terdiri dari tipe p dan diapit oleh dua bahan tipe n (transistor NPN) atau tipe n dan diapit oleh dua bahan tipe p (transistor PNP). Struktur dan simbol transistor bipolar dapat dilihat pada Gambar 1 (b). Transistor memiliki tiga terminal keluaran yaitu 1) kolektor (C) yang diberi tingkat doping sangat tinggi, 2) emitor (E) diberi doping tinggi tetapi lebih rendah dibanding kolektor, dan 3) basis (B) didoping sangat rendah. Semakin rendah tingkat doping suatu bahan semikonduktor, maka semakin kecil konduktivitasnya, hal ini karena jumlah pembawa mayoritasnya lebih sedikit [1].

Pembiasan transistor menyebabkan arus emitor (I_E) sebagian kecil dilewatkan ke basis (I_B) dan sebagian besar lainnya diteruskan kolektor (I_C). Sesuai dengan hukum Kirchhoff memenuhi persamaan $I_E = I_C + I_B$. Karena besarnya arus I_C antara 0,90 sampai 0,998 dari arus I_E , maka dalam praktek umumnya dibuat $I_E \cong I_C$. Di samping ketiga macam arus tersebut yang disebabkan karena aliran pembawa mayoritas, di dalam transistor juga terdapat aliran pembawa lainnya yang relatif sangat kecil yakni disebabkan oleh pembawa minoritas. Arus ini sering disebut dengan arus bocor atau I_{CBO} (arus kolektor basis dengan emitor terbuka). Pembiasan pada transistor umumnya diberi bias mundur V_{CB} di persambungan kolektor-basis yang akan mengalirkan arus bocor (I_{CBO}).

Arus bocor ini sangat peka terhadap temperatur, yakni akan naik dua kali untuk setiap kenaikan temperatur 10°C [1]. Sedangkan diagram aliran arus I_E , I_B , dan I_{CBO} dalam transistor dapat dilihat pada Gambar3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa arus kolektor merupakan penjumlahan dari arus pembawa mayoritas dan arus pembawa minoritas, yaitu $I_C = I_{C \text{ mayoritas}} + I_{CBO \text{ minoritas}}$.



Gambar 2. Diagram aliran arus pada pembiasan transistor tipe PNP

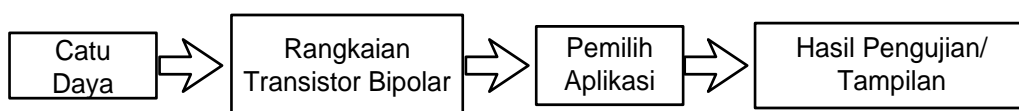
Transistor memiliki tiga konfigurasi dan untuk tingkat penguatan, konfigurasi yang banyak digunakan adalah konfigurasi common emitter, karena rangkaian tersebut memiliki penguatan h_{FE} yang lebih besar dari satu. Rangkaian common emitter pada dasarnya dapat dirangkai pada suatu *project board*, namun cenderung mengalami kesulitan dalam melakukan pengukuran. Mardhavan [9] telah merancang rangkaian untuk percobaan pada tiga konfigurasi rangkaian transistor bipolar, namun belum ditunjukkan sebagai suatu alat percobaan terpadu. Sebuah alat percobaan dikatakan efektif apabila memenuhi ketentuan dari berbagai aspek seperti aspek validitas, praktikalitas, efisiensi, keamanan dan estetika. Validitas adalah kesesuaian suatu alat untuk mencapai tujuan pembelajaran. Artinya media yang dihasilkan harus benar-benar dapat menjamin pencapaian informasi yang sesuai konsep yang dipelajari oleh peserta [10]. Validitas terdiri dari validitas isi yang menyatakan relevansi antara gejala yang dapat diamati pada penggunaan media dengan konsep yang dipelajari, dan berikutnya validitas konstruksi yaitu kesesuaian bentuk, format suatu model dengan tujuan penggunaan. Validitas konstruksi secara teknis mengacu kepada desain media.

