

# Rancang Bangun Alat Praktikum Proteksi Tegangan Rendah Terhadap Tegangan Sentuh Menggunakan ELCB

Syscha Pyae<sup>1,\*</sup>, Sunarto<sup>2</sup>, Sudrajat<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : <sup>1,\*</sup>syscha.pyae.tlis20@polban.ac.id; <sup>2</sup>soen@polban.ac.id; <sup>3</sup>sudrajat@polban.ac.id

## ABSTRAK

Berdasarkan pengembangan kurikulum tahun 2016 ditetapkan mata kuliah Praktikum Proteksi Tegangan Rendah sehingga dibuat pengembangan alat praktikum proteksi tegangan rendah terhadap tegangan sentuh menggunakan ELCB 30 mA dengan sistem pembumian TN-C-S. Alat praktikum yang dibuat memiliki tegangan keluaran transformator sebesar 220 V, komponen proteksi yang digunakan yaitu ELCB 30 mA untuk proteksi manusia yang bekerja secara *instantaneous*, dan *timer* mencatat waktu kerja ELCB baik pada tegangan sentuh langsung maupun tidak langsung. Metode penelitian yang dilakukan yaitu rancang bangun dan eksperimental di Laboratorium Instalasi Listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat praktikum berfungsi dengan baik dan dapat dijadikan penunjang fasilitas praktikum proteksi tegangan rendah terhadap tegangan sentuh menggunakan ELCB, waktu kerja ELCB terjadi secara *instantaneous* ketika terdapat arus bocor yang melalui tubuh manusia serta pembumian peralatannya  $\geq 30$  mA, resistansi tubuh manusia dan tempat kerjanya mempengaruhi arus bocor yang melalui tubuh manusia serta nilai tegangan sentuh tidak langsung berbanding lurus dengan nilai tahanan pentanahannya.

## Kata Kunci

Alat Praktikum, Proteksi Tegangan Rendah, ELCB, Arus Bocor, TN-C-S, Instantaneous

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pengembangan kurikulum Program Studi D3 Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung terdapat mata kuliah Praktikum Proteksi Tegangan Rendah yang ditetapkan pada tahun 2016. Mata kuliah tersebut membutuhkan fasilitas penunjang berupa alat praktikum. Alat praktikum proteksi tegangan rendah yang berada di Politeknik Negeri Bandung saat ini memiliki keterbatasan pemakaian prasarana alat praktikum untuk mahasiswa sehingga dilakukan pengembangan alat praktikum menjadi lebih spesifik hanya untuk alat praktikum proteksi tegangan rendah terhadap tegangan sentuh menggunakan ELCB (*Earth Leakage Circuit Breake*) dengan sistem pembumian TN-C-S (*Terra Neutral-Combine-Saparated*). Sistem pembumian TN-C-S merupakan sistem pembumian yang umum digunakan di Indonesia. [1]

Hasil rancang bangun dan analisa ditunjang dengan penelitian-penelitian sebelumnya, yang memiliki tujuan untuk terhindar dari kejut listrik. Maka, dilakukan pengembangan alat praktikum ini sehingga diharapkan dapat mensimulasikan gangguan praktis dilaboratorium instalasi listrik sehingga mahasiswa memiliki gambaran nyata untuk meningkatkan keterampilan dan kemampuan yang dimiliki mengenai ELCB 30 mA sebagai proteksi untuk manusia.

