

Analisa Pemilihan Relai Proteksi Pada Panel Listrik Untuk Studi Kasus Tegangan Menengah 20kV

Intan Nurmalasari¹, Nurwijayanti. KN. ST. MT², Hindardi. ST. SE. MM³

¹Mahasiswa Elektro Unsurya, ^{1,2}Dosen Teknik Elektro Unsurya

Abstract

Relai protection is a component had function in the protection system distribution. As for the relay must be able to work selective, sent to distinguish carefully in overcoming of fault to encourage work of coordination between relai system of protection can work properly.

One of the parameter that is the value of setting is as high as protection used for comparison Sepam relay and Micom relay uses ANSI standart 50 / 51 (Over Current Relay) and 50N / 51N (Earth Fault). Each protection uses two a tripping time curve which is inverse and the definite .

From the results of the testing known Micom relay there are failure by 50 % than 10 times testing and in table the results of the time value trip EF 50N known Micom relay there are failure of 30 % than 10 times testing , while there is no invasion of Sepam relay during testing .Of the results of the analysis known recommendations relay match protective meet one of the requirements relay before mounted on the Sepam relay.

Keywords: Micom & Sepam Relay Protections, selectivity, OCR & EF.

Abstrak

Relai proteksi merupakan komponen yang berperan dalam sistem pengamanan jaringan distribusi. Adapun relai harus mampu bekerja selektif, yaitu dapat membedakan secara cermat dalam mengatasi gangguan agar kerja koordinasi antar relai proteksi di sistem dapat bekerja dengan baik.

Salah satu parameter yang diteliti adalah nilai setting proteksi yang digunakan untuk perbandingan relai Sepam dan Micom menggunakan standart ANSI 50/51 (*Over Current Relay*) dan 50N/51N (*Earth Fault*). Masing – masing proteksi menggunakan two kurva *tripping time* yaitu *inverse* dan *definite*.

Dari hasil pengujian diketahui relai Micom terdapat kegagalan sebesar 50% dari 10 kali pengujian dan pada tabel Hasil Nilai Waktu Trip EF 50N diketahui relai Micom terdapat kegagalan sebesar 30% dari 10 kali pengujian, sedangkan relai Sepam tidak ada kegagalan selama pengujian. Dari hasil analisa diketahui rekomendasi untuk relai proteksi yang memenuhi salah satu syarat relai sebelum dipasang di lapangan yaitu relai Sepam.

Kata kunci: Relai Proteksi Micom & Sepam, selektif, OCR & EF.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komponen distribusi dalam jaringan distribusi listrik PLN memiliki peranan yang sangat penting, disamping harus bisa menyalurkan tenaga listrik ke pelanggan, sistem distribusi juga harus mampu memberikan indikasi adanya gangguan dalam jaringan. Antara lain terjadinya gangguan hubung pendek (*short circuit*) baik antar fasa maupun fasa ke tanah. Pemberian informasi tentang adanya gangguan (*fault*) harus bisa diberikan secara cepat bahkan harus "*real time*", karena keterlambatan dalam mengatasi gangguan akan merusak sistem koordinasi antar pengaman (*relay protection*). Antara lain dapat merusak peralatan pada jaringan distribusi, tidak dapat mengisolir area gangguan sekecil mungkin untuk terjadi pemadaman akibat gangguan hubung singkat dan tidak dapat mengamankan manusia dari bahaya listrik yang ditimbulkan akibat gangguan.

Komponen dalam sistem jaringan distribusi akan banyak melibatkan bermacam-macam komponen.

Namun, yang paling berperan penting dalam sistem tersebut adalah *relay protection*. Merujuk dari salah satu syarat relai, yaitu relai harus mampu bekerja selektif. Selektif dalam arti dapat membedakan secara cermat dalam merasakan dan mengatasi gangguan, agar kerja koordinasi antar pengaman di sistem jaringan distribusi dapat bekerja dengan baik. Cermat dalam merasakan gangguan berarti dapat mengindikasikan alarm sesuai gangguan yang terjadi. Seperti jenis penunjukkan indikasi alarm proteksi yang terjadi dan daerah atau range area gangguan sesuai kurva yang disetting.

Diketahui dari data List of Non Conformity Product tahun 2015-2016 terdapat 6 buah relai Micom masuk kedalam daftar tersebut, dikarenakan akurasi yang tidak sesuai dengan karakteristik relai dari standart Micom itu sendiri.

Atas dasar pertimbangan dan penjelasan tersebut, maka perlu adanya kegiatan penelitian pengujian tentang spesifikasi teknis karakteristik masing-masing relai.

Dengan mengetahui kemampuan selektifitas relai, koordinasi antar relai proteksi di sistem jaringan dapat berjalan sebagaimana perencanaan dari yang diharapkan.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka perlu mengangkat kasus di atas ke dalam skripsi ini dengan mengambil judul “Analisa Pemilihan Relai Proteksi pada Panel Litrik untuk Studi Kasus Tegangan Menengah 20kV”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Diketahui dari data *List of Non Conformity Product* tahun 2015-2016 relai terdapat 6 buah Micom masuk kedalam daftar, dikarenakan akurasi yang tidak sesuai dengan karakteristik relai dari standart Micom itu sendiri.
2. Dapat merugikan *user*, seperti pemadaman secara meluas di area yang tidak terkena gangguan jaringan distribusi bahkan *black out*, padahal area yang terkena gangguan dapat di isolir apabila selektifitas relai dapat bekerja baik.
3. Nilai akurasi yang tidak sesuai dengan kemampuan karakteristik masing-masing relai proteksi itu sendiri.

