

# MODUL SIMULASI ELCB SATU FASA SEBAGAI PELINDUNG TEGANGAN SENTUH BAGI MANUSIA

Nuril Fifana  
L2F 303464

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

## Abstrak

Tegangan sentuh merupakan salah satu beda tegangan yang terjadi selama mengalirnya arus gangguan tanah. Pada nilai tegangan yang kecil efek yang diakibatkannya tidak terlalu signifikan tetapi pada suatu nilai tegangan tertentu efeknya sangat berbahaya bahkan dapat berujung pada kematian manusia.

Aplikasi Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) pada suatu sistem instalasi listrik merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk melindungi manusia dari bahaya yang diakibatkan tegangan sentuh. Prinsip kerja ELCB adalah dengan mendeteksi adanya arus bocor, dimana arus yang masuk ke sistem dibandingkan dengan arus yang keluar sistem, apabila ada perbedaan pada suatu nilai yang telah ditetapkan maka ELCB akan memutuskan aliran listrik ke sistem.

Dengan Pengaplikasian ELCB dalam suatu sistem instalasi listrik diharapkan bahaya yang diakibatkan oleh adanya tegangan sentuh dapat dibatasi sehingga sistem aman bagi manusia

## I. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Faktor keamanan merupakan pertimbangan yang ditempatkan pada urutan pertama dalam mendesain suatu instalasi listrik.. Adanya ancaman bahaya bagi keselamatan manusia akibat tegangan sentuh diatas ambang tegangan aman pada suatu sistem instalasi listrik merupakan suatu masalah yang harus dicarikan jalan keluarnya.

Di dalam tugas akhir ini akan dibuat suatu modul simulasi Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) satu fasa dimana dengan modul tersebut dapat ditunjukkan fungsi ELCB yang digunakan untuk mengamankan manusia dari bahaya yang diakibatkan tegangan sentuh. Pemilihan ELCB satu fasa dalam modul percobaan didasarkan pada besarnya konsumen listrik rumah tangga yang hanya menggunakan sumber satu fasa. Tubuh manusia dalam modul digantikan oleh suatu tahanan dengan nilai tertentu yang diambil dari hasil pengukuran tahanan tubuh manusia.

### Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah :

1. Membuat modul aplikasi ELCB satu fasa
2. Membuktikan fungsi ELCB sebagai pengaman manusia dari bahaya tegangan sentuh yang melampaui batas rentang tegangan.

### Pembatasan Masalah

Batasan – batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Metode yang digunakan dalam menentukan tahanan tubuh manusia adalah dengan cara pengukuran secara langsung menggunakan multimeter injeksi arus searah.
2. ELCB yang digunakan merupakan ELCB 2 kutub untuk instalasi fasa tunggal buatan pabrik dengan spesifikasi untuk sensitivitas arus gangguan 30 mA 50 Hz.

3. Simulasi instalasi listrik dalam percobaan adalah instalasi listrik rumah tangga dengan menggunakan fasa tunggal.

4. Simulasi yang dilakukan dengan cara merepresentasikan tubuh manusia dengan sebuah nilai tahanan yang didapat dari hasil pengukuran.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Keselamatan Listrik

Keselamatan manusia merupakan faktor terpenting yang harus diperhatikan di dalam pemakaian energi listrik. Salah satu bahaya yang dapat ditimbulkan oleh pemakaian energi listrik adalah adanya tegangan sentuh yang dapat mengancam jiwa manusia.

Ada beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi bahaya tegangan sentuh yang berlebihan. Metoda yang paling umum digunakan untuk mengurangi bahaya tersebut dapat digolongkan menjadi 2 bagian, yaitu :

a. Langkah-langkah pengamanan untuk mencegah terjadinya tegangan sentuh, yaitu<sup>[2]</sup> :

1. Isolasi Total  
Peralatan diberi isolasi tambahan untuk mencegah selungkup bertegangan seandainya isolasi dasar gagal berfungsi.

2. Alas Isolasi  
Manusia diisolir dari pembumian dan dari seluruh benda penghantar listrik yang terhubung ke benda-benda tersebut

3. Pengaman dengan Pemisah  
Peralatan listrik dihubungkan ke saluran utama melalui sebuah trafo isolasi (rasio transformasi 1:1)

4. Tegangan Ekstra Rendah yang Aman  
Peralatan disulang dengan tegangan yang aman (sampai 50 V) yang misalnya berasal dari sebuah trafo isolasi, baterai, atau yang lainnya.

b. Langkah-langkah pengamanan yang bertujuan memutuskan bahaya tegangan sentuh, yaitu<sup>[2]</sup> :

