

**ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TERHADAP PENGARUH
UPRATING TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK**

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR



TRIYAS HEVIANTO SAPUTRO
5140711009

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA

YOGYAKARTA
2018

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

Judul Tugas Akhir:
ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TERHADAP PENGARUH *UPRATING*
TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK

Judul Naskah Publikasi:
ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TERHADAP PENGARUH *UPRATING*
TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK

Disusun oleh:
TRIYAS HEVIANTO SAPUTRO
5140711009

Mengetahui,

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ikrima Alfi, S.T., M.Eng	Pembimbing		

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta,.....
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Satyo Nuryadi, S.T., M.Eng.
NIK. 100205023

PERNYATAAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Saya:

Nama : Triyas Hevianto Saputro
NIM : 5140711009
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Informasi dan Elektro

“Analisis Gangguan Hubung Singkat Terhadap Pengaruh Uprating Transformator Daya Pada Gardu Induk ”

Menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di JURNAL TeknoSAINS FST UTY, dan tidak dipublikasikan di jurnal yang lain.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 4 Juli 2018
Penulis,

Triyas Hevianto Saputro
514071109

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TERHADAP PENGARUH UPRATING TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK

Triyas Hevianto Saputro

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro
Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta
E-mail : triyasvian@gmail.com*

ABSTRAK

Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa sub sistem yaitu sistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Suatu sistem tenaga listrik harus mampu menjamin ketersediaan energi listrik pada setiap beban yang terhubung secara kontinyu. Dalam perencanaan uprating transformator daya pada GI perlu dilakukan suatu studi hubung singkat, untuk mengetahui arus maksimum dan arus minimum yang akan mengalir pada sistem. Sehingga dapat diketahui batas-batas kemampuan peralatan-peralatan pada sistem dan setting peralatan proteksi. Studi hubung singkat dilakukan dengan menggunakan software Electric Transient Analysis Program (ETAP) dan juga dengan mengacu pada IEC Standards. Dalam penelitian ini akan dilakukan di PT PLN (Persero) Gardu Induk (GI) Medari, Godean dan Wates. Hasil studi hubung singkat minimal pada GI Medari Bay Transformator nomor 1 sebesar 6,461907 kA (30 MVA) dan 11,64923 kA (60 MVA), serta hasil studi hubung singkat maksimal sebesar 25,50503 kA (30 MVA) dan 41,57351 kA (60 MVA). Hasil studi hubung singkat minimal pada GI Medari Bay Transformator nomor 2 sebesar 5,906691 kA (30 MVA) dan 10,64254 kA (60 MVA), serta hasil studi hubung singkat maksimal sebesar 22,7711 kA (30 MVA) dan 37,45568 kA (60 MVA). Hasil studi hubung singkat minimal pada GI Godean Bay Transformator nomor 1 sebesar 6,531757 kA (30 MVA) dan 11,66998 kA (60 MVA), serta hasil studi hubung singkat maksimal sebesar 25,93266 kA (30 MVA) dan 42,76348 kA (60 MVA). Hasil studi hubung singkat minimal pada GI Wates Bay Transformator nomor 1 sebesar 6,224515 kA (30 MVA) dan 10,50095 kA (60 MVA), serta hasil studi hubung singkat maksimal sebesar 24,47507 kA (30 MVA) dan 39,47273 kA (60 MVA). Dari hasil studi hubung singkat diperoleh kenaikan arus hubung singkat pada saat transformator dilakukan uprating kapasitas, sehingga pada bay transformator perlu dilakukan resetting Over Current Relay (OCR). Nilai Time Multiplier Setting (TMS) OCR di GI Medari pada Bay Transformator nomor 1 dan 2 berkapasitas 60 MVA sebesar 0,37276 detik dan 0,364347 detik. Nilai TMS OCR di GI Godean pada Bay Transformator nomor 1 berkapasitas 60 MVA sebesar 0,372926 detik. Nilai TMS OCR di GI Wates pada Bay Transformator nomor 1 berkapasitas 60 MVA sebesar 0,363101 detik.

