

KEMAMPUAN KERJA RELAI ARUS LEBIH TERHADAP BEBAN LEBIH PADA SISTEM KETENAGALISTRIKAN PADA GARDU INDUK KABUPATEN KARANGANYAR

Maju Binoto^{1*}, Pius Sriwinarno¹, Fariyono¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Akademi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia

*E-mail: binotogultomaju@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas listrik yang jelek menjadi masalah yang sangat penting sekali di berbagai bidang antara lain :industri, perhoelaan, perkantoran dn lain-lain. Oleh karena listrik bisa dikatakan sebagai salah satu kebutuhan utama bagi penunjang dan pemenuhan kebutuhan hidup para pelanggan listrik. Penyediaan energi yang handal dan berkualitas bagus tidak lepas dari adanya kualitas suatu sistem tenaga listrik. Adanya gangguan yang terjadi pada transformator dapat menghambat proses penyaluran energi listrik ke konsumen.Oleh karena itu, sistem proteksi yang handal sangat dibutuhkan untuk melindungi transformator dari gangguan. Relai arus lebih SPAJ 140C merupakan salah satu relai proteksi cadangan yang digunakan oleh pihak PLN untuk menjaga transformator 150/20 kV (30 MVA) yangada di gardu induk Palur Kabupaten Karanganyar dari gangguan.Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan kerja relai arus lebih SPAJ 140C sebagai relai cadangan dalam melindungi transformator.Penelitian ini memberikan hasil bahwa dengan besar gangguan beban lebih 41 MW dan arus lebih yang mengalir pada transformator sebesar 175.593 A, rely SPAJ 140C dapat bekerja dalam waktu 21,11 detik. Nilai arus gangguan yang mengalir pada transformator tersebut merupakan nilai yang sangat kecil, maka relay SPAJ 140C pun bekerja dalam waktu yang lama.

Kata kunci : Sistem Tenaga Listrik, Beban Lebih, Arus Lebih, Relay

ABSTRACT

The poor quality of electricity is a very important problem in various fields, including: industry, hospitality, offices and others. Therefore, electricity can be said to be one of the main needs for supporting and fulfilling the needs of electricity customers. The supply of reliable and good quality energy cannot be separated from the quality of an electric power system. Any disturbance that occurs in the transformer can hinder the process of distributing electrical energy to consumers. Therefore, a reliable protection system is needed to protect the transformer from interference. The SPAJ 140C overcurrent relay is one of the backup protection relays used by PLN to protect the 150/20 kV (30 MVA) transformer at the Palur substation in Karanganyar Regency from interference. The purpose of this study was to determine the working ability of the SPAJ overcurrent relay. 140C as a backup relay in protecting the transformer. This research gives the result that with a large disturbance of 41 MW overload and 175,593 A overcurrent flowing in the transformer, Rely SPAJ 140C can work in 21.11 seconds. The value of the fault current flowing in the transformer is a very small value, so the SPAJ 140C relay also works for a long time.

Keywords: Electricity system, Overload, Overcurrent, Overcurrent Relay

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan energi listrik yang cukup meningkat ini seharusnya dibarengi dengan kemampuan sistem tenaga listrik yang ada. Namun yang terjadi di Kabupaten Karanganyar masih jauh dari harapan, dimana hampir setiap hari dilakukan pemadaman bergilir agar sistem tenaga listrik yang ada dapat mengcover beban listrik

pelanggan. Untuk itu diperlukan suatu penjaminan baik sisi kualitas maupun kuantitas pada sistem tenaga listrik yang terpasang [1].

Pembangunan yang pesat di segala bidang dewasa ini khususnya kebutuhan akan tenaga listrik baik untuk industri, perumahan maupun untuk komersial merupakan salah satu kebutuhan yang utama. Kabupaten Karanganyar dengan masyarakat yang terus berkembang menyebabkan beban yang harus dipenuhi P.T. PLN (Persero) Cabang Surakarta meningkat pula.

Perkembangan kebutuhan energi listrik yang cukup meningkat ini seharusnya dibarengi dengan kemampuan sistem tenaga listrik yang ada. Namun yang terjadi di Kabupaten Karanganyar masih jauh dari harapan, dimana hampir setiap hari dilakukan pemadaman bergilir agar sistem tenaga listrik yang ada dapat mengcover beban listrik pelanggan. Untuk itu diperlukan suatu penjaminan baik sisi kualitas maupun kuantitas pada sistem tenaga listrik yang terpasang.

