

## PEMBUATAN MODUL SISTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK SEBAGAI ALAT PRAKTIKUM DI LABORATORIUM TEKNIK KONVERSI ENERGI

Wahyono<sup>(2)</sup>, Achmad Syarifuddin Anwar<sup>(1)</sup>, Ahad Dimas Aditiawarman<sup>(1)</sup>, Metta Chandra Hari  
Gautama<sup>(1)</sup>, Muhamad Samsul Arifin<sup>(1)</sup>, Teguh Harijono Mulud<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Polines

<sup>2)</sup> staf pengajar Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Polines  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396

### Abstrak

Di laboratorium teknik konversi energi Politeknik Negeri Semarang perlu penambahan alat praktikum mata kuliah Sistem Proteksi dengan topik MCB (Mini Circuit Breaker), Sekering Lebur, dan TOLR (Thermal Over Load Relay). Dimana dalam praktikum tersebut ada beberapa kekurangan yaitu dalam hal pengambilan waktu uji atau timer yang kurang tepat karena masih menggunakan timer manual (stopwatch) yang datanya tidak valid dan ada beberapa alat uji yang sudah menurun kualitasnya. Oleh sebab itu dibuat rancang bangun modul sistem proteksi tenaga listrik yang nantinya digunakan sebagai alat praktikum di laboratorium teknik konversi energi Politeknik Negeri Semarang. Setelah dilakukan pengujian dan didapatkan hasil yang berupa data yang ditabelkan dan masing – masing komponen yang diuji mempunyai data yang berbeda sebagai contoh pada pengujian MCB 1 fasa 1A, MCB baru trip pada arus sebesar 1,5A dengan lamanya pengujian selama 300 detik sedangkan untuk MCB 1 fasa 2A, MCB baru trip pada arus sebesar 2,7A selama 196 detik dan juga trip pada arus sebesar 3A selama 60 detik. Dari kedua data tersebut dapat disimpulkan pada pengujian MCB ini arus yang digunakan untuk mengetripping MCB sebesar 150% dari spesifikasi yang tertera pada alat. Untuk pengujian yang dilakukan pada alat ini menggunakan pengujian beban lebih.

Kata kunci : modul, proteksi, tenaga listrik.

### 1. Pendahuluan

Proteksi distribusi tenaga listrik sangat penting dalam proses penyaluran daya dari satu tempat ke tempat yang lain. Prinsip dalam distribusi tenaga listrik yang baik adalah aman, andal dan ekonomis. Proteksi tenaga listrik merupakan jaminan keamanan dalam penyaluran atau distribusi jaringan listrik. Dimana fungsi sistem proteksi tenaga listrik adalah sebagai pengaman distribusi dari gangguan listrik baik gangguan dalam dan gangguan luar. Gangguan dalam adalah gangguan listrik yang disebabkan oleh sistem listrik itu sendiri seperti korona, tegangan tembus dan *flash over*. Sedangkan gangguan luar adalah gangguan listrik yang disebabkan dari luar yaitu bencana alam, perubahan cuaca dan iklim, dan sambaran petir. (Bachtiar Hasan, Teknik Tegangan Tinggi, 2003)

Dengan proteksi yang baik maka keamanan suatu sistem dapat terjamin dari berbagai gangguan. Sistem proteksi tenaga listrik ini mengamankan tegangan dan arus dari sistem

tenaga listrik maksudnya mengamankan suatu sistem bila terjadi gangguan tegangan dan arus lebih atau hubung singkat yang mengenai suatu sistem tenaga listrik.

Proteksi terhadap suatu sistem tenaga listrik adalah sistem pengaman yang dilakukan terhadap peralatan - peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan Transmisi / distribusi dan lain-lain terhadap kondisi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa :

- a. Hubung singkat
- b. Tegangan lebih/kurang
- c. Beban lebih
- d. Frekuensi sistem turun/naik

Adapun fungsi dari sistem proteksi adalah :

- Untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal) semakin cepat reaksi perangkat

proteksi yang di gunakan, maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.

