

Rancang Bangun Alat Praktikum Proteksi Tegangan Rendah terhadap Arus Lebih Menggunakan MCB dan TOLR

Mustika Nur Akhir^{1,*}, Sunarto², Sudrajat³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : ^{1,*}mustika.nur.tlis20@polban.ac.id; ²soen@polban.ac.id; ³sudrajat@polban.ac.id

ABSTRAK

Metode pembelajaran yang terus berkembang dalam berbagai aspek, salah satunya pada aspek pembelajaran teknik elektro. Untuk menunjang kegiatan pembelajaran yang efektif dan efisien, maka dibutuhkan media pembelajaran yang senantiasa harus diperbarui dan dikembangkan, begitupun praktiknya pada mata kuliah Proteksi Tegangan Rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat praktikum proteksi tegangan rendah terhadap arus lebih menggunakan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dan *Thermal Overload Relay* (TOLR). Tahapan dalam pembuatan alat ini meliputi perancangan, pembuatan, dan pengujian alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat praktikum dapat berfungsi dan menguji koordinasi kerja antara MCB dan TOLR dalam waktu pemutusan saat terjadi arus lebih. Waktu pemutusan arus lebih oleh MCB dan TOLR berbanding terbalik dengan besarnya arus beban. Koordinasi proteksi antara MCB dan TOLR berjalan sesuai perencanaan, dan sensitivitas proteksi tergantung pada nilai arus pengaturannya. Pengaturan arus yang lebih kecil menghasilkan sistem proteksi lebih sensitif. Sehingga sistem proteksi MCB dan TOLR, jika nilai arus *setting* TOLR \leq In MCB, maka TOLR akan lebih sensitif, sedangkan jika arus *setting* TOLR \geq In MCB, maka MCB yang lebih sensitif. Keseluruhan, penelitian ini berhasil mengembangkan alat praktikum yang efektif guna menunjang praktikum proteksi tegangan rendah menggunakan MCB dan TOLR.

Kata Kunci

Alat Praktikum, Proteksi Tegangan Rendah, Koordinasi Kerja, MCB, TOLR, Arus Lebih

1. PENDAHULUAN

Mata Kuliah Proteksi Tegangan Rendah merupakan salah satu syarat untuk memenuhi Pendidikan Diploma Tiga, Jurusan Teknik Elektro. Pada mata kuliah ini membutuhkan alat penunjang praktikum yang memadai, untuk menghindari penggunaan yang dapat menimbulkan bahaya. Alat praktikum proteksi tegangan rendah yang berada di Politeknik Negeri Bandung saat ini memiliki keterbatasan pemakaian prasarana alat praktikum untuk mahasiswa, sehingga menjadikan mahasiswa kurang memahami alat praktikum secara menyeluruh. Berdasarkan uraian diatas, tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan alat praktikum proteksi tegangan rendah terhadap arus lebih menggunakan MCB dan TOLR.

Sutedjo, dkk “Alat Uji MCB 1 Fasa Instalasi Milik Pelanggan (IML)”. Penelitian ini berisi pengujian MCB dengan melakukan perbandingan kondisi arus uji dari beberapa jenis tipe MCB, sehingga didapatkan hasil dari fungsi kerja terhadap MCB, yaitu kelayakannya. Dengan cara mengatur arus menggunakan *dimmer* AC [1].

M Syahwil, dan Darmawansyah B “Rancang Bangun Alat Injeksi Arus untuk Digunakan pada Praktikum Pengujian *Thermal Overload Relay* (TOR) di Laboratorium”. Penelitian ini berisi pengujian alat injeksi arus untuk praktikum pengujian pada *Thermal Overload Relay* dengan metode kerja yang dapat memvariasikan tegangan pada trafo, yaitu di sisi primer menggunakan regulator daya, dan sisi sekunder dengan memasang resistor daya. Sehingga hasil yang didapatkan bervariasi, yaitu output-arus dari 0 - 10 A. Dapat disimpulkan dari hasil pengujian injeksi arus bekerja baik pada pengujian TOR sehingga aman digunakan di laboratorium [2].