Template ini menggunakan format yang dianjurkan. Untuk mempermudah penulis dalam memformat makalahnya, format ini dapat digunakan sebagai petunjuk atau format dasar penulisan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini, maka rumusan masalah yang di bahas adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana nilai perbandingan antara hasil perhitungan dengan hasil uji relai pada Sepam dan Micom ?
- b. Manakah relai yang dapat bekerja secara selektif, agar mampu melokalisasi area sekecil mungkin saat terjadi gangguan?

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan dari penulisan Laporan Akhir ini, maka batasan masalah yang dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Studi proteksi yang digunakan untuk membandingkan antar kedua relai menggunakan proteksi OCR (50) dan EF (51N).
- b. Studi proteksi yang digunakan untuk membandingkan antar kedua relai menggunakan kurva *definite time relay* dan standart *inverse*.
- c. Membandingkan antara relai Sepam dan Micom dalam segi selektifitas kerja relai untuk memutuskan circuit breaker.
- d. Tipe relai proteksi Micom yang digunakan yaitu P123 dan tipe relai proteksi untuk Sepam yaitu S20.

1.5 Maksud & Tujuan

Maksud dari penulisan ini adalah membandingkan selektifitas kerja relai antara Sepam dan Micom dalam

memutuskan circuit breaker terhadap gangguan OCR (*over current relay*) dan EF (*earth fault*) pada panel tegangan menengah yaitu 24kV.

Tujuan dari penulisan ini adalah mendapat hasil dari perbandingan. Sehingga dapat menyimpulkan relai mana yang selektifitasnya sesuai atau bahkan lebih baik dari nilai akurasi dari relai itu sendiri.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Relai

Relai adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis yang bekerja secara otomatis untuk mengatur atau memasukan suatu rangkaian listrik (rangkai trip atau alarm) akibat adanya perubahan kerja sistem.

Relai dapat bekerja secara mekanis akibat adanya rangsangan yang diterima telah mencapai suatu nilai batas yang telah ditentukan. Rangsangan yang diterima dapat berupa arus, tegangan, suhu, tekanan dan lain sebagainya.

Jika suatu sistem mengalami kerja abnormal, maka relai akan merasakan gangguan tersebut dan akan mengirimkan sinyal pada eksekutor (CB atau alarm) untuk bekerja, agar setiap elemen sistem dapat dilindungi dari kerusakan.



Gambar 2.1 Relai Sepam



Gambar 2.2 Relai Micom

Relai pengaman tersusun atas tiga komponen dasar yaitu sebagai berikut :

a. Sensing element

Bagian ini merupakan sistem pengukuran sebagai pendeteksi parameter gangguan yang dapat merespon besaran tertentu, misalnya arus dan tegangan. Untuk keperluan ini lazimnya digunakan trafo ukur arus (CT) dan trafo ukur tegangan dengan rasio tertentu.

b. Comparing element

Bagian ini berfungsi sebagai pembanding besaran yang direspon oleh sensing element dengan nilai *set point (setting)* tertentu dan bila terdapat nilai yang tidak sesuai (telah ditentukan), maka akan dilanjutkan untuk menginstruksikan control elemen bekerja. Untuk bagian ini merupakan bagian dari komponen relai pengaman.

c. Control element

Bagian ini bekerja jika mendapatkan instruksi dari *comparing element* untuk melanjutkan ke relai

pengaman untuk mengerjakan relai alarm atau relai trip.

2.1.1 Fungsi Relai

Adapun beberapa fungsi relai adalah sebagai berikut:

- Memberi sinyal alarm untuk melepas PMT dengan tujuan mengisolir gangguan atau kondisi yang tidak normal, seperti adanya beban lebih, tegangan rendah, kenaikan temperature dan lain sebagainya.
- Melokalisir kemungkinan dampak gangguan dengan memisahkan peralatan yang terganggu dari system.
- Melepaskan peralatan atau bagian yang terganggu secara cepat dengan maksud menjaga stabilitas system dan kontinuitas peralatan.
- Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

2.1.2 Syarat – Syarat Relai Berikut

syarat-syarat kinerja relai :

a. Cepat Berreaksi

Relai harus bekerja bila system mengalami gangguan. Kecepatan kerja relai adalah saat relai merasakan adanya gangguan sampai pemutusan CB karena perintah dari relai. Waktu kerja harus secepat mungkin sehingga menghindari kerusakan alat pada system dan mempersempit pemadaman.

Adapun waktu total yang di perlukan untuk memutuskan hubungan adalah penjumlahan dari waktu berreaksi dari relai dengan waktu yang dipergunakan untuk pelepasan CB, dalam matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$T_o = t_r + t_{cb} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

T_o = waktu total yang digunakan untuk memutuskan hubungan

t_r = waktu bereaksi dari relai unit

t_c = waktu yang digunakan untuk memutus CB

Untuk mengatasi gangguan-gangguan sesaat yang sering terjadi pada sistem maka setingan waktu diatas perlu ditambahkan dengan waktu tunda (*time delay*) agar sistem dapat bekerja dengan stabil, maka secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$T_o = t_r + t_{cb} + t_d \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

T_o = waktu total yang digunakan untuk memutuskan hubungan

t_r = waktu bereaksi dari relai unit

t_{cb} = waktu yang digunakan untuk memutus CB

t_d = waktu tunda (*time delay*)

b. Selektif

Selektif pemilihan dalam pengadaan pengaman dimana relai dengan cermat dapat merasakan dan mengatasi gangguan, hal ini menyangkut kordinasi pengaman dari system secara keseluruhan. Untuk mendapatkan keandalan maka relai pengaman harus memiliki kemampuan selektif.

c. Sensitif atau peka

Relai harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi maksudnya adalah relai harus cukup sensitive terhadap gangguan di kawasan pengamanannya

meskipun dalam kondisi yang memberikan rangsangan yang minimum.

d. Handal

Ada 3 aspek yang termasuk dalam syarat handal :

1. Dependability

Yaitu tingkat kepastian bekerjanya. Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan lain perkataan dependability-nya harus tinggi.

