

BAB II DASAR TEORI

2.1 Sistem Proteksi

Pada dasarnya suatu sistem tenaga listrik terdiri dari pembangkit, transmisi, dan distribusi yang dihubungkan oleh satu sama lain guna membangkitkan, mentransmisikan, dan mendistribusikan tenaga listrik hingga dapat dimanfaatkan oleh pelanggan. Sistem proteksi merupakan isolasi atau perlindungan dari adanya bahaya atau gangguan pada sebuah komponen sistem tenaga listrik baik dalam pembangkitan, transmisi maupun distribusi yang dalam pengamanannya atau proteksinya mempunyai kekhususan dan bahkan seringkali berbeda beda.[1]

Hal yang paling mendasar adalah pembangkit listrik, dimana pembangkit haruslah dioperasikan secara aman tanpa menimbulkan kerugian bagi manusia ataupun pada peralatan pembangkit, yaitu dengan mengoptimalkan sumber daya primer yang ada, efisiensi, faktor keandalan dan keamanan. Namun pada kenyataannya sebaik dan sehandal apapun suatu sistem tidak akan lepas dari gangguan. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat terjadi pada tingkat dan level yang berbeda beda, namun pada masing-masing pembangkit mempunyai resiko baik terhadap manusia maupun peralatan peralatan daripada sistem tenaga listrik itu sendiri.[1]

Berbagai peralatan proteksi haruslah dikoordinasikan dengan baik, sebagai contoh peralatan disini adalah *relay* atau rele, dimana tugas dari *relay* utama untuk melindungi pada tanda pertama dari masalah yang terjadi. Sistem *backup* harus tersedia dan dapat beroperasi untuk menyelesaikan gangguan apabila kemampuan dari *relay* utama berkurang. Untuk mengoptimalkan faktor keamanan dan keseimbangan haruslah meningkatkan probabilitas hasil dari operasi, serta bergantung pada karakteristik dan tujuan dari setiap aplikasi tertentu.[1]

2.1.1. Persyaratan Sistem Proteksi

Sistem proteksi utama adalah pengaman yang memprioritaskan alat untuk bekerja mengamankan saat terjadinya gangguan dalam

kondisi kurang normal pada rangkaian yang terjadi gangguan, pengaman utama dimaksudkan sebagai yang memperkasainya saat terjadi gangguan pada kawasan yang akan di lindunginya.

Adapun ciri-ciri pengaman utama sebagai berikut:

- a. Waktu kerja relay sangat cepat
- b. Tidak bisa di koordinasikan dengan relay proteksi lainnya
- c. Tidak bergantung pada proteksi yang lainnya, dan
- d. Daerah pengamanannya diapit oleh dua transformator arus.

Cara kerja dari sistem proteksi adalah dengan cara mengisolir komponen atau menutup daerah tertentu tempat terjadinya gangguan.

Dengan demikian sistem proteksi harus memiliki syarat syarat berikut ini :

- a. Kepekaan / sensitifitas

Syarat pertama terkait dengan tingkat sensitifitas yang dimiliki oleh sistem proteksi. Sensitifitas atau kepekaan dalam sistem proteksi ditentukan oleh nilai-nilai minimal yang terdapat dalam komponen saat sistem proteksi mulai bekerja.

- b. Kecepatan

Tingkat kecepatan merupakan salah satu syarat vital yang harus dimiliki oleh sistem proteksi, karena syarat ini memiliki multi fungsi diantaranya, untuk menjaga kualitas dan kuantitas pelayanan, keamanan, serta keseimbangan saat mesin bekerja. Sistem proteksi harus memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga dapat meningkatkan mutu pelayanan, kemanan manusia, komponen dan stabilitas operasi. Mengingat dalam suatu sistem tenaga listrik mempunyai batas-batas stabilitas serta sering terjadinya gangguan sistem yang bersifat hanya sementara, maka *relay* yang semestinya bereaksi dengan cepat kerjanya perlu diperlambat.