1. Pentanahan Pengaman

Selungkup peralatan dihubungkan langsung ke pentanahan. Saat terjadi hubung singkat ke rangka, arus gangguan yang mengalir ke pentanahan sangat besar sehingga peralatan pengaman jatuh (tripped)

### 2. Netralisasi (disebut juga sistem TN)

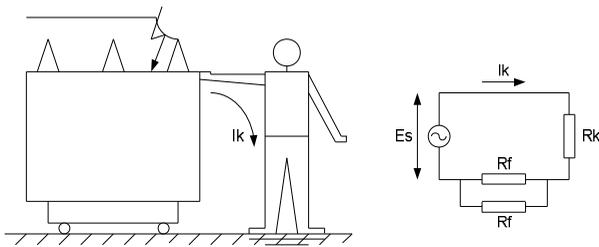
Cara ini merupakan bentuk pengamanan yang merupakan cara yang paling lazim. Selungkup peralatan dihubungkan ke penghantar netral yang ditanahkan, yang selanjutnya disebut dengan penghantar PEN. Pada waktu terjadi hubung singkat ke rangka, arus gangguan yang mengalir ke pentanahan terlalu besar sehingga pemutus arus atau peralatan pengaman jatuh.

### 3. Sistem Pemutus Sirkuit Gangguan Tanah

Jika arus gangguan mengalir ke tanah pada salah satu titik di dalam sirkuit yang hendak diamankan, maka pemutusan sirkuit gangguan tanah segera memutuskan sirkuit tersebut.

## 2.2 Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah<sup>[5]</sup> tegangan yang terdapat diantara suatu objek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pengetanahan yang berada dibawahnya.



Gambar 2.1 Tegangan sentuh dan rangkaian ekivalennya

Dari rangkaian ekivalen didapat persamaan tegangan sentuh,yaitu :

$$E_s = \left( R_k + \frac{R_f}{2} \right) I_k \quad (2.1)$$

Dimana :

$E_s$  = Tegangan sentuh (V)

$R_k$  = Tahanan badan manusia ( $\Omega$ )

$R_f$  = Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki pada tanah ( $\Omega$ )

$I_k$  = Arus yang melalui tubuh (A)

Tegangan sentuh yang terlalu tinggi harus diberikan proteksi agar tidak membahayakan keselamatan manusia sebagaimana dalam bagian 3.5.1.4 PUIL 2000 disebutkan “Tindakan proteksi harus dilakukan sebaik-baiknya agar tegangan sentuh yang terlalu tinggi karena kegagalan isolasi tidak dapat terjadi atau tidak dapat bertahan”. Dan pada bagian 3.5.1.5 PUIL 2000 diberikan ketentuan tentang tegangan sentuh yang terlalu tinggi yaitu “Tegangan sentuh yang terlalu tinggi adalah tegangan sentuh yang melampui batas rentang tegangan (lihat 3.3.1.1) yaitu > 50 V a.b. efektif.

Khusus untuk tempat-tempat berikut ini :

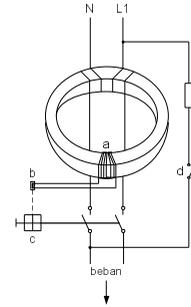
a) tempat yang lembab/basah, atau

b) ruang kerja dalam industri pertanian, tegangan sentuh yang terlalu tinggi adalah tegangan sentuh yang > 25 V a.b. efektif”.

## 2.3 Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)

Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) adalah suatu alat listrik yang dipergunakan sebagai pengaman bila terjadi arus bocor pada salah satu penghantar yang melalui alat tersebut

Sakelar ini memiliki sebuah transformator arus dengan inti berbentuk gelang (Gambar 2.2). Inti ini melingkari semua hantaran suplai ke mesin atau sistem yang diamankan, termasuk penghantar netral.



Gambar 2.3 Prinsip-prinsip dari ELCB

- Kumparan sekunder
- Detektor arus gangguan
- Mekanisme penahan
- Tombol uji

Dalam keadaan normal, jumlah arus yang dilingkari oleh inti transformator sama dengan nol. Kalo ada arus bocor ke tanah, keadaan seimbang akan terganggu. Karena itu dalam inti transformator akan timbul suatu medan magnetik yang membangkitkan tegangan dalam kumparan sekunder. Apabila arus bocor tersebut mencapai pada suatu harga tertentu maka relay pada ELCB akan bekerja melepaskan kontak-kontaknya.

Berdasarkan PUIL 2000 pada bagian 3.15.1.2 pemilihan ELCB untuk proteksi tambahan dari sentuhan langsung dipilih ELCB dengan arus operasi arus sisa pengenalan 30 mA.