Abdullah Assegaf, Sunarto, dan Toto Tohir “Koordinasi Selektif MCB Metoda Waktu-Arus dengan Simulasi ETAP”. Penelitian ini berisi pengoperasian MCB menggunakan software ETAP dengan dilakukan sistem koordinasi untuk mengetahui prinsip kerja MCB yang berfungsi sebagai alat pengaman dan prinsip koordinasi kerja serta selektivitas pengaman terhadap adanya bahaya karena gangguan [3].

Hartono, YB Praharto, dan Fitriawati “Analisa *Thermal Overload Relay* (TOR) Type Lrd08c Pada Sistem Proteksi Motor 3 Fasa *Belt Conveyor* (L31BC1) 37 kW”. Penelitian ini berisi pengoperasian motor induksi saat terjadinya beban lebih, maka TOR akan trip. Sehingga pada penelitian bertujuan untuk mendapatkan *setting* terbaik pada TOR. *Setting* arus bernilai 2,5 - 4 A, setiap nilai *setting* arus akan dilakukan uji coba dengan memberikan nilai arus beban, dirumuskan seperti: ($I_L = 2,5 \times I_{set}$). Didapatkan hasil *setting* terbaik pada *setting* 2,5 A dengan hasil efisiensi terhadap data *sheet* yaitu 97% [4].

2. LANDASAN TEORI

2.1 *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) merupakan komponen yang memiliki peran penting sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi arus lebih. Arus lebih berupa beban lebih dan hubung singkat.

Prinsip kerja MCB sebagai proteksi beban lebih dan hubung singkat. Berdasarkan prinsip pemuaian, saat proteksi beban lebih terdapat strip bimetal yang bekerja saat arus yang melewati bimetal melebihi nilai arus nominalnya, sehingga bimetal akan melengkung dan memutuskan aliran listrik. Sedangkan proteksi hubung singkat terdapat induksi elektromagnetik, saat koil terinduksi maka daerah di sekitarnya terdapat medan magnet yang berpengaruh untuk menggerakkan poros dan mengoperasikan tuas pemutus. Semakin besar arus hubung singkat maka semakin cepat waktu pemutusan/*trip*. Arus hubung singkat berpotensi menimbulkan percikan api yang dapat menimbulkan kebakaran [5].

2.2 *Thermal Overload Relay* (TOLR)

Thermal overload relay (TOLR) merupakan komponen proteksi untuk melindungi beban dari arus lebih. TOLR memiliki kepekaan terhadap suhu. Saat terjadinya arus lebih dan kondisi suhu yang tinggi, maka TOLR akan memutuskan jaringan atau *trip* sehingga beban tidak mengalami kerusakan.

Prinsip kerja TOLR saat bimetal dialiri arus yang besar, maka bimetal akan memuai sehingga akan memutuskan arus. Arus yang besar dapat menimbulkan panas, sehingga akan melengkung bimetal dan secara mekanis akan mendorong kontak bantu *Normally Close* (NC) menjadi terbuka (*Open*) dan memutuskan aliran listrik sehingga peralatan maupun beban-beban listrik tidak akan mengalami kerusakan dan keandalannya tetap terjaga [6].

2.3 Transformator

Transformator atau biasa disebut trafo merupakan peralatan listrik yang mengubah besaran tegangan, dimana dapat menaikkan ataupun menurunkan tegangan. Perubahan tersebut dilakukan karena kebutuhan tenaga listrik. Salah satu jenis trafo yang digunakan adalah trafo isolasi yang memiliki rasio 1:1. Terdapat tegangan primer dan sekunder yang besarnya sama, berfungsi sebagai *power supply* daya listrik serta mengamankan perangkat yang bertenaga [7].

2.4 Kabel Penghantar

Kabel penghantar adalah salah satu komponen utama dalam instalasi listrik. Kabel dipasang sesuai dengan rencana dan rekomendasi yaitu pada kotak distribusi pipa atau pada saluran udara. Kabel NYAF merupakan jenis kabel yang fleksibel, dengan konduktor tembaga yang dilapisi dengan lapisan isolasi PVC. Kabel ini berfungsi untuk menghubungkan suatu panel yang membutuhkan tingkat fleksibilitas yang tinggi, sehingga sangat cocok digunakan di area yang memiliki banyak belokan tajam maupun digunakan di lingkungan yang kering dan tidak terpapar kelembaban, basah, atau cuaca secara langsung [8].