## 2. LANDASAN TEORI

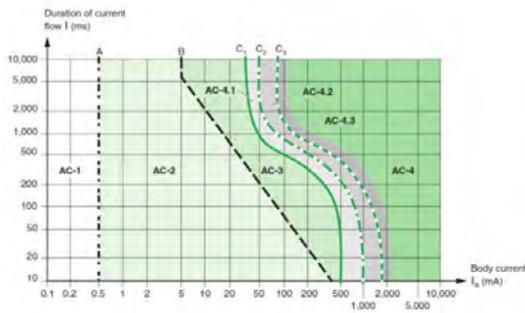
### 2.1 Proteksi Tegangan Rendah

Jaringan tegangan rendah berada pada bagian ambang sistem tenaga listrik yang merupakan tegangan distribusi sehingga disebut juga jaringan distribusi sekunder yang berhubungan langsung dengan konsumen atau pelanggan [2]. Pada jaringan tegangan rendah, sistem tegangan distribusi primer yaitu 20/11 kV diturunkan menjadi tegangan rendah atau sistem distribusi sekunder yaitu 380/220V [3].

Proteksi saluran tegangan rendah sangat penting dipasang sesuai dengan ukuran dan pengaturan kondisi baik terhadap beban yang digunakan maupun terhadap jenis gangguan yang terjadi, demi tercapainya keandalan dalam penyaluran sistem tenaga listrik. Hal tersebut dilakukan salah satunya untuk melindungi manusia dari kejut listrik dengan memasang proteksi dasar yaitu proteksi terhadap sentuh langsung dan proteksi gangguan yaitu proteksi terhadap sentuh tidak langsung.

### 2.2 Kejut Listrik

Kejut listrik merupakan efek fisiologis dari tingkat ringan hingga berat yang disebabkan karena adanya arus listrik yang mengalir pada tubuh manusia dalam durasi waktu tertentu. Efek fisiologis tersebut dapat mempengaruhi sistem kardiovaskular, sistem respirasi dan kerja otot [4].



Gambar 1. Zona waktu dan efek fisiologis pada manusia [5]

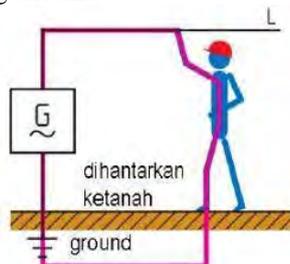
Menurut IEC 6047-1 terdapat empat zona efek kejutan listrik berdasarkan durasi aliran arus dan besaran arus listrik yang mengalir pada tubuh [5].

Tabel 1. Efek kejutan listrik pada manusia

Zona	Batas	Efek Fisiologis
AC-1	0,1 – 0,5 mA dan Kurva A	kesemutan ringan bahkan tidak terjadi reaksi
AC-2	0,5 – 5mA dan Kurva B	Terdapat getaran kejutan tetapi tidak menimbulkan efek fisiologis
AC-3	Kurva B - Kurva C	Kemungkinan kejang otot dan gangguan bernafas tetapi tidak merusak organ
AC-4	> Kurva C	Efek fisiologis berbahaya jika durasi waktu yang lama, seperti henti jantung, henti nafas serta terbakar
AC-4.1	C1 - C2	Kemungkinan henti jantung 5%
AC-4.2	C2 - C3	Kemungkinan henti jantung 50%
AC 4.3	> Kurva C3	Kemungkinan henti jantung diatasi 50%

### 2.3 Tegangan Sentuh Langsung

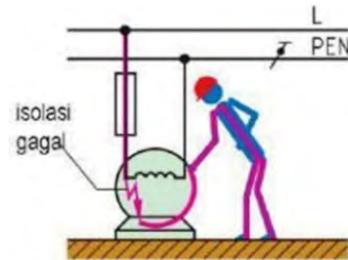
Tegangan sentuh langsung terjadi ketika manusia menyentuh bagian yang dalam keadaan normal bertegangan yaitu bagian konduktif yang dapat menghantarkan listrik. Contohnya isolasi kabel yang terbuka.