Kepraktisan media adalah aspek yang terkait kemudahan dalam penggunaannya, seperti kemudahan mempersiapkan, menggunakan, mengemas, merawat, menyimpan dan memperbaiki jika terjadi kerusakan. Kepraktisan juga ditinjau dari kemudahan peserta menggunakan dan memahami konsep melalui media. Selain itu, beberapa aspek dalam pembuatan media/alat perlu menjadi perhatian seperti efisiensi menyangkut penghematan dari segi biaya, waktu, tempat dan tenaga. Aspek keamanan dan estetika meliputi keamanan bagi pengguna tenaga pendidik dan peserta didik. Manfaat media

pembelajaran antara lain :1) menarik dan memperbesar perhatian pemakai, 2) mengurangi dan menghilangkan verbalisme, 3) mengatasi perbedaan pengalaman belajar, 4) membantu memberikan pengalaman belajar yang sulit, dan 5) mengatasi batas-batas ruang dan waktu [11].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan, dari bulan Juni 2014 sampai November 2014 dan lokasi penelitian di kampus Binawidya FKIP Universitas Riau. Rancangan penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan *R&D (Research and Development)* yaitu studi pendahuluan, pengembangan model, dan ujicoba model [12]. Desain alat eksperimen rangkaian transistor bipolar menurut diagram blok Gambar 3. Alat dan bahan yang digunakan terdiri dari alat aplikasi transistor, multimeter digital, multimeter analog, miliampermeter, osiloskop analog, generator fungsi, dan transistor dengan berbagai tipe.



Gambar 3. Diagram blok alat eksperimen rangkaian transistor bipolar

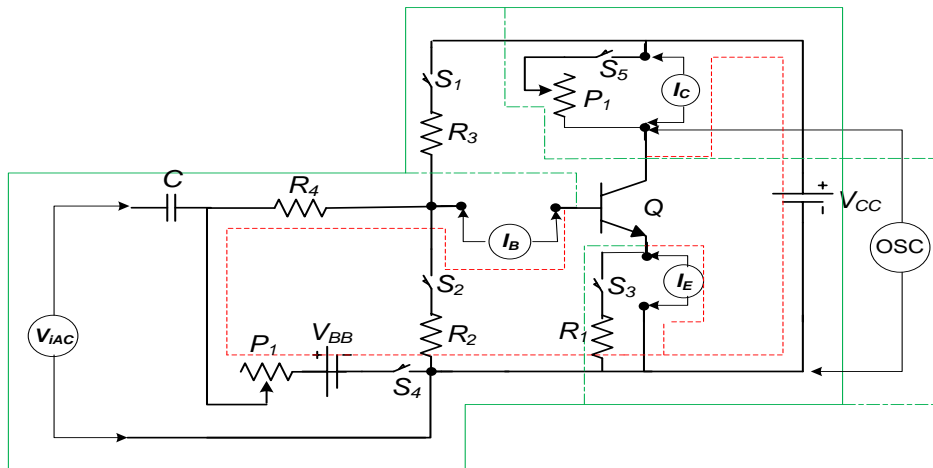
Efektifitas alat dan penuntun eksperimen pada penelitian ini berdasarkan dua aspek, yakni aspek validitas dan aspek praktikalitas. Validitas alat eksperimen divalidasi oleh tiga orang dosen pengasuh mata kuliah elektronika dasar dan validitas empiris melalui pengujian secara empiris ketepatan (akurasi) dan ketelitian (presisi) pengukuran pada setiap butir percobaan yang dikembangkan. Uji praktikalitas menyangkut tingkat kemudahan penggunaan alat dan kemudahan penuntun eksperimen oleh praktikan, penilaiannya dilakukan melalui: 1) Penilaian oleh 3 orang validator dengan pengamatan terhadap aktivitas praktikan dalam ujicoba eksperimen terbatas untuk 14 orang peserta (mahasiswa). 2) Penilaian oleh praktikan setelah melakukan ujicoba eksperimen.

Instrumen yang digunakan untuk pengujian validitas terdiri atas validitas isi dan validitas empiris, sedangkan pengujian praktikalitas alat dan penuntun eksperimen dilaksanakan dengan melakukan uji praktikalitas empiris dan praktikalitas menurut respon praktikan. Data yang diperlukan dikumpulkan melalui tiga cara yakni uji empiris, observasi dan angket. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, yakni dengan menghitung indeks dari setiap indikator kelayakan alat eksperimen. Indikator-indikator

yang digunakan untuk menentukan efektivitas instrumen eksperimen dalam penelitian ini adalah validitas dan praktikalitas menggunakan kategori: 1) sangat tinggi ($>3-4$), 2) tinggi ($>2-3$), 3) rendah ($>1-2$), dan 4) sangat rendah (≤ 1), dengan ketentuan bahwa suatu perangkat atau instrumen percobaan dinyatakan efektif apabila dengan menggunakan perangkat tersebut tujuan percobaan dapat dicapai [13].