2. Security

Yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah kerja. Salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus kerja, misalnya karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan. Salah kerja mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Jadi pada prinsipnya pengaman tidak boleh salah kerja, dengan kata lain perkataan security-nya harus tinggi.

3. Availability

Yaitu perbandingan antara waktu di mana pengaman dalam keadaan siap kerja (*actually in service*) dan waktu total operasinya.

4. Sederhana

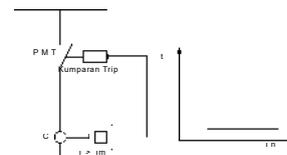
Makin sederhana system relai maka makin baik, mengingat peralatan atau komponen relai memungkinkan adanya kerusakan, jadi semakain sederhana kemungkinan terjadi kerusakan semakin kecil pula.

2.1.3 Macam-Macam Karakteristik Relai

Arus Lebih (*Over Current Relay/OCR*) karateristiknya sebagai berikut:

a. Relay waktu seketika (*Instantaneous relay*)

Relai tersebut bekerja seketika (tanpa waktu tunda), ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relai akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms). Dapat kita lihat pada gambar 2.4 dibawah ini :

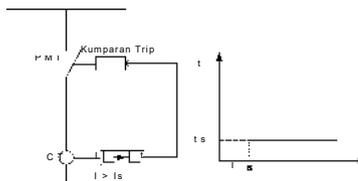


Gambar 2. 4 Karateristik RelaiWaktu Seketika

Relai ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan relai arus lebih dengan karakteristik yang lain.

b. Relai dengan waktu tertentu (*Definite time relay*)

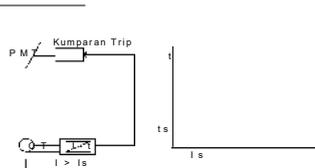
Relai ini akan memberikan perintah pada PMT (pemutus tenaga) pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_{set}), dan jangka waktu kerja relai mulai *pick up* sampai kerja relai diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relai, dapat kita lihat pada gambar 2.5 :



Gambar 2. 5 Karakteristik Relai Arus Lebih Tertentu

c. Relai arus lebih waktu terbalik (Inverse time)

Relai ini akan bekerja dengan waktutunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik, makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.6 :



Gambar 2. 6 Karateristik Relai Arus Lebih Waktu Tertentu

Karakteristik ini bermacam-macam, setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik waktunya dibedakan dalam empat kelompok yaitu *standar inverse, very inverse, extremely inverse dan long time inverse*.

Adapun rumus dari karakteristik relai-relai ini adalah sebagai berikut:

Standart Inverse

$$T = \frac{0,14}{(I - I_s)^{0,02}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Very Inverse

$$T = \left[\frac{3}{(I - I_s)^5} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.4)$$

Extrememly Inverse 80

$$T = \left[\frac{2}{(I - I_s)^80} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.5)$$

$$T = \left[\frac{120}{(I - I_s)} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

T = waktu kerja relai (detik)

I hs p-p = hubungsingkat p-p (A)

I set = arus setelan relai (A)

Td = *time multiple setting*(karakteristik kerja relai yang diijinkan sesuai dengan hasil perhitungan) **2.2**

Pengertian Proteksi

Sistem tenaga listrik harus memiliki kehandalan dalam proses penyaluran atau distribusi energi listrik ke beban. Maka dari itu dibutuhkan suatu pengamanan yang dapat memastikan bahwa sistem dapat menghasilkan dan menyalurkan energi listrik, selain itu juga harus dapat mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan.

Pada dasarnya fungsi dari sistem proteksi adalah mendeteksi gangguan dan mengatasinya sesegera mungkin. Memproteksi dari gangguan juga sangat penting bahwa proses tersebut dapat meminimalisir jumlah peralatan yang tidak terkoneksi dengan catu daya. Karena itu sistem proteksi sangat diperlukan dalam sistem tenaga listrik, terutama pada pembangkit,

transmisi, dan distribusi energi listrik yang dapat meminimalisir terjadinya kondisi abnormal. Berikut fungsi proteksi pada sistem tenaga listrik :

- Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- Mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
- Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
- Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

2.2.1 Proteksi Jaringan Distribusi 20 kV

Proteksi Jaringan Distribusi 20 kV di pasang bertujuan untuk sebagai berikut :

- Meminimalisasikan durasi saat gangguan.
- Meminimalisasikan jumlah pelanggan yang terkena efek dari gangguan.
- Mengeleminasi bahaya akibat dari gangguan yang terjadi secepat mungkin.
- Membatasi wilayah atau daerah pemadaman.
- Melindungi peralatan elektronik konsumen.
- Memproteksi dari gangguan dan pemutusan tegangan yang tidak dibutuhkan.
- Dapat mengeleminasi jaringan terganggu, trafo maupun peralatan yang lain.

2.3 Gangguan

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan (*interferes*) dalam sistem tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Gangguan dapat juga didefinisikan sebagai sebuah kecacatan yang mengganggu aliran normal arus ke beban.

2.3.1 Macam – macam Gangguan

Macam-macam gangguan dibedakan berdasarkan dari klasifikasi berikut :

a. Kesimetriannya

Berdasarkan kesimetriannya gangguan di bagi menjadi sebagai berikut :

- Gangguan Asimetris**, merupakan gangguan yang melibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari :
 - Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Merupakan gangguan yang disebabkan oleh salah satufasa dengan titik netral, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan.
 - Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Merupakan gangguan yang disebabkan oleh dua fasa, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan.
 - Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah Merupakan gangguan yang disebabkan oleh dua fasa dengan titik netral, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan.