Kata kunci : Hubung Singkat, ETAP, Transformator, TMS

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa sub sistem yaitu sistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi. PT PLN (Persero) Area Pelaksana Pemeliharaan (APP) Salatiga Base Camp Yogyakarta merupakan suatu perusahaan penyedia layanan energi listrik milik negara yang melaksanakan pemeliharaan sistem transmisi 150 KV di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Dalam perencanaan uprating transformator daya pada GI perlu dilakukan suatu studi hubung singkat. Studi hubung singkat ini dilakukan untuk mengetahui arus maksimum dan arus minimum yang akan mengalir pada sistem. Studi hubung singkat dalam sistem tenaga listrik memerlukan perhitungan-perhitungan yang kompleks dan membutuhkan tingkat kecermatan yang tinggi. Dengan hal itu diperlukan software *Electric Transient Analysis Program (ETAP)*. Metode yang akan digunakan

dalam studi ini mengacu pada *IEC Standards*. Berdasarkan latar belakang ini, permasalahan yang akan diselesaikan adalah bagaimana menentukan nilai arus hubung singkat dan setting relai arus lebih pemutus daya pada transformator yang akan di-uprating pada Gardu Induk Medari, Godean dan Wates. Studi kasus penelitian akan dilakukan pada sistem tenaga listrik di GI Medari, GI Godean, dan GI Wates. Penelitian ini hanya menganalisis arus gangguan hubung singkat, nilai setting relai arus lebih pemutus daya pada transformator daya yang akan di-uprating di Gardu Induk Medari, Godean, dan Wates. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai arus hubung singkat dan nilai setting relai arus lebih peralatan pemutus daya.

2. LANDASAN TEORI

Penelitian yang dilakukan oleh Amira dan Effendi dengan judul Studi Analisa Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV. Penelitian ini membahas tentang arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik gangguan 10% sampai dengan 100% dari panjang saluran dan menghitung nilai *setting Over Current Relay*. Perhitungan dalam penelitian ini dilakukan secara manual dengan menggunakan program Matlab [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Arjana, Putra, dan Partha dengan judul Analisis Koordinasi *Setting Relay* Pengaman Akibat *Uprating* Transformator. Dalam penelitian ini membahas terkait dengan perubahan arus nominal pada sisi primer dan sekunder, arus hubung singkat tiga fasa, arus hubung singkat dua fasa dan *setting Over Current Relay* [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Hasbullah dengan judul Analisis *Uprating* Transformator Distribusi. Dalam penelitian ini membahas tentang drop tegangan pada jaringan, besar arus hubung singkat dan total daya yang terpakai pada masing-masing transformator. Tujuan dalam penelitian yang dilakukan oleh Hasbullah ini guna untuk mempertahankan mutu dan kinerja proteksi serta keandalan kepada konsumen [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Fauzan, Facta, dan Juningtyatuti dengan judul Analisis *Resetting* Rele Arus Lebih Akibat Perubahan Transformator Daya Dan Penambahan Penyulang di Gardu Induk. Penelitian ini membahas tentang *setting* proteksi relai dan *recloser* serta mempelajari koordinasi relai proteksi *Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* serta *Recloser*. Analisa yang dilakukan dengan menghitung besar arus gangguan pembebanan transformator setelah dilakukan *uprating* kurang dari 80% [6].

Penelitian yang dilakukan oleh Haikal dan Djalal (2014) dengan judul Studi Hubung Singkat 3 Fasa Simetri membahas tentang studi hubung singkat guna untuk penyesuaian kapasitas relai dan *circuit breaker*. Perhitungan dalam penelitian ini menggunakan *Software Electric Transient and Analysis Program (ETAP)* versi 4 [4].

Berdasarkan kajian pustaka penelitian terdahulu yang diuraikan di atas, maka tema yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu Analisis Gangguan Hubung Singkat Terhadap Pengaruh *Uprating* Transformator Daya pada Gardu Induk. Penelitian ini dilakukan pada sistem tenaga listrik di Gardu Induk Medari, Godean dan Wates.

2.1. Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Menurut Saadat bahwa gangguan *line-to-ground* terjadi pada fasa a melalui impedansi Z_f . Diasumsikan sebuah generator tanpa beban, kondisi batas di titik gangguan yaitu [2]:

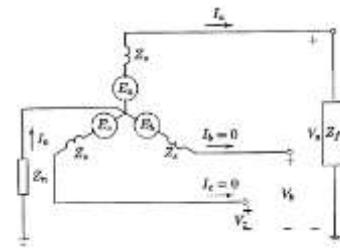
$$V_a = Z_f I_a \dots\dots\dots (1)$$

$$I_b = I_c = 0 \dots\dots\dots (2)$$

Arus dan tegangan Fasa a pada komponen simetris adalah

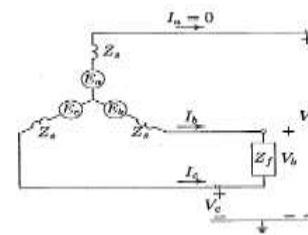
$$I_a^0 = I_a^1 = I_a^2 = \frac{1}{3} I_a \dots\dots\dots (3)$$

