

STUDI IMPLEMENTASI DIRECTIONAL EARTH FAULT PROTECTION PADA PROTEKSI BAY PENGHANTAR 150 KV GARUDA SAKTI – TELUK LEMBU

Arief Sandy Anggoro*, Eddy Hamdani**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Bina widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: nasa.zone.2@gmail.com

ABSTRACT

In order to optimize High Voltage Transmission Line Protection when a phase to ground fault occurs with high resistance value is implemented DEF (Directional Earth Fault) as protection feature on Distance Relay to detect this fault. Directional Earth Fault working method uses 3I0 residual neutral current detection related to zero order or negative sequence and 3V0 neutral voltage so that the DEF operation area is known both direction, minimum current and minimum voltages. High Voltage Transmission Line Protection in section 150 kV Garuda Sakti - Teluk Lembu is implemented DEF through stages of recording data collection of disturbances from previous conditions as reference of high-resistance ground phase conditions for comtrade playback record method, Simulation of transmission conditions and equipment during the disturbance conditions using Digsilent 14.0 study simulation for power system and short circuit circuit analysis, application of relay protection protocol manufacturer Schneider type Micom P442, and simulation of individual testing using Omicron CMC 356. Each stages of DEF implementation of this study will be fulfilled when the results of simulation succeed and final settings implementation on the protection relay with good individual test results.

Keywords : DEF, High Resistance, Comtrade.

I. PENDAHULUAN

Dominasi gangguan pada jaringan transmisi dengan melihat statistik yang ada adalah bersifat *system fault* - temporer dan salah satunya merupakan jenis gangguan satu fasa tanah yang bersifat tahanan tinggi (*high resistance*). Gangguan tanah bersifat tahanan tinggi adalah jenis gangguan dengan kenaikan nilai arus rendah dan penurunan tegangan rata-rata mencapai 10-20% Tegangan nominal sistem sehingga impedansi yang dibandingkan oleh proteksi penghantar dalam hal ini proteksi *Distance Relay* lebih besar dari nilai setting. Di sisi lain, ketika proteksi cadangan bay SUTT 150 kV bekerja berarti terjadi kegagalan sistem proteksi utama (*Distance Relay*) dan kesinambungan penyaluran tidak optimal karena dalam kondisi ini penutup balik (*recloser*) tidak beroperasi sehingga

implementasi peralatan proteksi penghantar yang ada dapat berdampak pada sistem penyaluran dalam interkoneksi. Perlu dilakukan optimalisasi skema proteksi sistem tenaga listrik sebagai solusi ketika terjadi gangguan fasa-tanah tahanan tinggi yaitu dengan menggunakan *Directional Earth Fault Relay* dan dilengkapi teleproteksi untuk selektifitas deteksi dan area kerja relay saat terjadi gangguan fasa-tanah tahanan tinggi.

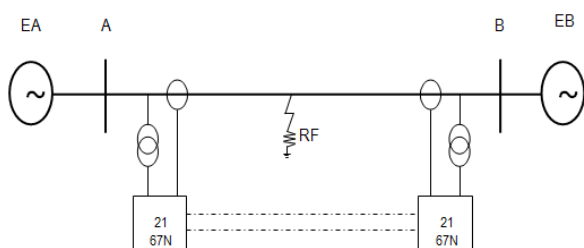
II. TINJAUAN PUSTAKA

Tahanan gangguan umumnya bernilai kecil pada gangguan antar fasa, tetapi untuk gangguan fasa-tanah nilai tahanannya cukup tinggi. Gangguan yang sering terjadi pada saluran transmisi adalah gangguan tanah yang

The diagram illustrates the flow of fault current during a fault on a power line. A fault occurs on a line, causing a fault current to flow through the ground. The diagram shows the fault current flowing from the fault point through the ground network to the fault location. Labels include: Fault Duration, Surface Layer Thickness, Surface Layer Resistivity, Fault Current, Electricity Flowing Outward, and Ground Network.

Konsep polaritas *Directional Earth Fault*

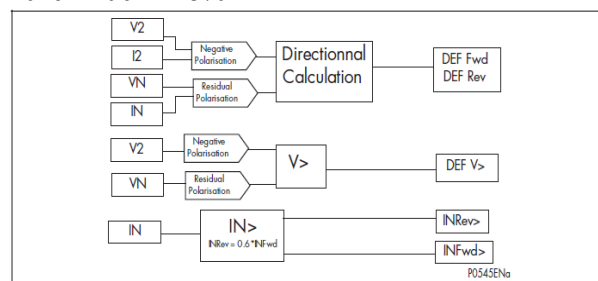
Gambar 2.1. Skema DEF pada sistem proteksi SUTT



