

Rancang Bangun Modul Simulasi ELCB Fasa Satu Sebagai Pelindung Bagi Manusia

ELCB Simulation Module Design Phase One As Guardian of Man

Aris Suryadi¹ dan Agus Sofwan²

¹Politeknik Enjineri Indorama, e-mail : aris.poltek.indorama@gmail.com

²Institut Sains dan Teknologi Nasional, e-mail : asofwan8@gmail.com

Abstrak---Tegangan yang terjadi selama mengalirnya arus gangguan tanah menimbulkan tegangan sentuh. Nilai tegangan diatas 50 v dan nilai arus bocor diatas 30 mA sangat berbahaya bagi manusia. Aplikasi Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) pada suatu sistem instalasi listrik fasa satu merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk melindungi manusia dari bahaya yang diakibatkan arus bocor. 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. Dari pengujian didapatkan rata-rata waktu pemutusan ELCB sebesar 1,048 ms dengan rata-rata arus 21 mA.

Kata Kunci : ELCB, tegangan sentuh, arus bocor

Abstract---The voltage that occurs during the flow of ground fault currents cause voltage tap. Rated voltage above 50 v an a rated current up to 30 mA leakage is very dangerous to humans. Applications Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) at a power plant system single phase is one solution that can be used to protect people from harm caused by the leakage current.

ELCB working principle is to detect any leakage current, which flow into the system compared to the current out of, if there is a difference at a predetermined value then the ELCB will cut power to the system. From testing average tripping time at ELCB 1.048 ms with average current 21 mA.

Keywords : earth leakage circuit breaker, toucht voltage, leak current

1. PENDAHULUAN

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

Di dalam penelitian ini dibuat suatu perangkat simulasi Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) fasa satu dimana dengan perangkat tersebut dapat ditunjukkan fungsi ELCB yang digunakan untuk mengamankan manusia dari bahaya yang diakibatkan arus bocor.

Pemilihan ELCB fasa satu dalam rangkaian pengujian didasarkan pada besarnya konsumen listrik rumah tangga yang hanya menggunakan sumber fasa satu. Tubuh manusia dalam rangkaian digantikan oleh suatu tahanan dengan nilai tertentu yang diambil dari hasil pengukuran tahanan tubuh manusia. Tujuan penelitian ini adalah: membuat rancangan aplikasi ELCB fasa satu sebagai media kegiatan belajar mengajar pada jurusan teknik listrik; mengaplikasikan salah satu fungsi ELCB sebagai pengaman bagi manusia dari bahaya arus bocor; melakukan pengukuran tahanan tubuh manusia dan direpresentasikan sebagai tahanan resistor.

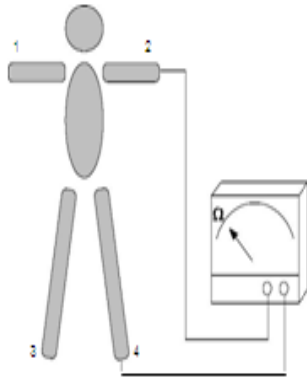
2. METODA

2.1. Survei Data

Pengganti tubuh manusia yang digunakan pada pengujian dilakukan adalah tahanan dengan nilai yang diambil dari pengukuran tahanan tubuh secara langsung, untuk itu dilakukan survey dan data yang diambil adalah tahanan tubuh manusia antara dua titik pada tubuh manusia dengan variabel berat badan, dan tinggi tubuh.

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

1. Pengukuran tinggi badan untuk mengetahui tinggi badan responden.
2. Penimbangan berat badan untuk mengetahui berat badan responden.
3. Pengusapan permukaan kulit yang akan diukur dengan tissue untuk memastikan kekeringannya.
4. Pengukuran tahanan tubuh dengan menggunakan multimeter Digital 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 1.



