

# ANALISIS PENGGUNAAN SAKLAR ARUS BOCOR ( ELCB ) SEBAGAI PROTEKSI TEGANGAN SENTUH TERHADAP MANUSIA

**I Wayan Sudiarta dan I Ketut TA**

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, PO Box 1064 Tuban Badung-Bali  
Phone (0361) 701981, Fax (0361) 701128

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

**Kata kunci :** Saklar Arus Bocor, Proteksi, Tegangan Sentuh

## *Analysis Using Flow Switch Leaks (ELCB) as Voltage Protection Against Human Touch*

**Abstract:** Touch voltage is one of voltage difference occurring during the ground fault current flow. In small value voltage the effect it resulted is not significant, However in a certain, its effect can be very dangerous or even can result in human death, The use of Erath Leakage Circuit Breaker ( ELCB) in an electrical installation system is one of solutions that can be used to avoid human from the danger of touch voltage. Its work principle is by detecting leakage, where current coming into system is compared to that coming out of system. In the case of value difference, ELCB will break the current flow to the system. The use of the device in an electrical installation is wished to limit danger that the system is safe for human.

**Keywords:** Leaking Flow Switches, Protection, Touch Voltage

## 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 di atas ambang tegangan aman pada suatu sistem instalasi listrik merupakan suatu masalah yang harus dicarikan jalan keluarnya.

Di dalam penelitian 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 penelitian ini adalah :

1. Membuat modul penggunaan 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. LANDASAN TEORI

### 2.1 Keselamatan Listrik

Keselamatan manusia merupakan faktor terpenting yang harus diperhatikan 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. Metode yang paling umum digunakan untuk mengurangi bahaya tersebut dapat digolongkan menjadi 2 bagian, yaitu :

- a. Langkah-langkah pengamanan untuk mencegah terjadinya tegangan sentuh, yaitu :

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:

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)

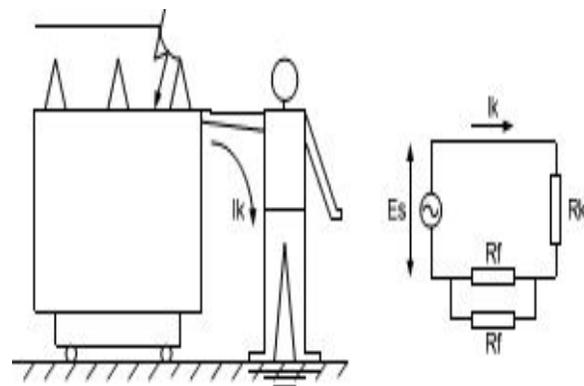
Cara ini merupakan bentuk pengamanan yang merupakan cara yang paling lazim. Selungkup peralatan dihubungkan ke penghantar netral yang ditanahkan, yang selanjutnya disebut dengan penghantar PEN. Pada waktu terjadi hubung singkat ke rangka, arus gangguan yang mengalir ke pentanahan terlalu besar sehingga 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 tegangan yang terdapat di antara suatu objek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pembumian yang berada di bawahnya. Seperti Gambar 1.



Gambar 1 Tegangan sentuh dan rangkaian ekivalennya

Dari rangkaian ekivalen didapat persamaan tegangan sentuh,yaitu

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

Dimana :

ES = Tegangan sentuh (V)

Rk = Tahanan badan manusia (Ω)

Rf= Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki pada tanah (Ω)

Ik = 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”. 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.

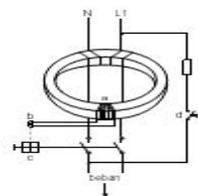
Khusus untuk tempat-tempat berikut ini :

- 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 ).Inti ini melingkari semua hantaran suplai ke mesin atau sistem yang diamankan, termasuk penghantar netral.



Gambar 2 Prinsip-prinsip dari ELCB

Dimana :

- a.Kumparan sekunder
- b.Detektor arus gangguan
- c. Mekanisme penahan
- d Tombol uji

Dalam keadaan normal, jumlah arus yang dilingkari oleh inti transformator sama dengan nol. Jika 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 30mA

**2.4 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 1.

Tabel 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 Ik = 9 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	

**2.5 Arus yang Melalui Tubuh**

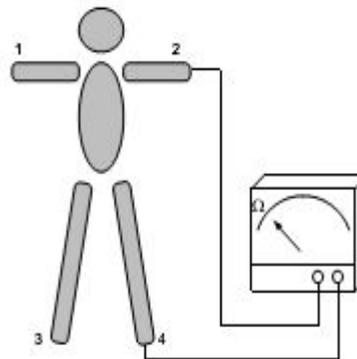
Apabila manusia memegang suatu bagian yang bertegangan maka sesuai dengan hukum Ohm akan mengalir arus dimana besarnya adalah pembagian tegangan dengan tahanan tubuh orang tersebut.

Batasan arus dan pengaruhnya pada manusia menurut DR.Hans Prinz disusun dalam Tabel 2.

Tabel 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, kontraksi atau kehilangan kontrol
1,2 – 1,6 mA	Mulai terasa seakan-akan ada yang merayap di dalam tangan
1,6 – 6,0 mA	Tangan sampai ke siku merasa kesemutan
6,0 – 8,0 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah
13 – 15 mA	Rasa sakit tidak tertahankan, penghantar masih dapat melepaskan dengan gaya yang besar sekali
15 – 20 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar
20 – 50 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
50 – 100 mA	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

- Menimbang berat badan untuk mengetahui berat badan responden
- Mengusap permukaan kulit yang akan diukur dengan tissue untuk memastikan kekeringannya.
- 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.