- c. Selektifitas dan Diskriminatif

Sistem proteksi harus memiliki kemampuan untuk mengelompokkan atau mengidentifikasi sedini mungkin akan terjadinya gangguan. Pada sebuah *relay* proteksi akan melakukan *tripping* sesuai *setting* yang telah ditentukan pada waktu mendesain sistem proteksi, mulai dari penyetelan hingga pemasangan. Dalam hal ini sistem proteksi memiliki fungsi utama untuk menjadi media atau alat yang memisahkan bagian-bagian yang terdampak gangguan dengan yang tidak terdampak gangguan.

d. Keandalan

Sistem proteksi dapat disebut handal jika, pada saat dibutuhkan akan selalu berfungsi dengan baik. Sistem proteksi dapat dikatakan tidak handal jika dalam keadaan tidak dibutuhkan akan beroperasi dan dalam keadaan *standby* akan bekerja tanpa adanya gangguan. Contoh keadaan *relay* tidak handal pada saat kondisi normal atau tidak adanya gangguan *relay* akan memutuskan untuk melakukan *trip* jaringan. Keandalan relay dapat dikatakan cukup baik ketika memiliki *range* 90-99%.

e. Ekonomis

Nilai ekonomis menjadi sesuatu yang tidak boleh dikesampingkan saat membuat *planning* sistem proteksi yang baik. Akan tetapi, nilai ekonomis ini juga harus disesuaikan dengan kualitas dan faktor keandalan yang sudah ditetapkan.

2.1.2. Faktor Penyebab Gangguan

Sistem tenaga listrik merupakan sistem yang hanya melibatkan sebuah komponen dan sangat teratur. Oleh karenanya, terbagi menjadi beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya stop sirkuit pada sistem tenaga listrik tersebut, diantaranya:

a. Faktor Manusia

Faktor manusia menyangkut kesalahan atau kelalaian dalam memberikan perlakuan pada sistem. Misalnya saja dalam melakukan penyambungan rangkaian keliru dalam melakukan pengkalibrasian suatu piranti pengaman, dan sebagainya.

b. Faktor Internal

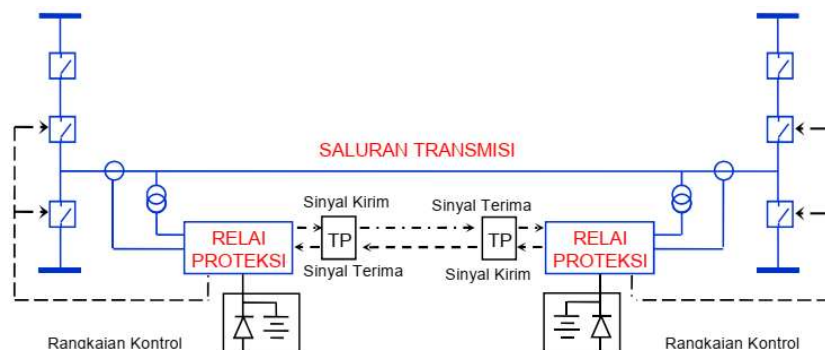
Faktor internal ini menyangkut gangguan-gangguan yang berasal dari sistem itu sendiri. Misalnya usia pakai, keausan, dan lain sebagainya. Hal ini bisa mengurangi sensitifitas relay pengaman, juga mengurangi daya isolasi peralatan listrik lainnya

c. Faktor Eksternal

Faktor eksternal ini meliputi gangguan gangguan yang berasal dari luar atau lingkungan disekitar sistem. Disamping itu ada kemungkinan gangguan yang disebabkan oleh binatang, misalnya gigitan tikus, burung, tupai, dan sebagainya.

2.2 Proteksi dan Kontrol Penghantar

Sistem proteksi bay penghantar adalah suatu sistem yanberfungsi untuk mengamankan/mengisolir penghantar (saluran udara/saluran kabel) tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi dari gangguan temporer dan gangguan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut. Secara umum, bagian dari sistem proteksi penghantar dapat digambarkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.1 *Typical* Komponen Sistem Proteksi SUTET.[1]

Komponen sistem proteksi terdiri dari transformator arus (CT), transformator tegangan (PT/CVT), relai proteksi, pemutus tenaga (PMT), catudaya rangkaian pengawatannya (wiring) dan teleproteksi.



Gambar 2.2 *Typical* Komponen Sistem Proteksi SUTT.[1]

Proteksi penghantar yang umum digunakan adalah skema proteksi menggunakan relai jarak (*distance relay*) dan relai diferensial saluran (*line current differential*).