Gambar 1. Pengukuran tahanan tubuh

2.2. Data Hasil Survey

Tahanan tubuh hasil survey yang digunakan dalam pengujian 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 tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan tubuh manusia jenis kelamin laki-laki dengan tinggi dan berat badan

| Tinggi Badan (cm) | Berat Badan (kg) | Tahanan Tubuh (Ohm) | | | | |
|-------------------|------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1_2 | 1_3 | 1_4 | 2_3 | 2_4 |
| 165.3 | 56.3 | 727.0 | 726.6 | 748.6 | 673.8 | 788.8 |
| 157.4 | 52.3 | 756.6 | 786.2 | 799.8 | 819.4 | 774.8 |
| 162.5 | 60.3 | 776.8 | 723.0 | 788.8 | 781.2 | 731.0 |
| 158.3 | 53.7 | 793.0 | 804.6 | 777.0 | 800.6 | 784.4 |
| 164.4 | 62.2 | 799.8 | 792.4 | 826.2 | 819.2 | 825.8 |
| 160.1 | 58.7 | 797.4 | 764.0 | 814.6 | 725.0 | 782.2 |
| 165.3 | 56.3 | 727.0 | 726.6 | 748.6 | 673.8 | 788.8 |
| 157.3 | 52.3 | 756.6 | 786.2 | 799.8 | 819.4 | 805.0 |
| 162.5 | 60.3 | 782.2 | 723.0 | 788.8 | 781.2 | 731.0 |
| 158.3 | 54.3 | 754.4 | 788.8 | 794.8 | 737.6 | 789.8 |
| 168.3 | 66.3 | 806.8 | 788.8 | 822.8 | 781.2 | 774.8 |
| 162.3 | 61.3 | 776.8 | 780.8 | 810.8 | 819.4 | 821.6 |
| 168.3 | 66.3 | 806.8 | 804.6 | 826.2 | 819.4 | 825.8 |
| 161.8 | 57.9 | 771.2 | 765.9 | 793.4 | 769.3 | 783.2 |
| 157.3 | 52.3 | 727.0 | 723.0 | 748.6 | 673.8 | 731.0 |

Pada tabel 1 menunjukkan nilai tahanan tubuh yang akan digunakan dalam melakukan pengujian adalah tahanan dengan nilai maksimal, minimal dan rata-rata untuk masing-masing posisi pengukuran sebagaimana yang data pada table 2 kemudian digantikan dengan resistor dengan nilai yang hampir sama untuk digunakan dalam melakukan pengujian.

Tabel 2. Tahanan tubuh manusia pada penelitian

| Tahanan tubuh | Nilai Tahanan (Ω) | | | | |
|---------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 2-3 | 2-4 |
| Maksimal | 806.8 | 804.6 | 826.2 | 819.4 | 825.8 |
| Rata-rata | 771.2 | 765.9 | 793.4 | 769.3 | 783.2 |
| Minimal | 727.0 | 723.0 | 748.6 | 673.8 | 731.0 |

Pada tabel 2 menunjukkan nilai tahanan tubuh dalam satuan Ohm pada posisi pengukuran (1-2), (1-3), (1-4), (2-3) dan (2-4). Untuk masing-masing posisi nilai tahanan tubuh didapatkan nilai maksimal, rata-rata serta minimal.

2.3. Rancang Bangun Modul Simulasi

Pada penelitian ini, perangkat yang dibuat adalah perangkat simulasi kerja ELCB dimana dengan perangkat tersebut diharapkan dapat digunakan untuk melakukan pengujian mengenai berbagai metode proteksi untuk mengamankan manusia dari bahaya arus bocor. Pengujian-pengujian tersebut adalah :

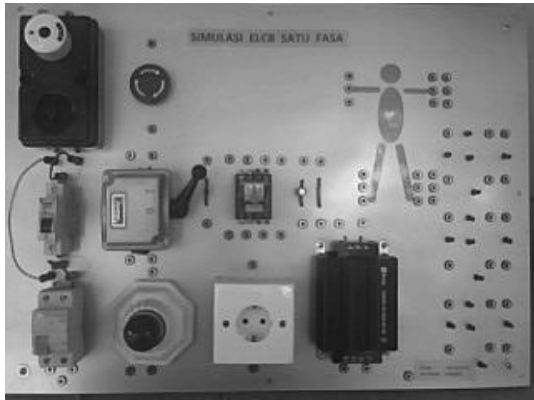
1. Pengujian kondisi ELCB dalam keadaan berfungsi.
2. Pengujian ELCB dengan beban pada Pengukuran tegangan line ke pentanahan (L-PE)
3. Pengujian ELCB dengan beban pada Pengukuran tegangan netral ke pentanahan (N-PE).
4. Pengujian ELCB dengan beban pada pengukuran Arus line ke pentanahan (L-PE).
5. Pengujian ELCB dengan beban pada pengukuran Arus netral ke pentanahan (N-PE).
6. Pengujian ELCB dengan beban resistif Menggunakan fuse dengan hubung singkat (L-N)

Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan, perangkat yang dibuat merupakan sebuah papan yang di atasnya disusun berbagai alat dan komponen yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian.

Alat dan komponen serta fungsinya adalah sebagai berikut :

1. Tombol darurat berfungsi memutuskan rangkaian aliran arus secara darurat.
2. Miniature Circuit Breaker (MCB) berfungsi sebagai pembatas arus.
3. Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) berfungsi sebagai pemutus arus bocor.
4. Kotak sekering berfungsi sebagai tempat dudukan sekering dan sekering berfungsi sebagai pemutus lebur.
5. Stop kontak berfungsi sebagai terminal kontak beban.
6. Fitting lampu berfungsi sebagai dudukan lampu dan Lampu pijar yang berfungsi sebagai beban.
7. Rele kontak dengan 2 kontak bantu NO dan NC berfungsi sebagai pemutus untuk NC dan penghubung untuk NO pemutus.
8. Trafo isolasi berfungsi sebagai penurun atau penaik tegangan sumber.
9. Kapasitor berfungsi sebagai penyimpan muatan.
10. Resistor berfungsi sebagai pengganti beban tubuh manusia.

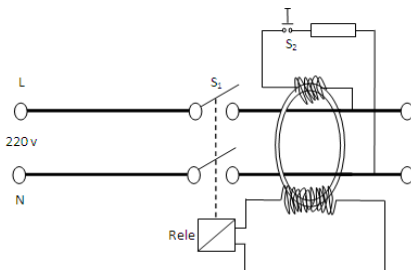
11. Gambar tahanan tubuh manusia yang direpresentasikan dengan resistor dan potensio.
12. Sakelar cam berfungsi sebagai menghubungkan dan memutuskan rangkaian.
Alat dan komponen tersebut kemudian di susun sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Layout modul simulasi

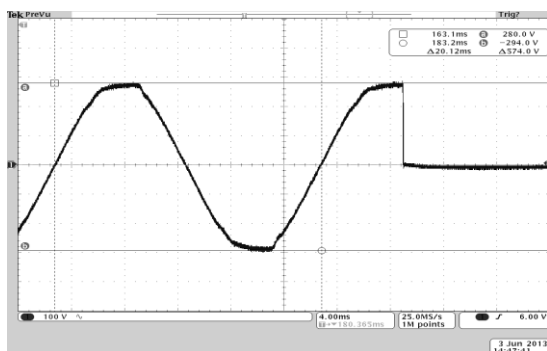
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian dan pengukuran Waktu Pemutusan ELCB



Gambar 3. Rangkaian pengujian kondisi ELCB

Pengujian ini didapatkan rata-rata waktu pemutusan (trip) ELCB yaitu selama 7,14 μ s nilai jauh dibawah ketentuan PUIL 2000 bahwa pemutusan paling lambat GPAS (ELCB) adalah 0,4 detik.



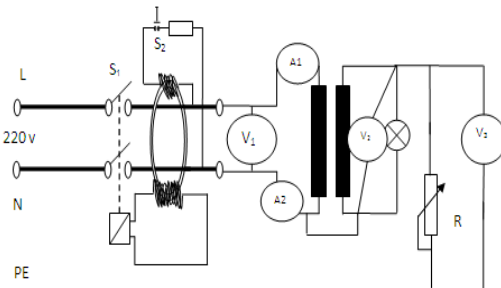
Gambar 4. Gelombang normal dengan $V_{p-p} = 574$ v ($V_{rms} = 202,97$ v) pada frekuensi 49,7 Hz, secara tiba-tiba trip.

