

SIMULASI PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA DENGAN RELAI DIFERENSIAL DUAL-BIAS PRESENTASE MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK PSCAD

Wi'am Rizqi Tsaniy Arif¹. Satria Nur Yahya²

^{1,2}Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : wiamrizqitsaniy@gmail.com, satrianuryahya@gmail.com

Abstract; Wi'am Rizqi Tsaniy Arif and Satria Nur Yahya (2021), High voltage rail is equipment that has an important role in the distribution of electric power. In the distribution of electric power, high-voltage rails are electrical equipment that has a vital role, therefore, high-voltage rails must be protected from disturbances that can interfere with the maximum function of the high-voltage rails. The type of protection that will be used to protect high-voltage rails is using a differential relay. In this research simulation will show the performance of differential relays in protecting high voltage rails against internal and external faults. This study shows the performance of differential relays on power transformers on internal and external faults. There are three types of faults that will be simulated in PSCAD/EMTDC namely single-phase to ground, two-phase and three-phase faults, with fault resistances of 2 ohms, 10 ohms and 20 ohms. The system studied in this study has a source of 230 kV, 3 phase, 50 Hz with a step up transformer, 150 kV/20kV, Y-Y, 60 MVA. Simulation of short circuit and relay faults on transformers using PSCAD (Power System Computer Aided Design) software. The simulation results show that the differential relay is capable of sending a trip signal for all internal faults and remains blocked for all external faults. Simulation of short circuit and relay faults on high voltage rails using software PSCAD (Power System Computer Aided Design). The simulation results show that the differential relay is capable of sending trip

signals for all internal faults and remains blocked for all external faults.

Intisari; Wi'am Rizqi Tsaniy Arif dan Satria Nur Yahya (2021), Rel tegangan tinggi merupakan peralatan yang memiliki peranan penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Dalam pendistribusian tenaga listrik, rel tegangan tinggi merupakan peralatan listrik yang memiliki peran vital, oleh karena itu rel tegangan tinggi harus dilindungi dari gangguan yang dapat mengganggu fungsi maksimal rel tegangan tinggi. Jenis proteksi yang akan digunakan untuk memproteksi rel tegangan tinggi adalah dengan menggunakan rele diferensial. Pada penelitian ini simulasi akan menunjukkan kinerja rele diferensial dalam melindungi rel tegangan tinggi terhadap gangguan internal dan eksternal. Penelitian ini menunjukkan kinerja rele diferensial pada trafo daya pada gangguan internal dan eksternal. Ada tiga jenis gangguan yang akan disimulasikan dalam PSCAD/EMTDC yaitu gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa dan tiga fasa, dengan hambatan gangguan 2 ohm, 10 ohm, dan 20 ohm. Sistem yang dipelajari pada penelitian ini memiliki sumber tegangan 230 kV, 3 fasa, 50 Hz dengan trafo step up, 150 kV/20kV, Y-Y, 60 MVA. Simulasi gangguan hubung singkat dan relai pada trafo menggunakan software PSCAD (Power System Computer Aided Design). Hasil simulasi menunjukkan bahwa relai diferensial mampu mengirimkan sinyal trip untuk semua gangguan internal dan tetap terhalang untuk

semua gangguan eksternal. Simulasi gangguan hubung singkat dan relai pada rel tegangan tinggi menggunakan software PSCAD (Power System Computer Aided Design). Hasil simulasi menunjukkan bahwa relai diferensial mampu mengirimkan sinyal trip untuk semua gangguan internal dan tetap terhalang untuk semua gangguan eksternal.

Kata kunci: Proteksi Rel Tegangan Tinggi, Relai Diferensial, PSCAD / EMTDC

I. PENDAHULUAN

Suatu sistem kelistrikan terdiri dari tiga bagian yaitu lapisan pembangkitan, saluran transmisi dan sistem distribusi. Saluran transmisi merupakan penghubung antara generator dengan sistem distribusi tenaga listrik, merupakan saluran yang saling berhubungan dengan sistem lainnya. Oleh karena itu, saluran transmisi merupakan bagian terpenting dari sistem kelistrikan (Stevenson, 1990).

Sistem transmisi adalah proses penyaluran energi listrik dari suatu pusat pembangkit listrik dengan level tegangan tertentu ke level yang lebih tinggi, kemudian masuk ke gardu induk. Pada umumnya gardu induk memiliki berbagai kelengkapan berupa transformator daya, separator, circuit breaker, bus bar dan isolator, alat ukur, relai dan sistem pengamanan, serta pentanahan.

