

Rancang Bangun Trainer Praktikum Elektronika Berbasis PCB

Dian Ariyanto^{1*}

¹Universitas Islam Indonesia, Indonesia

Jalan kaliurang Km 14.5, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author e-mail : 125202501@uii.ac.id

ABSTRAK

Praktikum adalah kegiatan pembelajaran yang berbentuk pengamatan atau pengujian dengan tujuan untuk pengaplikasian, pembuktian dan penyelidikan akan teori. Salah satu praktikum yang dilakukan adalah praktikum elektronika, pada praktikum elektronika menggunakan breadboard untuk merakit dan merangkai rangkaian yang akan diuji coba. Terdapat permasalahan saat proses praktikum menggunakan breadboard diantaranya sambungan antar komponen kadang tidak terhubung serta breadboard mudah meleleh saat terjadi short circuit. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan trainer praktikum elektronika berbasis PCB yang lebih andal daripada breadboard, untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi praktikum. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, meliputi studi literatur, perancangan trainer, pembuatan prototipe awal, evaluasi, revisi desain, dan pengujian akhir terhadap kinerja trainer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Trainerpraktikum yang dikembangkan terdiri dari tiga komponen utama : Board untuk perakitan rangkaian, Power Supply dengan output variabel, dan modul penyimpanan komponen. Dari hasil pengujian output Power supply menghasilkan tegangan keluaran +9 V DC, -9 V DC, +5 V DC, tegangan variabel 0-20 V, serta +12 V AC dan -12 V AC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa trainer berbasis PCB ini dapat menggantikan breadboard dengan keunggulan dalam hal ketahanan, konektivitas komponen yang lebih baik, serta kemampuan untuk bertahan dari short circuit, menjadikannya solusi yang lebih andal dan aman untuk praktikum

Kata kunci : Trainer Board, Elektronika, Praktikum, PCB

ABSTRACT

Practicum is a learning activity in the form of observation or testing with the aim of applying, proving and investigating the theory. One of the practicums carried out is electronics practicum, in electronics practicum using a breadboard to assemble and assemble the circuit to be tested. There are problems during the practicum process using a breadboard including the connection between components sometimes not connected and the breadboard melts easily when a short circuit occurs. This research aims to design and develop a PCB-based electronics practicum trainer that is more reliable than a breadboard, to improve the quality and efficiency of practicum. This research was conducted through several stages, including literature study, trainer design, initial prototyping, evaluation, design revision, and final testing of trainer performance. The results showed that the developed practicum trainer consisted of three main components: Board for circuit assembly, Power Supply with variable output, and component storage module. From the test results, the power supply output produces an output voltage of +9 V DC, -9 V DC, +5 V DC, 0-20 V variable voltage, as well as +12 V AC and -12 V AC. The test results show that this PCB-based trainer can replace the breadboard with advantages in terms of durability, better component connectivity, and the ability to survive short circuits, making it a more reliable and safe solution for practicum.

Keywords: Trainer Board, Electronics, Practicum, PCB

I. PENDAHULUAN

Praktikum merupakan bagian dari kegiatan pembelajaran yang berbentuk pengamatan atau pengujian dengan tujuan agar mahasiswa mendapatkan kesempatan untuk pengaplikasian, pembuktian dan penyelidikan akan teori mata kuliah tertentu.[1] Salah satu praktikum wajib untuk mahasiswa jurusan teknik elektro adalah praktikum elektronika. Praktikum elektronika adalah komponen penting dalam pendidikan teknik elektro, di mana mahasiswa belajar mengenai rangkaian elektronik, komponen dasar, serta metode pengukuran dan pengujian untuk membuktikan teori yang telah dipelajari.[2] Praktikum elektronika menjadi salah satu praktikum yang wajib diikuti oleh mahasiswa dikarenakan merupakan dasar dari beberapa mata kuliah di semester berikutnya serta pada praktikum elektronika mahasiswa akan belajar mengenai komponen-komponen elektronika seperti resistor, dioda, IC, transistor, LED, kapasitor dan bagaimana penggunaannya dalam suatu rangkaian.[3]

Kegiatan praktikum memerlukan beberapa komponen agar pelaksanaan praktikum berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Komponen-komponen praktikum meliputi laboratorium, alat dan bahan, buku petunjuk praktikum, lembar kerja dan asisten praktikum.[4] Alat dan bahan menjadi komponen yang sangat penting agar pelaksanaan praktikum berjalan lancar. Alat dan bahan pada praktikum elektronika terdiri dari power supply, multimeter, osiloskop, breadboard, kabel dan komponen-komponen elektronika.[5][6] Pada praktikum elektronika mahasiswa akan mempelajari mengenai pembacaan komponen, merangkai komponen, melakukan pengukuran, menganalisa dan membuat laporan praktikum.