2.5 *Dummy Load*

Beban listrik adalah benda yang bekerja saat dialiri arus listrik. Salah satu sifat beban listrik yaitu beban resistif. Beban resistif mampu menyerap daya aktif (P) dan memiliki nilai $\cos \phi$ (faktor daya) sama dengan satu ($\cos \phi = 1$) [9].

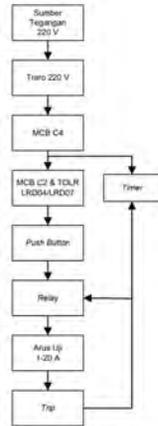
Pengujian penelitian ini menggunakan beban resistif berupa *Dummy Load*. *Dummy load* merupakan suatu sistem yang berperan sebagai beban listrik. Jenis *dummy load* yang digunakan adalah *dummy load* dengan air garam, dimana air garam ini berguna untuk mengatur besarnya nilai arus yang mengalir pada rangkaian [10].

3. METODOLOGI PELAKSANAAN

Metode yang digunakan pada rancang bangun ini meliputi perancangan, pembuatan, dan pengujian alat.

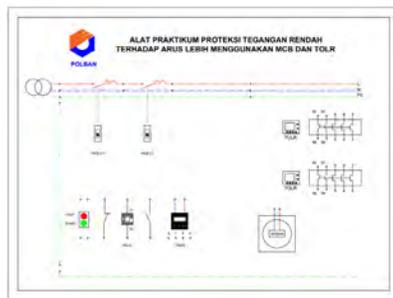
Tahapan pertama perancangan alat dengan melakukan identifikasi masalah yang dikaji terlebih dahulu. Selanjutnya studi literatur dengan mencari sumber referensi dalam penyusunan penelitian ini. Selanjutnya deskripsi kerja alat pada gambar 1 merupakan diagram blok dari deskripsi kerja alat yang dibuat, dicatu dengan sumber tegangan 220 V AC. MCB dan TOLR dialiri arus beban (I_L) sebesar 1 - 20 A. Arus tersebut di *setting* melebihi dari arus nominal (I_n),

hal ini bertujuan untuk membuat bimetal pada MCB/TOLR mendapat panas dari arus yang mengalir sehingga membuat MCB/TOLR *trip*. Waktu pemutusan MCB/TOLR dibaca dengan menggunakan *timer*.



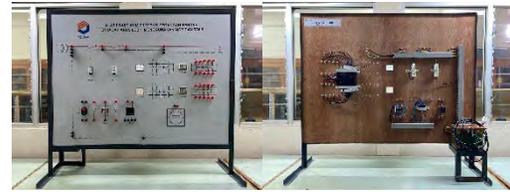
Gambar 1. Diagram Blok

Pemilihan spesifikasi komponen yang digunakan yaitu, Trafo 1 fasa dengan tegangan di sisi primer dan sekunder sebesar 220 V dengan daya 1,1 kVA, MCB sumber yang digunakan C4 dan MCB uji yang digunakan C2, TOLR yang digunakan TOLR Schneider LRD04 *range* 0,4 - 0,63 A dan TOLR Schneider LRD07 *range* 1,6 - 2,5 A, dan Kabel yang digunakan NYAF 1,5 mm² dan 2,5 mm². Selanjutnya *layout* alat yang merupakan tata letak dari suatu komponen yang bertujuan untuk mempermudah dalam melaksanakan praktikum sesuai gambar 2.



Gambar 2. *Layout* Alat

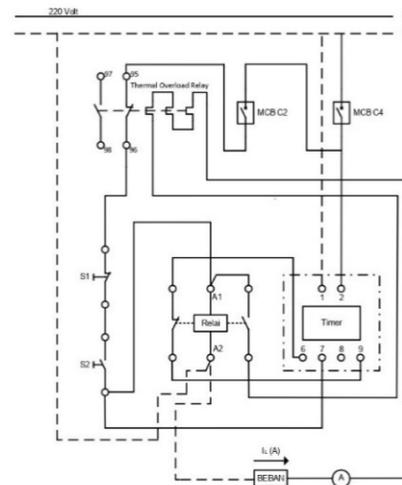
Tahapan kedua pembuatan alat dengan melakukan pengadaan komponen yang dibutuhkan. Selanjutnya pengecekan komponen untuk memastikan komponen berfungsi dengan baik. Selanjutnya pembuatan rangka dan papan untuk alat praktikum. Langkah terakhir perakitan alat yang sesuai dengan *layout*. Setelah melakukan tahapan pembuatan diperoleh hasil akhir berupa alat praktikum sesuai gambar 3.