Gambar 2. Tegangan sentuh langsung [6]

### 2.4 Tegangan Sentuh Tidak Langsung

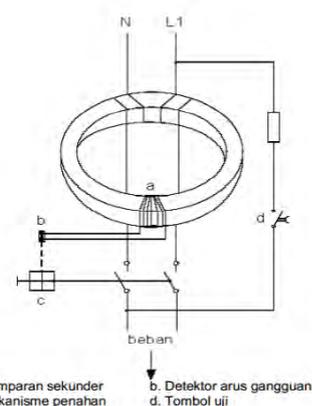
Tegangan sentuh tidak langsung terjadi ketika manusia menyentuh Bagian Konduktif Terbuka atau pembumian peralatan yang isolasinya mengalami kegagalan sehingga menjadi bertegangan. Bagian ini ketika keadaan normal tidak bertegangan [6].



Gambar 3. Tegangan sentuh tidak langsung [6]

### 2.5 ELCB

*Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) digunakan sebagai pengamanan dengan rating arus 30 mA untuk proteksi manusia. ELCB bekerja dengan sistem diferensial. Ketika jumlah arus yang mengalir pada penghantar netral dan fasanya tidak sama dengan 0 atau keadaan tidak seimbang karena adanya arus bocor, inti transformator arus pada ELCB akan menghasilkan medan magnetik yang menginduksikan tegangan pada transformator arus dan mengaktifkan triger pada kumparan sekunder sehingga ELCB dapat memutuskan penghantar fasa sekaligus netralnya dalam waktu kerja instantaneous. Namun sebaliknya, bila tidak ada arus bocor (ke tanah atau tubuh manusia) maka jumlah arus yang mengalir pada kedua penghantar yaitu fasa dan netralnya sama dengan nol. Maka, transformator arus tidak mengalami induksi dan trigger elektromagnet tidak aktif [7].



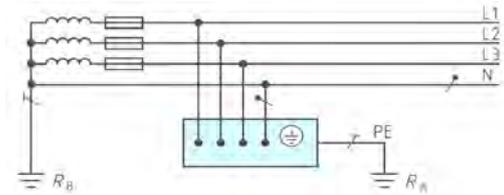
Gambar 4. Kontruksi ELCB [7]

### 2.6 Sistem Pembumian

Sistem pembumian atau sistem pantanahan adalah suatu sistem penghantar yang membuat sistem, badan peralatan dan instalasi menjadi terhubung dengan tanah dengan tujuan untuk mengamankan manusia dan peralatan dari bahaya kejutan listrik. Seperti yang telah kita ketahui bahwa tanah atau bumi memiliki titik netral yang dapat menetralkan kejutan listrik. Standar resistansi pembumian sesuai PUIL 2000 3.13.2.10 yaitu  $\leq 5 \Omega$  [8].

### 2.6.1 Sistem Pembumian TT (*Terra-Terra*)

Pada sistem pembumian TT, pembumian sistem dibumikan langsung ke tanah dan pembumian peralatan (BKT) dibumikan juga tetapi secara terpisah yaitu dihubungkan dengan elektroda.

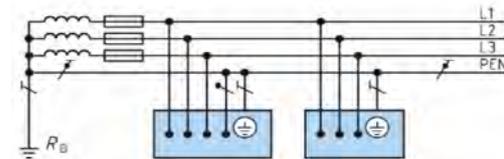


Gambar 5. Sistem pembumian TT [9]

### 2.6.2 Sistem Pembumian TN (*Terra-Neutral*)

#### a. Sistem Pembumian TN-C

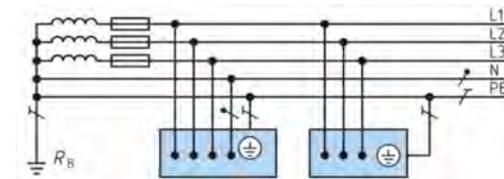
Seperti pada namanya yaitu TN-C atau *Terra Neutral-Combined*, yaitu pada grounding dan netral digabungkan menjadi satu di jaringan.