2. Gangguan Simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah terjadi gangguan, gangguan ini terdiri dari :

- a) **Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa**
Merupakan gangguan yang disebabkan oleh tiga fasa, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan
- b) **Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah**
Merupakan gangguan yang disebabkan oleh tiga fasa, dengan titiknetral sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan.

b. Lama terjadi gangguan

- 1) **Gangguan Transient (*temporer*)**, merupakan gangguan yang hilang dengan sendirinya apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran penyaluran untuk waktu yang singkat dan setelah itu di hubungkan kembali
- 2) **Gangguan Permanen**, merupakan gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga terbuka pada saluran penyaluran untuk waktu yang singkat dan setelah dihubungkan kembali.

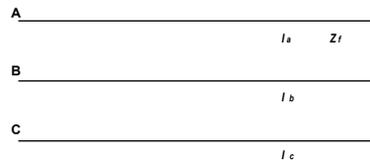
2.4 Pengertian Hubung Singkat

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fase. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat.

Pada beban isolasi padat atau cair, gangguan hubung singkat bisanya mengakibatkan busur api sehingga menimbulkan kerusakan yang tetap dan gangguan ini disebut gangguan permanen (tetap). Pada isolasi udara yang biasanya terjadi pada saluran udara tegangan menengah atau tinggi, jika terjadi busur api dan setelah padam tidak menimbulkan kerusakan, maka gangguan ini disebut gangguan temporer (sementara). Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus hubung singkat maka hubungan kelistrikan pada seksi yang terganggu perlu diputuskan dengan peralatan pemutus tenaga atau *circuit breaker* (CB).

2.4.1 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

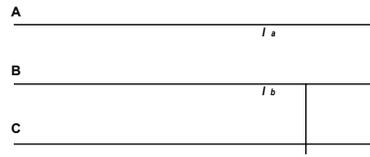
Merupakan gangguan yang disebabkan oleh salah satu fasa dengan titik netral, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan. Sehingga arus hubung singkat satu fasa (I_{sc0}) diberikan oleh persamaan berikut:



Gambar 2. 15 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

2.4.2 Hubung Singkat 2 Fasa

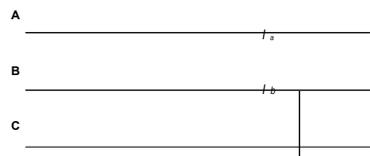
Merupakan gangguan yang disebabkan oleh dua fasa, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan. Sehingga arus hubung singkat dua fasa (I_{sc2}) diberikan oleh persamaan berikut:



Gambar 2. 16 Hubung Singkat 2 Fasa

2.4.3 Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah

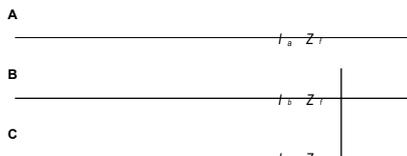
Merupakan gangguan yang disebabkan oleh dua fasa dengan titik netral, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan. Sehingga arus hubung singkat dua fasa (I_{sc1}) diberikan oleh persamaan berikut:



Gambar 2. 17 Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah

2.4.4 Hubung Singkat 3 Fasa

Merupakan gangguan yang disebabkan oleh tiga fasa, sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dan arus yang besar pada titik gangguan. Sehingga arus hubung singkat dua fasa (I_{sc3}) diberikan oleh persamaan berikut:



Gambar 2. 18 Hubung Singkat 3 Fasa

Suatu sistem seimbang, tetap simetris setelah terjadi gangguan seperti pada gambar 2.18, mempunyai impedansi sama di setiap salurannya. Dan hanya arus urutan positif saja yang mengalir.

2.5 Alat Test Uji Relai (Omicron CMC356)

CMC 356 adalah solusi universal untuk menguji semua generasi dan jenis relay perlindungan. Enam sumber arusnya yang kuat (mode tiga fasa: sampai dengan 64 A / 860 VA per saluran) dengan rentang dinamis yang besar, membuat unit ini mampu menguji relai elektromekanis beban tinggi dengantuntutandaya yang sangat tinggi.

CMC 356 mempunyai 3 fungsi yaitu :

1. *Protection testing*
2. *Measurement equipment testing*

g. Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir ini, agar diketahui relai manakah yang dapat bekerja selektif sesuai syarat relai sebelum dipasang dilapangan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Relai Proteksi

Relai proteksi dimana dipasang pada *cubicle* atau panel *medium voltage* dengan range tegangan antara 6kV hingga 36kV. Relai proteksi yang akan dibandingkan adalah relai Micom dan Sepam. Nilai yang akan dibandingkan yaitu nilai akurasi masing-masing relai. Nilai akurasi tersebut yang akan digunakan sebagai acuan bahwa relai tersebut dapat mendukung salah satu syarat relai, yaitu relai harus bekerja selektif terhadap gangguan.

Di dalam perbandingan relai proteksi parameter yang akan digunakan adalah proteksi OCR (*over current relay*) dan EF (*earth fault*). OCR (*over current relay*) merupakan pengaman gangguan antar fasa, sedangkan EF (*earth fault*) adalah pengaman gangguan satu fasa ke tanah. Pada proteksi OCR dan EF terdiri dari dua kurva yaitu *inverse* dan *definite*.

Nilai arus gangguan telah dikelompokkan pada masing-masing kurva sesuai karakteristik besarnya gangguan. Selain dari pengelompokkan nilai arus gangguan, diambil pula nilai arus gangguan minimum dan nilai arus gangguan maksimum pada setiap kurva. Hal itu agar diketahui seberapa selektif relai proteksi dapat merasakan besarkecilnya arus gangguan yang datang, sehingga relai akan tetap cermat dalam menyeleksi gangguan yang dirasakan.

