
Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Pada Penyulang Lalang PLTD Padang Belitung Timur

Ahmad Al Ambari Sunitra¹, Asmar¹, Rudy Kurniawan¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung
Jl. Kampus Peradaban, Bangka, Kep. Bangka Belitung 33172

Email: al.ambari.sunitra@gmail.com

ABSTRAK

Koordinasi sistem proteksi merupakan salah satu cara untuk menjadikan suatu sistem distribusi tenaga listrik yang handal, pada penyulang Lalang di PLTD Padang Belitung Timur, terdapat dua komponen utama sistem proteksi dalam bentuk *relay* proteksi dan recloser, saat ini setelan riil dilapangan untuk masing-masing *relay* yaitu arus nominal 60 A dengan *time delay* 0,01 pada OCR1 seksi PLTD Padang penyulang Lalang dan arus nominal 40 A dengan *time delay* 0,01 pada OCR2 seksi ACR Pasar Pagi. Setelan tersebut menghasilkan waktu kerja *relay* masing-masing pada OCR1 seksi PLTD Padang penyulang Lalang 0,0058 detik dan pada OCR2 seksi ACR Pasar Pagi 0,0056 detik dengan selisih waktu koordinasi 0,0002 detik. Adapun hasil perhitungan setelan *relay* didapat setelan arus *pickup* 1,07 A dengan setelan *time delay* pada OCR2 seksi ACR Pasar Pagi 0,01 dan 0,627 pada OCR1 seksi PLTD Padang penyulang Lalang. Dari setelan tersebut, didapat waktu kerja *relay* masing-masing OCR1 seksi PLTD Padang penyulang Lalang 0,3556 detik dan pada OCR2 seksi ACR Pasar Pagi 0,0056 detik dengan selisih waktu koordinasi 0,35 detik.

Kata kunci : *hubung singkat, OCR, waktu koordinas*

PENDAHULUAN

Di zaman milenial seperti sekarang ini, energi listrik sudah menjadi kebutuhan yang utama bagi masyarakat, kebutuhan listrik untuk menunjang penggunaan teknologi yang fungsinya memudahkan kehidupan manusia sehari-hari. Oleh karena itu diperlukan sistem penyaluran energi listrik yang handal untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik. Sistem jaringan distribusi 20 kV memiliki peran yang sangat penting dalam proses penyaluran energi listrik kepada pelanggan, karena merupakan jaringan penghubung dari gardu induk ke gardu distribusi untuk selanjutnya menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 380/220 Volt untuk langsung disalurkan ke rumah – rumah pelanggan. Sistem penyaluran 20 kV di PLN UP3 Belitung banyak menggunakan saluran udara tegangan menengah (SUTM) sehingga sangat rawan terjadi gangguan hubung singkat baik itu gangguan hubung singkat antar fasa maupun gangguan arus lebih yang dapat menyebabkan terhentinya pasokan listrik dari gardu induk kepada pelanggan.

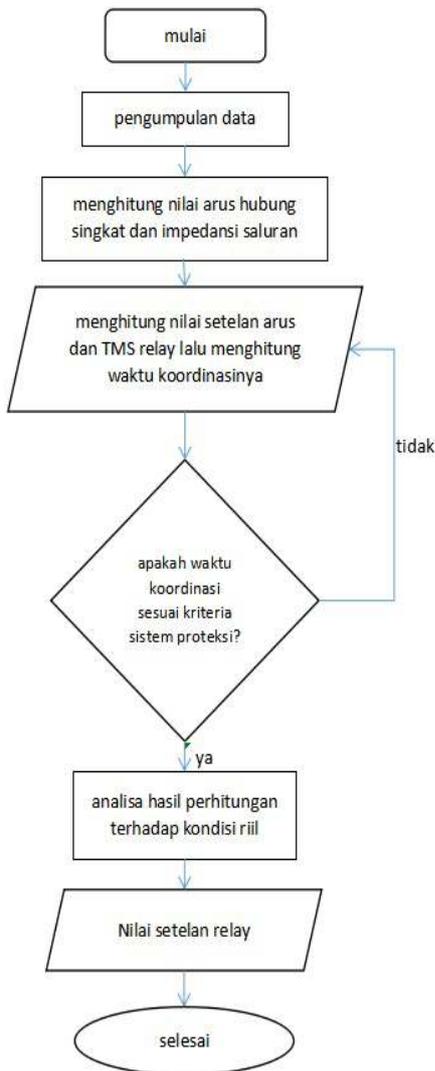
Untuk menjaga ketersediaan dan kualitas tersebut maka perlunya sistem koordinasi antara alat proteksi. Khususnya pada saluran distribusi, gangguan yang mungkin terjadi sebagian besar adalah gangguan hubung singkat, baik hubung singkat tiga fasa, antar fasa atau hubung singkat antara fasa dengan tanah. Salah satu alat proteksi yang digunakan dinamakan