- Untuk mempercepat melokalisasi daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen, dan juga mutu listriknya baik
- Untuk mengamankan manusia (terutama) terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

#### 1. Sensitif

Suatu relay proteksi bertugas mengamankan suatu alat atau suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya. Relay proteksi mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan Minimum dan bila perlu hanya mentripping pemutus tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh terbuka.

#### 2. Selektif

Selektivitas dari relay proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil. Relay proteksi hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya

#### 3. Cepat

Makin cepat relay proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil

kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

#### 4. Handal

Merupakan ukuran keandalan suatu jaringan yang dimaksud dengan keandalan jaringan adalah besarnya keberhasilan operasi dari suatu jaringan untuk bekerja sesuai dengan fungsinya, untuk periode tertentu selama masa operasinya dan pada kondisi operasi tertentu.

#### 5. Ekonomis

Dengan biaya yang sekecil-kecilnya diharapkan relay proteksi juga mempunyai kemampuan pengamanan yang besar. Di **laboratorium** teknik konversi energi Politeknik Negeri Semarang belum memadai dalam praktikum mata kuliah Sistem Proteksi dengan topik Pengujian MCB (*Mini Circuit Breaker*) dan Pengujian Sekering Lebur. Dimana dalam praktikum tersebut ada beberapa kekurangan yaitu dalam hal pengambilan waktu uji atau *timer* yang tidak tepat karena masih menggunakan timer manual (*stopwatch*) yang datanya tidak valid dan ada beberapa alat uji yang sudah menurun kualitasnya. Oleh karena itu kami membuat alat praktikum Sistem Proteksi tenaga listrik dengan konsep menyatukan semua topik yang ada kedalam satu alat praktikum yang disebut *Trainer*. Dengan menambahkan kekurangan dari semua topik yang sudah ada dan menambahkan beberapa topik yang belum ada yaitu ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*), Sekering otomatis, *Over/Under Voltage Relay* dan *Over/Under Voltage Relay*. Dengan merangkai semua topik kedalam satu *Trainer* ini juga memberikan beberapa keuntungan yaitu praktis, lengkap dan berkualitas.

#### **Trainer Sistem Proteksi Tenaga Listrik**

**Sesuai** dengan pendahuluan serta latar belakang diatas maka dibuatlah trainer berupa alat praktikum sistem proteksi dalam bentuk meja yang *portable* (dapat berpindah tempat). Sistem kerja dari trainer ini cukup sederhana dimana mahasiswa atau praktikan

lebih mudah dalam melakukan praktikum sistem proteksi.

**Alat** ini lebih mudah dioperasikan dan lebih valid dalam pencacah waktu dibandingkan dengan alat yang ada di lab Energi Politeknik Negeri Semarang. Dengan merangkai berbagai alat proteksi dan alat ukur seperti voltmeter, amperemeter, dan stopwatch di sebuah papan pada meja trainer ini memudahkan mahasiswa dalam melakukan praktikum. Trainer ini dibagi menjadi dua tempat. Yang pertama pada papan atas yang terdapat tombol ON – OFF, lampu indikator ON – OFF, Voltmeter Digital, Amperemeter Digital, Stopwatch, dan Timer Delay.

Sedangkan yang kedua pada papan bawah terdapat AVR, MCB 3 Phasa dua buah, MCB 1 Phasa empat buah, ELCB 3 Phasa dua buah, ELCB 1 Phasa, TOLR, Over/Under Voltage Relay, Over/Under Current Relay, Sekering Lebur, Sekering otomatis, dan Timing Relay.

