

RANCANG BANGUN ALAT INJEKSI ARUS UNTUK DIGUNAKAN PADA PRAKTIKUM PENGUJIAN THERMAL OVERLOAD RELAY (TOR) DI LABORATORIUM

Muhammad Syahwil¹, Darmawansyah Bandoe²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This study aims to design and manufacture a current injection device equipped with an automatic timer control for use in the Thermal Overload Relay (TOR) testing practicum in the electrical machinery laboratory of the State Polytechnic of Ujung Pandang. The working method of this current injection is to vary the voltage on the primary side of the transformer using a power regulator, then on the secondary side of the transformer a power resistor is installed to limit the current on the secondary side so that the injection current on the secondary side of the transformer changes according to the power regulator settings until it reaches 10 Ampere. This research is a type of applied research by testing the design results in the laboratory, with three stages of testing, namely technical testing, functional/work testing, and equipment feasibility testing. The result of the research is that the current injection kit is in a modular form and can operate according to the desired design and specifications. Based on the test results of function and performance, this current injection kit can produce a variety of current output from 0 to 10 Ampere. This current injection kit works well when applying the TOR test. Where the relay experiences TRIP if it is given an injection current greater than the TOR setting current, and the relay disconnection time on the timer is recorded when the relay is overloaded. Similarly, according to the results of technical testing, the insulation resistance between all live terminals and the body meets the minimum standard of insulation resistance so that there is no voltage or short circuit in the body. Thus, this tool is safe to use for TOR testing in the laboratory.

Keywords: *Current injection, injection kit, Thermal Overload Relay (TOR)*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mendesain dan membuat alat injeksi arus yang dilengkapi kontrol pewaktu otomatis untuk digunakan pada praktikum pengujian Thermal Overload Relay (TOR) di laboratorium mesin-mesin listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Metode kerja dari injeksi arus ini yaitu memvariasikan tegangan di sisi primer trafo menggunakan regulator daya, kemudian pada sisi sekunder trafo dipasang resistor daya untuk membatasi arus sisi sekunder sehingga diperoleh arus injeksi di sisi sekunder trafo yang berubah sesuai pengaturan power regulator tersebut hingga mencapai 10 Ampere. Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan dengan pengujian alat hasil rancangan di laboratorium. Dengan tiga tahapan pengujian yaitu uji teknis, uji fungsi/kerja, dan uji kelayakan alat. Hasil penelitian diperoleh kit injeksi arus dalam bentuk modular dan dapat beroperasi sesuai rancangan dan spesifikasi yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian fungsi dan unjuk kerja, kit injeksi arus ini dapat menghasilkan variasi output arus dari 0 s.d 10 Ampere. Kit injeksi arus ini berfungsi dengan baik saat pengaplikasian pengujian TOR. Dimana relay mengalami TRIP jika diberi arus injeksi lebih besar dari arus setting TOR, dan waktu pemutusan relay pada timer tercatat pada saat relay mengalami overload. Demikian pula, hasil pengujian teknis, tahanan isolasi antara semua terminal bertegangan dan body memenuhi standar minimal tahanan isolasi sehingga tidak ada tegangan atau hubung singkat pada body. Dengan demikian, alat ini aman digunakan untuk pengujian TOR dilaboratorium.

Kata Kunci: *Injeksi arus, alat uji dan TOR.*

1. PENDAHULUAN

Praktikum adalah kegiatan belajar yang berbentuk pengamatan terhadap percobaan atau pengujian di laboratorium yang diikuti dengan analisis dan penyimpulan terhadap hasil pengamatan tersebut [1]. Dalam kegiatan praktikum biasanya menggunakan modul praktik yang terdapat alat-alat ukur atau alat uji untuk mengamati parameter-parameter dari suatu percobaan. Seperti halnya pada Laboratorium Mesin-mesin Listrik, jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang terdapat mata praktikum pengujian Thermal Overload Relay (TOR), dimana tujuan praktikum ini agar mahasiswa memahami cara kerja operasi peralatan proteksi Thermal Overload Relay, memahami karakteristik waktu pemutusan TOR, dan mengetahui aplikasi atau penggunaan dari TOR. Thermal relay atau overload relay adalah peralatan switching yang peka terhadap suhu

¹Korespondensi penulis: Muhammad Syahwil, email : syahwil.alwi@gmail.com

dan akan membuka atau menutup kontaktor pada saat suhu yang terjadi melebihi batas yang ditentukan atau peralatan kontrol listrik yang berfungsi untuk memutuskan jaringan listrik jika terjadi beban lebih [2].