relay. *Relay* mendeteksi adanya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dan memberikan sinyal kepada pemutus tenaga agar bereaksi dengan memutuskan secepat mungkin peralatan listrik yang dilindungi dari gangguan. Sebagai langkah utama dalam mengatasi adanya gangguan, khususnya pada saluran distribusi, biasanya dipakai *relay* jarak, namun pada penelitian ini digunakan *relay* arus lebih sebagai objek penelitian. Dalam tujuannya sebagai sistem proteksi, koordinasi antara *relay* arus lebih atau *over current relay* (OCR) tersebut harus dilakukan secara kontinyu. Pada penyulang Lalang, saat ini terjadi trend peningkatan gangguan dimana pada bulan desember terjadi 4 kali gangguan dari sumber dan 3 kali dari *Recloser*, lalu pada bulan Januari terjadi 8 kali gangguan dari sumber dan 1 kali dari *Recloser*, sedangkan pada bulan Februari frekuensi gangguan tetap tinggi yakni 7 kali gangguan dari sumber dan 3 kali dari *Recloser*. Pada setting awal *relay* proteksi di Penyulang Lalang belum ada waktu koordinasi antara *relay* pada ACR Pasar Pagi dengan *relay* pada *outgoing* Penyulang Lalang, hal ini diketahui dari nilai *setting* waktu kerja kedua *relay* yang tidak terdapat selisih waktu kerja. Karena itu kami merasa perlu untuk melakukan analisa terkait setting proteksi pada penyulang Lalang di PLTD Padang Belitung Timur.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap seperti yang ditampilkan pada diagram alir dibawah ini.

Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Kelistrikan Penyulang Lalang

Saat ini, pada Penyulang Lalang di PLTD Padang Belitung Timur merupakan salah satu penyulang tua pada sistem kelistrikan PLN ULP Manggar, dengan panjang total 13.66 km sirkit, terdiri atas jaringan tegangan menengah (TM) kabel bawah tanah (SKTM) sepanjang 0.816 km sirkit dan penghantar udara (SUTM) sepanjang 12.844 km sirkit. Penyulang ini terdiri atas 27 gardu dengan kapasitas terpasang total sebesar 2880 kVA yang tersebar pada seksi PLTD Padang - ACR Pasar Pagi sebanyak 7 gardu distribusi dan seksi ACR Pasar Pagi - End sebanyak 20 gardu distribusi. Adapun beban rata-rata perharinya yaitu 901.37 kW pada waktu beban puncak (WBP) dan 748.14 kW pada luar waktu beban puncak (LWBP).

Penyulang ini terhubung dengan Penyulang Kurnia di *Load Breaker Switch Normally Open* (LBS NO) Kampung Arab dan Penyulang Manggar di LBS NO Gajah Mada.

- Setelan Sistem Proteksi Penyulang Lalang

Berdasarkan Data Rekapitulasi setelan OCR/GFR Proteksi Penyulang PLN UP3 Belitung, setelan sistem proteksi pada Penyulang Lalang adalah sebagai berikut :

PMT Penyulang Lalang (*relay* SEPAM S20)

setelan OCR :

$I \geq 60 \text{ A}$

TMS = 0.05

Kurva = SIT

ACR Pasar Pagi (*relay* Schneider ADVC)

setelan OCR :

$I \geq 40 \text{ A}$

TMS = 0.05

Kurva = SIT

-Perhitungan Arus Gangguan Pada Penyulang

Untuk mengetahui nilai setelan *relay* yang akurat, maka perlu dilakukan perhitungan nilai arus gangguan dan lainnya. Adapun detail nya dapat kita jabarkan sebagai berikut.

- Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat dilakukan dalam beberapa tahapan, pertama kita hitung besar daya hubung singkatnya. Berdasarkan data dari PLN UP3 Belitung, besar arus hubung singkatnya adalah sebesar 14,096 kA. Dengan rumus MVA_{sc} maka kita dapat mencari nilai daya hubung singkatnya :

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times V \times I_{sc}$$

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times 20 \times 14,096 \text{ kA}$$

$$MVA_{sc} = 488,299 \text{ MVA}$$

Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa daya hubung singkat pada PLTD Padang adalah sebesar 488,299 MVA, lalu dari nilai tersebut kita dapat menghitung nilai impedansi X_s yaitu :

$$MVA_{20 \text{ kV}} = \frac{kV}{X_{sc}}$$

$$X_{sc} = \frac{kV^2}{MVA_{sc}}$$

$$X_{sc} = \frac{20^2}{488,299} = 0.819 \text{ ohm}$$

Besar Reaktansi trafo daya pada PLTD Padang adalah 12%. Kita dapat menentukan impedansi positif, negatif dan nol dari trafo tersebut dengan mengetahui reaktansi 100% dari trafo tersebut dengan rumus berikut :

$$X_r(\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2}{MVA_{trafo}}$$

$$X_r(\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{20} = 20 \text{ ohm}$$

Maka nilai impedansi urutan positif dan negatifnya adalah :

$$X_{I1} = X_{I2} = 12\% \times 20 = 2.4 \text{ ohm}$$

Untuk reaktansi urutan nol karena trafo daya di PLTD Padang berkonfigurasi Ynyn sehingga nilainya menjadi :

$$X_{I0} = X_{I1} = 2.4 \text{ ohm}$$

Selanjutnya kita menghitung impedansi Penyulang Lalang, untuk itu dibutuhkan data penghantar yang digunakan pada Penyulang Lalang, dalam hal ini Penyulang Lalang menggunakan penghantar dengan penampang 150 mm² dengan impedansi mengacu pada SPLN 64:1985 dan panjangnya yaitu 13.66 km sirkit. Dari data ini selanjutnya dapat kita hitung nilai impedansinya, dengan rincian sebagai berikut :

Impedansi urutan positif dan negatif :

$$Z1 = Z2 = \text{panjang kabel} \times \text{impedansi ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 13,660 \times (0,2162 + j 0,3305) \text{ ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 2,953 + j 4,515 \text{ ohm}$$

Impedansi urutan nol :

$$Z1 = Z2 = \text{panjang kabel} \times \text{impedansi ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 13,660 \times (0,3631 + j 1,618) \text{ ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 4,960 + j 22,102 \text{ ohm}$$

Setelah itu kita hitung pula impedansi pada seksi ACR Pasar Pagi sampai dengan ujung saluran,

adapun panjang salurannya adalah 10,24 km sirkit, dengan rincian sebagai berikut :

Impedansi urutan positif dan negatif :

$$Z1 = Z2 = \text{panjang kabel} \times \text{impedansi ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 10,24 \times (0,2162 + j 0,3305) \text{ ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 2,214 + j 3,384 \text{ ohm}$$

Impedansi urutan nol :

$$Z1 = Z2 = \text{panjang kabel} \times \text{impedansi ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 10,24 \times (0,3631 + j 1,618) \text{ ohm/km}$$

$$Z1 = Z2 = 3,718 + j 16,658 \text{ ohm}$$

Setelah mendapatkan nilai-nilai diatas, dilakukan perhitungan arus gangguan 3 fasa. Untuk menghitung arus gangguan 3 fasa digunakan rumus berikut :

$$I_{3ph} = \frac{E_{fasa}}{Z_1 + Z_f} = \frac{E_{fasa}}{Z_{eq}}$$

$$Z_{eq} = \sqrt{(\%R_{1j} + R_f)^2 + (X_{1sc} + X_{1T} + \%X_{1j})^2}$$

Dari rumus ini kita cari arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada seksi ACR Pasar Pagi hingga ujung, sebagai berikut:

$$Z_{eq} = \sqrt{(2,214 + 0)^2 + (0,819 + 2,4 + 3,384)^2}$$

$$Z_{eq} = 6,954 \text{ ohm}$$

Maka dapat kita hitung besarnya arusgangguan 3 fasa adalah sebagai berikut :

$$I_{3ph} = \frac{20000}{\frac{\sqrt{3}}{6,954}}$$

$$I_{3ph} = 1,658 \text{ kA}$$

Sedangkan besar arus hubung singkat pada seksi PLTD Padang sampai dengan ACR Pasar Pagi adalah sebagai berikut :