4.2 Karakteristik Nilai Akurasi Masing – Masing Relai Proteksi

Pada saat akan melakukan pengujian relai menggunakan OCC pada Omicron CMC 356, perlu diperhatikan accuracy parameter relai sesuai dengan karakteristik relai yang akan diuji. Terutama pada saat pengujian *Over Current* dan *Eart Fault Protection*.

Setiap pabrikan relai mempunyai tingkat *accuracy* yang berbeda. Jadi nilai setting yang akan dipergunakan dalam pengujian juga berbeda.

Berikut acuan nilai *accuracy* seting pada relai Micom dan Sepam sesuai dengan karakteristiknya masing-masing.

4.2.2 Relai Micom & Sepam

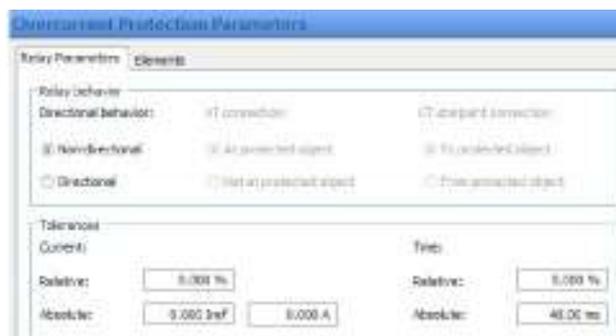
1. *Three Phase Overcurrent Protection (50/ 51).*
2. *Earth Fault Protection (50N/ 51N)*

Tabel 4.1 Nilai Seting Input Masing-Masing Proteksi ke Omicron CMC 356

No	RELAJ		PROTEKSI		CURRENT TOLERANCE		TIME TOLERANCE	
	MICOM	SEPAM	OCR	EF	RELATIVE	ABSOLUTE	RELATIVE	ABSOLUTE
1	√		√		0%	0.00Iref	0%	40 ms
2	√			√	0%	0.00Iref	0%	30 ms
3		√	√		0%	0.00Iref	0%	25 ms
4		√		√	0%	0.00Iref	0%	25 ms

4.2.3 Omicron CMC 356

Omicron CMC 356 digunakan untuk menguji masing-masing relai proteksi. Namun Omicron membutuhkan data karakteristik dari relai proteksi. Seperti yang telah dijelaskan diatas data karakteristik untuk relai Micom dan Sepam. Pada pembahasan ini data *accuracy* di khususkan untuk pengujian *relai overcurrent fault* dan *earth fault protection*. Berikut nilai setting yang digunakan dalam pengujian relai di Omicron CMC 356.



Gambar 4.8 Seting Akurasi pada Template Omicron CMC 356

Dari gambar diatas dapat ditetapkan nilai seting toleransi sebagai berikut :

1. *Current Relative* ini diisikan dengan nilai 0%.
2. *Current Absolute* ini diisikan dengan nilai 0.00Iref.
3. *Time Relative* ini diisikan dengan nilai 0%.
4. *Time Absolute* ini diisikan sesuai dengan data *accuracy* masing-masing relai seperti penjelasan diatas.
5. Dari penjelasan diatas dapat diringkas dalam bentuk tabel seperti dibawah ini.

4.3 Menentukan Parameter Nilai Setting Relai OCR (Over Current Relai) dan EF (Earth Fault) yang digunakan dalam Setting Relai Sepam dan Micom.

Sebelum menghitung nilai setting, langkah pertama yaitu menentukan standart kurva pemutusan. Standart kurva yang ditentukan adalah standart IEC kurva normal inverse.

Karakteristik kurva *inverse* disesuaikan dengan rumus di bawah :

$$t = x \left\{ \begin{matrix} (-1) \\ \dots \dots \dots \end{matrix} \right. \dots \dots \dots (4.1)$$

$$M = (s) \dots \dots \dots (4.2)$$

Dimana :

- t = operation time
- β = constant
- K = constant
- I = measured current
- Is = current threshold setting
- α = constant
- T = Time multiplier setting for IEC/UK curves

4.3.1 Menghitung Nilai Setting 51 (OCR *inverse time*) & 50 (OCR *definite time*)

Perhitungan nilai setting OCR berawal dari penentuan nilai arus gangguan yang akan di inject ke masing-masing relai. Nilai arus gangguan yang akan di inject yaitu nilai arus gangguan minimum yang mampu dirasakan oleh relai yaitu 1.05 (*data diambil dari user manual Micom). Acuan dipilih dari relai Micom karena memiliki faktor yang paling kecil, sehingga disaat perhitungan memiliki nilai minimum setting relai. Selain itu, untuk mendapat arus gangguan minimum, maka arus hubung singkat pada perhitungan tidak dimasukkan atau diabaikan. Arus gangguan hubung singkat adalah arus yang didapat dari besarnya arus beban dan panjang dari penghantar.