(a) (b)

Gambar 3. (a) Implementasi Alat Tampak Depan dan (b) Implementasi Alat Tampak Belakang

Tahapan ketiga pengujian alat yang dilakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Pengujian ini terdiri dari pengujian terhadap beban lebih (*overload*) menggunakan motor 1 fasa untuk memastikan prinsip kerja TOLR sebagai proteksi motor yang akan memutuskan rangkaian ketika terjadinya beban lebih dan pengujian koordinasi MCB dan TOLR sebagai proteksi arus lebih. Pengujian tersebut dilakukan berdasarkan rangkaian pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Pengujian Arus Lebih

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Pengujian Alat

Parameter yang harus terpenuhi oleh rancang bangun alat praktikum adalah sebagai berikut:

1. Keluaran trafo sebagai sumber sebesar 220V.
2. Koordinasi antara MCB C2 dan TOLR LRD04 maupun LRD07 *trip* ketika arus beban melebihi nilai arus nominal (I_n).

4.2 Pengujian *Overload* dengan Motor 1 Fasa

Pengujian ini untuk mengetahui arus beban lebih dan waktu pemutusan dengan beban motor 1 fasa. Pengujian ini mengoperasikan motor yang tersambung pada rangkaian pengujian dengan cara menahan rotor untuk mengasumsikan adanya beban lebih.

4.2.1 Hasil Pengujian Overload dengan Motor 1 Fasa

Tabel 1. Data Pengujian Overload Motor

Arus setting TOLR	Arus Beban (I_L)	Waktu Trip
1,6 A	12,3 A	2,45 s

4.2.2 Analisa Pengujian Overload dengan Motor 1 Fasa

Pengujian beban lebih dengan MCB C2 dan setting arus TOLR 1,6 A menggunakan beban motor 1 fasa dengan cara menahan rotor. Diperoleh arus beban lebih yang mengalir sebesar 12,3 A dengan waktu *trip* 2,45 s. TOLR memiliki sensitivitas peka terhadap suhu yang diakibatkan karena adanya arus beban yang mengalir melebihi nilai *setting*nya. Sehingga MCB maupun TOLR berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih.

4.3 Pengujian Koordinasi MCB dan TOLR

Pengujian koordinasi MCB dan TOLR sebagai proteksi arus lebih ini dilakukan dengan MCB C2 dan 2 tipe TOLR yang memiliki rating arus bervariasi, yaitu TOLR LRD04 dengan setting arus 0,4 - 0,63 A dan TOLR LRD07 dengan setting arus 1,6 - 2,5 A. Menggunakan beban *Dummy Load* dengan larutan air garam, diatur arus beban (I_L) yang digunakan pada pengujian MCB dan TOLR yaitu 1 - 20 A.

4.3.1 Hasil Pengujian Koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04

Pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04 yang memiliki setting arus nominal (I_n) 0,4 - 0,63 A sebagai proteksi arus lebih. Menggunakan beban *Dummy Load* dengan mengatur arus beban (I_L) sebesar 1 - 20 A.

Tabel 2. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD04 dengan setting Arus 0,4 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Trip	22,10
2	Tidak Trip	-	Trip	7,13
4	Tidak Trip	-	Trip	4,10
6	Tidak Trip	-	Trip	2,55
8	Tidak Trip	-	Trip	2,31
10	Tidak Trip	-	Trip	1,88
12	Tidak Trip	-	Trip	1,37
14	Tidak Trip	-	Trip	1,36
16	Tidak Trip	-	Trip	1,14
18	Tidak Trip	-	Trip	1,11
20	Tidak Trip	-	Trip	1,09

Tabel 3. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD04 dengan setting Arus 0,5 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Trip	36,34
2	Tidak Trip	-	Trip	10,35
4	Tidak Trip	-	Trip	4,98
6	Tidak Trip	-	Trip	2,81
8	Tidak Trip	-	Trip	2,70
10	Tidak Trip	-	Trip	2,4