Salah satu perangkat yang berperan penting dalam pendistribusian daya adalah transformator daya. Trafo daya merupakan peralatan listrik yang sangat penting, sehingga harus dijaga agar dapat berfungsi dengan baik dan jauh dari gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan trafo.

Dari adanya gangguan tersebut, maka transformator membutuhkan suatu proteksi yang dapat melindungi trafo jika terjadi gangguan, sehingga trafo dapat terhindar dari kerusakan. Transformator dalam sistem tenaga membutuhkan tipe proteksi yang berbeda-beda. Proteksi ini disediakan oleh berbagai jenis relai, baik elektromagnetik maupun statik. Relai yang

akan digunakan untuk memproteksi transformator adalah relai differensial. Relay ini bekerja ketika ada perbedaan arus *Current Transformer* (CT) sisi primer dan sekunder (Syukriyadin dkk, 2011). Jika gangguan terjadi di luar zona proteksi, relai tidak akan bekerja. Relai tidak dapat menghilangkan kemungkinan adanya gangguan, tetapi akan bekerja setelah terjadi gangguan. Maka dari itu untuk melihat performansi dari relai differensial untuk transformator dilakukan simulasi menggunakan software PSCAD (*Power System Computer Aided Design*)

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Proteksi

Untuk meminimalisir kerusakan pada sistem tenaga listrik maka bagian terjadi gangguan secepat mungkin dipisahkan. Sistem proteksi merupakan suatu peralatan yang dirancang untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai melaraskan adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik (*sensor*) dan segera secara otomatis relay proteksi memberi perintah untuk membuka dan memutuskan tegangan *circuit breaker* (CB) untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem terganggu. Sistem proteksi tidak mencegah munculnya gangguan, namun hanya dapat melakukan tindakan setelah terjadinya gangguan.

Sistem proteksi suatu tenaga listrik yang membentuk pola pengamanan tidak hanya relay pengamanan tetapi juga *Current Transformer* (CT) dan *Voltag Transformer* (VT) yang merupakan perangkat instrumen pada relay observasi, sumber daya DC adalah sumbernya untuk mengoperasikan relay pengamanan dan pemutus daya PMT akan menerima perintah terakhir dari relay pengamanan.

Jadi sistem proteksi/ pengamanan tenaga listrik adalah satu kesatuan antara CT, VT, relay, sumber DC, dan PMT. Adanya kesalahan dari salah satu komponen tersebut akan berakibat sistem tersebut tidak jalan.

Relay proteksi merupakan salah satu peralatan proteksi yang berfungsi untuk merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterima, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi, dan sebagainya dengan besaran yang sudah ditentukan, kemudian mengambil keputusan seketika atau dengan perlambatan waktu untuk membuka CB ataupun hanya memberi tanda tanpa membuka pemutus tenaga. CB umumnya dipasang untuk generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi, dan sebagainya agar masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainnya tetap dapat beroperasi secara normal (Ram dan Vishwakarma, 1995).

1. Daerah Proteksi

Kawasan proteksi adalah bagian dari sistem yang dijaga oleh suatu sistem proteksi yang pada umumnya mengandung satu elemen (maksimal dua) dari sistem tersebut. Untuk memastikan semua komponen dan agar sistem keamanan selektif, sistem tenaga listrik di area keamanan. Setiap area keamanan umumnya terdiri dari satu atau lebih elemen sistem tenaga listrik. Mengingat bahwa semua sistem ini harus ada, tidak ada pilihan lain selain area keamanan ini harus tumpang tindih (*overlap*) (Ram dan Vishwakarma, 1995).

2. Relay Proteksi Transformator

Berberapa jenis relay proteksi transformator, yaitu :

1) Relay Bucholz

Relay ini digunakan untuk mendeteksi dan mendeteksi trafo terhadap gangguan pada trafo yang menyebabkannya. Gas yang timbul sebagai akibat korsleting pada kumparan, busur antara laminasi dan busur listrik karena kontak yang kurang baik.

Relay *Bucholz* dipasang di antara tangki transformator dan kondensor. Relay ini memberikan indikasi alarm jika terjadi gangguan yang relatif kecil pada trafo dan akan memberikan sinyal tripping jika gangguan pada

trafo parah (cukup berbahaya). Relay ini biasanya digunakan pada trafo yang memiliki rating kapasitas 750 KVA.