$$Z_{eq} = \sqrt{(2,953 + 0)^2 + (0,819 + 2,4 + 4,515)^2}$$

$$Z_{eq} = 8,278 \text{ ohm}$$

Maka dapat kita hitung besarnya arusgangguan 3 fasa adalah sebagai berikut :

$$I_{3ph} = \frac{20000}{\frac{\sqrt{3}}{8,278}}$$

$$I_{3ph} = 1,395 \text{ kA}$$

- Perhitungan Setelan Relay Arus Lebih Penyulang

Dalam menentukan setelan relay arus lebih penyulang, dalam hal ini digunakan relay karakter standar *inverse*, untuk itu kita harus mengetahui arus beban maksimum pada penyulang tersebut. Penyulang Lalang sendiri memiliki beban maksimum sebesar 571,04 kW pada seksi ACR Pasar Pagi hingga ujung. Dari angka tersebut dapat kita hitung bahwa arus beban maksimumnya adalah 28,55 A.

Setelah diketahui angka-angka tersebut, dapat kita tentukan arus pickup nya, sebagai berikut:

ACR Pasar Pagi

$$I_{max} = 28,55 \text{ A}$$

$$I_{fmax} = 1658 \text{ A}$$

CT = 200/5 dengan faktor kali 40

Arus ke relay pada beban maksimum adalah

$$I'_L = 28,55/40 = 0,71 \text{ A}$$

Maka arus pickup nya adalah

$$I_p = 1,5 \times 0,71 \text{ A} = 1,07 \text{ A}$$

Dalam menentukan setelan TMS relay, karena ACR Pasar Pagi berada di ujung saluran, maka relay tersebut harus beroperasi secepat mungkin, maka *time delay* nya di setel pada titik minimum yakni 0.01.

Selanjutnya kita tentukan waktu koordinasi ACR Pasar Pagi dengan *outgoing* Penyulang Lalang adalah sebesar 0,35 detik dengan setelan arus yang sama karena *relayoutgoing* Penyulang Lalang juga harus bereaksi dengan arus gangguan maksimum yang dirasakan oleh ACR Pasar Pagi. Adapun waktu kerja relay ACR Pasar pagi adalah :

$$t = td \left[\frac{0,14}{(I_f / I_p \times RasioCT)^{0,02} - 1} \right]$$

$$t = 0,01 \left[\frac{0,14}{(1658 / 1,07 \times 40)^{0,02} - 1} \right]$$

$$t = 0,0056 \text{ detik}$$

Dari perhitungan tersebut, maka waktu kerja *relayoutgoing* Penyulang Lalang adalah $0,35 + 0,0056 = 0,3556$ detik.

Maka setelan t_d nya adalah :

$$td = \frac{t}{\left[0,14 / (I_f / I_p \times RasioCT)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$td = \frac{0,3556}{\left[0,14 / (1658 / 1,07 \times 40)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$td = 0,627 \text{ detik}$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai :

Setelan ACR Pasar Pagi

$$I_p = 1,07 \text{ A}$$

$$TD = 0.01$$

Kurva = SIT

Setelan *Outgoing* Penyulang Lalang

$$I_p = 1,07 \text{ A}$$

$$TD = 0.627$$

Kurva = SIT

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwasanya waktu kerja ACR Pasar Pagi yang berada di ujung saluran di setel pada titik minimum karena tidak perlu di koordinasikan dengan pertimbangan posisi ACR Pasar pagi yang berada di depan relay OCR *outgoing* Penyulang Lalang. Sedangkan pada setelan OCR di *outgoing* Penyulang Lalang, di tentukan nilai setelan dimana relay tersebut bekerja tidak lebih cepat 0,35 detik dari ACR Pasar Pagi, namun dengan mempertimbangkan nilai impedansi saluran, maka setelan arus pickup pada *outgoing* Penyulang Lalang tetap sama dengan setelan pada ACR Pasar Pagi karena semakin panjang suatu saluran maka semakin besar nilai impedansi nya dan semakin kecil nilai arus hubung singkatnya.