$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 1: Line To Ground Fault pada Fasa a [2]

Menurut Saadat bahwa gangguan *line-to-line* terjadi antara fasa a dan b melalui impedansi Z_f . Diasumsikan sebuah generator tanpa beban, kondisi batas di titik gangguan yaitu [2]:



Gambar 2: Line-To-Line Fault Antara Fasa b dan c [2]

$$V_b - V_c = Z_f I_b \dots\dots\dots (5)$$

$$I_b + I_c = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$I_a = 0 \dots\dots\dots (7)$$

Arus dan tegangan pada komponen simetris adalah

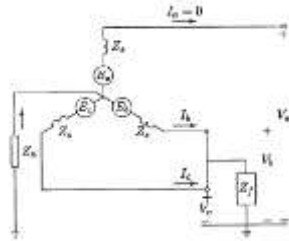
$$I_a^0 = 0 \dots\dots\dots (8)$$

$$I_a^1 = \frac{1}{3} (a - a^2) I_b \dots\dots\dots (9)$$

$$I_a^2 = \frac{1}{3}(a^2 - a) I_b \dots\dots\dots(10)$$

$$V_b - V_c = (a^2 - a)(V_a^1 - V_a^2) = Z_f I_b \dots\dots\dots(11)$$

Menurut Saadat bahwa gangguan *double line-to-ground* terjadi pada fasa b dan c melalui impedansi Z_f ke ground. Diasumsikan sebuah generator tanpa beban, kondisi batas di titik gangguan yaitu [2]:



Gambar 3: Double Line to Ground Fault [2]

$$V_b = V_c = Z_f (I_b + I_c) \dots\dots\dots(12)$$

$$I_a = I_a^0 + I_a^1 + I_a^2 = 0 \dots\dots\dots(13)$$

Tegangan fasa V_b dan V_c adalah

$$V_b = V_a^0 + a^2 V_a^1 + a V_a^2 \dots\dots\dots(14)$$

$$V_c = V_a^0 + a V_a^1 + a^2 V_a^2 \dots\dots\dots(15)$$

2.2. Perhitungan OCR dan GFR pada penyulang 20 KV

Menurut Pedoman pengelolaan sistem proteksi trafo penyulang 20 KV sistem Jateng dan DIY yaitu dengan rumus dasar proteksi dapat dihitung [10]:

$$I_{\text{hubung-singkat}} > I_{\text{set}} > I_{\text{beban}}$$

Dimana dalam menentukan setting arus gangguan (I_{set}) harus diketahui besarnya arus beban (I_{beban}) dan arus hubung singkat ($I_{\text{hubung-singkat}}$). Terdapat dua unsur penting yang harus dipahami dalam menentukan *setting OCR* dan *GFR* yaitu *setting* arus dan *setting* waktu. *Setting* arus dihitung berdasarkan arus beban penyulang, sedangkan *setting* waktu dihitung berdasarkan arus gangguan yang mengalir pada penyulang. Untuk *setting* arus dan waktu berdasarkan kesepakatan PT PLN Regional Jawa Tengah dan DIY (RJTD) dengan PT PLN Distribusi Jateng dan DIY yaitu:

Tabel 1: Rumus Setting Arus

Proteksi	Setting Arus (I_{set})
OCR Delay	$I_{\text{set}} = 1,2 \times I_n$ CT/CCC Penyulang
OCR Instant	$I_{\text{set}} = 0,8 \times 4 \times I_n$ Trafo 20 KV atau $I_{\text{set}} = 0,8 \times 0,5 \times I_{\text{hs}}$ p-p tertinggi
GFR Delay	$I_{\text{set}} = 0,4 \times I_n$ CT/CCC Penyulang
GFR Instant	$I_{\text{set}} = 0,8 \times 3 \times I_n$ Trafo 20 KV atau $I_{\text{set}} = 0,8 \times 0,5 \times I_{\text{hs}}$ p-n tertinggi

