

Rancang Bangun *Adjustable Power Supply* dengan *Overload Current Protection* Berbasis IC LM723

Ari Bawono Putranto¹, Fakhrudin Mangkusasmito¹, Much Azam¹, Zaenul Muhlisin², Megarini Hersaputri¹

¹ Program Studi STr. Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi Undip, Semarang, Indonesia

² Program Studi S1 Fisika, Fakultas Sains dan Matematika Undip, Semarang, Indonesia

Diterima 21 Mei 2021

Disetujui 08 Juni 2021

Abstract— The type of power supply that is commonly used is the adjustable power supply. Its ability to generate a varying voltage levels, making it suitable for testing a wide variety of electronic circuits. Conventional protection system of this type is usually a fuse, overcurrent event occurred due to improper installation of the components and circuit design will make this protection system is active and needed replacement fuse. To eliminate the need for fuse purchases at the Instrumentation and Electronics Engineering Laboratory, Undip Vocational School, an adjustable power supply was built with an overload current protection based on the LM723 IC for an operating level of 1 ampere. The system was built as non fuse protection current limiter. This study will describe the stages of manufacture and testing system. The test results show that the power supply output is linear with the coefficient of determination = 0.99 and correlation = 0.99. The system can also limit the average maximum working current of 0.95 for several variations of load resistance.

Index Terms—adjustable power supply, LM723, non fuse protection, overload current protection

I. PENDAHULUAN

Power supply merupakan perangkat yang digunakan untuk menyuplai tegangan listrik pada suatu beban listrik. Perangkat ini umum digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik dan kegiatan praktikum di bidang elektro[1]. Berdasarkan fungsinya, *power supply* dapat dikategorikan menjadi *regulated power supply*, *unregulated power supply*, dan *adjustable power supply*[2]–[4]. Jenis *adjustable power supply* termasuk jenis yang sangat populer di dunia pendidikan dan penelitian karena kemampuannya untuk mengubah-ubah level tegangan maupun arus, sehingga cocok untuk melihat output dari rangkaian elektronik percobaan dengan beberapa variasi nilai input [5]. Kesalahan dalam prosedur operasional baik diakibatkan kesalahan pemasangan komponen, maupun kesalahan dalam membaca skematik rangkaian berpotensi mengakibatkan terjadinya peristiwa *overcurrent* maupun *shortcircuit*

yang dapat menyebabkan kerusakan pada *power supply*. Untuk menghindari hal tersebut sering ditambahkan *fuse* untuk mengamankan rangkaian utama *power supply* [6]. Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Elektronika, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Undip, juga menyelenggarakan berbagai praktikum dengan kebutuhan *adjustable power supply*, di antaranya, praktikum elektronika dasar, praktikum dasar instrumentasi, dan praktikum teknik digital. Data inventaris dan penggunaan alat sepanjang periode tahun 2017-2018 di laboratorium menunjukkan rata-rata penggantian *fuse* sejumlah 5 per tahun pada jenis *power supply* tersebut. Untuk mengurangi pemberian barang habis pakai berupa *fuse* untuk *power supply*, maka dibangunlah sebuah *power supply* baru dengan melakukan modifikasi dari jenis *power supply* yang tersedia di laboratorium. Pada penelitian ini dibahas tentang studi dan langkah pembuatan rancang bangun *adjustable power supply* dengan mekanisme *overload current protection* berbasis IC LM723 yang dapat direset dan digunakan kembali, tanpa perlu melakukan penggantian *fuse*. Beberapa pengujian juga akan dilakukan untuk mengevaluasi performa *power supply* yang dibuat.

II. METODOLOGI

A. Review Literatur

Secara umum, prinsip rangkaian *power supply* terdiri atas tiga komponen utama yaitu transformator sebagai penurun tegangan listrik, dioda sebagai penyearah tegangan dan kondensator atau kapasitor sebagai filternya. Pada pembuatan rangkaian *power supply*, selain menggunakan komponen utama tersebut juga diperlukan komponen tambahan untuk mendukung agar rangkaian tersebut dapat berfungsi dengan baik antara lain : sakelar, sekering (*fuse*), regulator tegangan, PCB (*Printed Circuit Board*) dan kabel. Baik komponen utama ataupun komponen pendukung sama-sama berperan penting dalam rangkaian *power supply* untuk mendukung keamanan

pengguna pada saat digunakan terlebih lagi untuk kegiatan yang bersifat eksperimen atau praktik [7].