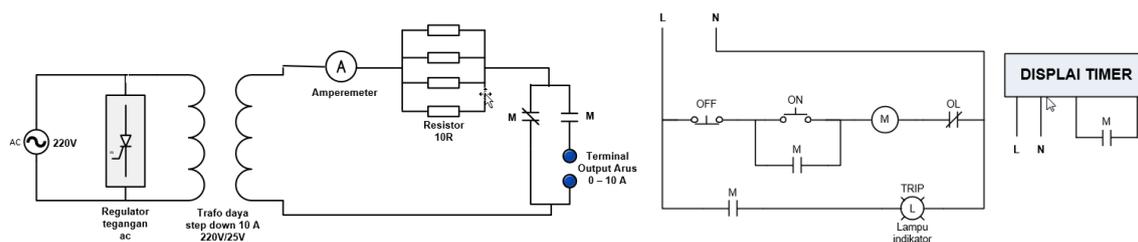
Pada kegiatan praktikum saat ini, mahasiswa masih menggunakan rangkaian terpisah berupa power suplai dc dan beban lampu 400 watt untuk memperoleh arus uji atau injeksi arus sehingga arus yang bisa diperoleh dari rangkain tersebut hanya sebatas 2 Ampere (maksimum), demikian pula untuk mencatat waktu pemutusan relai masih menggunakan stopwatch manual sehingga kurang optimal karena tergantung kesigapan praktikan memencet stopwatch saat sebelum dan setelah relai mengalami overload/trip. Sehubungan rangkaian injeksi arus yang ada pada laboratorium memiliki keterbatasan dalam kapasitas arusnya dan dalam pencatatan waktu pemutusan relai yang masih manual maka untuk menunjang proses pengujian karakteristik Thermal Overload Relay di laboratorium diperlukan suatu alat injeksi arus.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk membuat rancang bangun kit injeksi arus yang keluaran arusnya dapat divariasikan dari 0 s/d 10 Ampere dan dilengkapi dengan timer yang otomatis menghitung waktu pemutusan (waktu trip) saat relai mengalami overload. Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah mendesain dan membuat alat injeksi arus yang keluarannya dapat divariasikan dari 0 s.d 10 Ampere serta dilengkapi dengan timer yang otomatis menghitung nilai waktu saat relay mengalami overload atau trip.

Penelitian terdahulu telah dilakukan oleh [3] menghasilkan injeksi arus yang dapat memvariasikan arus sampai dengan 40A dengan topologi rangkaian menggunakan autotrafo sebagai regulator daya pada sisi primer transformator dan memanfaatkan karakteristik hubung singkat transformator untuk memperoleh injeksi arus pada sisi sekunder transformator. Pada penelitian ini untuk memvariasikan besar tegangan pada sisi primer transformator tidak menggunakan autotrafo akan tetapi menggunakan rangkaian regulator daya berupa pengendali tegangan AC (kit rangkaian elektronika daya) dan untuk mendapatkan injeksi arus pada sisi sekunder transformator menggunakan resistor daya yang disusun secara paralel.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan. Riset terapan, merupakan riset untuk menguji dan menerapkan teori untuk pemecahan permasalahan yang riil, mengembangkan dan menghasilkan produk, dan memperoleh informasi untuk dasar dalam pembuatan keputusan. Penelitian terapan menekankan pada kemanfaatan secara praktis hasil penelitian untuk mengatasi masalah yang konkrit, serta menemukan produk baru yang bermanfaat bagi kehidupan [4]. Untuk itu, penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan sebagai berikut: identifikasi masalah; studi literatur; perancangan layout modul kit injeksi arus; perhitungan spesifikasi dan penyediaan komponen injeksi arus seperti power regulator ac, transformator, resistor, rangkaian kontrol timer dll; perakitan kit injeksi arus dan tahapan akhir pengujian alat. Kit injeksi arus dirancang menggunakan konsep modular melalui tahap desain menggunakan software microsoft visio, kemudian design dicetak ke dalam akrilik, dan merangkai komponen alat injeksi arus pada box sebagaimana diagram rangkaian daya dan rangkaian kontrol seperti gambar 1.