Tabel 2: Rumus Setting Waktu

Proteksi	Setting Waktu (t_{set})
OCR Delay	$t_{\text{set}} = 0,6 \text{ dt}$ (SI-IEC) pada I_{hs} p-p tertinggi
OCR Instant	$t_{\text{set}} = \text{Instant}$
GFR Delay	$t_{\text{set}} = 0,6 \text{ dt}$ (SI-IEC) pada I_{hs} p-p tertinggi
GFR Instant	$t_{\text{set}} = \text{Max } 0,1 \text{ dt}$ (kondisi tertentu untuk koordinasi dengan recloser di jaringan)

Rumus perhitungan *Setting OCR delay*:

$$I_{\text{set primer}} = 1,2 \times I_n \text{ CT} \dots\dots\dots(16)$$

$$I_{\text{set sekunder}} = I_{\text{set primer}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}} \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set pada relai}}}{I_{n \text{ relai}}} \dots\dots\dots(18)$$

Rumus perhitungan *setting waktu OCR delay*:

$$\text{Time Multiplier Setting (tms)} = t_{\text{set}} \left(\frac{I_{\text{hs}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1 \dots\dots\dots(19)$$

2.3. Software Electric Transient and Analysis Program (ETAP)

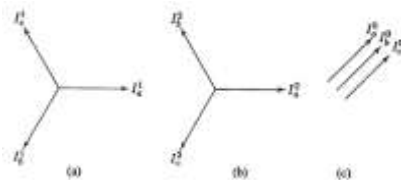
Electric Transient and Analysis Program (ETAP) adalah perusahaan rekayasa perangkat lunak analisis spektrum penuh yang secara khusus dibidang analisis, simulasi, pemantauan, kontrol, optimalisasi, dan otomatisasi sistem tenaga listrik. Perangkat lunak *ETAP* menawarkan rangkaian solusi sistem tenaga listrik terpadu terbaik dan terlengkap yang membentang dari pemodelan hingga operasi. *Software* ini terdapat satu paket terintegrasi dengan beberapa tampilan antarmuka seperti jaringan AC dan DC, jalur kabel, jaringan tanah, GIS, panel, busur flash, WTG, koordinasi perangkat pelindung/ selektivitas, dan diagram sistem kontrol AC dan DC [1].

Program *ETAP Short-Circuit Analysis* dapat menganalisis efek gangguan 3 fasa pada sistem tenaga listrik yaitu *line-to-line*, *line-to-ground* dan

line-to-line-to-ground. Program ini dapat menghitung total arus hubung singkat seperti kontribusi *individual motors, generators* dan *utility ties* pada sistem tenaga listrik. Standarisasi analisis dalam program ini tersedia dengan *ANSI/IEEE Standards (C37 series)* dan *IEC Standards (IEC 60909 and others)* [1].

2.4. Komponen Simetris Sistem Tenaga Listrik

Menurut Saadat [2] menjelaskan bahwa suatu komponen simetris dalam sistem tenaga listrik memungkinkan jumlah fase yang tidak seimbang seperti arus dan voltase yang digantikan oleh tiga komponen simetris seimbang yang terpisah. Berikut ini representasi phasor arus pada keseimbangan sistem tiga fasa yang ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 4: Representasi Komponen Simetris [2]

2.5. Besaran Per Unit

Stevenson [3] [9] menjelaskan dalam bukunya bahwa suatu saluran transmisi memiliki tingkat tegangan yang berbeda beda, misalnya tingkat tegangan dengan satuan kilovolt. Dengan mengirimkan daya yang sangat besar biasanya daya saluran ini dinyatakan dalam kilowatt, megawat, dan kilovoltampere. Tetapi besaran ini dapat dinyatakan dalam persen atau per unit sama halnya dengan ampere atau ohm dengan ditetapkan suatu nilai dasar atau acuan. Berikut ini merupakan rumus-rumus hubungan berbagai besaran (subskrip 1Ø dan LN menyatakan satu fasa dan saluran ke netral):

$$\text{Arus dasar, } A = \frac{KVA_{1\phi \text{ dasar}}}{\text{tegangan dasar, } KV_{LN}} \dots\dots\dots(20)$$

$$\text{Impedansi dasar, } A = \frac{\text{tegangan dasar, } V_{LN}}{\text{arus dasar, } A} \dots\dots\dots(21)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar})^2 \times 1000}{KVA_{1\phi \text{ dasar}}} \dots\dots\dots(22)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } KV_{LN})^2}{MVA_{1\phi \text{ dasar}}} \dots\dots\dots(23)$$

$$\text{Daya dasar, } KW_{1\phi} = KVA_{1\phi \text{ dasar}}$$

$$\text{Daya dasar, } MW_{1\phi} = MVA_{1\phi \text{ dasar}} \dots\dots\dots(24)$$

$$\text{Impedansi per unit} = \frac{\text{impedansi sesungguhnya, } \Omega}{\text{impedansi dasar, } \Omega} \dots\dots\dots(25)$$