1) Transformator

Transformator konvensional terdiri dari dua lilitan kumparan utama yaitu kumparan primer dan sekunder. Pada transformator step-down, tegangan lilitan kumparan primer akan diturunkan pada kumparan sekunder, yang besarnya tegangan sesuai jumlah dari masing-masing jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut. Jika kumparan primer terdapat N_P lilitan diberi sumber tegangan V_P dan kumparan sekunder terdapat N_S lilitan maka dapat diperoleh persamaan untuk tegangan sekunder V_S sebagai berikut:

$$V_S = \frac{N_S}{N_P} \times V_P \quad (1)$$

Dengan:

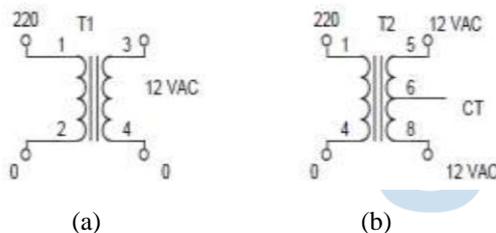
V_S : Nilai tegangan sekunder (V)

V_P : Nilai tegangan primer (V)

N_S : jumlah kumparan lilitan sekunder

N_P : jumlah kumparan lilitan primer

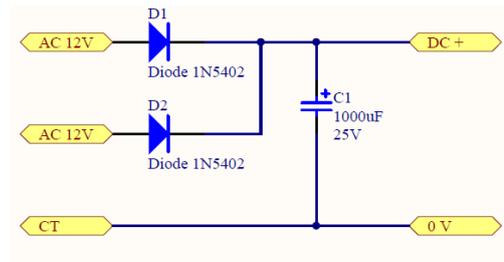
Pada pembuatan power supply DC diperlukan transformator inti besi yang memiliki fungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan primer sebesar 220 volt atau 380 volt, menjadi nilai tegangan yang lebih rendah pada bagian lilitan kumparan sekundernya, 6 volt, 9 volt, 12 volt, dan 15 volt. Secara umum terdapat dua jenis transformator inti besi yang digunakan untuk menurunkan tegangan yaitu transformator penurun tegangan dengan CT (Center Tap) dan transformator penurun tegangan tanpa CT[8].



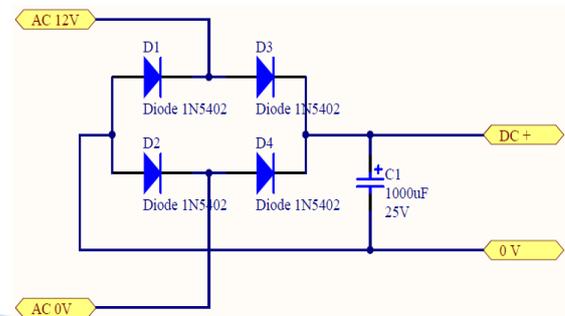
Gambar 1. a). Simbol transformator inti besi tanpa CT
b). Transformator inti besi dengan CT

2) Penyearah Tegangan DC

Penyearah (rectifier) merupakan bagian terpenting dari *power supply* DC yang berfungsi mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Pada *power supply* dengan transformator inti besi umumnya menggunakan sistem penyearah dioda jembatan penuh. Gambar 2 menunjukkan rangkaian penyearah tegangan dengan dioda gelombang penuh dengan Trafo CT dan non Trafo CT [9].



(a)



(b)

Gambar 2. Rangkaian penyearah tegangan gelombang penuh (a) Trafo CT (b) Trafo non CT

3) Regulator Tegangan LM723

IC LM723 merupakan salah satu IC regulator yang dapat mengubah tegangan DC input menjadi tegangan DC dengan nilai output yang bias diatur. Umumnya IC LM723 ini biasa dipakai pada rangkaian *power supply* sebagai IC pengatur tegangan. IC LM723 ini dapat digunakan untuk mengatur output tegangan DC *power supply* dari 0 hingga 35 volt dengan tegangan input maksimum sebesar 40 volt. IC LM723 ini tidak hanya dapat digunakan sebagai linier regulator, akan tetapi dapat pula digunakan sebagai rangkaian pada switch regulator[10]. Gambar 3 menunjukkan bentuk fisik IC tersebut.