2.3 *Line Differential Relay*

Line Differential Relay atau relai diferensial saluran adalah salah satu jenis proteksi utama pada penghantar yang bekerja berdasarkan pengukuran perbedaan parameter arus. Ketika terjadi perbedaan maka rele akan mendeteksi adanya gangguan dan menginstruksikan PMT untuk membuka (*trip*) apabila terjadi perbedaan. Perbedaan di sini adalah perbedaan nilai arus dan perbedaan besar fasa (stabilitas arus).[1] Rele ini lebih efektif untuk menangani gangguan internal transformator. Pada gangguan di luar daerah pengamanan, trafo tidak akan bekerja karena arus masukan dan keluaran sama besar walaupun melebihi arus dari nominal trafo daya.[3]

Rele diferensial bekerja tanpa koordinasi dengan rele yang lain, sehingga kerja rele ini membutuhkan waktu yang cepat. Berbeda dengan sifat rele yang lain, rele ini bersifat sangat selektif. Sifat selektif yang dimaksud adalah rele diferensial tidak akan bekerja pada saat normal atau gangguan di luar daerah pengamanan. Rele ini juga tidak dapat dijadikan sebagai pengamanan cadangan dan rele ini memiliki daerah pengamanan yang dibatasi oleh trafo arus atau *current transformer* (CT).[3]

2.4 *Distance Relay*

Distance Relay atau rele jarak adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi. *Distance relay* akan

bekerja bila impedansi yang di ukur dari besaran arus CT dan tegangan PT/CVT lebih kecil dari impedansi setelan. Selain sebagai proteksi utama penghantar, relai ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar di depannya.[1] *Distance relay* menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi terukur di bawah nilai settingnya, maka relay akan bekerja. *Distance relay* bergantung pada jarak gangguan yang terjadi terhadap relay proteksi dan tidak bergantung pada besarnya arus gangguan yang terjadi.[2]



Gambar 2.3 *Distance Relay*.

Prinsip kerja dari *distance relay* yaitu dengan mengukur tegangan pada titik relay dan arus gangguan yang dirasakan oleh relay dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Impedansi merupakan parameter pokok yang digunakan dalam perhitungan setting *distance relay*. Jika pada gardu induk yang berada di depannya memiliki trafo daya, maka jangkauan pada zone selanjutnya tidak boleh melebihi impedansi dari trafo daya.

2.4.1 **Sistem Zone Time Delay**

Distance relay membagi daerah operasinya menjadi beberapa daerah cakupan yaitu zone 1, zone 2 dan zone 3. Dimana di setiap zone wilayah kerja *distance relay* memiliki karakteristik reaksi yang ber-

beda – beda. Pembagian zone proteksi ini dimaksudkan untuk memperoleh koordinasi dalam mengamankan sistem dari gangguan yang terjadi. Pembagian zone proteksinya adalah sebagai berikut :

a. Proteksi Utama (Zona 1)

Proteksi utama pada *distance relay* adalah proteksi yang bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi (*section*) penghantar itu sendiri. Dengan mempertimbangkan faktor kesalahan (*percentage error*) CT, PT/CVT, relai proteksi, faktor keamanan (*safety margin*) dan parameter jaringan, maka zona 1 disetel menjangkau 80% - 85% dari impedansi saluran.[1]

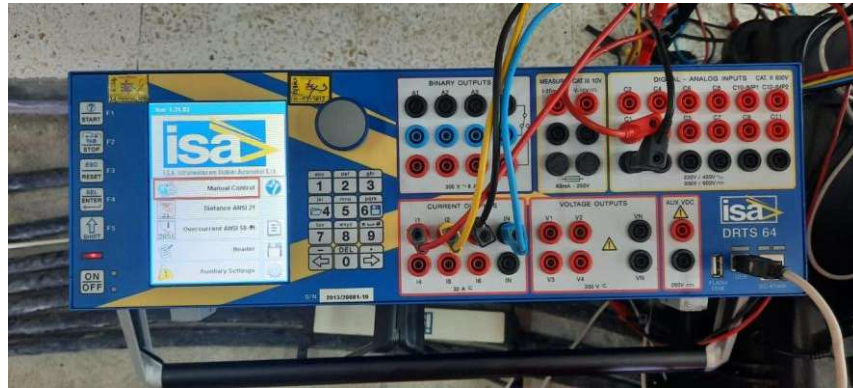
b. Proteksi Cadangan Jauh (Zona 2 dan Zona 3)

Proteksi cadangan jauh pada *distance relay* adalah proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi di depannya gagal bekerja. Zona 2 umumnya disetel dengan jangkauan minimum mencapai impedansi saluran sampai dengan gardu induk di depannya (tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI depannya) dengan waktu tunda antara 300-800 milidetik. (tergantung jangkauan impedansi dan koordinasi dengan waktu dengan Zone 2 di depannya) Zona 3 diseteldengan jangkauan mencapai impedansi saluran sampai dengan 2 (dua) gardu induk terjauh didepannya (terbesar secara impedansi, tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI depannya) dengan waktu tunda maksimum 1600 milidetik. Proteksi cadangan jauh tidak disetelsampai memasuki daerah impedansi transformator didepannya.[1]

2.5 Modul pengujian relai (ISA DRTS 64)

DRTS 64 adalah set pengujian diagnostik paling kuat yang dirancang untuk melakukan pengujian akurat pada relai proteksi, transduser, pengukur kualitas energi dan daya. Alat uji canggih ini juga dianggap memenuhi semua kebutuhan yang terkait dengan commissioning dan pemeliharaan gardu induk.