Salah satu kegiatan dalam praktikum adalah saat merangkai rangkaian sesuai dengan skematik[7] yang terdapat pada buku petunjuk praktikum. Proses praktikum merangkai skematik atau rangkaian menggunakan papan rangkaian atau sering disebut breadboard. Breadboard adalah perangkat yang banyak digunakan dalam praktikum elektronika karena memungkinkan perakitan komponen tanpa penyolderan. Namun, penggunaannya sering kali menimbulkan masalah, seperti konektor yang longgar dan risiko meleleh saat terjadi kesalahan dalam perakitan atau short circuit.[8] Breadboard sendiri dibuat dari bahan plastic dan didalamnya terdapat konektor yang akan menjepit kaki-kaki komponen maupun ujung kabel jumper. Masalah utama yang sering terjadi dalam praktikum menggunakan breadboard adalah konektor yang longgar setelah sering digunakan, yang menyebabkan gangguan pada sambungan antar komponen dan menghambat pelaksanaan praktikum. Breadboard sering kali meleleh ketika terjadi short circuit[9] akibat panas

berlebih, yang menyebabkan kerusakan permanen pada alat dan menghambat proses praktikum..

Permasalahan lain saat proses praktikum elektronika menggunakan breadboard adalah Penggunaan breadboard sering menyebabkan kaki komponen patah, sehingga komponen yang masih berfungsi baik menjadi tidak dapat digunakan lagi, yang mengakibatkan pemborosan. Penataan komponen setelah praktikum selesai juga kadang tidak dapat diatur dan bercampur sehingga menyulitkan untuk penyimpanan komponen. Masalah-masalah tersebut menunjukkan perlunya pengembangan trainer praktikum yang lebih andal, yang mampu mengatasi kelemahan breadboard serta memfasilitasi penataan komponen yang lebih baik untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam praktikum.

Trainer praktikum elektronika nantinya akan terdiri dari tiga bagian yaitu trainer elektronik board (tempat merakit), power supply dan tempat menyimpan komponen. Power supply terdiri dari rangkaian penurun tegangan dengan menggunakan transformator step down 3 ampere yang nantinya akan diatur sehingga terdapat output tegangan sesuai yang dibutuhkan. Sedangkan untuk tempat merakit komponen terdiri dari beberapa lobang yang digunakan untuk menancapkan komponen-komponen elektronika. Power supply dan tempat merakit dibuat menggunakan media PCB langsung dan didesain agar mudah digunakan dan tahan lama. PCB atau (*Printed Circuit Board*) merupakan suatu papan yang digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika menggunakan jalur dari tembaga dan dapat didesain sesuai kebutuhan.[10][11] Sedangkan untuk tempat menyimpan komponen menggunakan bahan akrilik yang didesain agar mampu menampung komponen sesuai dengan yang dibutuhkan untuk pelaksanaan praktikum elektronika. Komponen-komponen yang akan digunakan diantaranya resistor, diode, kapasitor, kapasitor elektrolit, LED, IC, transistor, FET dan potensiometer. Nantinya komponen-komponen tersebut juga akan menggunakan papan PCB yang didesain khusus dan akan ada konektor 2mm yang dapat ditancapkan pada tempat merangkai komponen.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan trainer praktikum elektronika berbasis PCB yang dapat mengatasi masalah pada breadboard, meningkatkan efektivitas pengajaran praktikum, dan meningkatkan daya tahan alat terhadap kerusakan sehingga pelaksanaan praktikum dapat berjalan lebih baik dan optimal.

II. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) [12], yang terdiri dari enam tahapan utama: (1) studi literatur, (2)

perancangan trainer, (3) pembuatan prototipe awal, (4) evaluasi dan perbaikan, (5) pembuatan prototipe akhir, dan (6) pengujian kinerja trainer. Gambar 1 menunjukkan alur kerja dari metode R&D yang digunakan dalam penelitian ini, mulai dari tahap studi literatur hingga pengujian akhir.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

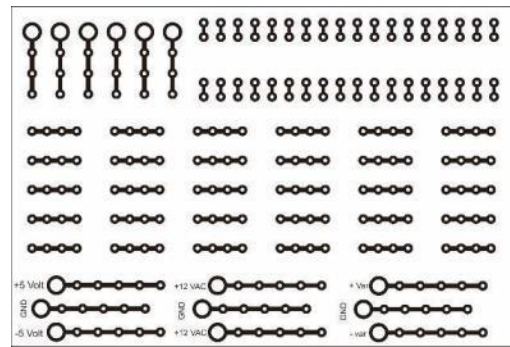
Metode R&D dipilih karena cocok untuk proses pengembangan produk inovatif yang membutuhkan iterasi antara perancangan dan pengujian. Dalam penelitian ini, R&D memungkinkan dilakukannya evaluasi dan perbaikan bertahap untuk menghasilkan trainer yang optimal.