Rumus impedansi dasar dan arus dasar dapat dihitung langsung dari sistem tiga fasa untuk kilovolt dasar dan kilovoltampere dasar [3] [9] maka diperoleh rumus:

$$\text{Arus dasar, } A = \frac{KVA_{3\phi \text{ dasar}}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan dasar, } KV_{LL}} \dots\dots\dots(26)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\frac{\text{tegangan dasar, } KV_{LL}}{\sqrt{3}})^2 \times 1000}{KVA_{3\phi \text{ dasar}}} \dots\dots\dots(27)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } KV_{LL})^2 \times 1000}{KVA_{3\phi \text{ dasar}}} \dots\dots\dots(28)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } KV_{LL})^2}{MVA_{3\phi \text{ dasar}}} \dots\dots\dots(29)$$

Rumus untuk mengubah dasar besaran per unit ke dasar yang lain [3] [9] :

$$Z_{\text{baru}} = Z_{\text{lama}} \left(\frac{KV_{\text{lama}} \text{ dasar}}{KV_{\text{baru}} \text{ dasar}} \right)^2 \times \left(\frac{KVA_{\text{baru}} \text{ dasar}}{KVA_{\text{lama}} \text{ dasar}} \right) \dots\dots\dots(30)$$

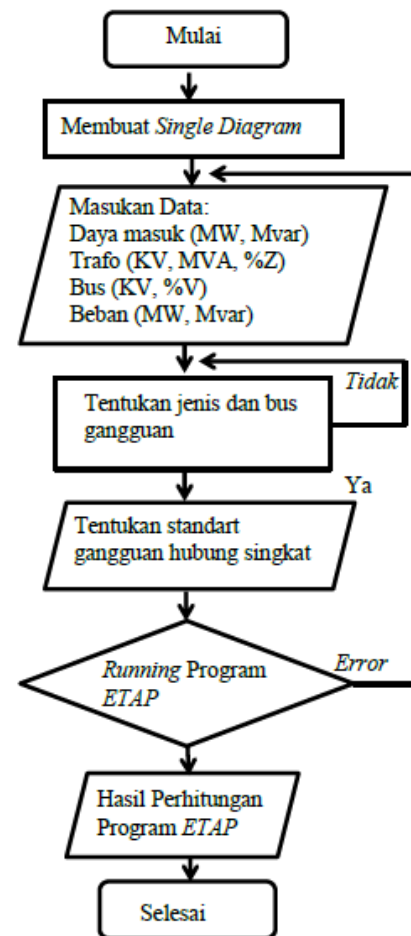
3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan yang akan dilakukan.
Persiapan yang dilakukan dalam tahap ini adalah mempersiapkan studi literatur yang dibutuhkan sebagai acuan untuk melakukan penelitian serta persiapan dalam perizinan di APP Salatiga Base Camp Yogyakarta. Studi Literatur yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan jurnal, buku referensi, skripsi, dan referensi lain, yang akan digunakan sebagai landasan teori atau acuan dalam penelitian ini. Perizinan yang dilakukan adalah dengan survei dan mencari informasi dilapangan terkait data-data yang akan dibutuhkan. Serta pengajuan surat rekomendasi dari instansi perguruan tinggi ke pihak perusahaan PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah APP Salatiga.
2. Pengumpulan data
Pengumpulan data yang akan dilakukan dengan bimbingan dan observasi langsung di kantor APP Salatiga Base Camp Yogyakarta. Data-data yang akan dikumpulkan meliputi daya, tegangan, faktor daya, spesifikasi

peralatan dan diagram tunggal sistem kelistrikan.