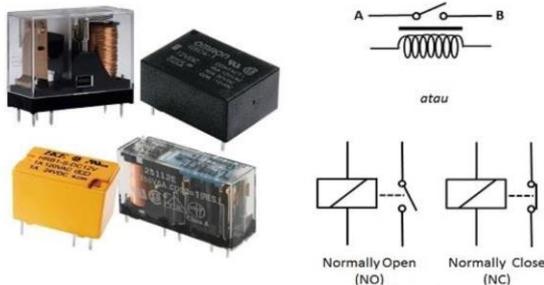
Gambar 3. Bentuk Fisik IC LM723

4) Relay

Relay merupakan saklar elektronik (*switch*) yang dapat dioperasikan menggunakan tegangan listrik dan merupakan komponen elektromekanik yang memiliki 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*coil*) dan Mekanika seperti kontak saklar yang dapat dikendalikan oleh medan magnet. Sebuah relay menggunakan suatu prinsip elektromagnetik supaya dapat menghubungkan kontak saklar dengan arus listrik yang kecil (*low power*) untuk dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi atau arus yang lebih besar. Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Elektromagnet (*Coil*)
2. Lengan ayun (*Armature*)
3. Saklar (*Switch Contact Point*)
4. Pegas (*Spring*)

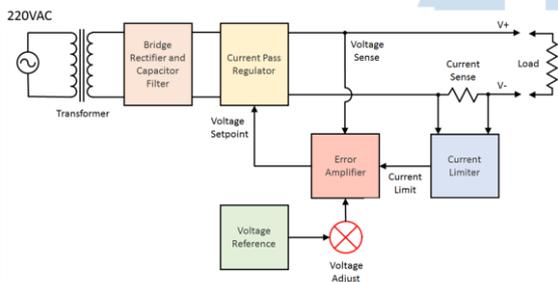
Bentuk dan simbol dari komponen relay secara umum ditunjukkan oleh Gambar 4[11].



Gambar 4. Bentuk dan simbol komponen relay.

B. Diagram Blok Power Supply

Rancang bangun *adjustable power supply* dengan *overload current protection* berbasis IC LM723 yang dibuat pada penelitian ini secara umum diperlihatkan oleh Gambar 5. berikut.



Gambar 5. Diagram blok *power supply*

Dari Gambar 5 tersebut, bagian-bagian dari *power supply* secara umum terdiri dari:

- **Bridge Rectifier and Capacitor Filter**
Mengubah keluaran trafo *stepdown* dari tegangan AC ke tegangan DC agar dapat digunakan oleh blok fungsional selanjutnya
- **Voltage Reference**
Menyediakan tegangan *fix* sebagai referensi yang diperlukan oleh blok fungsional lainnya untuk mengatur keluaran tegangan dan keluaran arus yang diizinkan. IC LM 723 merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk meregulasi level tegangan pada blok ini.
- **Error Amplifier**
Sebagai komparator antara nilai keluaran yang diinginkan dan nilai aktual dari output, hasil komparasi tersebut akan diteruskan pada blok *current pass regulator*.

- **Current Limiter**

Serupa dengan blok *error amplifier*, hanya saja blok ini berfungsi untuk mendeteksi keluaran arus dan memberikan sinyal pada *error amplifier*, saat terjadi arus berlebih dan mencegah kerusakan komponen akibat kesalahan *wiring* maupun desain.

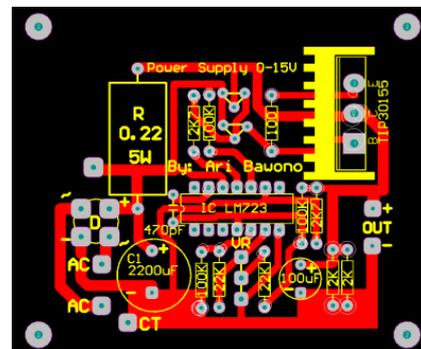
- **Current Pass Regulator**

Blok ini bekerja untuk menjaga level tegangan yang ditentukan oleh *error amplifier*. Saat operasi normal, daya yang dikonsumsi oleh rangkaian yang dihubungkan pada *power supply* akan lebih rendah dari keluaran daya *bridge rectifier*. Perbedaan daya ini diproses oleh *current pass regulator* dan dikonversi menjadi kalor, sehingga pada blok ini umumnya dipasang bersama *heatsink* yang berukuran besar. Komponen relay merupakan salah satu komponen yang digunakan pada blok ini untuk memutuskan arus saat terjadi fenomena *overcurrent*..