Gambar 1. diagram rangkaian daya dan kontrol injeksi arus

Setelah komponen telah dirakit selanjutnya melakukan pengujian alat dengan tiga tahap pengujian yaitu uji teknis, uji fungsi/kerja, dan uji kelayakan alat. (1) Uji teknis : dilakukan untuk mengetahui kondisi instalasi dan keamanan instalasi dari kit injeksi arus yang telah dirakit. (2) Uji Fungsi dan Unjuk Kerja: dilakukan untuk mengetahui apakah alat ini setelah dirangkai sesuai gambar rangkaian akan berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya. (3) Uji kelayakan alat: Pengujian kelayakan alat dilakukan dengan mengoperasikan kit injeksi arus yang telah dibuat berkali-kali pada interval waktu tertentu untuk melihat kemampuan atau kelayakan alat untuk dapat bekerja baik bila dipakai secara terus menerus dan berulang-ulang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Kit Injeksi Arus

Alat injeksi arus yang telah didesain dan dibuat diperlihatkan seperti gambar 2.



Gambar 2. Kit Injeksi arus hasil penelitian

Hasil Pengujian Teknis

Proses pengujian dilakukan dengan cara mengamati, memeriksa instalasi pengkabelan dan mengukur tahanan isolasi pada setiap terminal dari modul kit injeksi arus menggunakan megger merek METREL (alat ukur tahanan isolasi), Multimeter digital SANWA CD771 dan kabel jumper.



Gambar 3. Pengujian teknis dan variasi output arus

Tabel 1. Data hasil pengujian teknis

NO	Bagian yang dicek	Hasil
1	Pengecekan sambungan kabel antar komponen	Baik
2	Pengecekan komponen trafo, timer, sekering, kipas pendingin, resistor dan magnetik kontaktor	Berfungsi Baik
3	Pengukuran tahanan isolasi : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Terminal input fasa dan body (grounding) ▪ Terminal input netral dan body ▪ Terminal A1 dan body ▪ Terminal A2 dan body ▪ Terminal kontak NC1 dan body ▪ Terminal kontak NC2 dan body ▪ Terminal kontak NO1 dan body ▪ Terminal kontak NO2 dan body ▪ Terminal output arus I1 dan body ▪ Terminal output arus I2 dan body 	680 MΩ 70,6 MΩ 73,1 MΩ 74,2 MΩ 72,4 MΩ 506 MΩ 73,3 MΩ 270 MΩ 160 MΩ 370

Berdasarkan data hasil pengujian teknis diatas disimpulkan bahwa kondisi instalasi dan kinerja komponen berfungsi dengan baik dan dari hasil pengukuran tahanan isolasi diperoleh hasil sangat baik sesuai dengan standar minimal tahanan isolasi yakni 1000 ohm/volt, sehingga untuk tegangan kerja alat ini yang nominalnya 220 V, berdasarkan standar minimal, harus memiliki tahanan isolasi lebih besar $220 \text{ V} \times 1000 \Omega = 220 \text{ k}\Omega$. Dari hasil pengukuran, semua titik pengukuran diperoleh hasil lebih besar dari tahanan isolasi standar minimal. Sebagaimana hasil pengukuran dalam tabel pengujian diperoleh hasil minimal 70,6 MΩ. Dengan demikian, alat ini aman dari tegangan atau hubung singkat pada Brody.