## 2. Metode Penelitian

Sebelum dilakukannya pengujian terhadap alat maka dirancang serta dibuat terlebih dahulu alat tersebut dengan metode – metode sebagai berikut:

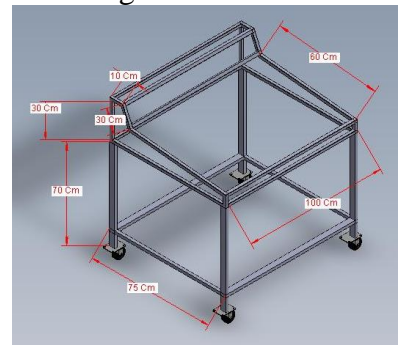
### 1. Pembuatan Kerangka Meja

Bahan yang digunakan untuk pembuatan kerangka mekanik memiliki kriteria antara lain yaitu ringan, kuat, ekonomis, dan mudah di dapat serta mempunyai kekuatan bahan mampu menopang beban lebih dari 15 Kg. Dikarenakan berat keseluruhan beban yang ditopang oleh kerangka adalah 15,764 Kg. Berdasarkan kriteria tersebut maka dipilih bahan PipaBesi Hollow karena memenuhi kriteria yang ada.

Dalam pembuatan kerangka ini menggunakan besi hollow 20 mm x 40 mm dan 20 mm x 20 mm. Kerangka berbentuk meja yang tingginya disesuaikan dengan posisi kerja berdiri. Menggunakan roda pada kaki – kakinya sehingga mudah dipindahkan. Adapun langkah kerja dalam pembuatan kerangka, yaitu :

1. Mengukur tinggi efektif meja kerja trainer menyesuaikan dengan tinggi rata – rata mahasiswa.

2. Membuat desain kerangka.
3. Pembuatan kerangka dimana dalam membuat kerangka kami meminta bantuan bengkel las.



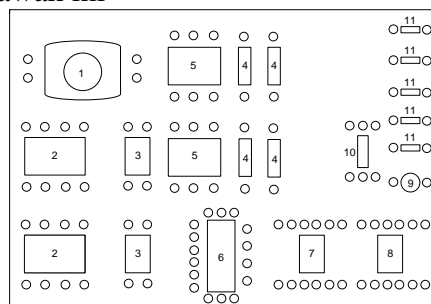
Gambar 1. Kerangka Mekanik

### 2. Pembuatan Sisi Meja

Bahan yang digunakan untuk pembuatan sisi meja antara lain yaitu ringan, kuat, ekonomis, mudah di lubangi dan mudah di dapat. Berdasarkan kriteria tersebut maka dipilih bahan Papan Partikel (*Multiboard Flex*) dikarenakan memenuhi kriteria yang ada.

Pembuatan sisi meja menggunakan papan multiboard 9 mm. Ukuran ini dipilih disamping tidak terlalu tipis dan tidak terlalu tebal juga kuat dalam menopang beban lebih dari 5 Kg. Adapun langkah kerja dalam pembuatan sisi meja ini yaitu :

1. Memotong papan sesuai luas luasan dalam kerangka.
2. Melubangi papan sesuai dengan ukuran tiap komponen yang akan terpasang pada muka meja. Seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Rencana Muka Meja Kerja

### 3. Pemasangan Alat dan Komponen

Ada banyak komponen pada alat praktikum ini yaitu MCB 1 phasa 1A, 2A, 4A, dan 6A. MCB 3 phasa 6A, 10A. ELCB 1 phasa 30mA 25A, 300mA 25A. ELCB 3

phasa 30mA 25A, 300mA 25A. AVR 1000 Watt. Timing relay. Under / Over Voltage Relay. Under / Over Current Relay. Sekring lebur. Sekring otomatis. Volt meter dan ampere meter digital. Stopwatch. Timer. Push button.



Gambar 3. Meja Uji

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Tabel 1 data pengujian MCB 1A

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	50	26,43	504,3	300	Belum Trip
2	50	37,73	700	300	Belum Trip
3	50	53,73	1000	300	Belum Trip
4	50	73,52	1200	300	Belum Trip
5	50	82,29	1500	300	Trip

Table 2 data pengujian MCB 2A

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	50	53,97	1024	300	Belum Trip
2	50	78,00	1503	300	Belum Trip
3	50	105,3	2007	300	Belum Trip
4	50	117,9	2270	300	Belum Trip
5	50	130,4	2506	300	Belum Trip
6	50	142,3	2748	196	Trip
7	50	156,0	3007	60	Trip