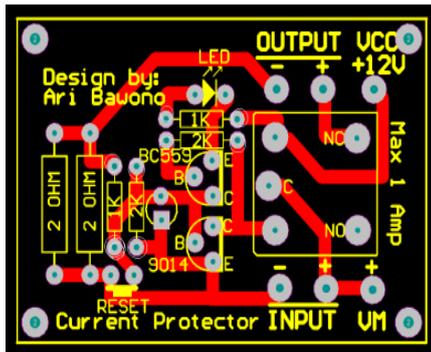
Berdasarkan diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 5 tersebut akan dibuat sebuah *adjustable power supply* yang mampu memvariasikan tegangan hingga 12.5 volt dengan arus maksimal sebesar 1 ampere.

C. Perancangan Desain dan Pembuatan Layout Printed Circuit Board (PCB)

Pada perancangan desain layout PCB ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software altium PCB* untuk membuat jalur PCB berdasarkan skematik rangkaian yang telah dirancang dan diuji di laboratorium. Pembuatan desain *layout* PCB dilakukan menjadi dua bagian terpisah antara lain bagian rangkaian regulator IC LM723 dan bagian rangkaian proteksi arus lebih seperti yang ditunjukkan Gambar 6 dan Gambar 7 berikut.

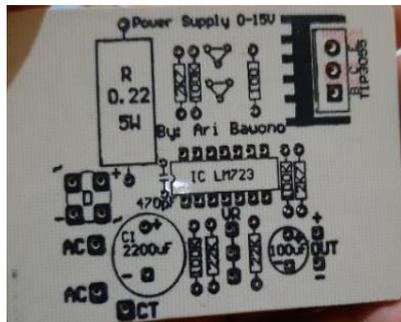


Gambar 6. Desain layout rangkaian regulator tegangan IC LM723

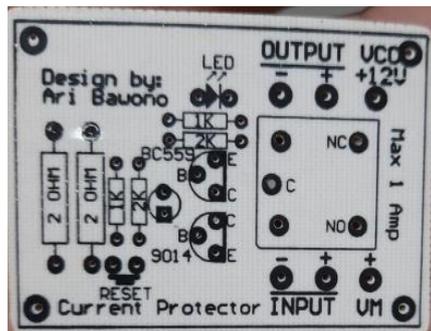


Gambar 7. Desain layout rangkaian proteksi arus lebih DC

Pembuatan PCB dilakukan dengan menggunakan bahan fiber dan dicetak dengan metode sablon, dimana bagian atas digunakan untuk *layout* gambar komponen dan *layout* bawah untuk jalur konduktansi tembaga. Hasil pembuatan PCM diperlihatkan oleh Gambar 8 dan Gambar 9 berikut.



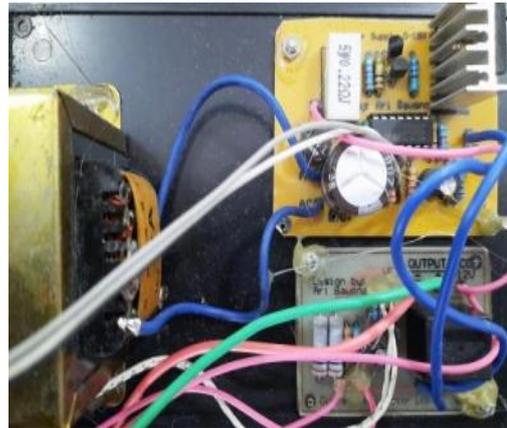
Gambar 8. Hasil PCB regulator LM723



Gambar 9. Hasil PCB regulator LM723

D. Perakitan Power Supply

Pada tahapan perakitan ini dimulai dengan pemasangan komponen pada PCB sesuai gambar yang telah dicetak pada PCB layout atas. Pemasangan komponen dilakukan pada kedua PCB rangkaian regulator dan rangkaian proteksi arus. Setelah pemasangan komponen kemudian dilakukan penyolderan kaki – kaki komponen. Selanjutnya setelah dilakukan penyolderan dilakukan proses *masking* jalur PCB agar jalur tidak mudah rusak saat dilewati arus dan tidak mudah korosif. Hasil pemasangan komponen dan perakitan dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemasangan komponen *power supply*