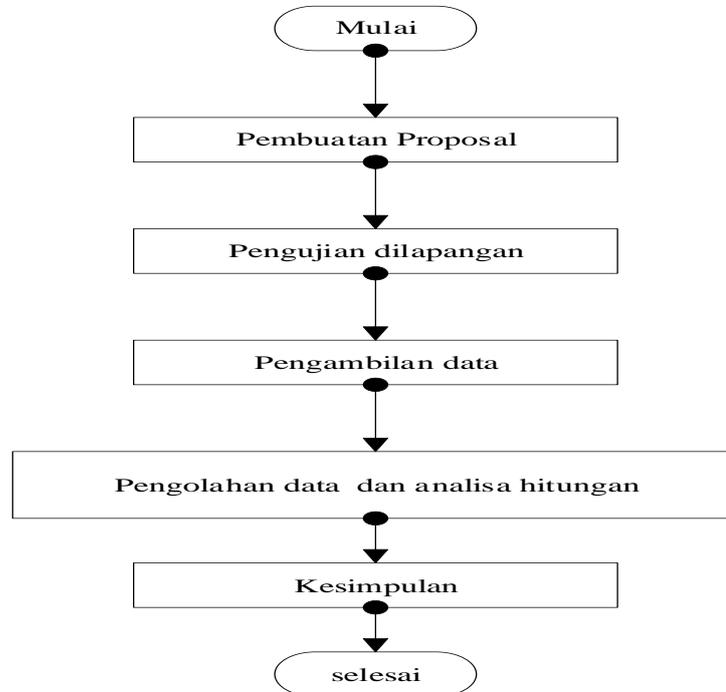
Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem tenaga yang dapat melayani beban secara kontinyu tegangan dan frekuensi yang konstan. Fluktuasi tegangan dan frekuensi yang terjadi harus berada pada batas toleransi yang diizinkan agar peralatan listrik konsumen dapat bekerja dengan baik dan aman [2]. Kondisi sistem yang benar-benar mantap sebenarnya tidak pernah ada. Perubahan beban selalu terjadi dalam sistem. Penyesuaian oleh pembangkit akan dilakukan melalui governor dari penggerak mula dan eksitasi generator. Perubahan kondisi sistem tenaga listrik biasanya terjadi akibat adanya gangguan seperti sambaran petir, gangguan hubung singkat, dan pelepasan atau penambahan beban yang benar secara tiba-tiba. Akibat adanya perubahan kondisi kerja dari sistem ini, maka keadaan sistem akan berubah dari keadaan lama ke keadaan baru. Periode singkat di antara kedua keadaan tersebut disebut periode peralihan atau transient.[3] Oleh karena itu diperlukan suatu analisis sistem tenaga listrik untuk menentukan apakah sistem tersebut stabil atau tidak, jika terjadi gangguan. Stabilitas transient didasarkan pada kondisi kestabilan ayunan pertama (*first swing*) dengan periode waktu penyelidikan pada detik pertama terjadi gangguan.

Sistem tenaga listrik meliputi antara lain suplai sumber energi listrik, sistem transmisi serta distribusi. Transformator daya yang ada di Gardu Induk Palur, Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu komponen dalam sistem transmisi yang perlu ditingkatkan kinerjanya sebab memegang peranan pentingnya dalam penyaluran energi listrik ke konsumen. Salah satu peningkatannya kinerja yang perlu dilakukan adalah peningkatan efisiensi transformator yang ditanggung pada beban feeder [4].