2) Relay suhu

Relay ini digunakan untuk transformasi dari kerusakan yang disebabkan oleh suhu yang berlebihan. Ada 2 jenis relay suhu pada trafo, yaitu:

- a. Relay Suhu Minyak
- b. Relay Suhu Kumparan

3) Relay Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Relay gangguan tanah berfungsi untuk melindungi transformator dari kerusakan akibat gangguan tanah. Relay ini dilengkapi dengan trafo arus, koil kerja relay dan koil tripping. Dalam kondisi normal, di mana tidak ada gangguan pada transformator, jumlah arus fase ketiga sama dengan nol sehingga jumlah fluks dalam inti transformator sama dengan nol. Jika terjadi gangguan tanah, maka fluks total pada inti transformator tidak lagi nol.

4) Relay Beban Lebih (*Over Current Relay*)

Relay ini berfungsi untuk mengamankan trafo dari kerusakan akibat beban (arus) yang melebihi nilai tertentu. *Overload* jika dibiarkan terlalu lama akan menyebabkan panas pada kumparan transformator sehingga dapat terlihat kerusakan pada kumparan transformator. Sensor relay ini umumnya berbentuk bimetal yang mendapat sinyal atau arus masukan dari trafo arus. Arus sinyal input diubah menjadi panas untuk menggerakkan elemen bimetal (*thermal*).

5) Relay Tekanan Lebih

Relay tekanan lebih digunakan sebagai pengamanan trafo untuk mendeteksi kelebihan tekanan akibat gangguan pada trafo. Relay II adalah relay mekanis yang menggunakan jenis membran atau pelat yang akan putus karena tekanan atau desakan jarum pemecah (*breakaing needle*) akibat gangguan pada trafo.

6) Relay Diferensial

Penggunaan relay diferensial sebagai pengamanan trafo diharapkan mampu mendeteksi

gangguan internal trafo. Gangguan tersebut antara lain hubung singkat pada kumparan dan hubungan pendek antar kumparan. Prinsip kerja rel diferensial pada transformator didasarkan pada sirkulasi input atau perbandingan arus sisi primer dengan arus sisi sekunder.

III. METODE PENELITIAN

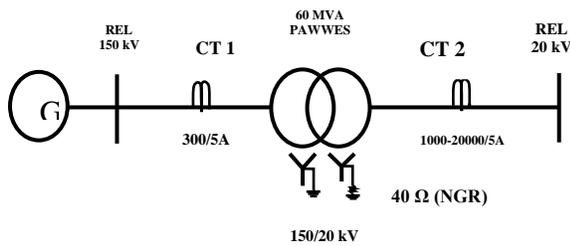
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk membuat rangkaian sistem tenaga menggunakan program aplikasi PSCAD/EMTDC, kemudian menerapkan model gangguan sistem tenaga dan relai pada sistem tenaga serta melakukan analisis simulasi data daya sistem, gangguan dan relai dalam sistem tenaga listrik.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Spesifikasi komputer notebook ASUS A455L :Prosesor : Intel Core i3-4005 1.7GHz.
- b. Prosesor grafis : Intel HD Graphics.
- c. Memori RAM : 4GB DDR3
- d. Memori Hard Disk : 500 GB
- e. Sistem operasi : Windows 10 Pro 64 bit
- f. Software PSCAD.

1. Bahan

Materi yang digunakan untuk penelitian ini adalah buku-buku, jurnal dan sumber data trafo.

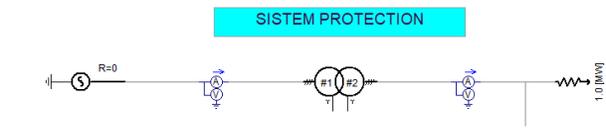


Gambar 3.2. Data Trafo

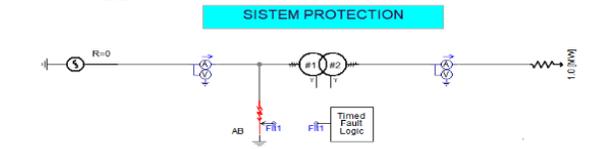
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN Permodelan Sistem Proteksi Trafo Dengan Relai Diferensial Dual Bias Menggunakan PSCAD