12	Tidak Trip	-	Trip	1,97
14	Tidak Trip	-	Trip	1,56
16	Tidak Trip	-	Trip	1,51
18	Tidak Trip	-	Trip	1,47
20	Tidak Trip	-	Trip	1,39

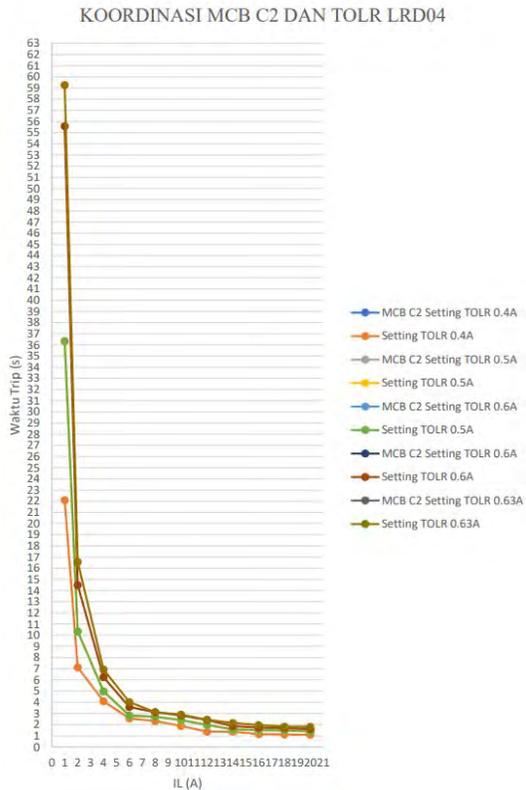
Tabel 4. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD04 dengan setting Arus 0,6 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Trip	55,58
2	Tidak Trip	-	Trip	14,48
4	Tidak Trip	-	Trip	6,24
6	Tidak Trip	-	Trip	3,57
8	Tidak Trip	-	Trip	3,11
10	Tidak Trip	-	Trip	2,82
12	Tidak Trip	-	Trip	2,41
14	Tidak Trip	-	Trip	1,86
16	Tidak Trip	-	Trip	1,73
18	Tidak Trip	-	Trip	1,68
20	Tidak Trip	-	Trip	1,60

Tabel 5. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD04 dengan setting Arus 0,63 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Trip	59,27
2	Tidak Trip	-	Trip	16,56
4	Tidak Trip	-	Trip	6,93
6	Tidak Trip	-	Trip	4,02
8	Tidak Trip	-	Trip	3,11
10	Tidak Trip	-	Trip	2,90
12	Tidak Trip	-	Trip	2,44
14	Tidak Trip	-	Trip	2,15
16	Tidak Trip	-	Trip	1,96
18	Tidak Trip	-	Trip	1,82
20	Tidak Trip	-	Trip	1,81

Hasil dari pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04 dengan setting arus 0,4; 0,5; 0,6; dan 0,63 pada tabel 2 sampai tabel 5 didapatkan kurva hasil pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Kurva Hasil Pengujian Koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04

4.3.2 Analisa Pengujian Koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04

Pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04 *setting* arus 0,4 - 0,63 A sebagai proteksi arus lebih dengan menggunakan arus beban (I_L) *Dummy Load* yang bervariasi, yaitu 1 - 20 A. Berdasarkan tabel 2 sampai dengan tabel 5 percobaan pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD04 diperoleh hasil bahwa TOLR yang berfungsi sebagai proteksi arus lebih pada saat pengujian dengan arus beban (I_L) 1 - 20 A. Pada pengujian ini MCB tidak bekerja sebagai proteksi karena arus pada beban berhasil diamankan oleh TOLR dengan kata lain TOLR memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan MCB. Berdasarkan hasil percobaan dilihat gambar 5 kurva yang didapatkan waktu pemutusan pada pengujian koordinasi proteksi arus lebih MCB dan TOLR nilainya berbanding terbalik dengan besarnya arus beban. Semakin besar arus beban maka semakin cepat waktu pemutusan.

4.3.3 Hasil Pengujian Koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07

Pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07 yang memiliki *setting* arus nominal (I_n) 1,6 - 2,5 A sebagai proteksi arus lebih. Menggunakan

beban *Dummy Load* dengan mengatur arus beban (I_L) sebesar 1 - 20 A.