Unjuk kerja relai pada suatu transformator umumnya ditentukan oleh faktor besarnya beban, sehingga peningkatan beban dari tahun ke tahun turut mempengaruhi pemakaian energi listrik. Perubahan beban puncak maupun rata – rata yang terjadi tidak diikuti dengan perkembangan Gardu Induk akan menimbulkan ketidakseimbangan [5]. Oleh sebab itu maka perubahan beban harus senantiasa diawasi untuk mengetahui apakah trafo – trafo pada gardu Induk masih cukup mampu menanggung beban yang ada. Berdasarkan alasan diatas, maka penelitian ini dilakukan guna menganalisa pengaruh beban lebih terhadap beban terpasang pada unjuk kerja relai arus lebih di gardu induk palur Karanganyar dari analisa ini dapat ditentukan penjaminan kualitas dan kuantitas untukantisipasi perkembangan beban-beban pada masa yang akan datang.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Metode



Gambar 1. Alur Penelitian

2.2. Obyek dan Subyek Penelitian

2.2.1 Obyek Penelitian

Adapun obyek penelitian ini adalah beban lebih terhadap beban terpasang serta arus lebih pada transformator daya di gardu induk Palur Kabupaten Karanganyar.

2.2.2 Subyek penelitian

Sebagai subyek penelitian yaitu ujuk kerja relai arus akibat beban lebih terhadap beban terpasang pada transformator daya digardu iduk Palur, Kabupaten Karanganyar.

2.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitiaadalah :

1. Transformator Daya 1 150/20 kV 30 MVA dengan merk Trafindo ¹⁰
2. Data- data transformator adalah sebagai berikut
 - Instalasi: Konvensional
 - Jumlah fasa :3fasa
 - Frekuensi: 50 Hz
 - Impedansi: 12.55%
 - Daya pengenalan:30MVA
 - Tegangan sisi tinggi: 150 kV
 - Tegangan sisi rendah : 20 kV
 - Arus nominal sisi 150 kV: 866 Ampere
 - Arus nominal sisi 20 kV : 6495 Ampere
3. Relay arus lebih / OCR (Over Current Relay)⁹
 - a. Merk SPAJ
 - b. Pabrik ABB
 - c. Rasio CT : 400/2

- d. Arus Setting : 0,63 x In
- e. Kurva : Standar Inverse

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Beban Lebih Dan Arus Lebih

Terjadinya gangguan internal pada pembangkit 1#2 yang berlangsung selama 0.267 jam (16 menit 2 detik) menyebabkan relai diferensial yang ada pada pembangkit tersebut bekerja memerintahkan PMT agar memutuskan hubungan listrik (*trip*). Transformator 1 yang ada di gardu induk Palur Karanganyar bekerja sama dengan pembangkit Jepara 1#2 untuk menyuplai beban ke penyulang (*feeder*). Inilah yang menyebabkan ketika terjadi *trip* pada pembangkit Jepara 1#2 seluruh beban yang mengalir pada pembangkit harus ditampung oleh transformator 1 dan transformator 1 juga mengalami *trip*. Beban maksimum yang dapat mengalir pada transformator adalah :

$$\begin{aligned} P(\text{trafo}) &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \theta \\ &= v \times 150 \text{ kV} \times 126 \text{ A} \times 0.9 \\ &= 32697 \text{ kVA} \\ &= 32.697 \text{ MVA} \times 0.9 \\ &= 29.4273 \text{ MW} \end{aligned}$$

Maka beban lebih yang mengalir pada transformator ketika pembangkit Jepara 1#2 *trip* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{over(trafo)}} &= P_{\text{normal(trafo1)}} + P_{\text{normal(Trafo2)}} \\ &= 25 \text{ MW} + 16 \text{ MW} \\ &= 41 \text{ MW} \end{aligned}$$

Sedangkan arus maksimum yang mengalir pada transformator adalah :

$$\begin{aligned} I_{\text{max(trafo)}} &= \frac{P}{\sqrt{3} (V) (\text{Cos } \theta)} \\ &= \frac{25 \text{ MVA}}{\sqrt{3} (150 \text{ KV}) (0,9)} \\ &= 107,0435 \text{ A} \end{aligned}$$

Pada saat gangguan terjadi, pembebanan pada transformator sebesar 110%, maka arus maksimum yang mengalir pada transformator sebesar :

$$\begin{aligned} I_{\text{max(trafo)}} &= \frac{P}{\sqrt{3} (V) (\text{Cos } \theta)} \times 110\% \\ I_{\text{max(trafo)}} &= \frac{25 \text{ MVA}}{\sqrt{3} (150) (0,9)} \times 110\% \\ &= 117,608 \text{ A} \end{aligned}$$

Dengan beban lebih yang mengalir pada transformator sebesar 41 MW, maka arus yang mengalir pada transformator juga akan melebihi arus maksimum.