Sistem tenaga listrik yang akan disimulasikan adalah sistem tenaga listrik

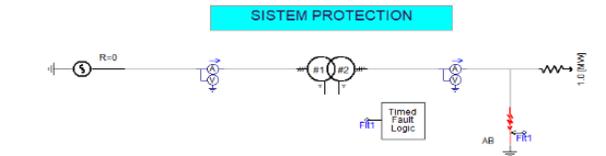
berbeban terdiri dari satu sumber ekuivalen 230 kV, 3 fase, 50 Hz, dan transformator yang digunakan pada simulasi ini adalah transformator *step Down*, 150 kV/20kV, Δ -Y, 60 MVA dengan tegangan tinggi (TT) berada pada sisi primer transformator dan tegangan rendah (TR) berada pada sisi sekunder dengan beban reaktif sebesar 75 MW, 25 MVAR dengan menggunakan perangkat lunak *PSCAD V 4.2.0 Student Version*. Ada tiga jenis Gambar rangkaian yang digunakan di bawah ini yaitu (a) Gambar kondisi normal, (b). Gambar gangguan internal dan (c). Gambar gangguan eksternal, yang disimulasikan menggunakan *software PSCAD V 4.2.0 Student Version*.



a. (Gangguan normal)



b. Gangguan internal



c. Gangguan eksternal

V. KESIMPULAN

Dari penjelasan terkait dengan elemen relai arah hasil simulasi dan analisa menggunakan software PSCAD V 4.2.0 (Student Version) yang dilakukan dalam tugas akhir ini, maka dapat diambil simpulan bahwa:

Model/simulasi sistem proteksi rel tegangan tinggi telah direalisasikan dengan komponen-komponen utama yakni: sumber tegangan tiga fase generator 1 dan 2, data signal label, *On-line Frequency Scanner (FFT)*, *Polar rectangular cordinate converter*, *summing/difference Junction*, *over current detection blok*,

output channel dan dua variasi gangguan yaitu dua-fase A-B, dua-fase A-C dan tiga-fase A-B-C. Maka dibuatlah empat model sistem proteksi rel tegangan tinggi menggunakan relai diferensial.

Kinerja relai arah terhadap tipe gangguan arah di depan relai dan belakang relai dengan tiga resistansi gangguan $R : 1, 10$ dan 20 Ohm dengan tiga varian gangguan yaitu dua fase AB, AC dan tiga fase ABC. Relai menunjukkan sensitivitasnya dalam mendeteksi gangguan dimana relai memerintahkan CB (*Circuit Breaker*) untuk trip dan blok.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baharuddin dan Ridwan Kurniawan. 2012. *Setting Relai Diferensial Pada Transformator Daya 150/20 KV Di Gardu Induk Menez*. Prosiding SNPPTI, 2086-2156. Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!%40file> (Diakses Pada Tanggal 24 November 2021)
- [2] Bagleybter, O.Subramanian, S, “*Enhancing Differential Protection Stability During CT Saturation with Transient Bias*,” IEEE, DPSP 2012
- [3] Firdaus, Hari dan Azriyenni Azhari Zakri. 2018. *Pemodelan Relai Diferensial Pada Transormator Daya 25 MVA Menggunakan Anvis*. Jom FTEKNIK. Volume 5, 1 Januari – Juni 2018
- [4] Harrison. 1996. *The Essence Of Electric Power Systems*.
- [5] James H. Harlow, “*Electric Power Transformers Engineering*”, CRC Press LLC, 2004.[8]
- [6] Mason, C. Rulles. 1979. *The Art and Science of Protective Relaying*.
- [7] Muller, Craig. P. Eng. *On the use of PSCAD (Power Sistem Computers Aided Design)*, Research Centre ,Winnipeg,Manitoba, Canada.
- [8] Kadir, Abdul. 1989. *Transformator*. Jakarta: Gramedia
- [9] Panjaitan, Bonar. 2012. *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- [10] Stevenson. W. D. Jr. 1990. Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat. Penerbit Erlangga : Jakarta
- [11] Sultan. A.R, Mustafa. M.W.,Saini M, 2012. *Ground Fault Currents in Unit Generator Transformer Various NGR and Transformer Configuration*. Symposium on Industrial Electronics and Aplication.1-6
- [12] Syukriyadin, Syahrizal, dan Cut Rizky Nakhrisya. 2011. *Analisis Proteksi Relay Diferensial Terhadap Gangguan Internal dan Eksternal Transformator Menggunakan PSCAD/EMTDC*. Jurnal Rekayasa Elektrika. Vol. 9, No.3