Memiliki 6 enerator Arus dan 4 generator tegangan yang dapat di gunakan secara bersamaan.[4]



Gambar 2.4 Gambar DRTS 64 (Tampak Depan).



Gambar 2.5 Gambar DRTS 64.

Modul DRTS 64 ini memiliki fitur utama antara lain :

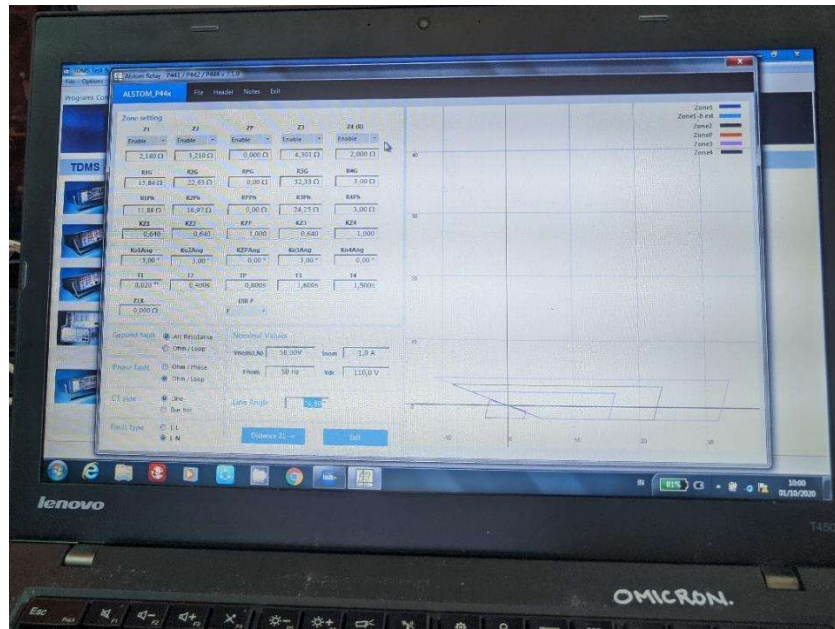
- a. Kontrol tampilan secara manual
- b. 6 Generator Arus dan 4 Tegangan ditambah 1 keluaran simulator baterai
- c. Output saat ini: 6 x 32 A, 3 x 64 A, 1 x 128 A.
- d. Output daya: 6 x 430 VA, 3 x 860 VA, 1 x 1000 VA
- e. Output tegangan: 4 x 300 V pada 100 VA
- f. Output akurasi tinggi: lebih baik dari 0,05%
- g. Antarmuka protokol IEC 61850
- h. Antarmuka USB dan ethernet
- i. Pengujian lanjutan dan perangkat lunak manajemen data TDMS
- j. Perpustakaan lengkap relai dari produsen utama.

Modul DRTS 64 ini juga bisa digunakan untuk pemeliharaan dan pengujian :

- a. Relai transmisi
- b. Relai distribusi
- c. Relai jaringan pintar
- d. Relai fase tunggal
- e. Relai tiga fase
- f. Relai multi fase
- g. Relai beban tinggi
- h. Relai daya rendah
- i. Relai DC, dsb.

2.6 Software TDMS PRO

TDMS Pro adalah platform perangkat lunak terbaru yang dirancang untuk menjalankan pengujian secara efisien dan mengelola data pengujian hampir semua jenis relai elektromekanis dan digital dari produsen mana pun. Dari tipe yang paling sederhana hingga yang paling kompleks, TDMS Pro, dengan antarmuka grafis yang benar-benar baru dan fungsi pengujian lanjutan, dapat digunakan untuk menguji semua jenis relai perlindungan multifungsi yang dipasang di jaringan transmisi dan distribusi daya, di pembangkit listrik dan industri. Set tes universal yang kompatibel dengan TDMS Pro adalah: DRTS 66, DRTS 64, DRTS 34 dan DRTS 33 .[5]



Gambar 2.6 Tampilan Software TDMS PRO (*Distance relay*).