## 2.4 Miniature Circuit Breaker (MCB)

Miniature Circuit Breaker merupakan suatu pengaman untuk memutuskan rangkaian listrik. Di dalam MCB dilengkapi dengan pengaman thermis yang berupa logam bimetal sebagai pengaman gangguan arus beban lebih dan pengaman elektromagnetik sebagai pengaman hubung singkat.

Deskripsi kerja MCB :

Pengaman thermis yang berupa bimetal adalah 2 buah logam yang mempunyai koefisien muai yang berbeda dan disatukan pada ujungnya. Jika terkena panas yang diakibatkan oleh adanya beban lebih, maka bimetal akan mengerjakan kontak relai, dan kontak relai inilah yang akan memutuskan kontak MCB.

Jika terjadi gangguan hubung singkat, maka rangkaian elektromagnetik akan *ter-energize*, sehingga akan menggerakkan kontak relai. Kontak relai ini kemudian memutuskan kontak MCB yang akhirnya memutuskan rangkaian.

## 2.5 Sekering

Sekering kawat tunggal adalah peralatan untuk mengamankan rangkaian dari arus yang berlebihan.. Pengaman ini mempunyai elemen yang dapat melebur

jika arus yang melewatinya melebihi batas kemampuan dengan nilai ketentuan batas limitnya.

Arus kerja (nominal) sekering adalah nilai yang sudah ditentukan oleh pabrik, yaitu besarnya arus yang dijamin oleh pabrik untuk tidak menyebabkan kerusakan sekering yang bekerja secara terus menerus pada kondisi normal tanpa terjadi peledakan pada bagian elemennya atau tanpa terjadinya keadaan yang memburuk karena arus tersebut pada sekering.

Pada penggunaannya sekering harus sesuai dengan tegangan dari rangkaian tempat digunakannya. Pada sekering tegangan rendah konstruksi/bentuk-bentuk sekering antara lain :

1. Sekering-sekering tipe ulir (sistem diazed/D dan Neozed/Do)
2. Sekering-sekering pemutus pisau (sistem NH/sekering-sekering HRC)  
HRC adalah kependekan dari High Rupturing Capacity yang berarti kapasitas pemutusan tinggi.
3. Sekering-sekering isolator tabung/peluru (elemen sekering dapat diganti atau tetap sekering cartridge)

Jenis sekering yang paling banyak digunakan oleh konsumen rumah tangga adalah sekering tipe ulir sistem Diazed.

## 2.6 Tahanan Listrik Tubuh Manusia

Tahanan tubuh manusia tergantung pada sejumlah parameter, parameter yang amat penting adalah: kelembaban kulit, daerah sentuhan dan tegangan yang ada.

Tahanan tubuh manusia merupakan gabungan dari tahanan kulit dan tahanan internal tubuh manusia. Tahanan kulit ada bermacam-macam antara beberapa ratus ohm untuk kulit yang tipis, lembab atau kasar sampai beberapa juta ohm untuk kulit yang kering, kemungkinan juga menebal karena pembengkakan, dll

Penyelidikan dan penelitian telah dilakukan oleh beberapa orang ahli untuk mendapatkan tahanan tubuh manusia, hasil yang diperoleh adalah sebagaimana terlihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Berbagai harga tahanan tubuh manusia[5]

Peneliti	Tahanan (Ohm)	Keterangan
Dalziel	500	Dengan tegangan 60 cps
AIEE	2.330	Dengan tegangan 21 Volt
Committee		Tangan ke tangan $I_k = 9 \text{ mA}$
Report	1.130	Tangan ke kaki
1958	1.680	Tangan ke tangan dengan arus searah
	800	Tangan ke kaki dengan 50 cps
Laurent	3000	

## 2.7 Arus yang Melalui Tubuh

Apabila manusia memegang suatu bagian yang bertegangan maka sesuai dengan hukum Ohm akan mengalir arus dimana besarnya adalah pembagian tegangan dengan tahanan tubuh orang tersebut.

Batasan arus dan pengaruhnya pada manusia menurut DR.Hans Prinz disusun dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Batasan-batasan arus dan pengaruhnya pada manusia[5]

Besar Arus	Pengaruh pada tubuh manusia
0 – 0,9 mA	Belum dirasakan pengaruhnya, tidak menimbulkan reaksi apa-apa
0,9 – 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik, tetapi tidak menimbulkan akibat kejang,
1,2 – 1,6 mA	konstraksi atau kehilangan kontrol
1,6 – 6,0 mA	Mulai terasa seakan-akan ada yang merayap di dalam tangan
6,0 – 8,0 mA	Tangan sampai ke siku merasa kesemutan
13 – 15 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah
15 – 20 mA	Rasa sakit tidak tertahankan, penghantar masih dapat melepaskan dengan gaya yang besar sekali
20 – 50 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar
50 – 100 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