3. Mengolah Data.
Pengolahan data ini dilakukan dengan bantuan menggunakan *software ETAP* untuk mengetahui studi hubung singkat sistem tenaga listrik. Serta dilakukan analisis data uprating transformator daya sistem tenaga listrik di Gardu Induk Medari, Godean dan Wates. Standar studi hubung singkat dalam penelitian ini menggunakan *IEC Standards*.
4. Analisa Hasil Studi Hubung Singkat.
Analisa hasil studi hubung singkat dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai arus gangguan minimal dan maksimal yang terjadi. Dengan membandingkan nilai gangguan hubung singkat *3-Phasa*, *line-to-line*, *line-to-ground* dan *line-to-line-to-ground* yang terjadi dan diambil nilai arus gangguan hubung singkat minimal untuk menentukan nilai *setting OCR delay*. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *setting OCR delay*.
5. Membuat Laporan Penelitian
Laporan penelitian dilakukan dengan melaporkan semua hasil penelitian dengan tujuan untuk memberikan informasi terkait dengan penelitian ini. Penulisan laporan dilakukan berdasarkan kaidah-kaidah dalam penulisan dan mencantumkan sumber-sumber kutipan.



Gambar 4: Diagram Alir Studi Hubung Singkat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Power Grid

Power Grid sistem interkoneksi transmisi Jawa bagian tengah di Provinsi Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta disuplai dari Inter Bus Transformer (IBT) yaitu IBT Pedan dan Ungaran.

Tabel 3: Hasil Perhitungan Impedansi, Reaktansi dan Resistansi

S (MVA)	Faktor (V)	V (KV)	Z (ohm)	X (ohm)	R (ohm)	X/R
1000	1,1	150	24,75	24,62	2,46	10
1500	1,1	150	16,5	16,42	1,64	10

4.2 Data Transformator

Input data yang dibutuhkan untuk menentukan transformator daya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4: Data Transformator Gardu Induk Godean, Medari dan Wates

Trafo	Cap. (MVA)	Rated Voltage (KV)	Z (%)	Conn.
Trafo 1 Godean	30	150/20	13,27	Ynyn(0)
Trafo 2 Godean	60	150/22	13,55	Ynyn(0)
Trafo 1 Medari	30	150/20	13,59	Ynyn(0)
Trafo 2 Medari	30	150/22	13,50	Ynyn(0)
Trafo 1 Wates	30	150/22	11,61	Ynyn(0)
Trafo 2 Wates	60	150/20	12,04	Ynyn(0)

4.3 Data Penghantar

Jenis konduktor yang digunakan pada saluran transmisi berdasarkan standart PLN 41-7 tahun 1981:

Tipe : ACSR 240/40
 Luas Penampang : 240/40 mm²
 Diameter : 21,90 mm
 R DC 20 oC : 0,1183 Ohm/km
 Berat : 987 Kg/km
 Kapasitas Arus Carrying : 457 Ampere

Tabel 5: Panjang Saluran Antar Gardu Induk

Saluran	Jarak Saluran (km)	Jenis Kabel	Tipe Kabel
Sanggrahan-Medari	27.206	ACSR	Pelican
Sanggrahan-Kentungan	37.869	ACSR	Pelican
Medari-Kentungan	10.663	ACSR	Pelican
Kentungan-Godean	9.179	ACSR	Pelican
Kentungan-Bantul	22.39	ACSR	Pelican
Godean-Bantul	13.211	ACSR	Pelican
Bantul-Wates	31.72	ACSR	Pelican
Bantul-Purworejo	54.644	ACSR	Pelican
Wates-Purworejo	22.924	ACSR	Pelican

4.4 Data Bus Sistem

Jenis bus yang digunakan pada sistem 150 KV berdasarkan standart PLN 41-7 tahun 1981:

Tipe : ACSR 550/70
 Luas Penampang : 550/70 mm²
 Diameter : 32,40 mm
 R DC 20 oC : 0,05259 Ohm/km
 Berat : 2076 Kg/km
 Kapasitas Arus Carrying : 1065 Ampere

Tabel 6: Jenis Bus Pada Sistem 20 KV

Nama Bus	Tipe	Nominal Tegangan	Kapasitas Arus
Bus Trafo 1 GI Wates	GAE	22 KV	2000 A
Bus Trafo 2 GI Wates	ALSTOM	20 KV	2000 A
Bus Trafo 1 Godean	ALSTOM	20 KV	2000 A
Bus Trafo 2 Godean	CALOR EMAG	22 KV	2000 A
Bus Trafo 1 Medari	MERLIN GERIN	20 KV	2500 A
Bus Trafo 2 Medari	AREVA	22 KV	2500 A