Gambar 6. Sistem pembumian TN-C [9]

#### b. Sistem Pembumian TN-S

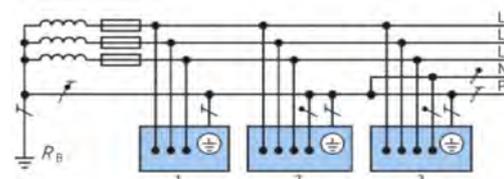
Huruf tambahan S pada sistem TN-S merupakan *separated* yang berarti terpisah. Seperti amanya, yaitu netral dan *grounding* ditempatkan terpisah.



Gambar 7. Sistem pembumian TN-S [9]

#### c. Sistem Pembumian TN-C-S

Pada sistem ini netral dan *grounding* semula digabungkan (*Combined*) di jaringan. Namun, kemudian *grounding* dan netral dipisah dan mempunyai jalurnya masing-masing (*Separated*). Sistem pembumian ini kombinasi antara sistem pembumian TN-C dan TN-S.

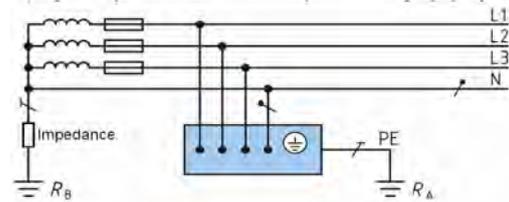


Gambar 8. Sistem pembumian TN-C-S [9]

### 2.6.3 Sistem Pembumian IT (*Impedance Terra*)

Sistem pembumian titik netral melalui impedansi dan bagian konduktif instalasinya dihubungkan pada tanah. Jenis sambungan titik

netral pada sistem pembumian ini bermacam-macam, diantaranya dapat melalui tahanan, reaktansi serta petersen [10].

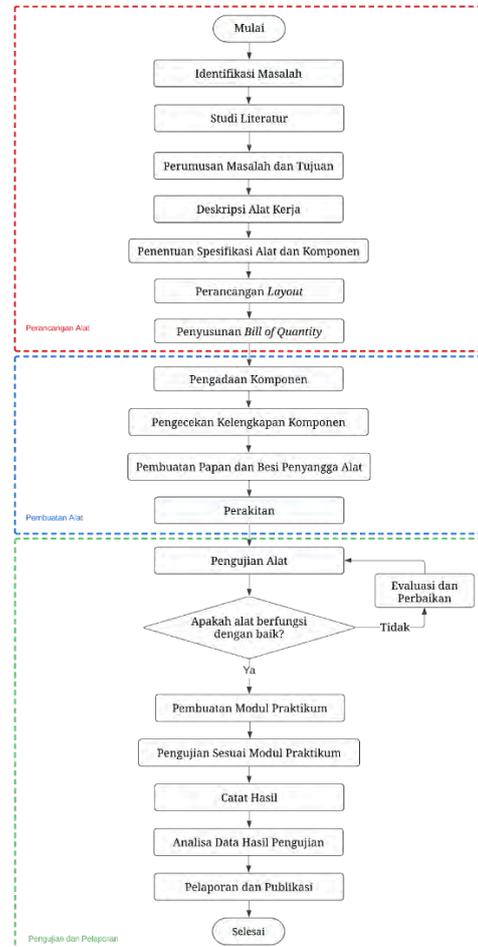


Gambar 9. Sistem pembumian IT [9]

## 3. METODOLOGI PELAKSANAAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah rancang bangun untuk pembuatan alat praktikum dan eksperimental untuk pengambilan data.

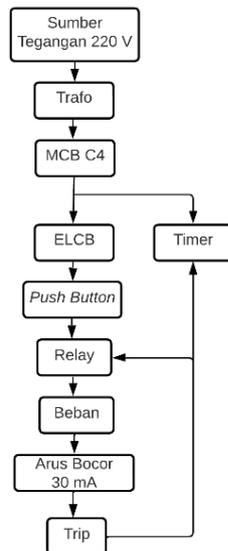
Gambar 10 merupakan diagram alir mengenai rancang bangun alat praktikum dan pengambilan data untuk pengujian modul yang dibagi menjadi 3 Tahapan, yaitu perancangan alat, pembuatan alat, serta pengujian dan pelaporan.