Rasio CT = 200 : 1 A

Menghitung nilai 51 (OCR *inverse time*) drop off (nilai terkecil dari arus gangguan). Nilai arus gangguan minimum OCR untuk *inverse time* yaitu 1 A (sisi sekunder CT).

$$\begin{aligned} I_{set} &= Factor (1.05) \times 1A \times \text{arus primer CT} \\ I_{set} &= 1.05 \times 1 \times 200 \\ &= 210A \\ I_{set} &= 1.10 \times 1 \times 200 \\ &= 220 A \end{aligned}$$

Perhitungan waktu trip pada 51 (OCR *inverse time*) drop off. Pada perhitungan ini, nilai td (*time dial*) yaitu 1*(Sumber: Manual Technical Data Micom P123 page 23/50).

$$\begin{aligned} 1. \quad T &= \frac{0,14}{0,02} \left[\frac{h-}{\frac{-1}{0,14}} \right] \\ &= \frac{[1.05]^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 143.4 \text{ s} \\ 2. \quad T &= \frac{0,14}{0,02} \left[\frac{h-}{\frac{-1}{0,14}} \right] \\ &= \frac{[1.10]^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 73.36 \text{ s} \end{aligned}$$

Menghitung nilai 51 (OCR *inverse time*) pick up (nilai terbesar dari arus gangguan). Nilai arus gangguan maximum OCR untuk *inverse time* yaitu 3 A (sisi sekunder CT).

$$\begin{aligned} I_{set} &= Factor \times 1A \times \text{arus sisi primer CT} \\ I_{set} &= 2.55 \times 1 \times 200 \\ &= 510 A \\ I_{set} &= 2.6 \times 1 \times 200 \\ &= 520 A \end{aligned}$$

Perhitungan waktu trip pada 51 (OCR *inverse time*) pick up. Pada perhitungan ini, nilai td (*time dial*) yaitu 1*(Sumber: Manual Technical Data Micom P123 page 23/50).

$$\begin{aligned} 1. \quad T &= \frac{0,14}{0,02} \left[\frac{h-}{\frac{-1}{0,14}} \right] - 1 \\ &= \frac{[2.55]^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 7.41 \text{ s} \\ 2. \quad T &= \frac{0,14}{0,02} \left[\frac{h-}{\frac{-1}{0,14}} \right] - 1 \\ &= \frac{[2.6]^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 7.5 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{-1}{0,14} \\ &= \frac{[2.60]^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 7.25 \text{ s} \end{aligned}$$

Menghitung nilai 50 (OCR *definite time*) memiliki nilai minimum atau *drop off* yaitu 3 kali arus nominal.

Untuk arus maksimum atau puncak tidak terbatas. Cara kerja fungsi *definite time* sebesar apapun nilai yang melebihi dari arus setting minimum, maka waktu trip pada pemutus memiliki besar waktu yang sama. Untuk menguji selektivitas pada *definite time*, maka nilai yang dihitung adalah nilai minimum dari arus gangguan.

$$\begin{aligned} I_{set} &= Factor \times 3A \times \text{arus sisi primer CT} \\ I_{set} &= 1 \times 3 \times 200 \\ &= 600 \text{ A} \\ I_{set} &= 1.10 \times 3 \times 200 \\ &= 660 \text{ A} \end{aligned}$$

4.3.2 Menghitung Nilai Setting 51N (EF *inverse time*) & 50N (EF *definite time*)

Perhitungan nilai setting 51N (EF *inverse time*) memiliki arus gangguan minimum yang sama dengan 51 (OCR *inverse time*) yaitu $1.05 \times$ (Sumber: *Manual Technical Data Micom P123 page 23/ 50*). Menghitung nilai 51N (EF *inverse time*) *drop off* (nilai terkecil dari arus gangguan). Nilai arus gangguan minimum OCR untuk *inverse time* yaitu 0.2 A (sisi sekunder CT).

$$\begin{aligned} I_{set} &= Factor(1.05) \times 0.2A \times \text{arus primer CT} \\ I_{set} &= 1.05 \times 0.2 \times 200 \\ &= 42 \text{ A} \\ I_{set} &= 1.10 \times 0.2 \times 200 \\ &= 44 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu trip pada 51N (EF *inverse time*) *drop off*. Pada perhitungan ini, nilai t_d (*time dial*) yaitu $1 \times$ (Sumber: *Manual Technical Data Micom P123 page 23/ 50*).

$$1. \quad T =$$

$$= 0,14 \cdot \frac{0,02}{0,14}$$

$$[1.05]^{0,02} - 1.1$$

$$= 143.4 \text{ s}$$

$$2. \quad T =$$

$$\left[\frac{t_d}{0,14} \right]^{0,02} - 1.1$$

$$= [1.10]^{0,02} - 1.1$$

$$= 73.36 \text{ s}$$

Menghitung nilai 51N (EF *inverse time*) *pick up* (nilai terbesar dari arus gangguan). Nilai arus gangguan maximum EF untuk *inverse time* yaitu 0.8A (sisi sekunder CT).

$$\begin{aligned} I_{set} &= Factor \times 0.1A \times \text{arus sisi primer CT} \\ I_{set} &= 7.5 \times 0.1 \times 200 \\ &= 150 \text{ A} \\ I_{set} &= 7.55 \times 0.1 \times 200 \\ &= 151 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu trip pada 51N (EF *inverse time*) *pick up*. Pada perhitungan ini, nilai t_d (*time dial*) yaitu $1 \times$ (Sumber: *Manual Technical Data Micom P123 page 23/ 50*).

$$1. \quad T = 0,14$$

$$= \frac{0,14}{[7.5]^{0,02} - 1.1} = 3.41 \text{ s}$$

$$\left[\frac{t_d}{0,14} \right]$$

$$2. \quad T = \left[\frac{t_d}{0,14} \right]^{0,02} - 1.1$$

$$= [7.55]^{0,02} - 1.1$$

$$= 3.38 \text{ s}$$

Menghitung nilai 50N (EF $_{definite\ time}$) memiliki nilai minimum atau *drop off* yaitu 0.8A. Untuk arus maksimum atau puncak tidak terbatas. Cara kerja fungsi *definite time* sebesar apapun nilai yang melebihi dari arus setting minimum, maka waktu trip pada pemutus memiliki besar waktu yang sama. Untuk menguji selektivitas pada *definite time*, maka nilai yang dihitung adalah nilai minimum dari arus gangguan.

$$I_{set} = Factor \times 0.8A \times \text{arus sisi primer CT}$$

$$I_{set} = 1 \times 0.8 \times 200 = 160 A$$

$$I_{set} = 1.10 \times 0.8 \times 200 = 176 A$$

4.3.3 Perbandingan Hasil Simulasi Micom dan Sepam dengan Perhitungan

Dari hasil perhitungan dan pengujian relai Micom dan Sepam didapatkan nilai perbedaan waktu tripping. Berikut di bawah ini tabel hasil perbedaan waktu antara masing-masing relai dengan hasil perhitungan.