Salah satu bentuk kurva dari lima kali pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



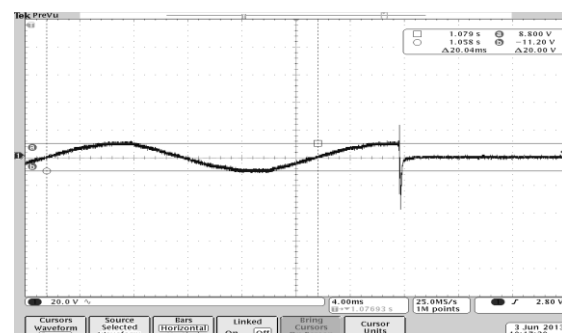
Gambar 5. Gelombang pemutusan Switching dengan $V_{p-p} = 364$ v ($V_{rms} = 128,7$ v) dengan waktu pemutusan 7,680 μ s.

3.2. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran tegangan line ke pentanahan (L-PE)



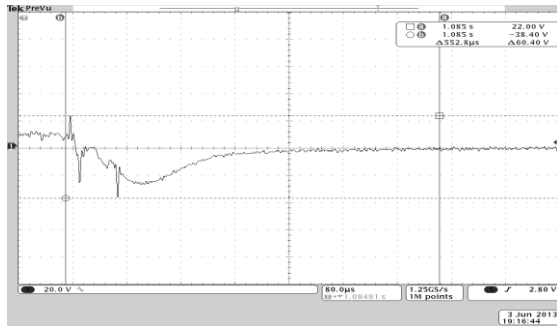
Gambar 6. Pengujian ELCB dengan beban pada pengukuran tegangan line ke pentanahan (L-PE)

Pengujian ini didapatkan rata-rata waktu pemutusan (trip) ELCB yaitu selama 574,2 μ s nilai jauh dibawah ketentuan PUIL 2000 bahwa pemutusan paling lambat GPAS (ELCB) adalah 0,4 detik.



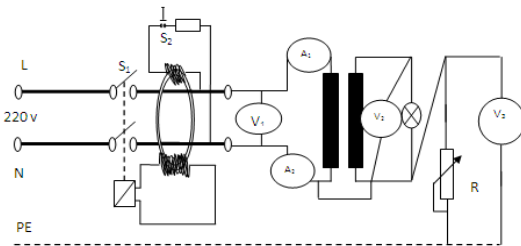
Gambar 7. Gelombang normal dengan $V_{p-p} = 20$ v ($V_{rms} = 7,07$ v) dengan frekuensi 49,99 Hz, secara tiba-tiba trip.

Salah satu bentuk kurva dari lima kali pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 7. dan Gambar 8.



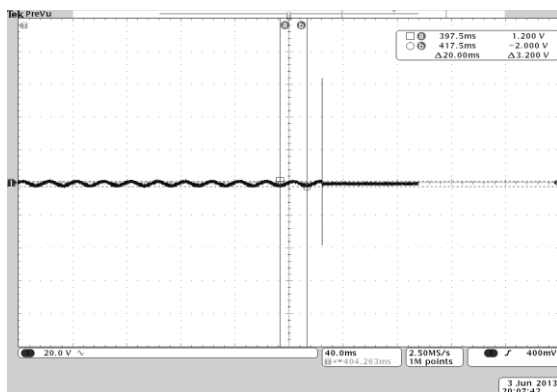
Gambar 8. Gelombang pemutusan Switching dengan $V_{p-p} = 60.4 \text{ v}$ ($V_{rms} = 21,35 \text{ v}$) dengan waktu pemutusan $552.8 \mu\text{s}$

3.3. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran tegangan netral ke pentanahan (N-PE)

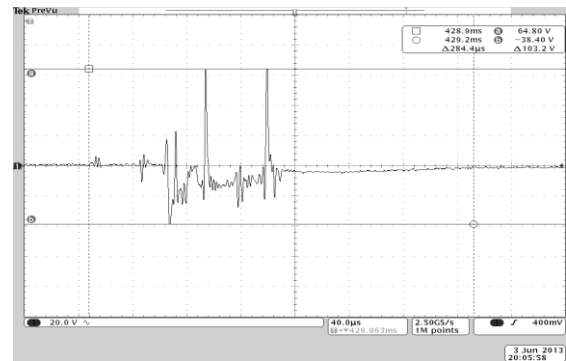


Gambar 9. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran tegangan netral ke pentanahan (N-PE).