Tabel 6. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD07 dengan *setting* Arus 1,6 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Tidak Trip	-
2	Tidak Trip	-	Tidak Trip	-
4	Tidak Trip	-	Trip	27,65
6	Tidak Trip	-	Trip	9,67
8	Tidak Trip	-	Trip	8,68
10	Tidak Trip	-	Trip	6,48
12	Trip	4,51	Trip	4,51
14	Trip	4,03	Trip	4,03
16	Trip	3,05	Trip	3,05
18	Trip	2,42	Trip	2,42
20	Trip	1,82	Trip	1,82

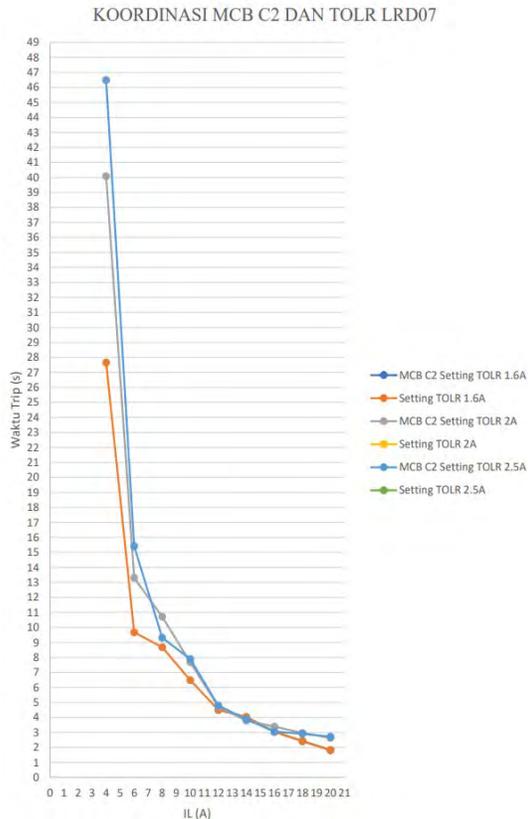
Tabel 7. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD07 dengan *setting* Arus 2 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Tidak Trip	-
2	Tidak Trip	-	Tidak Trip	-
4	Trip	40,07	Tidak Trip	-
6	Trip	13,31	Tidak Trip	-
8	Trip	10,71	Tidak Trip	-
10	Trip	7,67	Tidak Trip	-
12	Trip	4,73	Tidak Trip	-
14	Trip	3,79	Tidak Trip	-
16	Trip	3,39	Tidak Trip	-
18	Trip	2,96	Tidak Trip	-
20	Trip	2,64	Tidak Trip	-

Tabel 8. Hasil Pengujian MCB C2 dan TOLR LRD07 dengan *setting* Arus 2,5 A

I_L (A)	MCB		TOLR	
	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)	Trip/Tidak Trip	Waktu Trip (s)
1	Tidak Trip	-	Tidak Trip	-
2	Tidak Trip	-	Tidak Trip	-
4	Trip	46,49	Tidak Trip	-
6	Trip	15,42	Tidak Trip	-
8	Trip	9,31	Tidak Trip	-
10	Trip	7,89	Tidak Trip	-
12	Trip	4,79	Tidak Trip	-
14	Trip	3,87	Tidak Trip	-
16	Trip	3,06	Tidak Trip	-
18	Trip	2,91	Tidak Trip	-
20	Trip	2,72	Tidak Trip	-

Hasil dari pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07 dengan *setting* arus 1,6; 2; dan 2,5 pada tabel 6 sampai tabel 8 didapatkan kurva hasil pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Kurva Hasil Pengujian Koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07