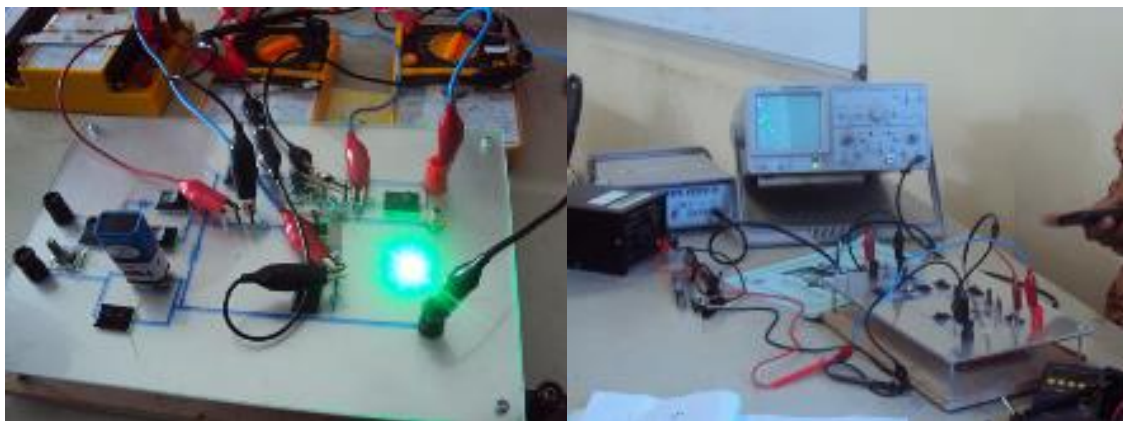
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat eksperimen Elektronika Dasar yang dihasilkan memiliki dua fungsi pengujian yakni untuk penguat arus dan penguat tegangan AC. Skematik rangkaian aplikasi transistor menurut Gambar 4. Garis merah (garis putus-putus) menunjukkan jalur transistor penguat arus dan garis hijau menunjukkan jalur transistor penguat tegangan AC.



Gambar 4. Rangkaian aplikasi transistor sebagai penguat arus dan tegangan AC.

Bentuk alat yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 5 dengan Gambar 5 (a) saat pengujian sebagai rangkaian penguat arus dan Gambar 5 (b) sebagai rangkaian penguat tegangan AC.



(a)

(b)

Gambar 5. Alat aplikasi transistor

Rangkaian Gambar 5 (a). digunakan untuk menguji fungsi transistor sebagai penguat arus, karena adanya perubahan kecil pada arus basis menimbulkan perubahan besar pada arus yang mengalir dari kolektor ke emiter transistor. Perbandingan arus kolektor dengan arus basis merupakan besar penguatan arus (h_{FE}). Pengukuran nilai I_c dan I_e untuk tiap I_b diperoleh dengan memutar tahanan variabel, dengan hasil pengukuran menurut Tabel 1. Hasil pengujian alat aplikasi transistor sebagai penguat arus dengan menggunakan transistor BC 417 diperoleh nilai penguatan 128,2 hingga 131,4. Nilai tersebut mendekati penguatan rata-rata transistor BC 417 yakni 133.

Tabel 1. Hasil pengukuran arus dengan alat aplikasi transistor

No	Pengukuran Arus			Penguatan
	$I_b(\mu A)$	$I_c(mA)$	$I_e(mA)$	h_{FE}
1	800	104,0	105,0	130,00
2	790	102,0	102,2	129,10
3	780	100,0	100,1	128,20
4	760	98,0	99,0	128,95
5	720	95,0	95,0	131,94
6	700	92,0	92,1	131,40
7	680	88,5	88,2	130,10
8	670	88,0	88,0	131,30

Gambar 5 (b) yang merupakan rangkaian aplikasi transistor sebagai penguat tegangan AC untuk menguji fungsi transistor sebagai penguat tegangan AC, dengan menambahkan tahanan beban pada bagian kolektor. Jika terjadi perubahan arus basis, maka terjadi penguatan arus kolektor yang dipengaruhi oleh tahanan beban. Pada pengujian alat sebagai penguat tegangan AC, digunakan generator fungsi sebagai sinyal masukan ac. Tegangan masukan, dan tegangan keluaran diukur dengan menggunakan osiloskop untuk R_L yang berbeda-beda. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan ac pada frekuensi 100 Hz