Selanjutnya seluruh komponen tersebut ditempatkan pada *casing box* plastik isolator untuk melindungi komponen dan memudahkan operasional alat, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 11. Pemasangan komponen *power supply*

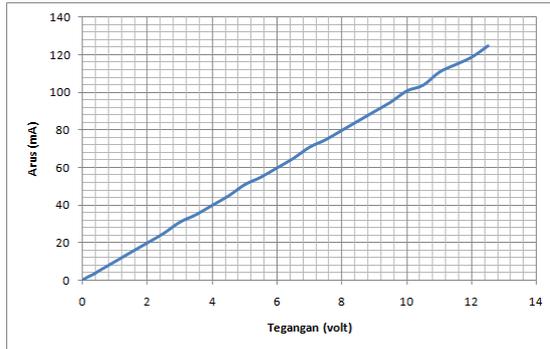
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian pertama dilakukan uji keluaran arus dengan menggunakan beban tahanan sebesar 1 Kohm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus keluaran *power supply* dari nilai terkecil hingga nilai maksimum yang diukur dengan voltmeter dan amperemeter digital. Saat pengujian tegangan *adjustable power supply* yang dibuat divariasikan dari 0 hingga nilai maksimum sebesar 12,5 volt dengan perubahan tegangan terkecil sebesar 0,1 volt.



Gambar 12. Konfigurasi pengujian *power supply*

Data hasil pengujian yang diperoleh ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 13 berikut



Gambar 13. Hasil pengujian *power supply* dengan R = 1 Kohm

Selanjutnya dilakukan analisis regresi linier dengan Ms. Excel untuk melihat linieritas model antara data tegangan dan arus. Hasil analisis regresi linier yang didapatkan diperlihatkan oleh Tabel 1 berikut

Tabel 1. Analisis Regresi Linier

Unit	Nilai
Koefisien Korelasi	0.999939885
Koefisien Determinasi	0.999879774
Standard Error	0.462077383
Jumlah Data	34

dan didapatkan persamaan model linier sebagai berikut

$$y = 9.99x + 0.01 \quad (2)$$

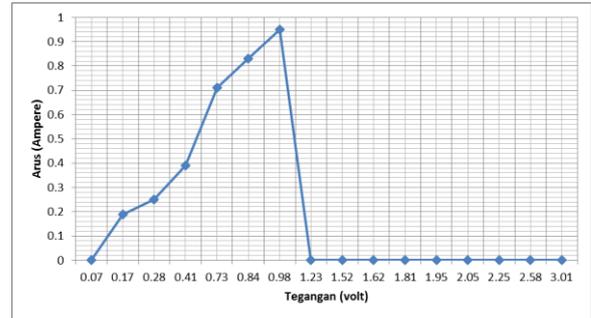
Pada pengujian kedua *power supply* dilakukan uji proteksi arus lebih (*overload current protection*) terhadap variasi beban dengan nilai tahanan kecil yaitu 1 ohm sampai dengan 6 ohm berdaya 5 watt. Digunakan rangkaian resistor seri untuk memperoleh variasi nilai resistor yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6 ohm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Konfigurasi pengujian *power supply* pada beban 6 ohm.

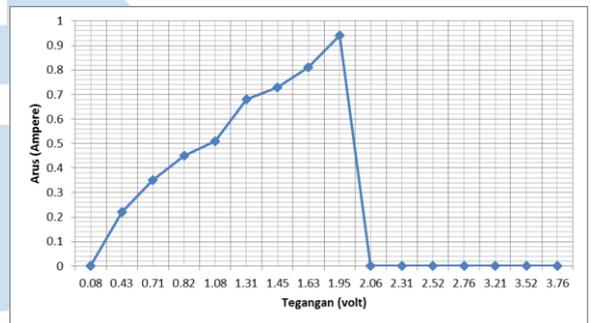
Pengujian masing-masing beban dilakukan dengan mengatur variasi tegangan dari tegangan terendah hingga tegangan *threshod* saat arus mencapai batas proteksi sebesar 1 A. dan sampai terjadi pemutusan arus secara otomatis oleh relay. Hasil pengujian *power*

supply dengan beban 1 ohm diperlihatkan oleh Gambar 15.