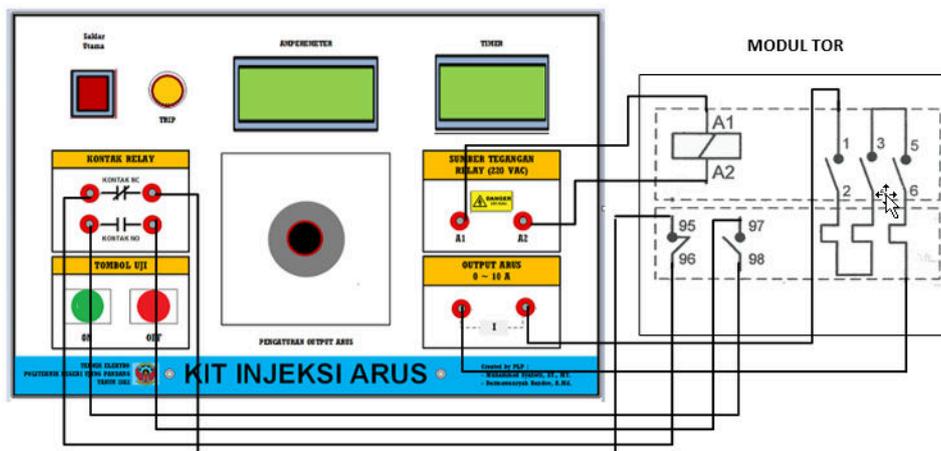
Hasil Pengujian Fungsi dan Unjuk Kerja

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data pengujian fungsi dan unjuk kerja dari kit injeksi arus ini yaitu Multimeter digital SANWA CD771, Modul TOR (Thermal Overload Relay), kipas angin pendingin TOR dan kabel jumper. Pengujian unjuk kerja dan fungsi dilakukan 2 pengujian yaitu (1) Pengujian variasi Output arus yaitu melihat variasi output arus yang dihasilkan dari alat injeksi arus ini, proses pengujian dilakukan dengan cara mengamati dan mengukur besaran output arus dengan memutar potensio pengaturan arus pada kit injeksi arus dengan kenaikan arus seperti pada tabel pengujian (tabel 2). Kemudian hasil pengukuran output arus yang ditampilkan pada amperemeter yang terdapat pada modul injeksi arus dibandingkan dengan alat ukur lain (multimeter digital SANWA CD771 sebagai alat ukur referensi) untuk memastikan hasil output arus yang dihasilkan sesuai dengan alat ukur referensi. (2) Pengujian Relay TOR dilakukan untuk melihat unjuk kerja alat dengan mengaplikasikan langsung pada Pengujian relay TOR. Pengujian dilakukan dengan cara merangkai kit injeksi arus ini dengan modul TOR sebagaimana prinsip rangkaian saat mahasiswa praktikum TOR.

Tabel 2. Data hasil pengujian variasi output arus pada kit injeksi arus

NO	Multimeter Referensi (A)	Kit Injeksi Arus (A)	Selisih pembacaan	NO	Multimeter Referensi (A)	Kit Injeksi Arus (A)	Selisih pembacaan
1	0,1	0,3	-0,2	15	3,5	3,41	0,09
2	0,2	0,35	-0,15	16	4,0	3,86	0,14
3	0,3	0,40	-0,40	17	4,5	4,38	0,12
4	0,4	0,45	-0,05	18	5,0	4,97	0,03
5	0,5	0,52	-0,02	19	5,5	5,33	0,17
6	0,6	0,57	0,03	20	6,0	5,90	0,10
7	0,7	0,64	0,06	21	6,5	6,39	0,11
8	0,8	0,70	0,10	22	7,0	6,85	0,15
9	0,9	0,75	0,15	23	7,5	7,39	0,11
10	1,0	0,95	0,05	24	8,0	7,92	0,08
11	1,5	1,24	0,26	25	8,5	8,35	0,15
12	2,0	1,82	0,18	26	9,0	8,85	0,15
13	2,5	2,42	0,08	27	9,5	9,36	0,14
14	3,0	2,96	0,04	28	10,0	9,88	0,12

Berdasarkan data hasil pengujian diatas disimpulkan bahwa kit injeksi arus ini, dapat menghasilkan variasi output arus dari 0 s.d 10 Ampere. Namun hasil pengukuran antara amperemeter yang terdapat pada kit injeksi arus dan multimeter digital SANWA CD771 (sebagai referensi) ada selisih pengukuran dengan selisih rata-rata 0,063 A, dimana hasil pengukuran pada amperemeter digital pada kit injeksi arus lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengukuran multimeter digital referensi. Selisih ini kemungkinan disebabkan karena pada amperemeter digital (pada kit injeksi arus) menggunakan trafo CT yang batas rangenya cukup besar yakni 100 A, sehingga untuk pengukuran arus yang kecil kemungkinan hasilnya tidak seakurat dibandingkan dengan menggunakan multimeter dengan range pengukuran 10 A (multimeter referensi). Namun demikian, selisih pengukuran masih bisa diterima karena cukup kecil, akan tetapi untuk hasil yang lebih teliti dalam praktikum sebaiknya tetap menggunakan multimeter digital lain sebagai pembanding.



Gambar 4. Diagram rangkaian pengujian Thermal Overload Relay (TOR)

Tabel 3. Data hasil Pengujian Karakteristik TOR

NO	I injeksi (A)	Lamanya Pemutusan	Keterangan
1	1,2	-	Tidak TRIP
2	1,5	1 menit 33 detik	TRIP
3	2,0	41 detik	TRIP
4	2,5	23 detik	TRIP
5	3,0	19 detik	TRIP
6	4,0	15 detik	TRIP
7	5,0	13 detik	TRIP
8	6,0	11 detik	TRIP

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik TOR diatas disimpulkan bahwa kit injeksi arus ini, dapat bekerja sebagaimana mestinya sesuai dengan yang diharapkan. Dimana relay mengalami TRIP jika diberi arus injeksi lebih besar dari arus setting TOR, dan waktu pemutusan relay pada timer tercatat sesuai dengan waktu trip relay TOR. Semakin tinggi arus injeksi dari nilai setting TOR, maka waktu trip relay semakin cepat sebagaimana tabel pengujian diatas.