No	Tipe	Faktor	Trip Time (ms)	Trip Time (ms)	Toleransi (ms)		Toleransi (%)		Status	
					Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	50	1.05	170	170	20	20	11.8	11.8	Failed	Failed
2	50	1.10	188	188	20	20	10.6	10.6	Failed	Failed
3	50	1.15	206	206	20	20	9.7	9.7	Failed	Failed
4	50	1.20	224	224	20	20	9.0	9.0	Failed	Failed
5	50	1.25	242	242	20	20	8.3	8.3	Failed	Failed
6	50	1.30	260	260	20	20	7.7	7.7	Failed	Failed
7	50	1.35	278	278	20	20	7.2	7.2	Failed	Failed
8	50	1.40	296	296	20	20	6.8	6.8	Failed	Failed
9	50	1.45	314	314	20	20	6.4	6.4	Failed	Failed
10	50	1.50	332	332	20	20	6.0	6.0	Failed	Failed

Keterangan :
Diketahui NA¹ yaitu *not available* dengan arti mulai *factor* 1.05 – 1.150 relai Sepam tidak kompatibel dengan nilai *factor* tersebut. Sesuai dengan standart karakteristik relai Sepam yaitu minimum nilai *factor* yang digunakan yaitu 1.20*. Sehingga diketahui pada hasil tabel *result* pada kolom satu hingga tiga dengan hasil *Failed*² dan itu benar, sesuai kemampuan karakteristik relai Sepam.. *(*manual Technical Data Relay S20 page 75/312*)

Tabel 4.49 Hasil Nilai Waktu Trip OCR 51 Pick Up Antara Relai Micom, Sepam dan Perhitungan

No	Tipe	Faktor	Trip Time (ms)	Trip Time (ms)	Toleransi (ms)		Toleransi (%)		Status	
					Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	50	1.05	170	170	20	20	11.8	11.8	Failed	Failed
2	50	1.10	188	188	20	20	10.6	10.6	Failed	Failed
3	50	1.15	206	206	20	20	9.7	9.7	Failed	Failed
4	50	1.20	224	224	20	20	9.0	9.0	Failed	Failed
5	50	1.25	242	242	20	20	8.3	8.3	Failed	Failed
6	50	1.30	260	260	20	20	7.7	7.7	Failed	Failed
7	50	1.35	278	278	20	20	7.2	7.2	Failed	Failed
8	50	1.40	296	296	20	20	6.8	6.8	Failed	Failed
9	50	1.45	314	314	20	20	6.4	6.4	Failed	Failed
10	50	1.50	332	332	20	20	6.0	6.0	Failed	Failed

Tabel 4.50 Hasil Nilai Waktu Trip OCR 50 Antara Relai Micom, Sepam dan Perhitungan

No	Tipe	Faktor	Trip Time (ms)	Trip Time (ms)	Toleransi (ms)		Toleransi (%)		Status	
					Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	50	1.05	170	170	20	20	11.8	11.8	Failed	Failed
2	50	1.10	188	188	20	20	10.6	10.6	Failed	Failed
3	50	1.15	206	206	20	20	9.7	9.7	Failed	Failed
4	50	1.20	224	224	20	20	9.0	9.0	Failed	Failed
5	50	1.25	242	242	20	20	8.3	8.3	Failed	Failed
6	50	1.30	260	260	20	20	7.7	7.7	Failed	Failed
7	50	1.35	278	278	20	20	7.2	7.2	Failed	Failed
8	50	1.40	296	296	20	20	6.8	6.8	Failed	Failed
9	50	1.45	314	314	20	20	6.4	6.4	Failed	Failed
10	50	1.50	332	332	20	20	6.0	6.0	Failed	Failed

Keterangan :
Diketahui pada tabel *result* di relai Micom pada kolom 1 sampai 5 yaitu *Failed*³ karena nilai toleransi lebih dari standart karakteristik Micom yaitu 40ms*. Persentase kegagalan dari 10 percobaan relai Micom yaitu 50%. *(*Manual Technical Data Micom P123 page 31/50*)

Tabel 4.51 Hasil Nilai Waktu Trip EF 51N Drop Off Antara Relai Micom, Sepam dan Perhitungan

No	Tipe	Faktor	Trip Time (ms)	Trip Time (ms)	Toleransi (ms)		Toleransi (%)		Status	
					Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	50	1.05	170	170	20	20	11.8	11.8	Failed	Failed
2	50	1.10	188	188	20	20	10.6	10.6	Failed	Failed
3	50	1.15	206	206	20	20	9.7	9.7	Failed	Failed
4	50	1.20	224	224	20	20	9.0	9.0	Failed	Failed
5	50	1.25	242	242	20	20	8.3	8.3	Failed	Failed
6	50	1.30	260	260	20	20	7.7	7.7	Failed	Failed
7	50	1.35	278	278	20	20	7.2	7.2	Failed	Failed
8	50	1.40	296	296	20	20	6.8	6.8	Failed	Failed
9	50	1.45	314	314	20	20	6.4	6.4	Failed	Failed
10	50	1.50	332	332	20	20	6.0	6.0	Failed	Failed