Gambar 10. Diagram Alir

Berdasarkan diagram blok pada gambar 11, mula-mula alat praktikum dihubungkan dengan sumber PLN dengan tegangan 220 V dan melewati transformator isolasi sehingga tegangannya tetap 220 V, lalu tegangan masuk

ke MCB dan memberikan suplai pada ELCB dan timer yang terhubung dengan *relay* yang sudah mengunci push button apabila kontak NO ditekan. Ketika terdapat arus bocor  $\geq 30$  mA pada beban yaitu lampu pijar 60 watt maka ELCB akan memutus rangkaian secara *instantaneous* dan waktu kerjanya dicatat oleh *timer*.



Gambar 11. Diagram Blok

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Alat

Pengujian pertama dilakukan tanpa beban dengan menekan tombol test pada ELCB 30 mA dan pengujian selanjutnya dilakukan dengan beban yaitu lampu pijar 60 watt serta rheostat dan wirewond sebagai pengganti resistansi tubuh, resistansi gangguan, dan tahanan pentanahan.

Hasil pengujian sesuai dengan spesifikasi alat praktikum yang telah ditentukan yaitu tegangan keluaran dari transformator yang menuju ke alat harus sebesar 220V, ELCB sebagai (Gawai Proteksi Arus Bocor) yang dapat memutus rangkaian ketika terdapat arus bocor  $\geq 30$  mA dalam waktu seketika (*instantaneous*) dan *timer* mendapat suplai tegangan dari MCB utama dan sudah terhubung dengan *relay* yang mengunci *Push Button*.

### 4.2 Hasil Pengujian Alat Praktikum Sesuai Modul

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh arus bocor terhadap waktu kerja ELCB, pengaruh tahanan tubuh dan tempat kerjanya serta resistansi gangguan terhadap arus yang melalui tubuh dan pembumian peralatannya, serta pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap tegangan sentuh tidak langsung pada sistem pembumian TN-C-S.

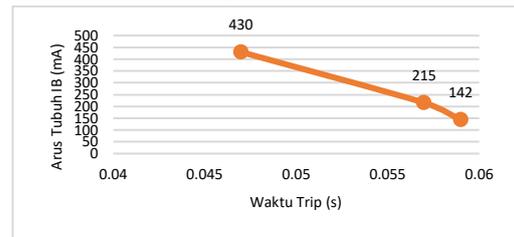
### 4.2.1 Hasil Pengujian Tegangan Sentuh Langsung

Tabel 2. Hasil pengujian tegangan sentuh langsung

No.	Resistansi Tubuh Manusia $R_B$ ( $\Omega$ )	Arus Bocor $I_B$ (mA)		Tegangan Sentuh $V_B$ (Volt)	ELCB	
		Pengujian	Hitungan		Trip / Tidak	Waktu Trip (s)
1	500 (tanpa APD)	430	440	215,7	Trip	0,047
2	1000 (Tanpa APD)	215	220	216,4	Trip	0,057
3	1500 (Tanpa APD)	142	147	216,9	Trip	0,059
4	50.000 (lantai berisolasi)	4,31	4,4	217	Tidak	-
5	100.000 (Memakai APD)	2,16	2,2	217	Tidak	-

#### 4.2.1.1 Analisa Pengujian Tegangan Sentuh Langsung

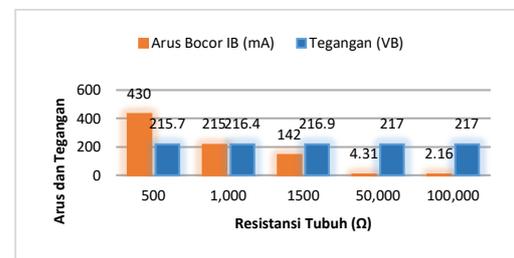
a. Pengaruh arus bocor yang melalui tubuh manusia terhadap waktu kerja ELCB