4.3.4 Analisa Pengujian Koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07

Pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07 dengan *setting* arus 1,6 - 2,5 A sebagai proteksi arus lebih dengan menggunakan arus beban (I_L) *Dummy Load* yang bervariasi, yaitu 1 - 20 A. Berdasarkan tabel 6, tabel 7, dan tabel 8 percobaan pengujian koordinasi MCB C2 dan TOLR LRD07 diperoleh hasil pada saat *setting* TOLR 1,6 A, TOLR memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan MCB. Sehingga TOLR yang memproteksi arus beban lebih pada jaringan tersebut, kecuali saat arus beban 1 A karena masih berada dibawah rating TOLR tersebut. Pada saat *setting* TOLR 2 A dan 2,5 A TOLR memiliki sensitivitas yang lebih rendah dibandingkan MCB. Sehingga MCB yang memproteksi arus beban lebih pada jaringan tersebut, kecuali saat arus beban 1 - 2 A karena masih berada dibawah rating TOLR tersebut. Berdasarkan hasil percobaan dilihat pada Gambar 6 kurva yang didapatkan waktu pemutusan pada pengujian koordinasi proteksi arus lebih MCB dan TOLR nilainya berbanding terbalik dengan besarnya arus beban. Semakin besar arus beban maka semakin cepat waktu pemutusan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat dan *jobsheet* praktikum proteksi tegangan rendah terhadap arus lebih menggunakan MCB dan TOLR sudah dapat beroperasi dengan benar sesuai dengan standar yang berlaku.
2. Koordinasi kerja antara MCB dan TOLR terhadap gangguan arus lebih didapat waktu pemutusan berbanding terbalik dengan besarnya arus beban. Semakin besar arus beban maka semakin cepat waktu pemutusan. Ketika nilai $I_{setting} TOLR \leq I_n MCB$ maka TOLR akan lebih sensitif, sedangkan ketika $I_{setting} TOLR \geq I_n MCB$ maka MCB yang lebih sensitif. Sehingga tingkat sensitivitas tergantung dengan arus nominal (I_n) atau arus *setting* yang diberikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung, Melalui keputusan direktur Politeknik Negeri Bandung atas bantuan pendanaan biaya penelitian tugas akhir mahasiswa program sarjana terapan dan diploma III nomor B/275/PL1/HK.02.00/2023 kelompok A1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutedjo, K. V. N. R. Ummah, M. M. Rifadil And L. S. Mahendra, "Alat Uji MCB 1 Fasa Instalasi Milik Pelanggan (IML)," *EMITOR: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 22, No. 2, Pp. 141-147, September 2022.
- [2] M. Syahwil And D. Bandoe, "Rancang Bangun Alat Injeksi Arus Untuk Digunakan Pada Praktikum Pengujian Thermal Overload Relay (TOR) Di Laboratorium," In *Prosiding 6th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2022.
- [3] A. Assegaf, Sunarto And T. Tohir, "Koordinasi Selektif MCB Metoda Waktu-Arus Dengan Simulasi Etap," *Proc. Seminar Nasional Teknik Elektro*, Vol. 6, No. 2, Pp. 462-466, Maret 2020.
- [4] Hartono, Y. Praharto And Fitrizawati, "Analisa Thermal Overload Relay (TOR) Type Lrd08c Pada Sistem Proteksi Motor 3 Fasa Belt Conveyor (L31bc1) 37 kW," *ITEKS: Intuisi Teknologi Dan Seni*, Vol. 12, No. 1, Pp. 79-90, April 2020.
- [5] R. Aulia And A. Gunawan, "Sistem Proteksi Jaringan Listrik 3 Fasa Dengan Over Under Voltage Relay dan Thermal Over Load Relay Secara Real Time Berbasis Raspberry PI," In *9th Applied Business And Engineering Conference, Pekanbaru*, 25 Agustus 2021.
- [6] S. Saodah, A. Daud, A. Masyar And A. Deni, "Rancang Bangun Modul Sistem Proteksi Tegangan Rendah," *Jurnal Teknik Energi*, Vol. 9, November 2019.

- [7] S. S. Jaya, B. Susanto, B. Susanto And A. Risdiyanto, "Perancangan Dan Implementasi Pengendali Stabilitas Tegangan Otomatis Load Tap Changer Transformator Satu Fasa," In *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop And National Seminar*, Bandung, 26-27 Agustus 2020.
- [8] Asril, Analisis Temperatur Kabel Dan Besar Arus Terhadap Penekukan, Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar, Unismuh Makassar, 2019.
- [9] D. A. Putra and R. Mukhaiyar, "Monitoring Daya Listrik Secara Real Time," *Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 26-34, 2020.
- [10] D. Mulyadi, N. Mulyono, And D. Septianto, "Perancangan Polynomial Dummy Load untuk Motor Listrik Berbasis Arus Eddy 1000 Watt," In *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop And National Seminar*, Bandung, 4-5 Agustus 2021.