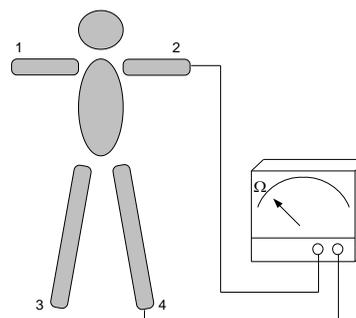
## III. SURVEI DATA DAN PEMBUATAN MODUL

### 3.1 Survei Data

Sebagaimana dalam pendahuluan sebagai pengganti tubuh manusia yang digunakan pada percobaan yang akan dilakukan adalah tahanan dengan nilai yang diambil dari pengukuran tahanan tubuh secara langsung, untuk itu dilakukan survei terhadap tahanan tubuh manusia. Pada survei yang dilakukan data yang di ambil adalah data tahanan tubuh manusia antara dua titik pada tubuh manusia dengan variabel jenis kelamin, berat badan, dan tinggi tubuh.

Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan tersebut berikut ini diberikan urutan tata cara pengambilan data :

1. Mengukur tinggi badan untuk mengetahui tinggi badan responden
2. Menimbang berat badan untuk mengetahui berat badan responden
3. Mengusap permukaan kulit yang akan diukur dengan tissue untuk memastikan kekeringannya.
4. Mengukur tahanan tubuh dengan menggunakan multimeter analog dengan injeksi arus searah berkekuatan 3 Volt pada ujung jari antara titik 1 – 2, 1 – 3, 1 – 4, 2 – 3, dan 2 – 4 sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengukuran tahanan tubuh

### 3.2 Data Hasil Survei

Tahanan tubuh hasil survei yang digunakan dalam percobaan adalah nilai tahanan yang diambil dari hasil pengukuran tahanan tubuh manusia jenis kelamin laki-laki dengan berat badan 60 Kg yang merupakan rata-rata berat badan ideal manusia Indonesia[6]. Nilai tahanan tersebut ditunjukkan pada pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Tahanan tubuh manusia jenis kelamin laki-laki dengan berat badan 60 Kg hasil pengukuran

No	Tinggi (cm)	Tahanan (ohm)				
		1-2	1-3	1-4	2-3	2-4
1	165	500	1000	1000	6000	1500
2	163	1000	1500	1200	1200	5000
3	173	900	1500	2100	4000	3000
4	167	600	2000	2300	2500	2800
5	170	1500	2500	3500	2500	3000
6	165	1000	2500	1800	2000	1900
7	165	1500	2200	1800	1200	2000
8	170	500	700	900	700	1200

Dari data pada tabel 3.3 nilai tahanan tubuh yang akan digunakan dalam melakukan percobaan adalah tahanan dengan nilai maksimal, minimal dan rata-rata untuk masing-masing posisi pengukuran sebagaimana yang data pada tabel 3.4 kemudian digantikan dengan resistor dengan nilai yang hampir sama untuk digunakan dalam melakukan percobaan.

Tabel 3.4 Tahanan tubuh manusia yang digunakan dalam percobaan

Tahanan tubuh	Nilai Tahanan ( $\Omega$ )				
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4
Maksimal	1500	2500	3500	6000	5000
Rata-rata	937,5	1737	1825	2512,5	2550
Minimal	500	700	900	700	1200

### 3.4 Perancangan Modul Simulasi

Pada pembuatan tugas akhir modul yang akan dibuat adalah modul simulasi kerja ELCB dimana dengan modul tersebut diharapkan dapat digunakan untuk melakukan percobaan-percobaan mengenai berbagai metode proteksi untuk mengamankan manusia dari bahaya tegangan sentuh. Percobaan-percobaan tersebut adalah :

1. Ketidaksesuaian ELCB dan netralisasi klasik
2. Penggabungan ELCB dengan netralisasi modern
3. Penggabungan ELCB dan pentanahan pengaman
4. Penggabungan ELCB dan pengamanan dengan pemisahan

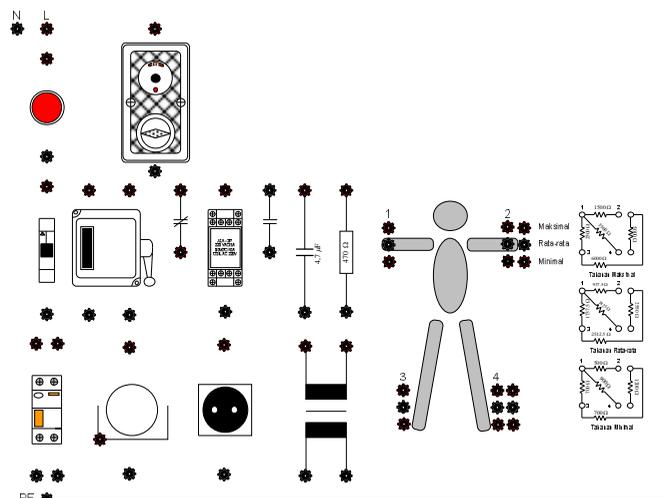
Disamping percobaan-percobaan tersebut diatas modul yang dibuat juga digunakan untuk melakukan pengesanan kondisi ELCB dengan cara mengetahui arus jatuh nominal ELCB dan waktu pemutusan ELCB ketika mengalir arus gangguan yang melebihi arus jatuh nominal.