A. Studi Literatur

Pada tahap pertama, dilakukan studi literatur untuk mengidentifikasi materi praktikum elektronika yang diperlukan serta komponen yang dibutuhkan untuk perancangan trainer. Studi ini juga mencakup analisis desain PCB, rangkaian Power Supply, dan pilihan material untuk trainer. Hal ini berhubungan dengan komponen apa saja yang akan disiapkan untuk trainer praktikum elektronika. Kedua mempelajari mengenai desain PCB, desain tampilan modul, rangkaian power supply yang akan digunakan, dan pembuatan PCB.

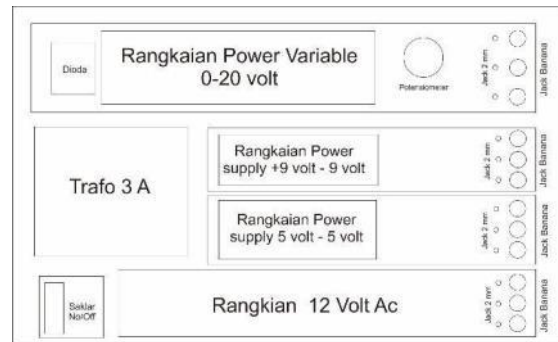
B. Perancangan trainer praktikum

Tahapan kedua pada penelitian rancang bangun trainer praktikum elektronika berbasis PCB ini adalah perancangan trainer. Pada tahapan perancangan ini kita memulai dengan desain secara kasar mengenai bagian-bagian dari trainer elektronika. Rancangan desain awal trainer ini terdiri dari tiga bagian yaitu Trainer Board digunakan untuk merangkai, Power Supply dan tempat komponen. Desain awal Trainer Board ini dibuat menggunakan bahan PCB yang didesain mengikuti konsep kerja dari breadboard. Bagian bawah terdiri dari input tegangan yang tersambung dengan Power Supply menggunakan konektor banana 4mm. Bagian tenggan nantinya digunakan untuk menancapkan komponen-komponen yang menggunakan konektor banana 2mm, sedangkan bagian atas untuk IC dan konektor output.



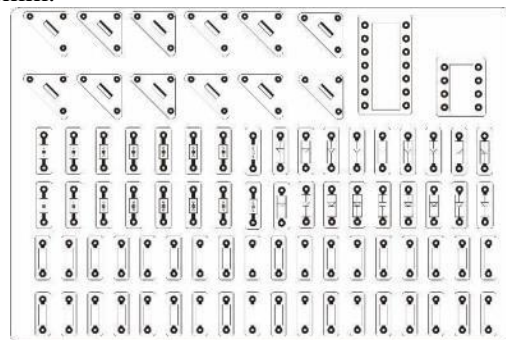
Gambar 2. Desain awal Trainer Board

Bagian kedua adalah Power Supply yang nantinya akan terdiri dari 4 bagian output tegangan yaitu tegangan variabel 0-20 V DC, tegangan positif negatif 9 V DC, tegangan positif negatif 5 dan tegangan 12 V AC seperti pada gambar 3. Untuk menghasilkan tegangan-tegangan tersebut digunakan transformator step down 3A CT yang dihubungkan dengan rangkaian-rangkaian regulator Power Supply yang langsung dicetak pada papan PCB dengan ukuran 30x23 cm. Untuk konektor dari Power Supply menggunakan konektor banana female 4 mm.



Gambar 3. Desain awal Power Supply

Bagian ketiga adalah tempat untuk menata komponen, bagian ini akan terdiri dari resistor, diode, kapasitor, potensiometer, LED, transistor, IC 8 kaki dan IC kaki 14. Komponen juga akan dipasangkan pada PCB yang dilengkapi dengan konektor banana male 2mm.