Gambar 12. Grafik  $I_B$  (Ampere) terhadap waktu kerja ELCB (s)

Waktu kerja ELCB dipengaruhi oleh arus yang melalui tubuh manusia. Ketika arus yang melalui tubuh manusia  $\geq 30$  mA sesuai rating proteksi ELCB untuk manusia maka waktu kerjanya (waktu pemutusan) seketika (*instantaneous*). Berdasarkan PUIL 2020 tabel 41.1 waktu diskoneksi maksimum yaitu 0,4 s, sedangkan waktu kerja selama pengujian tegangan sentuh langsung berkisar antara 0,04 hingga 0,06 s sehingga sudah sesuai dengan standar yang berlaku.

b. Pengaruh tahanan tubuh manusia dan tempat kerja terhadap besarnya arus yang melalui tubuh manusia dan tegangan sentuhnya



Gambar 13. Grafik  $R_B$  ( $\Omega$ ) dan tempat kerja terhadap  $I_B$  (Ampere)

Arus yang melalui tubuh manusia dan tegangan sentuhnya dipengaruhi oleh tahanan tubuh dan tempat kerja, ketika tahanan tubuhnya semakin besar, yaitu dengan penggunaan APD dan tempat kerja dengan lantai berisolasi, arus yang melalui tubuh manusia kurang dari 30 mA yaitu 2,6 mA dan 4,3 mA sehingga tidak membahayakan manusia dan ELCB tidak akan

bekerja untuk memutus rangkaian. Sedangkan ketika tanpa APD dan tempat kerja yang tidak berisolasi, arus bocor yang melalui tubuh manusia lebih dari 30mA sehingga ELCB bekerja dan memutus rangkaian.

Besar arus yang mengalir pada tubuh berbanding terbalik dengan besar tegangan sentuh langsung pada manusia. Ketika arusnya semakin besar, maka tegangan sentuhnya semakin kecil tetapi perubahannya tidak begitu signifikan karena selisihnya hanya sedikit.

#### 4.2.2 Hasil Pengujian Tegangan Sentuh Tidak Langsung

Tabel 3. Hasil pengujian dengan  $R_E = 2 \Omega$

No.	Resistansi Gangguan $R_f$ ( $\Omega$ )	Arus Bocor $I_f$ (mA)		Tegangan Sentuh $V_f$ (Volt)	ELCB	
		Pengujian	Hitungan		Trip / Tidak	Waktu Trip (s)
1	20.000	10,92	9,5	0,019	Tidak	-
2	10.000	21,92	20,5	0,041	Tidak	-
3	5000	41	42,5	0,085	Trip	0,072
4	4000	52	53,5	0,107	Trip	0,069
5	3000	70	72	0,144	Trip	0,064
6	2000	107	109	0,218	Trip	0,063
7	1500	142	145,5	0,291	Trip	0,059
8	1000	215	220,5	0,441	Trip	0,054
9	500	427	436,5	0,873	Trip	0,041
10	100	2046	2100	4,2	Trip	0,037