Keterangan :
Diketahui NA⁴ yaitu *not available* dengan arti mulai *factor* 1.05 – 1.150 relai Sepam tidak kompatibel dengan nilai *factor* tersebut. Sesuai dengan standart karakteristik relai Sepam yaitu minimum nilai *factor* yang digunakan yaitu 1.20*. Sehingga diketahui pada hasil tabel *result* pada kolom satu hingga tiga dengan hasil *Passed* dan itu benar, sesuai kemampuan karakteristik relai Sepam.. *(*manual Technical Data Relay S20 page 75/312*)

Tabel 4.52 Hasil Nilai Waktu Trip EF 51N Pick Up Antara Relai Micom, Sepam dan Perhitungan

No	Tipe	Faktor	Trip Time (ms)	Trip Time (ms)	Toleransi (ms)		Toleransi (%)		Status	
					Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	50	1.05	170	170	20	20	11.8	11.8	Failed	Failed
2	50	1.10	188	188	20	20	10.6	10.6	Failed	Failed
3	50	1.15	206	206	20	20	9.7	9.7	Failed	Failed
4	50	1.20	224	224	20	20	9.0	9.0	Failed	Failed
5	50	1.25	242	242	20	20	8.3	8.3	Failed	Failed
6	50	1.30	260	260	20	20	7.7	7.7	Failed	Failed
7	50	1.35	278	278	20	20	7.2	7.2	Failed	Failed
8	50	1.40	296	296	20	20	6.8	6.8	Failed	Failed
9	50	1.45	314	314	20	20	6.4	6.4	Failed	Failed
10	50	1.50	332	332	20	20	6.0	6.0	Failed	Failed

Tabel 4.53 Hasil Nilai Waktu Trip EF 50N Antara Relai Micom, Sepam dan Perhitungan

No.	Tipe Trip	Tipe Trip	Tipe Trip	Tipe Trip	Hasil Uji		Tipe Trip	Waktu Trip (ms)			Status
					Uji	Uji		Uji	Uji	Uji	
1	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	0	1	100	100	100	Failed
2	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	0	1	100	100	100	Failed
3	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	0	1	100	100	100	Failed
4	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	0	1	100	100	100	Failed
5	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	0	1	100	100	100	Failed
6	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	0	1	100	100	100	Failed
7	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	0	1	100	100	100	Failed
8	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	0	1	100	100	100	Failed
9	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	0	1	100	100	100	Failed
10	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	0	1	100	100	100	Failed

Keterangan : Diketahui pada tabel *result* di relai Micom pada kolom pertama hingga 3 yaitu *Failed* karena nilai toleransi lebih dari standart karakteristik Micom yaitu 50ms*. Persentase kegagalan dari 10 percobaan relai Micom yaitu 30%. *(Manual Technical Data Micom P123 page 31/5)

BAB V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan Studi Kasus Relai Proteksi pada Panel Tegangan Menengah untuk Memutuskan Circuit Breaker yaitu sebagai berikut :

1. Nilai perbandingan antara hasil perhitungan dengan hasil uji relai pada relai Sepam dan Micom sebagai berikut :
 - a. Pada tabel 4.48 hasil kolom *result* relai Sepam pada *factor* 1.05 – 1.150 adalah *failed*, hasil ini sudah sesuai dengan karakteristik relai Sepam yaitu minimum *factor* 1.2.
 - b. Pada tabel 4.50 hasil kolom *result* relai Micom pada *factor* 1.05 – 1.25 adalah *failed*, hasil ini menyatakan gagal uji dikarenakan nilai toleransi lebih dari *standard* karakteristik Micom yaitu 40ms.
 - c. Pada tabel 4.53 hasil kolom *result* relai Micom pada *factor* 1.05 – 1.15 adalah *failed*, hasil ini menyatakan gagal uji dikarenakan nilai toleransi lebih dari *standard* karakteristik Micom yaitu 50ms.
2. Relai proteksi yang dapat bekerja dengan baik dalam segi selektifitas sebagai salah satu syarat relai sebelum pemasangan di lapangan yaitu relai Sepam dengan nilai sebagai berikut :
 - a. Pada tabel 4.50 hasil nilai waktu trip OCR 50 diketahui relai Micom terdapat kegagalan sebesar 50% dari 10 kali pengujian. Sedangkan relai Sepam tidak ada kegagalan.
 - b. Pada tabel 4.53 hasil nilai waktu trip EF 50N diketahui relai Micom terdapat kegagalan sebesar 30% dari 10 kali pengujian. Sedangkan relai Sepam tidak ada kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Artono, 2001, *Teknik Tegangan Tinggi*, Pradya Paramita, Jakarta
2. Arismunandar, A., 1990, *Teknik Tegangan Tinggi*, edisi ke-7, Pradnya Paramita, Jakarta
3. Arismunandar, dkk. 1979. *Gardu Induk Jilid III*. Pradya Paramita, Jakarta

4. Djiteng Marsuli, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, edisi II. Graha Ilmu 2006, Jakarta.
5. D, William, Stevanson Jr. 1993. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga. Jakarta.
6. Gonen, Turan. 1986. *Electrical Power Distribution System Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
7. Hewitson, L, G, Mark Brown, Ramesh, Balakrishnan. 2004. *Practical Power System Protection*. Newnes Elsvier. England
8. Kadir, Abdul. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia Press. Jakarta
9. Naidu, M.S dan V. Kamaraju, *High Voltage Engineering Second Edition*, McGraw Hill, New Delhi. 1996.
10. Pabla, AS. 1994. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta. Erlangga.