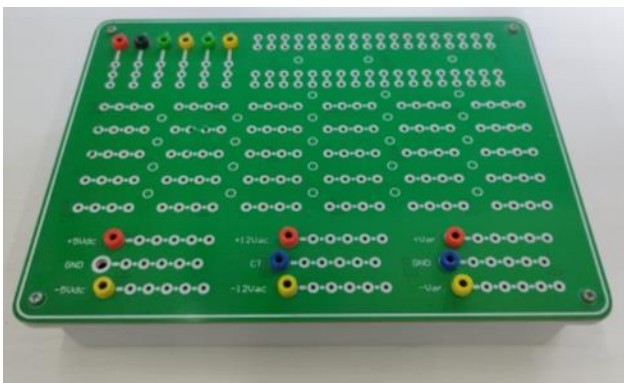


Gambar 4. Desain awal tempat komponen

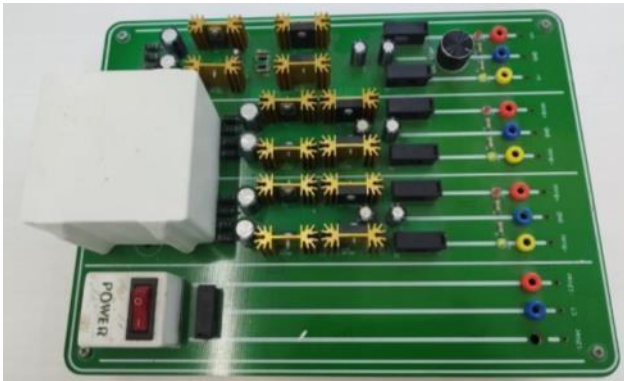
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Trainer versi awal

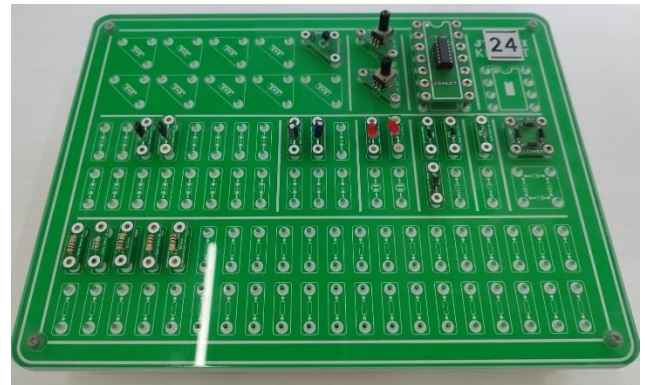
Tujuan pembuatan versi awal dari trainer ini adalah karena dari rancangan trainer awal yang telah buat kadang akan terdapat beberapa perbaikan yang harus dilakukan saat dilakukan uji coba secara langsung. Desain awal yang telah ada kemudian kita buat menggunakan software PCB *design* [13] yaitu DipTrace. Pembuatan prototipe awal dilakukan dengan menggunakan layanan pencetakan PCB dari JLCPCB [14-15], sebuah perusahaan yang menyediakan jasa pencetakan PCB dengan spesifikasi industri. Alasan pemilihan JLCPCB adalah karena keterbatasan fasilitas pencetakan PCB di Indonesia yang mampu mencetak dengan jumlah dan kualitas tinggi. Sebuah perusahaan yang berasal dari China yang berfokus pada pencetakan dan pembuatan PCB yang dapat diproses melalui layanan online. Hal ini dilakukan sebab untuk di Indonesia sendiri belum ada perusahaan yang mampu mencetak PCB dengan kualitas industri dan mampu melayani pemesanan dengan jumlah yang banyak. Berikut adalah hasil dari trainer praktikum elektronika berbasis PCB versi awal yang mempunyai ukuran 30x23cm.



Gambar 5. Hasil Trainer Board elektronika versi awal



Gambar 6. Hasil Power Supply versi awal



Gambar 7. Tempat komponen versi awal

B. Evaluasi trainer versi awal

Evaluasi dilakukan melalui beberapa tahap, termasuk pengujian oleh dosen dan laboran. Setiap aspek, mulai dari konektivitas komponen hingga kestabilan output power supply, diuji untuk memastikan bahwa trainer memenuhi kebutuhan praktikum. Evaluasi ini menghasilkan beberapa perubahan penting, termasuk penambahan kapasitas untuk IC dan penyesuaian tata letak komponen. Evaluasi terhadap prototipe awal dilakukan oleh dosen mata kuliah elektronika, kepala laboratorium, dan laboran. Evaluasi ini melibatkan pengujian terhadap konektivitas komponen, keandalan power supply, dan kesesuaian desain dengan kebutuhan praktikum. Masukan dari evaluasi digunakan untuk memperbaiki tata letak komponen, desain power supply, serta penyesuaian spesifikasi teknis. Evaluasi menunjukkan bahwa tempat komponen perlu diperluas untuk menampung lebih banyak IC, khususnya IC kaki 8 (seperti IC 741 dan IC 555), yang banyak digunakan dalam praktikum. Penyesuaian ini meningkatkan kapasitas trainer dalam mendukung berbagai jenis rangkaian yang lebih kompleks. Kemudian tata letak komponen juga diubah agar lebih rapi. Dari hasil pengujian output power supply