Pengujian ini didapatkan rata-rata waktu pemutusan (trip) ELCB yaitu selama $291,2 \mu\text{s}$ nilai jauh dibawah ketentuan PUIL 2000 bahwa pemutusan paling lambat GPAS (ELCB) adalah 0,4 detik. Salah satu bentuk kurva dari lima kali pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 10&11.

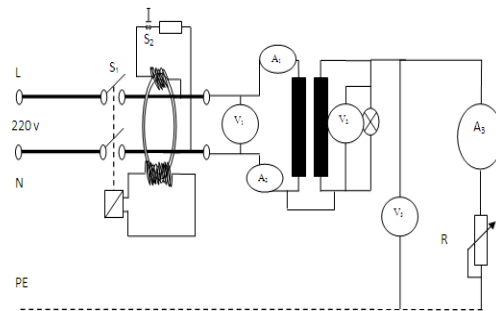


Gambar 10. Gelombang normal dengan $V_{p-p} = 3,2 \text{ v}$ ($V_{rms} = 0,99 \text{ v}$) dengan frekuensi 50 Hz, secara tiba-tiba trip.



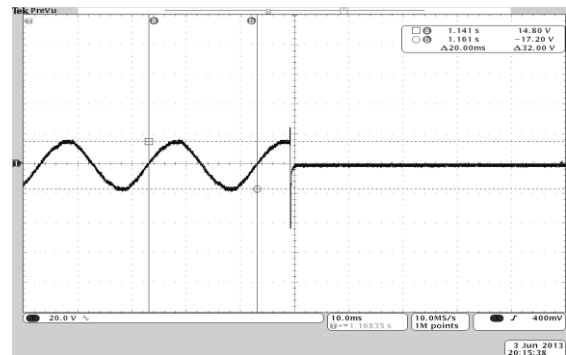
Gambar 11. Gelombang pemutusan Switching dengan $V_{p-p} = 103,2 \text{ v}$ ($V_{rms} = 36,49 \text{ v}$) dengan waktu pemutusan $284,4 \mu\text{s}$.

3.4. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran arus ke pentanahan (L-PE)

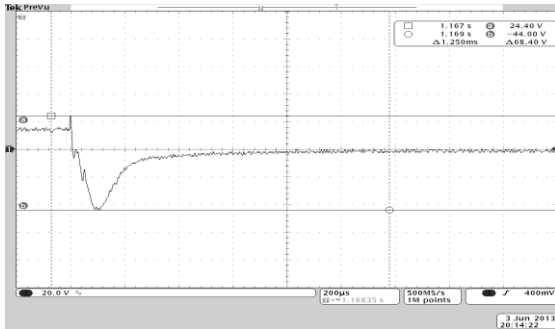


Gambar 12. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran arus ke pentanahan (L-PE).

Pengujian ini didapatkan rata-rata waktu pemutusan (trip) ELCB yaitu selama 1,048 ms nilai jauh dibawah ketentuan PUIL 2000 bahwa pemutusan paling lambat GPAS (ELCB) adalah 0,4 detik. Salah satu bentuk kurva dari lima kali pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 13&14.

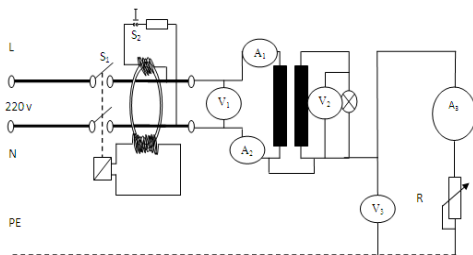


Gambar 13. Gelombang normal dengan $V_{p-p} = 32 \text{ v}$ ($V_{rms} = 11,31 \text{ v}$) dengan frekuensi 50 Hz, secara tiba-tiba trip.