Arus Lebih yang Mengalir Pada Transformator :

$$\begin{aligned} I_{\text{over(trafo)}} &= \frac{P_{\text{over(trafo)}}}{\sqrt{3} (V) (\text{Cos } \theta)} \\ I_{\text{over(trafo)}} &= \frac{41 \text{ MVA}}{\sqrt{3} (150 \text{ KV}) (0,9)} \\ I_{\text{over(trafo)}} &= 175,343 \text{ A} \end{aligned}$$

Ketika pembangkit Kabil 1#2 mengalami gangguan dan *trip*, transformator 1 yang ada di gardu induk Batu Besar mengalami gangguan beban lebih dan arus lebih karena harus menampung beban dan arus yang mengalir dari pembangkit, yaitu masing-masing sebesar 41 MW dan 175,343 A

3.2 Unjuk Kerja Ocr Spaj 140c

Akibat adanya gangguan beban lebih dan arus lebih, maka OCR akan bekerja memerintahkan PMT untuk *trip*. Dari besar beban lebih dan arus lebih yang telah diperoleh, maka dapat diketahui waktu kerja OCR dalam melindungi transformator dari gangguan yang terjadi.

1. Arus Setting OCR SPAJ 140C

Perhitungan arus setting OCR adalah sebagaiberikut :

$$I_{set} \text{ OCR} = 0.63 \times I_n$$

I_n adalah rasio CT (200/1), maka :

$$\begin{aligned} I_{set} \text{ OCR} &= 0.63 \times 200 \\ &= 126 \text{ A} \end{aligned}$$

2. Waktu Kerja OCR SPAJ 140C

Sedangkan perhitungan waktu kerja OCR adalah sebagai berikut :

$$t = t_d \times \frac{\beta}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha - 1}$$

$$t = 1 \times \frac{0,14}{\left(\frac{175,343}{126}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 1 \times \frac{0,14}{1,006631 - 1}$$

$$t = \frac{0,14}{0,006631}$$

$$t = 21,11 \text{ det}$$

Dengan beban lebih sebesar 41 MVA dan arus lebih sebesar 175.343 A yang mengalir pada transformator, maka dapat diketahui bahwa OCR Areva bekerja dalam waktu 21,11 detik untuk memerintahkan PMT agar melepaskan hubungan listrik.

Tabel 4.1. Unjuk Kerja OCR Terhadap Gangguan Arus Lebih Hasil Perhitungan

I_{max} (A)	I_{set} OCR (A)	$N \times I_f$	I fault (A)	t OCR (s)
117,608	126	1	175,343	21,11
117,608	126	2	350,686	6,768
117,608	126	3	526,029	4,828
117,608	126	4	701,372	4,007
117,608	126	5	876,715	3,538
117,608	126	6	1.052,058	3,228
117,608	126	7	1.227,401	3,005
117,608	126	8	1.402,744	2,835
117,608	126	9	1.578,087	2,699
117,608	126	10	1.753,43	2,589

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa I_{max} yang mengalir di OCR sebesar 117,608 A dengan I_{set} 126 A dengan pembebanan 1 trafo dan I_f 175,343 A OCR dapat bekerja dalam waktu 21,11 detik. Sedangkan tabel pada kolom selanjutnya dengan I_{max} dan I_{set} yang sama tetapi dengan pembebanan 2 trafo, dengan kelipatan 2 I_f 175.343 A ($N \times I_f$) yang sama didapatkan hasil 350,686 A dan OCR bekerja selama 6,768 detik dan dilanjutkan seterusnya dengan perhitungan yang sama. Dari grafik di atas juga dapat dilihat semakin kecil arus lebih yang mengalir didalam OCR maka semakin lama OCR dalam menangani atau mentripkan hubungan arus dan sebaliknya semakin besar arus lebih yang mengalir dalam OCR maka, semakin cepat dalam menangani atau mentripkan hubungan arus tersebut.