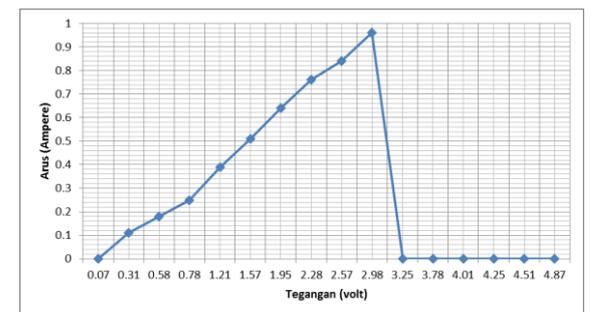
Gambar 15. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 1 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 15, terlihat bahwa pada beban 1 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,95 A pada level tegangan 0,98 V, dan pada level tegangan 1,23 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 2 ohm diperlihatkan oleh Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 2 ohm.

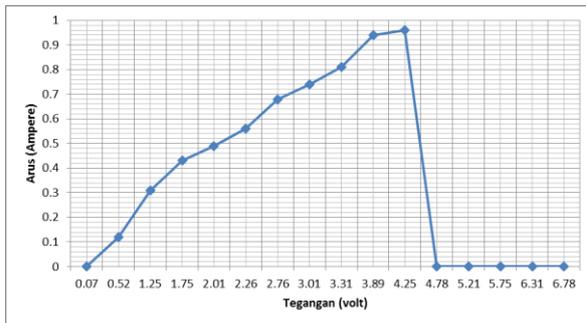
Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 16, terlihat bahwa pada beban 2 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,94 A pada level tegangan 1,95 V dan pada level tegangan 2,06 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 3 ohm diperlihatkan oleh Gambar 17 berikut.



Gambar 17. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 3 ohm.

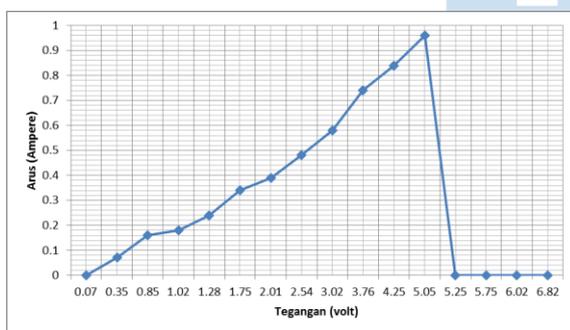
Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 17 terlihat bahwa pada beban 3 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 2,98 V

dan pada level tegangan 3,25 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 4 ohm diperlihatkan oleh Gambar 18 berikut.



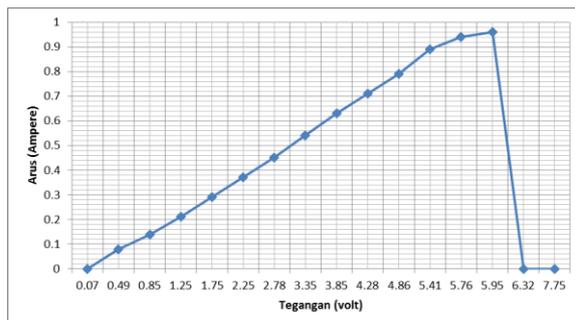
Gambar 18. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 4 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 18 terlihat bahwa pada beban 4 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 4,25 V dan pada level tegangan 4,78 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 5 ohm diperlihatkan oleh Gambar 19 berikut.



Gambar 19. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 5 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 19 terlihat bahwa pada beban 5 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 5,05 V dan pada level tegangan 5,25 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Selanjutnya untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 6 ohm diperlihatkan oleh Gambar 20 berikut.



Gambar 20. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 6 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 20 terlihat bahwa pada beban 6 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 5,95 V dan pada level tegangan 6,32 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik.