No	$R_L(k\Omega)$	$V_i(volt)$	$V_o(volt)$
1	266,7	0,16	0,64
2	286,6	0,16	0,58
3	293,4	0,16	0,68
4	296,2	0,16	0,71

Berdasarkan hasil pengujian sebagai penguat tegangan AC didapatkan bahwa penguatannya tergantung dari besarnya harga R_L (potensiometer) dan untuk transistor BC 417 mampu memperkuat sinyal masukan hingga empat kali.

Melalui penelitian ini, revisi telah dilakukan sesuai dengan saran dan opini kotributor, hingga dihasilkan alat eksperimen sebagai produk akhir penelitian. Pada tahap akhir, kontributor menyatakan telah merasa puas dengan capaian yang diperoleh. Oleh karena itu produk penelitian dapat dinyatakan layak untuk digunakan dalam eksperimen. Pengujian kelayakan dilakukan melalui analisis data pada dua aspek yakni validitas dan praktikalitas.

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh bahwa para validator memberikan apresiasi yang sangat tinggi terhadap alat eksperimen, yang ditandai dengan rata-rata skor sebesar 3,33. Berdasarkan tabel kategori validitas isi, maka perangkat percobaan ini dinyatakan sangat tinggi. Selanjutnya hasil pengumpulan data secara empiris, diperoleh hasil analisis seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasivaliditas isi

No	Indikator	Skor ^{*)}			Rata-rata
		V ₁	V ₂	V ₃	
1	Keberfungsian	3	3	3	3,00
2	Ukuran Instrumen	4	3	4	3,67
3	Kesederhanaan	3	3	3	3,00
4	Kemudahan	3	3	3	3,00
5	Keamanan	3	3	3	3,00
6	Ketepatan	3	3	3	3,00
7	Nilai ekonomis	4	4	4	4,00
8	Nilai edukatif dan psikologis	4	4	4	4,00
Rata-rata					3,33

^{*)} Skor oleh validator V₁, V₂ dan V₃

Tabel 4. Rekapitulasi validitas empirik.

No	Aspek Yang Diamati	Akurasi	Presisi	Validitas
1	Pengukuran arus basis	T	T	T
2	Pengukuran arus kolektor	T	T	T
3	Pengukuran arus emitor	T	T	T
4	Penguatan arus	ST	ST	ST
5	Pengukuran tegangan masukan	ST	ST	ST
6	Pengukuran tegangan keluaran	T	T	T
7	Pengukuran frekuensi masukan	ST	ST	ST
8	Pengukuran frekuensi keluaran	T	T	T

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, diperoleh bahwa prototip alat eksperimen aplikasi transistor yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dinyatakan valid untuk eksperimen aplikasi transistor sebagai penguat arus dan tegangan AC. Selanjutnya hasil penilaian praktikalitas oleh validator pada ujicoba eksperimen terbatas, sesuai Tabel 5.

Melalui hasil analisis pada tabel 5, diperoleh bahwa validator mengapresiasi alat eksperimen dengan baik, yang ditandai oleh indeks praktikalitas rata-rata sebesar 3,40.

Selanjutnya berdasarkan hasil pengumpulan data melalui angket respon/opini praktikan terhadap alat dan penuntun eksperimen, diperoleh bahwa aspek yang dirasakan masih mengalami sedikit kesulitan dalam penggunaan alat karena dalam satu alat tersebut terdapat dua fungsi sehingga praktikan harus memahami jalur masing-masing terlebih dahulu, namun secara umum praktikan memberikan respon yang tinggi. Data dan analisis respon praktikan terhadap alat dan penuntun eksperimen yang diujicobakan dalam penelitian ini terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penilaian praktikalitas oleh praktikan

No	Deskripsi	Skor rata-rata
1.	Alat eksperimen mudah digunakan	3,00
2.	Gejala fisis yang dipelajari mudah diamati	3,36
3.	Gejala fisis yang muncul sesuai konsep pelajaran	3,36
4.	Arus basis dapat diukur dengan mudah	2,75
5.	Arus kolektor dapat diukur dengan mudah	3,29
6.	Arus emitor dapat diukur dengan mudah	3,29
7.	Tegangan masukan dapat diukur dengan mudah	3,50
8.	Tegangan keluaran dapat diukur dengan mudah	3,50
9.	Alat eksperimen membantu pemahaman konsep	3,36
10.	Panduan pengoperasian alat mudah dipahami dan dilaksanakan	3,14
Rata-rata		3,26