Berdasarkan percobaan-percobaan yang akan dilakukan modul yang akan dibuat merupakan sebuah papan yang diatasnya disusun berbagai alat dan

komponen yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan. Alat dan komponen tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tombol darurat
2. Miniature Circuit Breaker (MCB)
3. Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)
4. Kotak sekering beserta sekering
5. Kotak kontak
6. Fitting lampu dan Lampu pijar dengan gambar selengkapny
7. Rele kontak dengan 2 kontak bantu NO dan NC
8. Trafo isolasi
9. Kapasitor
10. Resistor
11. Tahanan tubuh dan gambar manusia
12. Sakelar cam

Pada papan percobaan tersebut masing-masing masukan dan keluaran alat dan komponen disambungkan dengan sebuah terminal sehingga dalam melaksanakan percobaan alat dan dan komponen dapat disusun dengan mudah dengan cara menghubungkannya dengan kabel hubung. Alat dan komponen tersebut kemudian di susun sebagaimana pada gambar 3.2.

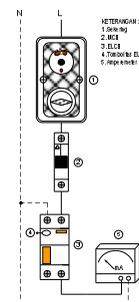


Gambar 3.2 Layout modul simulasi

## IV. PERCOBAAN DAN ANALISA

### Pengujian ELCB

#### Pengujian Arus Jatuh Nominal



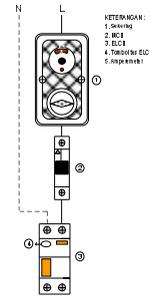
Gambar 4.1 Rangkaian pengujian arus jatuh nominal

Dari Percobaan diketahui bahwa dalam percobaan arus jatuh rata-rata ELCB yaitu sebesar 25,925 mA dan secara perhitungan didapat 26,575 mA, selisih nilai tersebut relatif kecil dan masih dibawah nilai arus jatuh nominal spesifikasi dari pabrik yaitu sebesar 30 mA.

**Pengaktifan ELCB dalam Keadaan Gangguan**

Gambar percobaan ini seperti terlihat pada gambar 4.1. Setelah dicoba dihidupkan dengan cara menarik tuasnya ternyata ELCB tidak mau hidup/ON. Sifat pelepasan-bebas mencegah ELCB untuk dihidupkan kembali selama gangguan masih ada. Dalam hal ini, arus gangguan melalui resistor 470 Ohm.

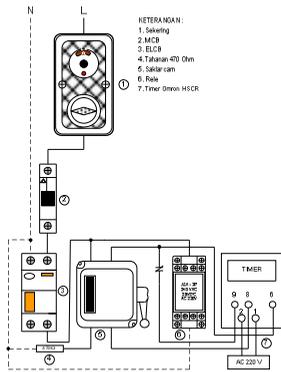
**Pengujian Tombol Tes ELCB**



Gambar 4.2 Rangkaian pengujian tombol tes ELCB

Setelah tombol tes ELCB ditekan, ELCB jatuh seketika. ELCB jatuh karena arus gangguan yang timbul di dalamnya terhubung dengan cara yang sama seperti resistor 470 Ohm dan dihubungkan secara seri ke tombol penguji.

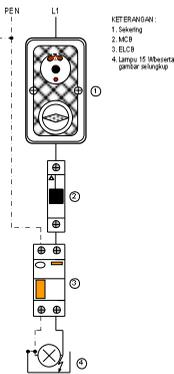
**Pengukuran Waktu Pemutusan ELCB**



Gambar 4.3 Rangkaian pengukuran waktu pemutusan ELCB

Dari percobaan didapatkan rata-rata waktu pemutusan ELCB yaitu selama 0,02275 detik, nilai jauh dibawah ketentuan PUIL yang menyatakan waktu pemutusan paling lambat GPAS (ELCB) adalah 0,4 detik.