Tabel 7: Daftar Nama Bus Sistem Pada ETAP

Bus	Nama Bus	Lokasi
Bus 1	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Sanggrahan
Bus 2	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Kentungan
Bus 3	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Bantul
Bus 4	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Purworejo
Bus 5	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Medari
Bus 6	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Godean
Bus 7	Bus Line 150 KV	Gardu Induk Wates
Bus 8	Bus Trafo 1 Pada Sistem 20 KV	Gardu Induk Medari
Bus 9	Bus Trafo 2 Pada Sistem 22 KV	Gardu Induk Medari
Bus 10	Bus Trafo 1 Pada Sistem 20 KV	Gardu Induk Godean
Bus 11	Bus Trafo 2 Pada Sistem 22 KV	Gardu Induk Godean
Bus 12	Bus Trafo 1 Pada Sistem 22 KV	Gardu Induk Wates
Bus 13	Bus Trafo 2 Pada Sistem 20 KV	Gardu Induk Wates

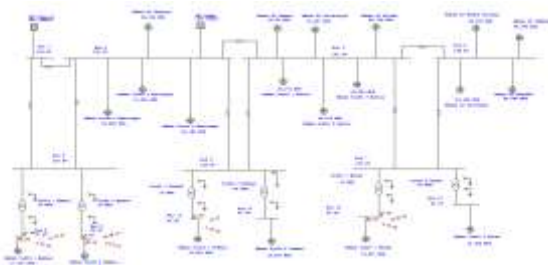
4.5 Data Pembebanan Jaringan Listrik

Data beban dalam penelitian menggunakan data pada tanggal 8 November 2017 pukul 19.00 Waktu Indonesia bagian Barat (WIB) berdasarkan pemakaian konsumen. Berikut data beban PLN APP Salatiga Base Camp Yogyakarta yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8: Pembebanan Gardu Induk

Gardu Induk	Bay	Beban (MW)	Beban (MVAR)
Bantul	Trafo 1	40,9	14,45
	Trafo 2	37,8	12,7
	Trafo 3	31,24	8,9
	PHT Semanu 1	22,1	4,3
	PHT Semanu 2	22,5	3,4
	PHT Wirobraja n 1	13,4	5,7
	PHT Wirobraja n 2	54,9	20,9
	PHT Klaten 1	41,27	14,38
	PHT Klaten 2	52	21
Godean	Trafo 1	16,1	5,4
	Trafo 2	22,8	7,7
Kentungan	Trafo 2	52	14
	Trafo 3	15,2	4,6
	Trafo 4	22,9	8,3
	PHT Gejayan 1	23	2
	PHT Gejayan 2	33	0
Medari	Trafo 1	16,6	5
	Trafo 2	15,7	2,8
Wates	Trafo 1	15	5
	Trafo 2	10,8	1,86
Purworjo	Trafo 1	13,8	3,1
	Trafo 2	31,7	8,7
	Trafo 3	5,8	1,9
	PHT Wadaslintang 1	44	9
	PHT Wadaslintang 2	44	10
	PHT Gombong	38	4,5
	PHT Kebumen	22	6,3

4.6 Setting Over Current Relay



Gambar 4.8. Single Diagram Sistem 150 KV dan 20 KV

Tabel 9: Hasil Perhitungan Setting OCR delay Bay Transformator 30 MVA GI Medari, Godean dan Wates

Fault Curent (30 MVA)			CT (A)	T set	I set (A)	Tms (s)
Bus	Min (kA)	Max (kA)				
Bus 8	6,461907	25,50503	150/1	0,6	180	0,318176
Bus 9	5,906691	22,7711	150/1	0,6	180	0,309911
Bus 10	6,531757	25,93266	150/1	0,6	180	0,319166
Bus 12	6,224515	24,47507	150/1	0,6	180	0,314731

Tabel 10: Hasil Perhitungan Setting OCR delay Bay Transformator 60 MVA GI Medari, Godean dan Wates

Fault Curent (30 MVA)			CT (A)	T set	I set (A)	Tms (s)
Bus	Min (kA)	Max (kA)				
Bus 8	11,64923	41,57351	150/1	0,6	180	0,37276
Bus 9	10,64254	37,45568	150/1	0,6	180	0,364347
Bus 10	11,66998	42,76348	150/1	0,6	180	0,372926
Bus 12	10,50095	39,47273	150/1	0,6	180	0,363101