Gambar 3. 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. Nilai tahanan tersebut ditunjukkan pada pada tabel 3.

Tabel 3. 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. 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 4. kemudian digantikan dengan

**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 diambil 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 :

- Mengukur tinggi badan untuk mengetahui tinggi badan responden

resistor dengan nilai yang hampir sama untuk digunakan dalam melakukan percobaan.

Tabel 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 modul yang 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

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

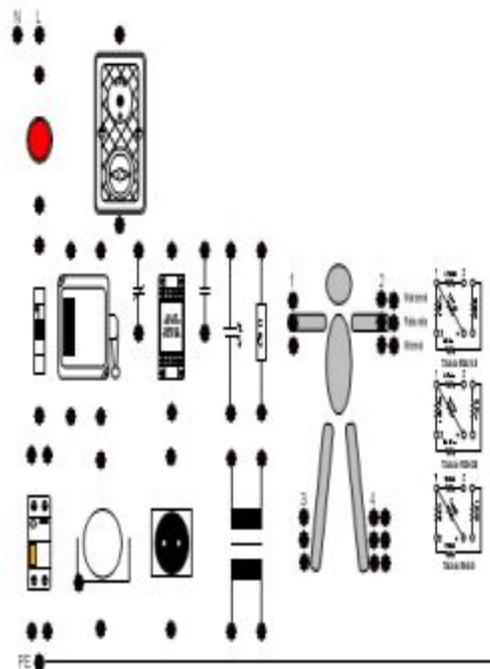
Berdasarkan percobaan-percobaan yang akan dilakukan modul yang akan dibuat merupakan sebuah papan yang di atasnya disusun berbagai alat dan komponen yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan.

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 selengkapunya
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

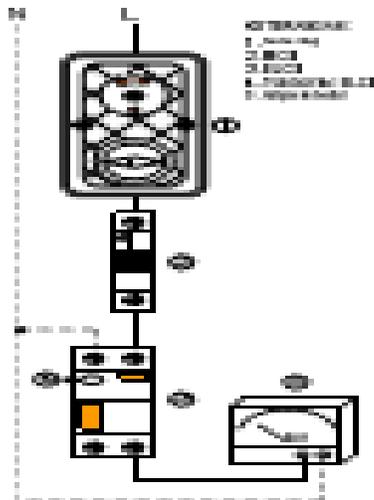
Pada papan percobaan tersebut masing-masing masukan dan keluaran alat dan komponen disambungkan dengan sebuah terminal sehingga dalam melaksanakan percobaan alat dan komponen dapat disusun dengan mudah dengan cara menghubungkannya dengan kabel hubung. Alat dan komponen tersebut kemudian di susun sebagaimana pada gambar 4.



Gambar 4. Layout modul simulasi

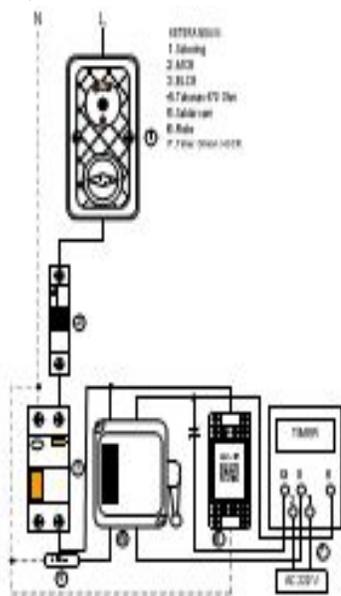
## IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

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 di bawah nilai arus jatuh nominal spesifikasi dari pabrik yaitu sebesar 30 mA.



Gambar 5. Rangkaian pengujian arus jatuh nominal

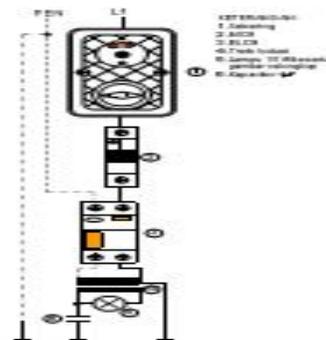
Dari percobaan didapatkan rata-rata waktu pemutusan ELCB yaitu selama 0,0227detik, nilai jauh di bawah ketentuan PUILL yang menyatakan waktu pemutusan paling lambat GPAS (ELCB) adalah 0,4 detik



Gambar 6. Rangkaian pengukuran waktu pemutusan ELCB

Setelah tahanan tubuh menyentuh kumparan primer ELCB langsung jatuh seketika. Hal ini

disebabkan ELCB mendeteksi adanya aliran arus gangguan yang langsung mengalir ke pentanahan.



Gambar 7. Percobaan IV Pengabungan ELCB dan Pengamanan dengan Pemisah

## V Simpulan dan Saran

### 5.1 kesimpulan

Hasil percobaan dan analisis 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 penganal 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

## 5.2 Saran

Sebelum memasang ELCB pada instalasi listrik hendaknya instalasi yang sudah 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

## 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.
- [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