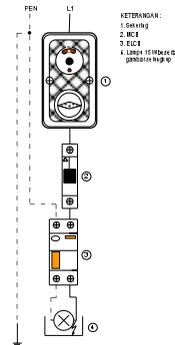
**Ketidaksesuaian ELCB dan Netralisasi klasik Percobaan I**



Gambar 4.4 Rangkaian percobaan I ketidaksesuaian ELCB dan Netralisasi klasik

Setelah hubung singkat saluran fasa ke rangka dilakukan, MCB jatuh seketika tetapi ELCB tidak jatuh. MCB jatuh karena terjadi hubung singkat fasa dengan netral/PE sedangkan ELCB tidak jatuh karena ELCB tidak mendeteksi adanya aliran arus gangguan dimana arus yang mengalir masuk dan keluar ELCB sama.

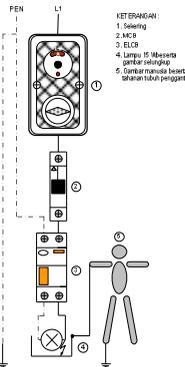
**Percobaan II**



Gambar 4.5 Rangkaian percobaan II ketidaksesuaian ELCB dan Netralisasi klasik

Setelah hubung singkat ke rangka dilakukan baik MCB maupun ELCB tidak jatuh. MCB tidak jatuh karena tidak ada hubung singkat antara kawat fasa dengan kawat PEN sedangkan ELCB tidak jatuh karena tidak terjadi aliran arus gangguan. Dengan adanya hubung singkat ke rangka maka tegangan pada rangka sama dengan tegangan pada saluran fasa.

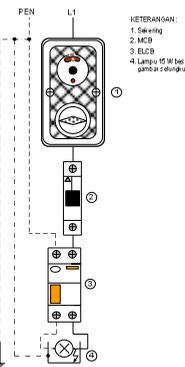
**Percobaan III**



Gambar 4.6 Rangkaian percobaan III ketidaksesuaian ELCB dan Netralisasi klasik

Setelah tahanan tubuh menyentuh rangka maka ELCB jatuh seketika. Hal ini diakibatkan mengalir arus gangguan yang melewati tahanan tubuh manusia

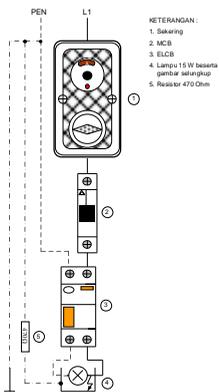
**Penggabungan ELCB dan Netralisasi Modern Percobaan I**



Gambar 4.7 Rangkaian percobaan I penggabungan ELCB dan Netralisasi Modern

Setelah hubung singkat saluran fasa ke rangka dilakukan, ELCB langsung jatuh seketika sedangkan MCB kadangkala jatuh. ELCB jatuh karena ELCB mendeteksi adanya aliran arus gangguan yang mengalir melalui kawat PE. Sedangkan MCB jatuh karena ada arus aliran hubung singkat yang sangat besar melalui kawat PE akan tetapi kadangkala MCB tidak jatuh karena sistem telah diamankan oleh ELCB terlebih dahulu karena kemampuan mendeteksi arus gangguan ELCB jauh lebih sensitif dibandingkan dengan MCB

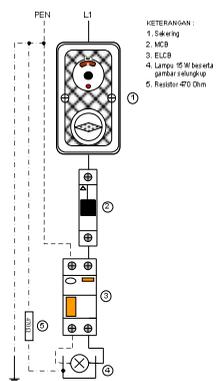
**Percobaan II**



Gambar 4.8 Rangkaian percobaan II penggabungan ELCB dan Netralisasi Modern

Setelah hubung singkat saluran fasa ke rangka dilakukan, ELCB langsung jatuh seketika sedangkan MCB tidak jatuh. ELCB jatuh karena ELCB mendeteksi adanya aliran arus gangguan yang mengalir melalui kawat PE dan MCB tidak jatuh karena tidak terdapat aliran arus hubung singkat yang melalui MCB yang cukup untuk membuat MCB jatuh

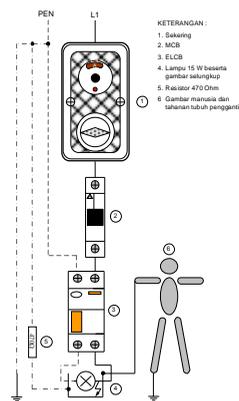
**Percobaan III**



Gambar 4.9 Rangkaian percobaan III penggabungan ELCB dan Netralisasi Modern

Setelah hubung singkat saluran fasa ke kawat netral, ELCB tidak jatuh sedangkan MCB jatuh seketika. ELCB tidak jatuh karena ELCB tidak mendeteksi adanya aliran arus gangguan karena arus gangguan lewat melalui penghantar netral sedangkan MCB jatuh karena mendeteksi adanya aliran arus hubung singkat yang melaluinya.