Table 3 data pengujian MCB 4A

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	30	84,12	3558	300	Belum Trip
2	30	89,20	3768	300	Belum Trip
3	30	95,40	4000	300	Belum Trip
4	30	99,90	4200	300	Belum Trip
5	30	107,6	4500	300	Belum Trip
6	30	112,2	4750	300	Belum Trip
7	30	119,9	5000	300	Belum Trip
8	30	125,3	5257	300	Belum Trip
9	30	131,3	5509	300	Belum Trip
10	30	137,3	5750	227	Trip
11	30	143,7	6000	114	Trip

Tabel 4. Pengujian MCB 6A

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	10	24,06	4500	300	Belum Trip
2	10	27,00	5000	300	Belum Trip
3	10	29,48	5500	300	Belum Trip
4	10	32,47	6000	300	Belum Trip
5	10	35,05	6500	300	Belum Trip
6	10	38,27	7000	300	Belum Trip
7	10	40,92	7500	300	Belum Trip
8	10	44,11	8000	300	Belum Trip
9	10	46,48	8500	300	Belum Trip
10	10	49,92	9000	167	Trip

Tabel 5 Pengujian MCB 3 fasa 6A

	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	waktu (detik)	keterangan
R	20	30,47	5500	300	Belum Trip
	20	33,18	6000	300	Belum Trip
	20	35,39	6500	300	Belum Trip
	20	38,08	7000	300	Belum Trip
	20	40,42	7500	300	Belum Trip
	20	43,52	8000	300	Belum Trip
	20	46,06	8500	300	Belum Trip
	20	49,81	9000	300	Belum Trip
	20	53,15	9500	69	Trip
	S	20	30,12	5500	300
20		33,45	6000	300	Belum Trip
20		35,3	6500	300	Belum Trip
20		38,2	7000	300	Belum Trip
20		40,44	7500	300	Belum Trip
20		43,5	8000	300	Belum Trip
20		46,06	8500	300	Belum Trip
20		49,53	9000	300	Belum Trip
20		53,56	9500	62	Trip
T		20	30,17	5500	300
	20	33,18	6000	300	Belum Trip
	20	35,12	6500	300	Belum Trip
	20	38,08	7000	300	Belum Trip
	20	40,24	7500	300	Belum Trip
	20	43,25	8000	300	Belum Trip
	20	46,16	8500	300	Belum Trip
	20	49,18	9000	300	Belum Trip
	20	53,25	9500	55	Trip

Tabel 6 Data pengujian ELCB 1 fasa (30mA-25A)

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	10	2,8	20	300	Belum Trip
2	10	3,12	25	300	Belum Trip
3	10	3,57	28	1	Trip

Tabel 7 Data pengujian ELCB 1 fasa (300mA-25A)

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	30	4,5	206,7	300	Belum Trip
2	30	4,7	215,2	300	Belum Trip
3	30	5	229,2	300	Belum Trip
4	30	5,1	230	1	Trip

Tabel 8 Data pengujian ELCB 3 fasa (300mA-25A)

	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	waktu (detik)	keterangan
R	85	15,42	202,2	300	Belum trip
	85	17,97	224,5	1	Trip
S	85	15,67	201,2	300	Belum trip
	85	17,89	230	1	Trip
	85	18,08	223	1	Trip
T	85	16,13	199,7	300	Belum trip
	85	17,44	229,2	300	Belum trip
	85	18,52	235	5	Trip

Tabel 9 Data pengujian ELCB 1 fasa (30mA-25A)

	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	waktu (detik)	keterangan
R	10	2,8	20	300	Belum Trip
	10	3,11	26	10	Belum Trip
	10	3,49	29	1	Trip
S	10	2,7	19	300	Belum Trip
	10	2,9	23	300	Belum Trip
	10	3,3	28	1	Trip
T	10	2,8	20,5	300	Belum Trip
	10	3,0	24	300	Belum Trip
	10	3,3	29	1	Trip