Evaluasi kedua dilakukan untuk bagian Power Supply, pada bagian Power Supply tegangan output Power Supply dilakukan pengukuran dan diperoleh data seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran tegangan Power Supply

<i>Output Power Supply</i>	<i>Hasil pengukuran</i>
Tegangan positif (V+)	Min = 1,5V, mak 20 V
Tegangan negatif (V-)	Min = - 1,5 V ; mak = -20 V
+ 9 V DC	+ 9,1 V
- 9 V DC	- 9,1 V
+ 5 V DC	+ 5,15 V
- 5 V DC	- 5,15 V
+ 12 V AC	+ 12 V AC
- 12 V AC	-12 V AC

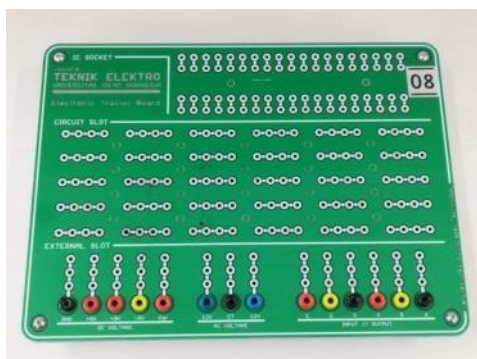
Dari Hasil pengukuran tegangan Power Supply terdapat output tegangan yang kurang sesuai dengan

yang diharapkan sehingga perlu adanya perbaikan pada rangkaian power supply yaitu dengan ditambahkan nya potensiometer untuk mengatur agar nantinya output tegangan sesuai dengan yang diharapkan. Hal kedua yang perlu diperbaiki dari bagian Power Supply adalah trafo 3A terlalu menjorok keluar sehingga pada modul versi akhir transformator akan setengahnya ditanam pada PCB sehingga yang menjorok keluar hanya sedikit bagian. Kemudian Tegangan negatif 5V dihilangkan karena pada saat praktikum tidak memerlukan tegangan negatif 5V DC. Tata letak dan desain Power Supply juga diubah lebih rapi serta ditambahkan keterangan nama trainer yaitu Power Supply unit dan tulisan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

Bagian Ketiga adalah tempat merakit komponen sebagai pengganti breadboard, pada evaluasi bagian ini perlu perbaikan pada bagian input tegangan yang berasal dari Power Supply diubah menjadi vertikal serta konektor yang digunakan untuk output dipindah ke bagian bawah. Desain dari bagian merangkai komponen juga sedikit diubah agar lebih menarik dengan ditambahkan tulisan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

C. Pembuatan trainer versi akhir

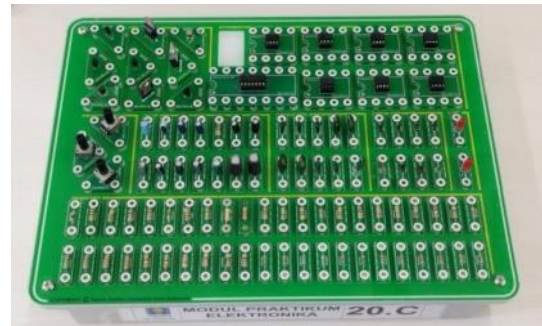
Tahapan setelah evaluasi adalah memperbaiki desain tempat komponen, Power Supply dan tempat merangkai. Sama dengan pada tahapan pembuatan versi awal pada pembuatan versi akhir menggunakan pihak ketiga untuk pembuatan PCB yaitu JLCPCB. Desain yang telah diperbaiki akan dikirim melalui website dari JLCPCB yang kemudian akan dibuat di China dan nantinya akan dikirim ke Indonesia melalui paket pesawat menggunakan DHL. Pada tahap pembuatan versi akhir disetujui akan dibuat 20 paket trainer praktikum elektronika yang nantinya akan digunakan untuk proses praktikum. Berikut ini hasil dari trainer praktikum elektronika versi akhir yang terdiri dari tempat komponen, Power Supply dan tempat merakit komponen.



Gambar 8. Trainer Board elektronika versi akhir



Gambar 9. Trainer Power Supply versi akhir



Gambar 10. Trainer elektronika tempat komponen

Beberapa perbaikan yang dilakukan pada trainer versi akhir adalah:

- a. Perbaikan desain tampilan trainer baik itu pada tempat komponen, Power Supply dan tempat merakit komponen.
- b. Penambahan potensiometer pada rangkaian regulator Power Supply agar output tegangan dapat diatur sehingga output tegangan sesuai.
- c. Penambahan display tegangan pada bagian tegangan variabel.
- d. Penataan desain tata letak komponen pada tempat komponen.
- e. Perubahan tata letak konektor input dan output pada trainer tempat merangkai.