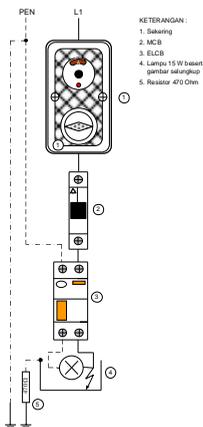
**Percobaan IV**



Gambar 4.10 Rangkaian percobaan IV penggabungan ELCB dan Netralisasi Modern

Setelah tahanan tubuh menyentuh rangka maka ELCB jatuh seketika. Hal ini diakibatkan mengalir arus gangguan yang melewati tahanan tubuh manusia.

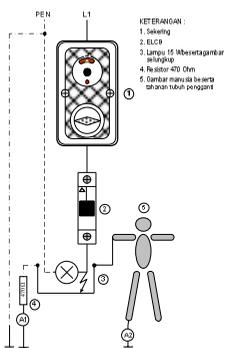
**Penggabungan ELCB dan Pentanahan Pengaman Percobaan I**



Gambar 4.11 Percobaan I Penggabungan ELCB dan Pentanahan Pengaman

Setelah hubung singkat saluran fasa ke rangka dilakukan, ELCB langsung jatuh seketika sedangkan MCB tidak jatuh. ELCB jatuh karena ELCB mendeteksi adanya aliran arus gangguan yang mengalir melalui pentanahan dan MCB tidak jatuh karena tidak terdapat aliran arus hubung singkat yang melalui MCB yang cukup untuk membuat MCB jatuh.

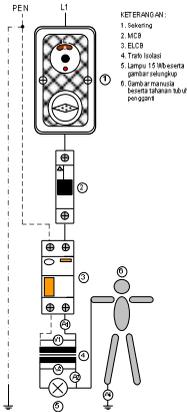
**Percobaan II**



Gambar 4.11 Percobaan I Penggabungan ELCB dan Pentanahan Pengaman

Setelah tahanan menyentuh rangka yang bertegangan MCB tidak jatuh, hal ini karena arus gangguan yang mengalir melalui MCB terlalu kecil yaitu aliran arus melalui rangka dan aliran arus yang melalui tahanan tubuh manusia.

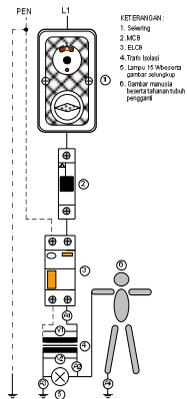
**Pengabungan ELCB dan Pengamanan dengan Pemisahan Percobaan I**



Gambar 4.12 Percobaan I Pengabungan ELCB dan Pengamanan dengan Pemisahan

Pada percobaan kondisi ELCB tidak jatuh karena tidak mengalir arus gangguan mengalir ke pentanahan (aliran arus pada A4).

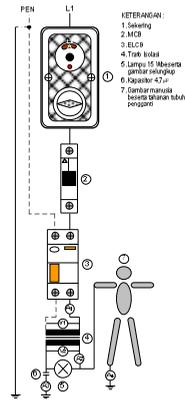
**Percobaan II**



Gambar 4.13 Percobaan II Pengabungan ELCB dan Pengamanan dengan Pemisahan

ELCB tidak jatuh karena ELCB tidak mengenali adanya aliran arus gangguan yang menyebabkan ketidakseimbangan aliran arus yang masuk dan keluar ELCB, walaupun pada kenyataannya ada aliran arus gangguan (arus pada A4) tetapi aliran arus ini tidak tertutup

**Percobaan III**

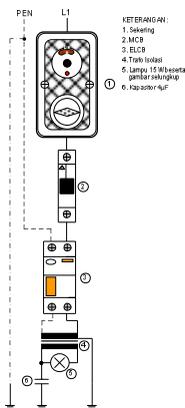


Gambar 4.14 Percobaan III Pengabungan ELCB dan Pengamanan dengan Pemisahan

ELCB tidak jatuh karena ELCB tidak mengenali adanya aliran arus gangguan yang menyebabkan ketidakseimbangan aliran arus yang masuk dan keluar ELCB, walaupun sebenarnya ada aliran arus gangguan tetapi aliran arus ini tidak tertutup.

Hal yang membedakan antara percobaan pertama dengan percobaan kedua dan ketiga adalah pada percobaan pertama perubahan tahanan yang menyentuh rangka tidak menyebabkan perubahan tegangan dan arus masukan dan keluaran trafo isolasi, sedangkan pada percobaan kedua dan ketiga variasi tahanan tubuh yang menyentuh menyebabkan tegangan dan aliran arus berubah.