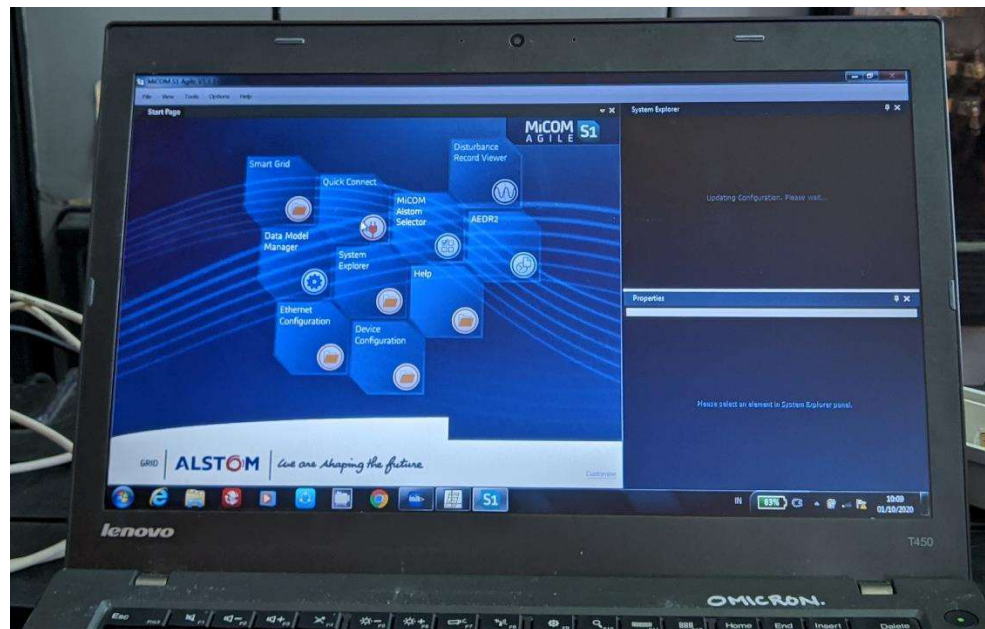
RSM memungkinkan untuk mengimpor file pengaturan relai proteksi langsung dalam format aslinya: RIO, XRIO, XML, TXT, CSV. Jika file pengaturan tidak tersedia, pengguna dapat menggunakan library yang sangat membantu pengguna. Library relai proteksi adalah daftar template (khusus untuk setiap pengguna dan model relai) yang memungkinkan pengguna cukup menyalin semua pengaturan dari relai ke template yang dipilih, sehingga membuat versi file pengaturan. Semua produsen relay utama seperti ABB, Siemens, Alstom, Schneider, GE, SEL, Nari dan banyak lainnya tersedia.[5]

Menu *DRTS Configurator* memungkinkan operator mengatur set pengujian relai universal dengan cara yang paling sesuai dengan kebutuhannya. Setelah koneksi dengan PC dibuat, modul opsional yang diinstal di DRTS secara otomatis dikenali dan segera siap digunakan di setiap modul perangkat lunak untuk pelaksanaan pengujian. Jika perlu, operator dapat membuat perubahan pada konfigurasi kapan saja, misalnya dengan mengatur koneksi paralel dari dua keluaran arus untuk mengandakan amplitudo arus maksimum. Pembuatan file konfigurasi dilakukan melalui prosedur terpandu. Prosedur membantu operator dalam memilih perangkat tambahan yang akan diaktifkan untuk kemudian digunakan di setiap modul tes (misalnya GPS). Dengan cara itu, setelah koneksi ke set pengujian relai dibuat, pengenalan

modul opsional saat ini terjadi secara otomatis. Bekerja seperti ini, reproduksi yang benar dari panel depan dan belakang instrumen yang digunakan tersedia. Dengan memilih bagian tertentu di kedua panel, operator diberi kesempatan untuk mengubah pengaturannya.[5]

2.7 *Software* MiCOM S1 Agile

Software ini merupakan *software* yang digunakan untuk menginputkan nilai nilai setting yang ada pada relay dengan manual, dimana harus membaca data yang ada pada relay secara langsung dan menginputkan kedalam *software* ini untuk melakukan pengujian terhadap *relay distance*. Bedanya dengan TDMS pro *software* ini digunakan untuk melihat setingan relay dan juga bisa digunakan untuk mendownload setingan pada relai dan menjadikanya file .XRIO, yang nantinya file ini bisa d gunakan untuk melakukan pengujian. *Software* ini juga sangat akurat dalam menentukan lokasi gangguan untuk suatu saluran dengan maksimal 6 terminal hingga 4 persimpangan.



Gambar 2.7 Tampilan Software MiCOM S1 Agile.