Konsep Directional Earth Fault Areva

- Mode proteksi utama, algoritma mode proteksi ini menggunakan kanal sinyal komunikasi (carrier) / teleproteksi sebagai penentu arah dan area kerja.
- Mode cadangan atau *SBEF (Standby Earth Fault)* merupakan GFR dengan karakteristik waktu tunda *Inverse/Definite* tanpa menggunakan kanal komunikasi. Pada rele pabrikan areva ini terdapat pilihan setting sebanyak 4 tahapan

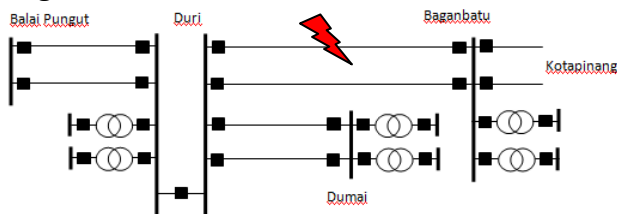
Gambar 2.2. Skema kalkulasi *Directional Earth Fault Arc*



Dalam studi ini digunakan kasus gangguan yang berada pada section bay PHT 150 kV Duri – Baganbatu 1 pada tanggal 20 Mei 2014 sebagai referensi gangguan tanah bersifat

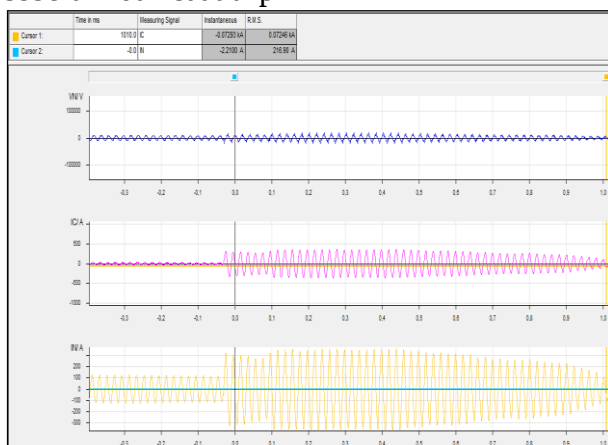
tahanan tinggi dan selanjutnya akan digunakan sebagai acuan studi implementasi DEF Protection pada bay PHT 150 kV Garuda Sakti – Teluk Lembu.

Gambar 3.1 Konfigurasi SUTT 150 kV Duri – Baganbatu



Berdasarkan data rekaman gangguan (*fault recorder*) pada rele proteksi utama *distance relay* yang berisi parameter gelombang arus dan tegangan, phasor diagram serta *root locus* impedansi diketahui bahwa gangguan jenis fasa-tanah tahanan tinggi (*high resistance*) pada fasa C yang terletak pada sisi bawah pada urutan fasa SUTT 150 kV section tersebut. Hal ini biasanya dipicu oleh pohon di area saluran udara tegangan tinggi dengan panjang jaringan 110 km. Gangguan dapat diatasi dengan beroperasinya *GFR* (*Ground Fault Relay*) setelah mencapai waktu 1.010 detik dari deteksi gangguan.

Gambar 3.2 Rekaman arus dan tegangan sebelum dan saat trip



Nilai arus dan tegangan sesaat sebelum gangguan di deteksi yaitu I_A : 47.6 Amp, I_B : 55.84 Amp, I_C : 21.82 Amp, I_N : 85 Amp dan V_A : 85.52 kV, V_B : 87.75 kV, V_C : 85.8 kV

dan selanjutnya muncul arus residual $3I_0$ serta tegangan netral residual $3V_0$ dan beberapa *cycle* kemudian naik hingga mencapai minimum setting proteksi sehingga proteksi cadangan *Ground Fault Relay* bekerja.

Gambar 3.3 Rekaman phasor sesaat sebelum dan saat trip bay SUTT 150 kV Duri 1 GI Baganbatu