Analisis sistem koordinasi proteksi

Setelah dilakukan perhitungan setelan proteksi yang tepat, selanjutnya dilakukan perhitungan waktu reaksi masing-masing relay berdasarkan setelan riil dilapangan, selanjutnya akan dibandingkan dengan hasil perhitungan yang sudah didapat.. Adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

PLTD Padang

$$I_p = 60/40 = 1,5 \text{ A}$$

$$td = 0,01$$

$$t = td \left[\frac{0,14}{(I_f / I_p \times RasioCT)^{0,02} - 1} \right]$$

$$t = 0,01 \left[\frac{0,14}{(1658/1,5 \times 40)^{0,02} - 1} \right]$$

$$t = 0,0058 \text{ detik}$$

ACR Pasar Pagi

$$I_p = 40/40 = 1 \text{ A}$$

$$td = 0,01$$

$$t = td \left[\frac{0,14}{(I_f / I_p \times RasioCT)^{0,02} - 1} \right]$$

$$t = 0,01 \left[\frac{0,14}{(1658/1 \times 40)^{0,02} - 1} \right]$$

$$t = 0,0056 \text{ detik}$$

yang baik antar *relay* pada tiap seksi di suatu saluran berada di rentang waktu antara 0,3 sampai dengan 0,5 detik.

KESIMPULAN

Dari analisa dan pembahasan dapat kami simpulkan hal-hal sebagai berikut :

Perhitungan setelan arus pada *relay* yang dilakukan menghasilkan nilai arus *pickup* sebesar 1,07 A untuk kedua *relay* proteksi.

Selain itu untuk perhitungan waktu kerja *relay* menghasilkan nilai *time delay* 0,01 detik pada *relay* ACR Pasar Pagi dan 0,627 detik pada *relay outgoing* Penyulang Lalang

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu kerja *relay* dengan setelan riil adalah 0,0058 detik pada OCR1 dan 0,0056 detik pada OCR2, dapat kita simpulkan bahwa waktu koordinasi antar *relay* pada penyulang lalang saat ini belum memenuhi syarat koordinasi sistem proteksi yang baik, dimana jarak waktu koordinasi adalah 0,0002 detik dan jarak waktu tersebut terlampau singkat.

REFERENSI

Alawiy, Muhammad Taqqiyuddin 2006 “*Proteksi Sistem Tenaga Listrik Seri Relay Elektromagnetis*” Fakultas Teknik Elektro Universitas Malang, Malang.

Firdausi, Mega 2015 “*Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Dan Penutup Balik Otomatis (Recloser) Pada Penyulang Junrejo 20 Kv Gardu Induk Sengkaling Akibat Gangguan Arus Hubung Singkat*” jurusan teknik elektro universitas brawijaya. (1-8)

Gumilar, Gugum, 2017 “*Analisis Perencanaan Koordinasi Relay OCR dan GFR Penyulang Indonesia GI Air Anyir*” Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.

Putra, Nandha Pamadya, 2014 “*Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Pada Incoming dan Penyulang 20 kV Gardu Induk Sengkaling Menggunakan Pola Non Kaskade*” Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.

Utomo, Enggou Prastyo, 2013 “*Analisa Sistem Proteksi Relay Arus Lebih dan Gangguan Tanah Pada*

	OCR 1 (PLTD Padang)	OCR 2 (ACR Pasar Pagi)	Selisih Koordinasi
Set. riil	0,0058 s	0,0056 s	0,0002 s
Set. hitung	0,0056 s	0,3556 s	0,35 s

Tabel 1. Perbandingan waktu koordinasi *relay* setelan riil dan hasil hitung

Dari data yang ditampilkan pada tabel 4.1, pada OCR1 di Penyulang Lalang seksi PLTD Padang sampai ACR Pasar pagi, waktu kerja *relay* dengan setelan riil saat ini adalah 0,0058 detik, sedangkan dengan setelan hasil perhitungan, waktu kerja *relay* OCR1 adalah 0,3556 detik. Untuk OCR2 pada penyulang lalang seksi ACR-Pasar Pagi - End, waktu kerja *relay* dengan setelan riil saat ini adalah 0,0056 detik, waktu kerja *relay* yang didapat saat ini sama dengan waktu kerja *relay* dengan setelan hasil perhitungan yakni 0,0056 detik. Dalam hal ini waktu kerja OCR1 dan OCR2 dengan setelan riil adalah 0,0002 detik, dimana selisih waktu koordinasi antara keduanya terlalu singkat, biasanya waktu koordinasi

Penyulang Limo” Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Susanto, Galih Dwi, 2017 ” *Analisis Koordinasi OCR
menggunakan software ETAP 12.6 dan ISA-TDMS
6.5.1*” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Stevenson, William D. 1983 ” *Analisis Sistem Tenaga
Listrik*” Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Suswanto Daman, 2009 ” *Sistem Distribusi Tenaga
Listrik*” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang, Edisi Pertama, Padang.