IV. KESIMPULAN

Kombinasi antara menggunakan IC regulator tegangan LM723 dan rangkaian relay proteksi arus lebih, sangat efektif diterapkan pada perangkat *adjustable power supply* dalam skala laboratorium untuk dapat meningkatkan keamanan peralatan dalam penggunaan kegiatan praktik. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa *power supply* dengan proteksi arus lebih tersebut mampu membatasi arus rata-rata operasional sebesar 0,955 ampere serta pada *power supply* dilengkapi pula lampu indikator proteksi. Sehingga lebih praktis dan aman untuk penggunaan praktek jika terjadi beban lebih atau hubungan singkat. Karena cukup dengan menekan tombol reset maka *power supply* dapat digunakan kembali secara normal tanpa harus melakukan penggantian sekering atau *fuse* pada peralatan *power supply* tersebut. Pada skenario pengujian pertama, menunjukkan linieritas keluaran *power supply* yang baik, ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yang hampir bernilai 1, yaitu 0,99. Pada pengujian beban tahanan resistor 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 ohm dengan daya resistor 5 watt diperoleh batas ambang sesaat sebelum terjadi proteksi arus dengan nilai rata-rata sebesar 0,955 ampere serta selisih arus maksimum sebelum terjadi protek pada beberapa pengujian beban sebesar 0,02 ampere.

Pembuatan *adjustable power supply* dengan *overload current protection* yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Elektronika, Sekolah Vokasi Undip ini dapat dilakukan dengan memodifikasi jenis *power supply* yang telah dimiliki, komponen umum yang dapat digunakan kembali adalah transformator. Hasil penggunaan *power supply* ini juga mampu menghilangkan kebutuhan pembelian *fuse* yang mencapai 5 buah per tahun di laboratorium, sepanjang tahun 2019. *Power supply* tersebut juga beroperasi dengan baik selama 2 semester, sebelum praktikum *offline* mulai dihentikan pada awal tahun 2020 akibat pandemi. Hal yang menjadi catatan adalah perlunya sosialisasi penggunaan alat, karena seringkali saat terjadi peristiwa *overcurrent*, praktikan mengalami kebingungan karena *power supply* tidak dapat dioperasikan, walau sudah diberikan petunjuk khusus pada *power supply*, dan lampu indikator *overcurrent* telah aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Enny, "Optimalisasi Penggunaan Alat Praktikum Power Supply Switching dengan Menggunakan Topologi Half Bridge Konverter sebagai Alat Bantu Praktikum Elektronika Analog," *Optim. Pengguna. Alat Prakt. Power*

- Supply Switch. dengan Menggunakan Topol. Half Bridg. Konvert. sebagai Alat Bantu Prakt. Elektron. Analog*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [2] N. H. Azrin and W. C. Holz, “A WELL-REGULATED DC POWER SUPPLY,” *J. Exp. Anal. Behav.*, 1963.
- [3] A. M. R. Amaral and A. J. M. Cardoso, “Unregulated AC-DC power supply under heavy load operation: Simulation and design,” in *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2017.
- [4] G. Jian, Z. Jie, and Z. Li, “Design of a DC Linear Power Supply with Adjustable Voltage,” *IERI Procedia*, 2012.
- [5] W. Yang, J. Huang, and Z. Dai, “Design of a High-precision DC regulated power supply system,” in *Proceedings of 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2020*, 2020.
- [6] S. Pindado, D. Alcalá-González, D. Alfonso-Corcuera, E. M. García del Toro, and M. I. Más-López, “Improving the Power Supply Performance in Rural Smart Grids with Photovoltaic DG by Optimizing Fuse Selection,” *Agronomy*, 2021.
- [7] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, “Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, 2018.
- [8] A. B. Laksono, “Rancang Bangun Kombinasi Trafo 1 Ampere CT dan 5 Ampere Engkel Untuk Efisiensi Power Amplifier Class GB (Groudbridge),” *J. Elektro*, 2019.
- [9] P. A. Susetiyadi Susetiyadi, “PENILAIAN PADA PRAKTIKUM MATAKULIAH PRAKTIKUM ELEKTRONIKA ANALOG,” *J. Pendidik. Prof.*, vol. 5.1, 2016.
- [10] O. Ursaru, C. Aghion, and M. Lucanu, “Hysteretic-controlled voltage regulator using integrated circuit LM723,” *Elektron. ir Elektrotehnika*, 2009.
- [11] M. Saleh and M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Buana*, 2017.