Tabel 10 data pengujian sekering 1A

No	Tahanan (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Waktu (Detik)	Keterangan
1	50	43,32	800,5	300	Belum putus
2	50	48,78	900,8	300	Belum putus
3	50	51,69	952,5	300	Belum putus
4	50	54,61	1006	300	Belum putus
5	50	57,27	1055	300	Belum putus
6	50	60,00	1106	300	Belum putus
7	50	63,03	1150	300	Belum putus
8	50	65,51	1208	300	Belum putus
9	50	68,11	1253	300	Belum putus
10	50	71,00	1307	300	Belum putus
11	50	73,88	1355	300	Belum putus
12	50	76,17	1405	172	Putus

Tabel 11 Pengujian TOLR

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (detik)	set
1	209,8	2,8	15	1
2	210	2,8	14	1,1
3	209,8	2,8	12	1,2
4	210	2,8	15	1,3
5	209,1	2,8	18	1,4
6	209,3	2,8	17	1,5
7	210,8	2,8	30	1,6

Data Pengujian MCB 1 Phasa, arus yang digunakan untuk mengetrikan MCB 1A sebesar 1500 mA ( 1,5A ) dengan waktu uji selama 300 detik ( 5 menit ) artinya MCB masih mampu menerima arus dari beban lebih sebesar 150% dari spesifikasi alat yang tertera dengan catatan waktu yang digunakan

pengujian masing – masing kenaikan arus selama 5 menit.

Data pengujian MCB 2A hampir sama seperti pada pengujian MCB 1A. MCB baru trip ketika dialiri arus sebesar 150% dari spesifikasi alat tersebut. Namun disana terlihat ada dua waktu yang tercatat yaitu 196 detik dan 60 detik untuk mengetrikan, cepat dan lamanya waktu untuk mengetrikan tergantung dari besarnya arus yang dialirkan ke MCB yang diuji.

Untuk karakteristik pengujian MCB 4A sama yaitu MCB baru trip ketika dialiri arus sebesar 150% dari spesifikasi yang tertera. Pada data ini ( MCB 4A ) baru trip pada arus sebesar 6A.

Untuk MCB 6A tidak berbeda jauh dari karakteristik pengujian MCB sebelumnya, data yang tertera hampir sama yaitu MCB baru trip ketika dialiri arus sebesar 150% dari spesifikasi yang tertera. Pada data ini ( MCB 6A ) baru trip pada arus sebesar 9 A.

Data Pengujian MCB 3 phasa, untuk masing – masing line dengan arus yang sama yaitu 9,5A dengan waktu untuk mengetrikan berbeda – beda yang terpaut 7 detik namun hal ini MCB masih dapat dikatakan seimbang ( untuk jenis 3 phasa ).

#### 4. Kesimpulan

1. Dari data yang tertera pada tabel pengujian trainer tersebut terlihat bahwa alat sistem proteksi tenaga listrik yang diuji sesuai dengan karakteristik dan spesifikasi alat tersebut.

2. Lamanya waktu yang digunakan untuk mengetrikan alat proteksi berbanding terbalik dengan besarnya arus yang diberikan, artinya semakin besar arus maka waktu yang digunakan untuk mengetrikan semakin cepat.

3. Cara pengujian komponen sistem proteksi tenaga listrik pada trainer ini yaitu dengan menggunakan variabel tegangan ( tegangan diubah dengan AVR ), ketika tegangan diubah maka arus yang mengalir pada beban juga ikut berubah karena beban yang diberikan tetap hal tersebut guna mendapatkan arus yang diinginkan sesuai komponen yang diuji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bagus, Rizal (2013). *Circuit Breaker Miniature*. From <http://bagusrizal.blogspot.com/2013/04/circuit-breaker-miniature.html>, 27 Juli 2014
- Bankidonk (2013). *Makalah relay proteksi*. From <http://bankidonk.blogspot.com/2013/04/makalah-relay-proteksi.html>, 28 Mei 2014
- Hasan, Bachtiar (2003). *Teknik Tegangan Tinggi*. Pustaka Ramadhan : Bandung
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: BSN.