Tabel 4. Hasil pengujian dengan  $R_E = 5 \Omega$

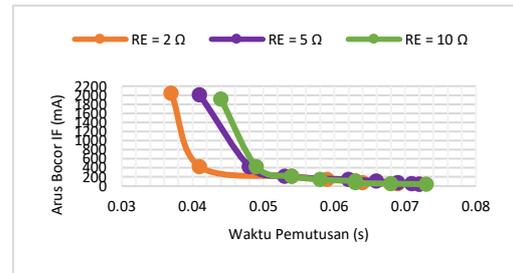
No.	Resistansi Gangguan $R_f$ ( $\Omega$ )	Arus Bocor $I_f$ (mA)		Tegangan Sentuh $V_f$ (Volt)	ELCB	
		Pengujian	Hitungan		Trip / Tidak	Waktu Trip (s)
1	20.000	11,04	10,6	0,053	Tidak	-
2	10.000	22,11	22	0,11	Tidak	-
3	5000	42	44,2	0,221	Trip	0,072
4	4000	53	55	0,275	Trip	0,071
5	3000	71	73,2	0,366	Trip	0,069
6	2000	108	110,2	0,551	Trip	0,066
7	1500	144	146,8	0,734	Trip	0,062
8	1000	216	219,4	1,097	Trip	0,053
9	500	430	436,6	2,183	Trip	0,048
10	100	2013	2054	10,27	Trip	0,041

Tabel 5. Hasil pengujian dengan  $R_E = 10 \Omega$

No.	Resistansi Gangguan $R_f$ ( $\Omega$ )	Arus Bocor $I_f$ (mA)		Tegangan Sentuh $V_f$ (Volt)	ELCB	
		Pengujian	Hitungan		Trip / Tidak	Waktu Trip (s)
1	20.000	10,95	10,9	0,109	Tidak	-
2	10.000	21,98	22,3	0,223	Tidak	-
3	5000	41	44,7	0,447	Trip	0,073
4	4000	52	55,9	0,559	Trip	0,068
5	3000	71	74,7	0,747	Trip	0,063
6	2000	107	112,1	1,121	Trip	0,063
7	1500	143	150,1	1,501	Trip	0,058
8	1000	214	223,7	2,237	Trip	0,054
9	500	426	443	4,43	Trip	0,049
10	100	1913	2006	20,06	Trip	0,044

##### 4.2.2.1 Analisa Pengujian Tegangan Sentuh Tidak Langsung

a. Pengaruh arus bocor yang melalui pembumian peralatan terhadap waktu kerja ELCB pada sistem pembumian TN-C-S

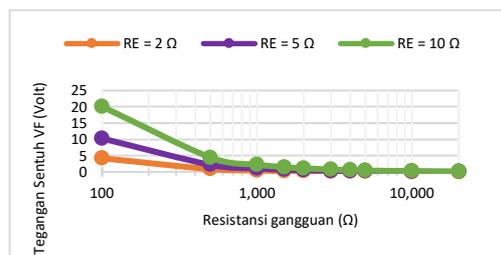


Gambar 14. Grafik  $I_f$  (Ampere) terhadap waktu kerja ELCB (s)

Waktu kerja ELCB pada tegangan sentuh tidak langsung dengan sistem pembumian TN-C-S dipengaruhi oleh arus yang melalui pembumian peralatan (BKT). Ketika arus yang melalui pembumian peralatan diatas 30mA sesuai rating proteksi ELCB untuk manusia maka waktu kerjanya (waktu pemutusan) sesegera mungkin (instantaneous), begitupun sebaliknya ketika arus yang mengalir < 30 mA pada ELCB dan dianggap tidak membahayakan manusia, ELCB tidak akan bekerja.

Berdasarkan PUIL 2020 tabel 41.1 waktu diskoneksi maksimum yaitu 0,4 s, sedangkan waktu kerja selama pengujian tegangan sentuh langsung berkisar antara 0,03 s hingga 0,08 s sehingga sudah sesuai dengan standar yang berlaku.

b. Pengaruh tahanan pentanahan terhadap tegangan sentuh tidak langsung pada sistem pembumian TN-C-S



Gambar 15. Grafik  $R_E$  ( $\Omega$ ) terhadap  $V_f$  (Volt)