**Percobaan IV**



Gambar 4.15 Percobaan IV Pengabungan ELCB dan Pengamanan dengan Pemisahan

Setelah tahanan tubuh menyentuh kumparan primer ELCB langsung jatuh seketika. Hal ini disebabkan ELCB mendeteksi adanya aliran arus gangguan yang langsung mengalir ke pentanahan.

**V PENUTUP**

**5.1 Kesimpulan**

Hasil percobaan dan analisa terhadap berbagai percobaan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tahanan tubuh manusia berbeda-beda tergantung pada kondisi tubuh manusia sendiri dan parameter terpenting yang mempengaruhinya adalah kelembaban kulit

2. ELCB digunakan untuk mengamankan manusia dari bahaya tegangan sentuh dengan cara mendeteksi aliran arus gangguan yang melewati tubuh manusia.
  3. Besarnya arus gangguan yang melewati tubuh manusia tergantung pada besarnya tegangan sentuh dan tahanan tubuh manusia.
  4. Tidak semua sistem proteksi instalasi bekerja secara efektif apabila digabungkan dengan pemakaian ELCB.
  5. ELCB/GPAS dengan nilai sensitivitas arus gangguan 30 mA akan bekerja dibawah nilai arus tersebut, dan hal ini sesuai dengan ketentuan dalam PUIL 2000 yang menyatakan Penggunaan gawai proteksi arus sisa, dengan arus operasi arus sisa pengenalan tidak lebih dari 30 mA.
  6. Waktu pemutusan ELCB sangat singkat yaitu rata-rata selama 0,02275 detik dimana waktu tersebut jauh dibawah ketentuan dalam PUIL 2000 yang menyatakan waktu pemutusan GPAS paling lambat 0,4 detik.
  7. ELCB tidak akan bekerja apabila keseimbangan arus yang melewati ELCB tetap terjaga yaitu tidak melebihi 30 mA.
5. Hutahuruk, T.S, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, Erlangga, Jakarta, 1991
  6. Nurmianto, Eko, *Ergonomi Konsep Dasar & Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya, 1996
  7. Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000
  8. Petruzella, Frank D, *Elektronik Industri*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 2001.
  9. Proteksi terhadap kejutan listrik – Aspek umum untuk instalasi dan perlengkapan, Badan Standarisasi Nasional
  10. Team, *Instalasi Listrik*, TEDC, Bandung
  11. Farinetti, Antonio, *Effect of Electric Current on the Human Body*, <http://www.ewh.ieee.org/rb/ocs/emc/psesfeb05.ppt>, April 2005
  12. Uzair, Imam, *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*, <http://www.o-fish.com/o-fishELCB.htm>, April 2005

Mengetahui/Mengesahkan  
Pembimbing I

Mochammad Facta, ST,MT  
NIP. 132 231 134

Pembimbing II

Abdul Syakur, ST,MT  
NIP. 132 231 132

## 5.2 Saran

Untuk kepentingan pengembangan tugas akhir ini, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Pada penggunaan di lapangan sebaiknya sebelum dipasang pada instalasi ELCB di coba dulu untuk memastikan kondisinya dalam keadaan baik.
2. Sebelum memasang ELCB pada instalasi listrik hendaknya instalasi yang sudah ada di periksa dulu untuk dapat memastikan tidak ada kebocoran arus ke tanah karena apabila ada kebocoran arus yang melebihi 30 mA sebagaimana setting arus gangguan ELCB dengan sensitivitas arus gangguan 30 mA maka ELCB akan jatuh dan instalasi akan padam walaupun tidak ada aliran arus gangguan yang disebabkan oleh tegangan sentuh.
3. Pemasangan sebuah ELCB sebaiknya jangan dihubungkan dengan terlalu banyak rangkaian akhir sehingga kalau ELCB bekerja, bagian instalasi yang terputus tidak terlalu banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Davis, Dwayne, *ESD Workstations and Product Safety Testing: Are They Really Two Worlds Apart?*, Electrical safety seminar, - Associated Research Inc.
2. Dirks, H, *Keselamatan Listrik*, 1990
3. Gabriel, J.F, *Fisika Kedokteran*, EGC, Denpasar, 1996
4. Harten, P. van. *Instalasi Listrik Arus Kuat 3, CV*. Trimitra Mandiri, Jakarta, 1978.



Nuril Fifana, dilahirkan di Jepara 11 Mei 1981. Masuk Sekolah Dasar tahun 1987 di SDN Karangrandu III. Tahun 1999 melanjutkan di MTs Assalaam Sukoharjo. Pada tahun 1996 lulus dan melanjutkan di SMU Assalaam Sukoharjo. Tahun 1999 melanjutkan studi di Politeknik Negeri Semarang. Tahun 2003 melanjutkan di Universitas Diponegoro Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro. Sampai makalah ini dibuat penulis masih belajar di Universitas tersebut