Berikut ini hasil pengukuran tegangan pada trainer Power Supply.

Tabel 2. Hasil pengukuran Power Supply Trainer Board versi akhir

<i>Output Power Supply</i>	<i>Hasil pengukuran</i>
Tegangan Variable positif (V+)	Min = 0,1 V, maks 20 V
+ 9 V DC	+ 9,0 V DC
- 9 V DC	- 9,0 V DC
+ 5 V DC	+ 5,0 V DC
+ 12 V AC	+ 12 V AC
- 12 V AC	-12 V AC

Dari hasil pengukuran tegangan Power Supply diperoleh hasil tegangan yang sudah sesuai dengan yang diharapkan. Jika terjadi kelebihan atau kekurangan tegangan nantinya terdapat potensiometer yang dapat diatur agar tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan.

Bagian Trainer Board yang ketiga adalah tempat menyimpan komponen, pada tempat menyimpan komponen terbagi menjadi delapan bagian yaitu, resistor, LED, Kapasitor, dioda, elko, potensiometer, transistor & FET dan IC. Detail jumlah komponen ada pada tabel 3.

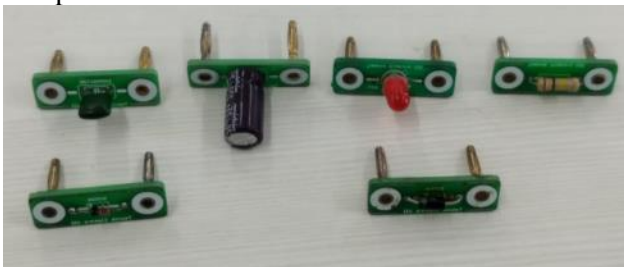
Tabel 3. Jumlah komponen

Nama komponen	Jumlah
Resistor	44
LED	2
Kapasitor	10
Dioda	8
Elko	14
Potensiometer	3
Transistor dan FET	9
IC	8

Jumlah komponen dan nilai komponen tentunya menyesuaikan dengan materi praktikum yang akan dilakukan. Sebagai contoh untuk resistor memiliki jumlah yang paling banyak hal ini kerana banyak rangkaian yang membutuhkan resistor dengan nilai yang berbeda beda. Nilai resistor yang digunakan mulai dari 10 Ω sampai 1 M Ω .

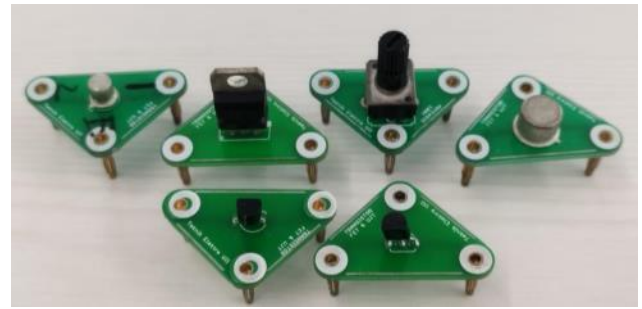
D. Komponen – komponen elektronika

Bagian yang tidak kalah penting dari trainer elektronika berbasis PCB ini adalah komponen-komponen elektronika. Pada bagian komponen PCB yang digunakan dari versi awal tidak ada evaluasi ataupun perubahan desain sehingga tetap dipertahankan. PCB komponen dibagi menjadi tiga bagian yaitu komponen elektronika yang mempunyai 2 kaki, 3 kaki dan IC. Untuk komponen dengan 2 kaki menggunakan PCB dengan bentuk persegi panjang dengan ukuran 26 x 8mm yang kemudian dipasangkan dengan pin banana 2 mm. Komponen yang mempunyai kaki 2 disini adalah resistor, diode, led dan kapasitor. Berikut adalah gambar PCB untuk komponen 2 kaki.



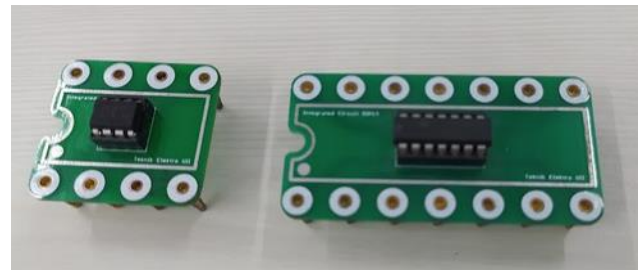
Gambar 11. PCB komponen elektronika kaki 2

PCB selanjutnya adalah komponen yang mempunyai 3 kaki, seperti transistor, potensiometer, dan FET. Untuk PCB tiga kaki mempunyai bentuk segitiga dengan ukuran sisi 3,3x2,5x2,5mm dan dipasangkan juga dengan konektor banana 2mm.