Rumus perhitungan *setting OCR delay* dengan mengacu pada rumus (16) – (19) yang telah dijelaskan di atas. Untuk menghitung nilai *setting OCR* dipilih dengan arus gangguan hubung singkat terkecil yang terjadi dan rasio *CT* sebesar 150A/1A. Rasio *CT* dipilih dengan menyesuaikan data *setting OCR* di lapangan. Nilai *tset* sebesar 0,6 detik (*SI-IEC*) berdasarkan kesepakatan yang dilakukan oleh pihak PLN yang ditunjukkan pada tabel 1 dan 2 di atas.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil studi hubung singkat diperoleh kenaikan arus hubung singkat pada saat transformator dilakukan uprating kapasitas, sehingga pada bay transformator perlu dilakukan *resetting OCR*. Nilai perhitungan *TMS OCR* di GI Medari pada bay Transformator nomor 1 (*bus 8 fault*) berkapasitas 60 MVA sebesar 0,37276 detik. Serta pada bay Transformator nomor 2 (*bus 9 fault*) berkapasitas 60 MVA sebesar 0,364347 detik. Nilai perhitungan *TMS OCR* di GI Godean pada bay Transformator nomor 1 (*bus 10 fault*) berkapasitas 60 MVA sebesar 0,372926 detik. Nilai perhitungan *TMS OCR* di GI Wates pada bay Transformator nomor 1 (*bus 12 fault*) berkapasitas 60 MVA sebesar 0,363101 detik.

5.2. Saran

Studi hubung singkat merupakan faktor penting dalam perencanaan dan pengembangan sistem tenaga listrik serta mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik. *Software ETAP* merupakan salah satu program perangkat lunak untuk menyelesaikan perhitungan-perhitungan studi dalam sistem ketenagalistrikan. Sehingga perangkat lunak ini dapat membantu proses perhitungan yang kompleks dalam studi sistem tenaga listrik. Perangkat lunak ini juga bertujuan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam sistem tenaga listrik arus kuat seperti permasalahan di Institusi PT PLN (Persero) dan Institusi lainnya yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk menganalisis studi hubung singkat dan menghitung nilai *setting* proteksi pada sisi *bay* penghantar atau *incoming* sistem kelistrikan di Gardu Induk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ETAP, "Electric Transient and Analysis Program (ETAP)." Operation Technology, Inc, Irvine, California, USA, 2014.
- [2] H. Saadat, *Power System Analysis*. New York: WCB/McGraw-Hill, 1999.
- [3] W. D. Stevenson, *Analisa Sistem Tenaga*, Jilid Pert. Malang, Jawa Timur: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya Malang, 1983.
- [4] M. A. Haikal and M. R. Djalal, "STUDI HUBUNG SINGKAT 3 FASA SIMETRI (STUDI KASUS SISTEM INTERKONEKSI 150 kV SULAWESI SELATAN)," *Conf. Pap.*, vol. 4, no. 1, pp. 20–26, 2014.
- [5] Amira and A. Effendi, "STUDI ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT 1 FASA KE TANAH PADA SUTT 150 KV UNTUK SETTING RELAY OCR (APLIKASI GI PIP – PAUH LIMO)," *Teknik Elektro ITP*, vol. 3, no. 2, pp. 95–104, 2014.
- [6] M. I. Fauzan, M. Facta, and Juningtyatuti, "ANALISIS RESETING RELE ARUS LEBIH AKIBAT PERUBAHAN TRANSFORMATOR DAYA DAN PENAMBAHAN PENYULANG DI GARDU INDUK SRONDOL SEMARANG," vol. 5, no. 4, p. 433, 2016.
- [7] G. D. Arjana, I. P. G. E. Putra, and C. G. I. Partha, "ANALISIS KOORDINASI SETTING RELAY PENGAMAN AKIBAT UPGRATING TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK GIANYAR," *E-Journal Spektrum*, vol. 2, no. 2, pp. 68–73, 2015.
- [8] Hasbullah, "ANALISIS UP RATING TRANSFORMATOR DISTRIBUSI A1-63,"

Semin. Nas. Electr. Informatic, It's Educ., vol. A1, no. 62, pp. 62–65, 2009.

- [9] J. J. Grainger and J. W. D. Stevenson, *Power System Analysis*. McGraw-Hill Book Co - Singapore, 1994.
- [10] Y. Tamsir, *BUKU PEDOMAN PEMELIHARAAN SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI DAN EKSTRA TINGGI (SUTT/SUTET)*. Jakarta: PT PLN (PERSERO), 2014.