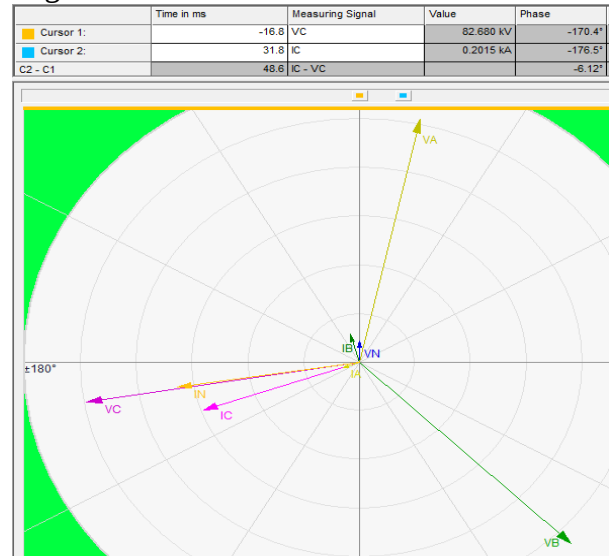
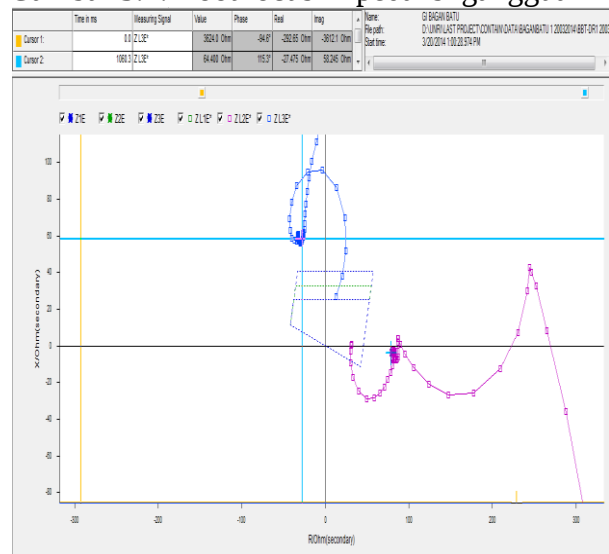
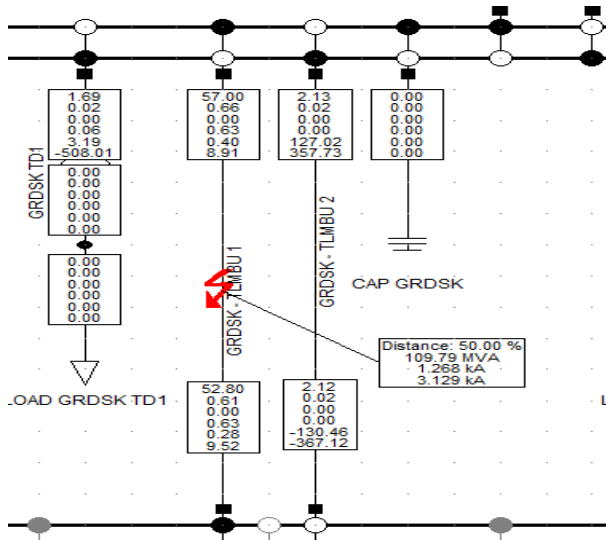


Diagram phasor tersebut jenis gangguan fasa-tanah fasa C tahanan tinggi (*high resistance*) dengan karakteristik beda sudut antara tegangan V_C dan arus I_C hanya sekitar -5 sampai -10° sedangkan pada kasus ini perbedaan mencapai -6.12°

Gambar 3.4. Root locus impedansi gangguan



Berdasarkan rekaman gangguan pada bay SUTT 150 kV Duri 1 di GI Baganbatu, pergerakan root locus impedansi gangguan seperti ditunjukkan pada gambar 4.4 nilai yang terukur untuk fasa Z3-E (fasa T-N) adalah $64.4 \text{ ohm} > 115.3^0$ atau 58.245 ohm reaktansi primer dan 27.475 ohm resistansi primer. Nilai impedansi tersebut lebih besar dari batasan setting resistif untuk impedansi zone *distance relay* sebesar 45.37 ohm primer. Performa sistem proteksi telah sesuai dengan kondisi gangguan dimana gangguan dapat diamankan oleh rele proteksi cadangan *ground fault relay* meskipun proteksi utama *distance relay* tidak bekerja karena impedansi gangguan berada diluar jangkauan zona proteksi *distance relay*.



Gambar 3.5 Alas Gelombang Setelah Diperbesar

Analisa terhadap dampak terjadinya gangguan *high resistance* pada sistem tenaga listrik atau grid yang terdiri dari peralatan pembangkitan, transmisi dan distribusi untuk memastikan bahwa studi terhadap implementasi Directional Earth Fault penting untuk diimplementasikan. Ketika terjadi gangguan bersifat *high resistance* tersebut, maka dengan blocking atau tidak bekerjanya proteksi *distance* maka DEF akan memproteksi jaringan dengan waktu kerja sekitar 120 ms, lebih cepat dari waktu setting Ground Distance Z2 PHT 150 kV Garuda Sakti – Teluk Lembu (400 ms).