Gambar 12. PCB komponen elektronika kaki 3

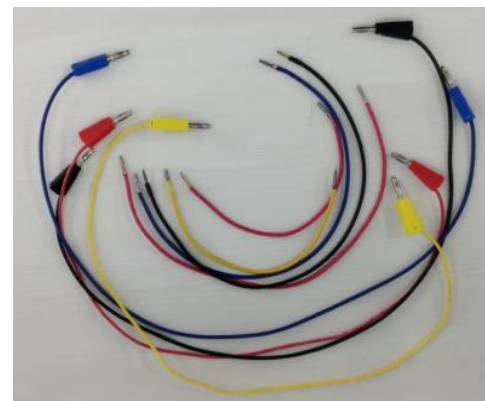
PCB komponen yang ketiga adalah *Integrated circuit* (IC). Pada trainer elektronika ini terdapat dua jenis ic yang digunakan yaitu ic yang mempunyai kaki 8 yaitu ic 741 (op-Amp) dan IC 555. Sedangkan satu lagi yaitu ic yang mempunyai 14 kaki yaitu IC op-amp seri LM324.



Gambar 13. PCB IC kaki 8 dan IC kaki 14

E. Kabel dan jumper

Sama halnya dengan praktikum elektronika yang menggunakan breadboard pada pelaksanaan praktikum elektronika dengan trainer elektronika berbasis PCB yang dibuat diperlukan kabel jumper untuk menghubungkan komponen dengan alat ukur atau dengan input output. Untuk jumper digunakan kabel serabut NYAF ukuran 0,75 yang disolder dengan konektor banana male 2mm. Sedangkan untuk menghubungkan trainer dengan Power Supply digunakan kabel NYAF ukuran 0,75 tapi menggunakan konektor banana male 4mm. Terdapat empat jenis warna kabel yang disiapkan yaitu merah, hitam, biru dan kuning menyesuaikan warna konektor yang ada pada Power Supply.



Gambar 14. Kabel jumper

F. Uji Coba rangkaian elektronika

Pengujian dilakukan terhadap versi akhir trainer menggunakan sampel rangkaian elektronik standar yang sering digunakan dalam praktikum teknik elektro, seperti rangkaian penyearah dua dioda. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi yang mewakili skenario praktikum sebenarnya. Pengujian dilakukan terhadap versi akhir trainer untuk memastikan fungsionalitas dan daya tahan, termasuk uji rangkaian penyearah dua dioda, pengukuran output power supply, serta pengujian terhadap ketahanan terhadap short circuit. Pengujian dilakukan menggunakan osiloskop GW-Instek GDS-1072B [16][17] untuk mengukur sinyal keluaran.



Gambar 15. Pengujian Trainer Board elektronika

Berikut ini hasil pengujian rangkaian penyearah dua dioda.

Tabel 4. Pengukuran pengujian rangkaian penyearah 2 dioda

Pengukuran	Hasil
Input	15 V Ac
V/div	10 V
Time/div	10 ms
Periode	20 ms
Frekuensi	50 Hz
Tegangan Output	12 V Dc

Pengujian rangkaian penyearah dua dioda menunjukkan bahwa trainer mampu berfungsi dengan baik tanpa gangguan pada sambungan komponen. Hal ini menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan penggunaan breadboard, yang sering kali mengalami masalah konektivitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa trainer ini berhasil mengatasi kelemahan breadboard, seperti konektor yang longgar dan risiko kerusakan akibat short circuit. Trainer terbukti lebih andal dan efisien dalam merakit