Tabel 6 menunjukkan bahwa praktikalitas perangkat praktikum penilaian praktikan dikategorikan sangat tinggi. Hasil analisis data praktikalitas empiris dan respon praktikan, diperoleh indeks rata-rata praktikalitas sebesar 3,26. Sesuai dengan kriteria yang ditetapkan pada penilaian pada aspek ini, maka praktikalitas alat dan penuntun eksperimen dapat dinyatakan sangat tinggi.

Berdasarkan analisis data yang telah diuraikan, diperoleh bahwa alat dan penuntun eksperimen yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki validitas dan praktikalitas yang sangat tinggi. Sesuai dengan kriteria penarikan kesimpulan yang ditetapkan, maka alat dan penuntun eksperimen penelitian ini dapat dinyatakan efektif dengan kategori sangat tinggi.

4. KESIMPULAN DAN PROSPEK

Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa alat dan penuntun eksperimen aplikasi transistor sebagai penguat arus dan penguat tegangan AC yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan sebagai salah satu alat eksperimen Elektronika Dasar, ditandai dengan indeks validitas pada kategori sangat tinggi, dan indeks praktikalitas dengan kategori tinggi. Pengembangan alat dan penuntun

eksperimen aplikasi transistor ini diharapkan dapat memberikan solusi dalam praktikum Elektronika Dasar pada topik transistor bipolar. Alat ini memiliki peluang untuk dikembangkan menjadi lebih baik sehingga dapat dimanfaatkan dalam eksperimen elektronika dasar. Kelemahan pada alat ini adalah kesulitan pada pengukuran arus basis karena sangat kecil, sehingga diperlukan kecermatan dan ketekunan untuk dalam pengukuran. Alat dapat dikembangkan dengan sistem koneksi yang lebih baik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada Bapak Dekan FKIP yang telah memberikan dukungan melalui hibah DIPA FKIP Universitas Riau tahun 2014, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Malvino, A.P. *Electronic Principles*. USA: McGraw-Hill Companies; 2007.
- [2]. Wikipedia. Transistor. 2011. (24 November 2014) diakses dari <http://id.wikipedia.org/wiki/berkas:transistor>.
- [3]. Rahmad, M. dan Muhammad Sahal. Pengembangan Media Rangkaian Dasar Aplikasi Transistor Bipolar. Medan: Prosiding SEMIRATA Bisang MIPA BKS-PTN Wilayah Barat di; 2012.
- [4]. Budiardjo, Lily. *Hakiki Metode Instruksional*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi; 2001.
- [5]. Rahmad, M. Yessy Angelia dan Muhammad Sahal, Perancangan Rangkaian Aplikasi Dasar Transistor. *Jurnal Geliga Sains Pendidikan Fisika UR*, Pekanbaru, 2007; 1(1): 38-44.
- [6]. Tim Lab. ITB. *Karakteristik Penguat Transistor FET*. Bandung: ITB; 2014.
- [7]. Ima Maysha, Bambang Trisno, Hasbullah. Pemanfaatan Tenaga Surya Menggunakan Rancangan Panel Surya Berbasis Transistor 2N3055 dan Thermoelectric Cooler. *Jurnal Electrans*. 2013;12(2): 89 – 96. Diakses dari <http://jurnal.upi.edu/electrans>.
- [8]. Lilik Hasanah, Khairurrijal. Arus Terobosan pada Transistor Dwikutub Struktur Hetero Si/Si_{1-x}Gex/Si Anisotropik Melewati Basis Tergradasi (*Graded Base*), *Berkala Fisika*. 2010;13(2):67- 72.
- [9]. Mardhavan, B.. *Laboratory Experiment EE348EL*. California: University of Southern; 2014.
- [10]. Suharsimi Arikunto. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara; 1999.
- [11]. Latuheru, J.D. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Depdikbud DIKTI-PPLPTK; 1989.
- [12]. Sukmadinata, N.S. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya; 2007.
- [13]. Euis Sustini. *Pengelolaan dan Teknik Laboratorium Fisika*. Bandung: ITB; 2002.