3.3 Keandalan OCR SPAJ 140C

Keandalan OCR SPAJ 140C dapat diketahui dengan melihat frekuensi gangguan yang terjadi dan bagaimana OCR tersebut bekerja melindungi transformator.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN Surakarta , frekuensi gangguan yang terjadi adalah 3 kali yaitu pada tahun 2008 , 20011 dan 2015 baik pada transformator 1 maupun pada transformator 2. menyebabkan sub-sistem Batu Besar padam total.

Gangguan pada tahun 2008 , arus lebih yang mengalir pada transformator adalah sebesar 470 kA. Maka waktu Kerja OCR SPAJ 140C :

$$t = 1 \times \frac{0,14}{(470/126)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,14 / 0,026678$$

$$t = 5,247 \text{ det}$$

Gangguan pada tahun 2011, arus lebih yang mengalir pada transformator adalah 958 KA, maka waktu kerja relay arus lebih SPAJ 140 C adalah

$$t = 1 \times \frac{0,14}{(958/126)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,14 / 0,041405$$

$$t = 3,381 \text{ detik}$$

Gangguan yang terjadi pada tahun 2015, arus lebih yang mengalir pada transformator sebesar 1346,3 KA, sehingga waktu kerja relay arus lebih SPAJ sebesar:

$$t = 1 \times \frac{0,14}{(1346,3 / 126)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,14 / 0,048516$$

$$t = 2,885 \text{ det}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat dibuat suatu kesimpulan yaitu:

1. Bahwa nilai error yang kecil menunjukkan prediksi perhitungan mendekati perhitungan setting OCR yang baik, dan dilakukan juga setting ulang pada ocr agar dapat dengan tepat dan cepat dalam menangani atau mentripkan suatu gangguan beban lebih dan arus lebih.
2. Dari hasil perhitungan di atas arus lebih pada gardu induk Palur sangat berpengaruh terhadap kinerja OCR. Sehingga dapat diketahui semakin besar gangguan yang di sebabkan oleh beban lebih dan arus lebih yang terjadi, maka OCR akan semakin cepat dalam bekerja / mengetripkan PMT. Sebaliknya, semakin kecil gangguan beban lebih dan arus lebih yang terjadi juga akan semakin lama dalam bekerja / mentripkan PMT. Hal ini dapat disimpulkan dari nilai arus lebih pada transformator yaitu sebesar 1753.43 A. nilai ini merupakan nilai yang cukup besar sehingga OCR bekerja dengan cepat dalam waktu 2,589 detik. Jika 175,343 A maka waktu kerja relay arus lebih sebesar 21,11 det.
3. Dengan beban yang semakin meningkat setiap harinya menuntut adanya penambahan jumlah transformator pada gardu induk Palur . Karena hal ini sangat membahayakan keselamatan sistem tenaga listrik yang ada di gardu induk Batu Besar dan kenyamanan konsumen juga akan berkurang. Selain dengan melakukan penambahan jumlah transformator, pengaturan ulang terhadap transformator tersebut juga sangat perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ayub, Said, (2008). *Koordinasi Sistem Proteksi Over Current Relay Tipe BEI-51 Pada Transformator Daya Dengan Ground Fault Relay*. Jurnal Litek Volume 5, Nomor 1, Maret 2008 ; hal.22-26.

- [2] M. Yusuf Mappesse, Riana T. Mangesa, Iwan Suhardi, (2007). *Studi Sistem Proteksi Transformator Daya Gardu Induk 150 kV Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulseltrabar*. Jurnal Media Elektrik, Volume 2, Nomor 2, Desember 2007.
- [3] Hari Mukti K, (2007). *Aplikasi Teknologi Simulasi Rele Diferensial dan Rele Bucholz pada Sistem Pengaman Transformator 3 Phasa*. Jurnal ELTEK Volume 05 Nomor 01, April 2007 ISSN 1693-4024 .
- [4] Hermawan,(2011), *ANALISIS GAS TERLARUT PADA MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR TENAGA AKIBAT PEMBEBANAN DAN PENUAAN TEKNIK* – Vol. 32 No.3 Tahun 2011, ISSN 0852-1697
- [5] Yuniarto, (2015), *SETTING RELAY DIFFERENSIAL PADA GARDU INDUK KALIWUNGU GUNA MENGHINDARI KEGAGALAN PROTEKSI*, TRANSMISI, 17, (3), 2015, e-ISSN 2407–6422, 148