dan menguji rangkaian elektronik. Selain itu tempat komponen memudahkan kita mencari komponen yang diperlukan dan setelah selesai praktikum proses merapikan komponen akan lebih mudah dilakukan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan trainer praktikum elektronika berbasis PCB yang terdiri dari tiga komponen utama: board untuk merangkai rangkaian, Power Supply dengan output variabel, dan tempat penyimpanan komponen. Power supply menghasilkan tegangan keluaran +9 V DC, -9 V DC, +5 V DC, tegangan variabel 0-20 V, serta +12 V AC dan -12 V AC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa trainer berbasis PCB ini dapat menggantikan breadboard dengan keunggulan dalam hal ketahanan, konektivitas komponen yang lebih baik, serta kemampuan untuk bertahan dari short circuit, menjadikannya solusi yang lebih andal dan aman untuk praktikum. Meskipun hasil penelitian ini menunjukkan keberhasilan dalam pengembangan trainer yang lebih andal, masih terdapat beberapa keterbatasan, seperti ukuran yang cukup besar dan biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan breadboard. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengatasi kendala ini. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan versi miniatur dari trainer ini untuk mengurangi ukuran dan biaya produksi, serta memperluas penggunaannya pada praktikum yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Larasati.(2022). Rancang Bangun Trainer Elektronika Dasar Sebagai Alat Bantu Peraga Praktikum Pada Laboratorium Teknik Elektronika. *Jurnal Digit. Transform. Technol.*, 2 (1), pp. 4–7.
- [2] W. Hidayat and N. A. Sudiby. (2018). Penerapan Multimedia Pembelajaran Interaktif Elektronika dengan Framework RAD (Rapid Application Development) Menggunakan HTML. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains.*, 1(2), pp. 17–24.
- [3] A. Kurniawan and M. Anwar. (2022). Perancangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Macromedia Flash pada Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika. *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.*, 10(1), 1-8.
- [4] W. A. Putri and L. Slamet. (2021). Pengembangan E-Book Interaktif Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Kelas X Teknik Audio Video. *Jurnal Pendidik. Tambusai.*, 5(3), 10799–10813.
- [5] T. Pangaribowo, Y. Gunardi, M. H. I. Hajar, J.

- Andika, A. W. Dani, and F. Sirait. (2022). Pelatihan Perancangan Rangkaian Elektronika dengan Menggunakan Software Proteus untuk Siswa PKBM Wiyata Utama Jakarta Barat. *Jurnal Abdidas.*, 3(1), 191–197.
- [6] B. Fechera, M. Somantri, and D. L. Hamik. (2017). Desain dan Implementasi Media Video Prinsip-Prinsip Alat Ukur Listrik dan Elektronika. *Jurnal Innov. Vocat. Technol. Educ.*, 8 (2), 115–126.
- [7] R. M. Arpin. (2020). Skematik Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang pada Rangkaian Elektronika Analog. *Dewantara Jurnal Technol.*, 1(1), 22–24.
- [8] M. T. Dr. Muclas, *Simulator Breadboard: Perangkat Pembelajaran Teknik Digital*. UAD PRESS, Yogyakarta, 2022.
- [9] B. Wei, A. Marzabal, J. Perez, R. Pinyol, J. M. Guerrero, and J. C. Vasquez. (2019). Overload and short-circuit protection strategy for voltage source inverter-based UPS. *IEEE Trans. Power Electron.*, 34(11), pp. 11371–11382.
- [10] N. A. Wicaksono and A. Goeritno. (2022). Designing an Arduino Board-based Electronic Device Driven by GRBL Gru to Operate the Mini PCB Printing Machine., *Jurnal Rekayasa Elektr.*, 18(3) 8-16.
- [11] R. Hidayat, R. Setiawan, V. P. Fahriani, and E. A. Juanda. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Elektronika dan Pemrograman Menggunakan Alat Pelarut PCB (Printed Circuit Board) Pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Kabupaten Karawang. *Jurnal SinarFe7.*, 84–89.
- [12] M. Yusro, M. Ma'sum, M. Muhamad, and A. Jaenul. (2021). Pengembangan Trainer Aplikasi Multi-Sensors (TAMS) Berbasis Arduino dan Raspberry Pi. *Jurnal Risenologi.*, 6(1), 77–85.
- [13] D. Akaslan and M. H. Suzer. (2023). Absenteeism and Self-Efficacy on 3D Schematic Drawing and PCB Design Course. *International journal of Advanced Virtual Reality.*, 1(1), 26–35.
- [14] V. K. Abdrakhmanov, R. B. Salikhov, and S. A. Popov. (2021). Experience of using EasyEDA to develop training boards on the PIC16f887 microcontroller. *Jurnal Phys. Conf. Ser.*, 20(1), 20-30.
- [15] T. T. Olufemi and O. O. Akinwale. (2023). Application of Internet of Things (IoT) in Nigerian Power Grid Management. *Jurnal. Eng. Res. Reports.*, 25(2), 89–93.
- [16] Ġorġi Dimitrovski, M. Čundeva-Blajer, and K. Demerdžiev. (2023). Contribution to Improved Measurement and Calibration Capabilities in the Field of Measuring Instruments for High-Frequencies. *J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, 8(2), 101–107.
- [17] M. R. A. Fuaad, L. C. Yang, F. A. M. Ghazali, and M. S. M. Ali. (2020). Triboelectric generator using mesoporous polydimethylsiloxane and gold layer. *Jurnal Bull. Electr. Eng. Informatics.*, 9(5), 1803–1810.