Hasil Pengujian Kelayakan Alat

Proses pengujian dilakukan dengan cara menjalankan kit injeksi arus pada interval waktu 30 menit pada setiap nilai injeksi arus, nilai arus injeksi diatur sebesar 1 A, 3 A, 5 A dan 10 A. Setelah dioperasikan selama 30 menit kemudian mengamati dengan cara merasakan panas/memegang permukaan pada komponen peralatan yang cenderung cepat panas utamanya pada trafo dan resistor. Hasil pengujian ini diperlihatkan seperti pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Data hasil Pengujian Kelayakan Operasi

NO.	I injeksi (Ampere)	Interval waktu	Keterangan
1	1	30 menit	Trafo dan resistor tidak panas,namun trafo sedikit berdengung
2	3	30 menit	Trafo dan resistor tidak panas,namun trafo sedikit berdengung
3	5	30 menit	Trafo dan resistor agak hangat,namun trafo sedikit berdengung
4	10	30 menit	Trafo dan resistor cukup panas,namun trafo tidak berdengung

Berdasarkan data hasil pengujian diatas disimpulkan bahwa kit injeksi arus ini, dapat dioperasikan secara terus menerus tanpa menimbulkan panas lebih pada komponen trafo dan resistor utamanya pada range arus 1 s.d 5 Ampere. Namun untuk arus yang lebih besar dari 5 A trafo dan resistor mulai terasa hangat dan pada arus 10 A cukup panas tapi masih bisa ditoleransi. Meskipun aman dioperasikan cukup lama, namun dalam pemakaian, untuk menghindari dan mencegah timbulnya panas lebih sebaiknya setiap selesai melakukan uji relay, besar arus injeksi disetel kembali pada posisi 0 Ampere.

Dengan topologi rangkaian yang berbeda dari penelitian terdahulu [3], berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, alat kit injeksi arus dari penelitian ini juga mampu menghasilkan arus injeksi yang dapat divariasikan dari 0 s.d 10 Ampere dengan Timer yang otomatis bekerja saat melakukan uji karakteristik TOR.

4. KESIMPULAN

Alat injeksi arus telah berhasil dibuat dalam bentuk modular dan dapat beroperasi sesuai dengan rancangan dan spesifikasi yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian fungsi dan unjuk kerja, kit injeksi arus ini dapat menghasilkan variasi output arus dari 0 s.d 10 Ampere. Kit injeksi arus ini berfungsi dengan baik saat pengaplikasian pengujian TOR. Dimana relay mengalami TRIP jika diberi arus injeksi lebih besar dari arus setting TOR, dan waktu pemutusan relay pada timer tercatat pada saat relay mengalami overload. Demikian pula, hasil pengujian teknis, tahanan isolasi antara semua terminal bertegangan dan body memenuhi standar minimal tahanan isolasi sehingga tidak ada tegangan atau hubung singkat pada body. Dengan demikian, alat ini aman digunakan untuk pengujian TOR dilaboratorium.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini melalui dana DIPA Program Penelitian Tenaga PLP sesuai dengan surat perjanjian pelaksanaan penelitian Tenaga PLP NOMOR: B/17/PL10.11/PT.01.05/2022, tanggal : 7 juni 2022. Ucapan terima kasih pula kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moral dan materil selama pelaksanaan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.sarjana.jteti.ugm.ac.id/akademik/penjelasan-aktivitas-akademik/praktikum/, diakses 5 April 2022.
- [2] Hendi Pradika dan Moediyono. *Thermal Overload Relay Sebagai Pengaman Overload Pada Miniatur Gardu Induk Berbasis Programmable Logic Controller (Plc) Cp1e-E40dr-A*. Jurnal Gema Teknologi, No. 2 Vol.17 periode Oktober 2012-April 2013, pp. 80-85.
- [3] Hari Hardiana, 2017. *Rancang Bangun Variable Current Injector Kapasitas 960VA Arus Maximum 40A*. Digital library, <https://digilib.polban.ac.id/download.php?id=17325>, didownload pada tanggal 5 April 2022.
- [4] Amat Jaedun, 2011. *Metode Penelitian Eksperimen*. Makalah, digital download, <http://staffnew.uny.ac.id/upload/131569339/pengabdian/metode-penelitian-eksperimen.pdf>. Diakses 5 April 2022.