Nilai tegangan sentuh tidak langsung pada sistem pembumian TN-C-S dipengaruhi oleh nilai tahanan pentanahannya ( $R_E$ ). Nilai tahanan pentanahan berbanding lurus dengan nilai tegangan sentuh. Hasil pengujian dengan nilai resistansi gangguan yang sama tetapi dengan nilai pentanahan yang berbeda menyebabkan tegangan sentuhnya berbeda. Semakin besar tahanan pentanahannya, maka semakin besar pula nilai tegangan sentuhnya. Hal ini membahayakan keselamatan manusia jika nilai tahanan pentanahan terlampau besar, karena tegangan sentuhnya akan besar pula. Sesuai dengan PUIL 2000 3.13.2.10 maksimum tahanan pentanahan  $\leq 5 \Omega$  agar nilai tegangan sentuhnya tidak membahayakan manusia.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengembangan alat praktikum berfungsi dengan baik dan sudah sesuai dengan deskripsi kerja dan parameter alat sehingga alat praktikum tersebut dapat dijadikan sebagai fasilitas penunjang mata kuliah praktikum proteksi tegangan rendah.
2. Waktu kerja ELCB dipengaruhi oleh arus yang melalui tubuh manusia dan tempat kerjanya pada tegangan sentuh langsung dan arus yang melalui pembumian peralatannya (BKT) pada tegangan sentuh tidak langsung dengan sistem pembumian TN-C-S.
3. Arus yang melalui tubuh manusia pada tegangan sentuh langsung dipengaruhi oleh tahanan tubuh manusia dan tempat kerjanya. Ketika tahanan tubuh manusia tanpa APD dan lantai tempat kerja tidak berisolasi maka arus yang melalui tubuh manusia  $\geq 30$  mA sehingga ELCB bekerja untuk memutuskan rangkaian.
4. Nilai tegangan sentuh tidak langsung pada sistem pembumian TN-C-S berbanding lurus dengan besarnya nilai tahanan pentanahan. Semakin besar tahanan pentanahannya, maka semakin besar pula nilai tegangan sentuhnya

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui keputusan Ketua Jurusan Teknik Elektro atas bantuan peminjaman fasilitas sarana dan prasarana peminjaman Laboratorium Instalasi Listrik berdasarkan No. surat B/196/PL1.EL/RT.02.00/2023.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 0225:2011, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011", Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, STANDAR KONSTRUKSI, Jakarta Selatan : PT PLN (PERSERO), 2010.
- [3] T. A. A. Maulana, R. S. Lubis and I. D. Sara, "Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20 kV Pada Penyulang Ulee Kareng PT. PLN (Persero) Banda Aceh," in *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*, Banda Aceh, 2019.
- [4] Sofyar, "Studi Proteksi Electric Shock Pada Instalasi Rumah Tinggal Menggunakan Residual Current Circuit Breaker With Intergral Overload Protection," *Al Ulum Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 70-76, 2021.
- [5] International Electrotechnical Commission, Effects of current on human beings and livestock – IEC TS 60479-1, Switzerland: IEC Central Office, 2016.
- [6] R. A. Dedzky and F. Atabiq, "Perbaikan Faktor Daya Pada Peralatan Listrik Rumah Tangga," *Journal as Applied Sciences, Electrical Engineering and Computer Technology*, vol. 1, no. 3, pp. 23-29, 2020.
- [7] Anwar, "Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Pada Instalasi Listrik Berbasis *Earth Leagage Circuit Breaker* (Elcb)," *Al Ulum Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 112-119, 2021.
- [8] Sunarto, "Rekonfigurasi Elektroda Pembumian Petir di Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung," in *Prosiding SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)*, Sukabumi, 2020.
- [9] E. Suherman and M. N. Ruspiana, "Analisis Pentanahan Peralatan Pada Ruang Server Gedung Rektorat Universitas Darma Persada," *Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 114-123, 2021.
- [10] F. D. Sukardi, A. Zain and A. Muliawan, "Prototipe Pengaman Peralatan Instalasi Listrik dan Tegangan Sentuh Bagi Manusia dengan ELCB ( Earth Leakege Circuit Breaker )," *TEKNOLOGI ELEKTERIKA*, vol. 16, no. 2, pp. 56-62, 2019.