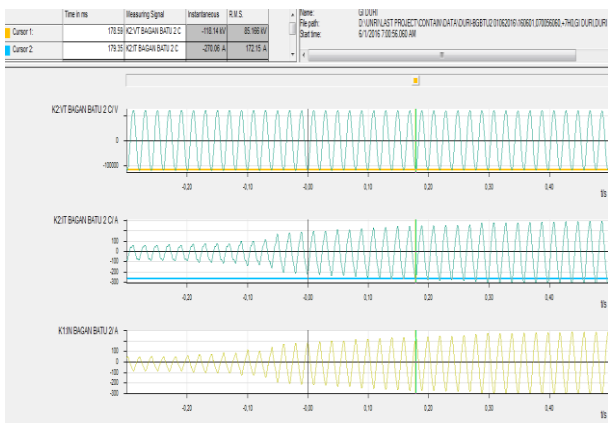
Selanjutnya *autoreclose* mendapat *trigger* pasca trip dan jaringan dapat normal kembali.

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya saat terjadi gangguan *high resistance* sebelum implementasi *Directional Earth Fault* yaitu ;

1. Pada kondisi gangguan terjadi penurunan tegangan pada busbar GI Garuda Sakti dan Teluk Lembu sebesar 10 kV dari nilai rata-rata tegangan fasa lain yang tidak terganggu atau tegangan kondisi sebelum gangguan.
2. Terjadi pelepasan pembangkitan akibat kondisi undervoltage dan selanjutnya *defense scheme* bekerja melepas beban.
3. Pada peralatan terjadi aliran arus sesaat sebesar 40 kali dari beban normal atau 190 persen dari kemampuan nominal peralatan tersebut 1200 A yang berdampak pada umur peralatan jika frekuensi gangguan cukup tinggi.
4. Nilai rata-rata arus gangguan maksimum yang terjadi di sepanjang saluran atau jaringan transmisi dengan simulasi di 3 titik yaitu di area busbar GI Garuda Sakti (10%), di tengah (50%) dan di area busbar GI Teluk Lembu (100%) sebesar 1300 Ampere.

Simulasi Pemutar ulang rekaman metode comtrade

Adanya metode comtrade ini menggunakan alat uji rele sekunder untuk memastikan nilai telah sesuai. Alat uji sekunder yang digunakan adalah injeksi 3 fasa pabrikan OMICRON CMC 356 dengan perangkat lunak pabrikan Test Universe ver 3.0. Rekaman gangguan yang digunakan dalam format COMTRADE (*Common Format Transient Data Exchange*) merupakan data grafik sinus dengan parameter arus dan tegangan dapat terbaca dalam nilai *steady state* atau kontinyu sebagai input analog perhitungan impedansi gangguan yang terukur pada *distance relay* atau peralatan perekam gangguan (DFR).



Gambar 3.6. Grafik *comtrade* file fault record

IV. KESIMPULAN

Data rekaman gangguan tanah bersifat tahanan tinggi yang ada dapat digunakan sebagai referensi karakteristik gangguan dan setting untuk parameter proteksi DEF yang diimplementasikan.

Hasil simulasi hubung singkat nilai rata-rata arus gangguan maksimum yang terjadi di sepanjang saluran atau jaringan transmisi dengan simulasi di 3 titik yaitu di area busbar GI Garuda Sakti (10%), di tengah (50%) dan di area busbar GI Teluk Lembu (100%) sebesar 1300 Ampere.

Saat gangguan fasa-tanah di luar zona setting impedansi elemen distance, elemen proteksi DEF dapat bekerja untuk mengamankan instalasi dari gangguan hubung singkat dengan waktu singkat ± 120 ms

Pada proteksi utama bay Penghantar 150 kV Garuda Sakti – Teluk Lembu digunakan relay Distance merk Micom P442 dengan fitur DEF memiliki karakteristik waktu kerja rata-rata 120 ms dan jangkauan kerja DEF di area sudut antara -14^0 s.d $+116^0$ (kuadran 1 dan 2) yang menunjukkan daerah forward diluar zona impedansi *distance*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines”, IEEE Std C37.113-1999, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 1999
- [2] “IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems”, IEEE Std C37.111-1999, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 1999
- [3] “SPLN T5.002-1: 2010, Pola Proteksi Saluran Transmisi. PT PLN (Persero)
- [4] “Pedoman Operasi dan Pemeliharaan”. PT PLN (Persero) P3B Sumatera, 2007
- [5] J Lewis Blackburn, Thomas J. Dhomín. “Protective Relaying, Principles and Application ” CRC Press, New York, 2006.
- [6] Rhulani Dhapney Matshidza, “Improved Transmission Line Protection Performance Concerning High Resistance Fault” University of Kwalazulu Natal, South Africa, 2006
- [7] Areva. “MiCOM P441/P442/P444 Numerical Dstance Protection Version D2.0, Technical Manual”. Areva T&D,