Gambar 14. Gelombang pemutusan Switching dengan $V_{p-p} = 68,4$ v ($V_{rms} = 24,18$ v) dengan waktu pemutusan 1,25 ms.

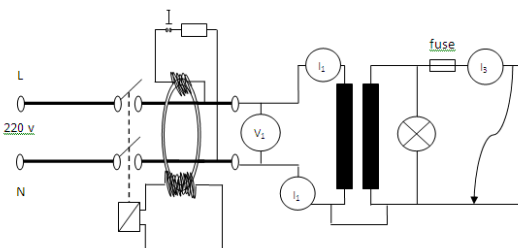
3.5. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran arus ke pentanahan (N-PE)



Gambar 15. Pengujian ELCB dengan beban resistif pada pengukuran arus ke pentanahan (N-PE).

Pada pengujian ini nilai tegangan yang terukur dan perhitungan pada ke pentanahan mengakibatkan ELCB bekerja untuk trip dengan nilai rata-rata sebesar 0,9 v pada pengukuran dan 0,84 v pada perhitungan. Sedangkan 21 mA telah memenuhi dari spesifikasi ELCB untuk trip.

3.6. Pengujian ELCB pada beban resistif gunakan fuse dengan hubung singkat (L-N)



Gambar 16. Pengujian ELCB pada beban resistif gunakan fuse dengan hubung singkat (L-N).

Pada pengujian ini ELCB dengan beban dan fuse pada pengukuran arus ke pentanahan (N-PE). Nilai arus hubung singkat rata-rata 2531 mA, kondisi ELCB tidak trip serta fuse putus. Hal ini diakibatkan arus incoming dan outgoing yang menuju ELCB bernilai sama 63 mA yang menyebabkan ELCB tidak trip.

4. SIMPULAN

Tahanan tubuh pada manusia tergantung pada berat dan kondisi tubuh manusia sendiri serta kelembaban kulit.

Waktu pemutusan ELCB rata-rata selama 1,048 ms dimana waktu tersebut jauh dibawah ketentuan PUIL 2000 yang menyatakan waktu pemutusan GPAS paling lambat 0,4 detik

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 pengenal tidak lebih dari 30 mA.

ELCB tidak akan bekerja apabila keseimbangan arus yang melewati ELCB tetap terjaga yaitu tidak melebihi 30 mA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penelitian baik dana, peralatan, maupun tempat : Drs. Agus Setiawan, M.Kom., Dosen Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta; Drs. Sugiono, ST, Kepala Laboratorium Pengukuran dan Mesin Listrik, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta; Dina, AMD, Tektronix, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Davis, Dwayne, ESD Workstations and Product Safety Testing: Are They Really Two Worlds Apart?, Electrical safety seminar, - Associated Research Inc.
- Dirks, H, 1990, *Keselamatan Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Gabriel, J.F, 1996, *Fisika Kedokteran*, EGC, Denpasar
- Harten, P. van, 1978, *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*, CV. Trimitra Mandiri, Jakarta
- Hutahuruk, T.S,1991, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, Erlangga, Jakarta
- Nuril Fifana, 2008, *Modul Simulasi ELCB Satu Fasa Sebagai Pelindung Tegangan Sentuh Bagi Manusia*, Universitas Diponegoro
- Pandung Sarunggallo, 2008, *Perancangan Earth Leakage Circuit Breaker dengan Sensitivitas 20 mA*, ISSN 693-6930, Vol. 6, No. 2, Agustus.
- Rohmat Nugroho, 2009, Studi Arus Bocor dengan metode pengukuran *Inclined Plane Tracking (IPT)* pada material polimer *High Density Polyethylene (HDPE)*, Universitas Diponegoro, Semarang
- Siswoyo, 2008, *Teknik Listrik Industri III*, Direktorat Pembinaan SMK, Jakarta