



ANALISIS HUBUNG SINGKAT PARALEL EMPAT TRAF0 IBT 500/150 KV 500 MVA GITET KEDIRI

Muhammad Wahyu Abdy Cahya¹, Royb F. Rizal² Fajar Yumono³

Article History:

Submitted: 24-07-2021

Revised: 12-08-2021

Accepted: 13 - 08 - 2021

Keywords:

Breaking capacity; Parallel IBT; Short circuit;

Abstract

Extra High Voltage Substation (GITET) Kediri is an electrical substation that serves 500, 150, and 20 kV systems. GITET Kediri in 2015 has three Inter Bus Transformers (IBT) 500/150 kV with each capacity of 500 MVA, then in 2020 there an addition of the same IBT. But, the 150 kV side has been configured since 2017. According to the IEC 60076-1 standard table 1.6 about parallel operation of the transformer, four IBTs are still eligible because the difference in impedance values is $\pm 7.5\%$ (3.3%, 13.16%, 14.452%, and 14.375%). Breaking capacity of circuit breaker IBT 1,2,4 - 150 kVs, Kertosono, Jayakertas, Tulungagung 1&2, Banaran 1&2, Transformer 1, Coupler 1&2, Section A&B are 40 kA and for IBT 3 - 150 kV & Transformer 2 are 50 kA. Simulation and calculation current of parallel short circuit of four IBT for three phases are 26.978 and 26.548 kA, phase to ground are 29.659 and 30.097 kA, phase to phase are 23.363 and 23.066 kA, phase-phase to ground are 28.374 and 28.924 kA (phase AB) & 28,788 and 28,996 kA (phase BC). Based on that analysis, four IBTs can be parallel because it meets the difference in impedance and all of the 150 kV circuit breaker is feasible to operate because the fault current is smaller than the circuit breaker capacity

Kata Kunci:

Breaking capacity; Hubung singkat; Paralel IBT

Koresponding:

Universitas Islam Kediri Kediri,

Jawa Timur, Indonesia

Email:

wahyu.abdycahya@gmail.com

Abstrak

Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Kediri merupakan gardu induk yang melayani sistem 500 kV, 150 kV, dan 20 kV. GITET Kediri pada tahun 2015 memiliki tiga *Inter Bus Transformator* (IBT) 500/150 kV dengan kapasitas masing-masing 500 MVA, lalu pada tahun 2020 ada penambahan satu IBT yang sama. Sedangkan sisi 150 kV sudah terkonfigurasi sejak tahun 2017. Menurut standar IEC 60076-1 tabel 1.6 operasi paralel trafo, empat IBT masih memenuhi syarat karena selisih nilai impedansinya $\pm 7,5\%$ (3,3%, 13,16%, 14,452%, dan 14,375%). Data *breaking capacity* PMT IBT 1,2,4 - 150 kV, Kertosono, Jayakertas, Tulungagung 1&2, Banaran 1&2, Trafo 1, Kopel 1&2, Section A&B sebesar 40 kA dan untuk IBT 3 - 150 kV, Trafo 2 sebesar 50 kA. Arus simulasi dan perhitungan hubung singkat paralel empat IBT untuk tiga fasa yaitu sebesar 26,978 dan 26,548 kA, satu fasa ke tanah yaitu 29,659 dan 30,097 kA, fasa-fasa yaitu 23,363 dan 23,066 kA, fasa-fasa ke tanah yaitu 28,374 dan 28,924 kA (fasa AB) & 28,788 dan 28,996 kA (fasa BC). Berdasarkan analisis tersebut, empat IBT dapat diparalel karena memenuhi selisih nilai impedansi dan untuk semua PMT 150 kV masih layak dioperasikan karena arus gangguan lebih kecil dari kapasitas PMT

Universitas Islam Kediri Kediri, Jawa Timur, Indonesia

Email: rizal.nm@gmail.com

Universitas Islam Kediri Kediri, Jawa Timur, Indonesia

Email: fajaryumono@gmail.com

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu sistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi haruslah bisa dijaga keandalannya dengan sangat baik agar tidak terjadi gangguan bahkan pemadaman yang bisa merugikan banyak pihak. Gardu induk merupakan sub sistem transmisi yang mempunyai fungsi mengubah dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 kV ke 150 kV), dari tegangan tinggi ke sesama tegangan tinggi (150 kV ke 70 kV), atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150/ 70 kV ke 20 kV). Selain itu gardu induk juga sebagai tempat untuk media pengukuran, pengawasan operasi, serta pengamanan sistem tenaga listrik.

Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Kediri berlokasi di kota Kediri, Jawa Timur 64132 tepatnya di jalan Kapten Tendean, Kelurahan Pakunden, Kecamatan Pesantren^[1]. Pada awal operasi tahun 2003, GITET Kediri hanya memiliki satu unit IBT 500/150 kV 500 MVA, lalu tahun 2009 bertambah menjadi dua unit IBT dengan kapasitas yang sama, kemudian ditambah IBT yang ketiga tahun 2015. Dan terakhir yaitu IBT keempat beroperasi pada tahun 2020 yang tidak jarang beroperasi paralel karena kebutuhan sistem untuk pembebanan. Menurut standar IEC 60076-1, dua trafo atau lebih dapat diparalel apabila memiliki polaritas yang sama, tegangan kerja perfasa sama, dan impedansi yang sama^[3]. Sedangkan impedansi yang ada pada empat unit IBT di GITET Kediri tidaklah sama dan sisi 150 kV sudah terkonfigurasi sejak tahun 2017 (tidak ada perubahan/ penggantian peralatan sampai saat ini). Hal itu yang menjadi perhatian penulis untuk melakukan penelitian apakah *breaking capacity* pemutus tenaga (PMT) sisi 150 kV masih layak dioperasikan atau tidak saat terjadi gangguan hubung singkat pada bus 150 kV. Maka perlu adanya *software* penunjang yaitu ETAP *Power Station* 16.0.0 yang digunakan untuk analisa perhitungan arus hubung singkat saat terjadi paralel empat unit IBT di GITET Kediri.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penulisan penelitian ini difokuskan pada parameter yang ada dalam hubung singkat paralel empat IBT 500/150 kV, persentase eror nilai simulasi dan perhitungan manual arus hubung singkat saat empat IBT beroperasi paralel, dan persentase *breaking capacity* masing-masing PMT 150 kV terhadap arus gangguan hubung singkat.

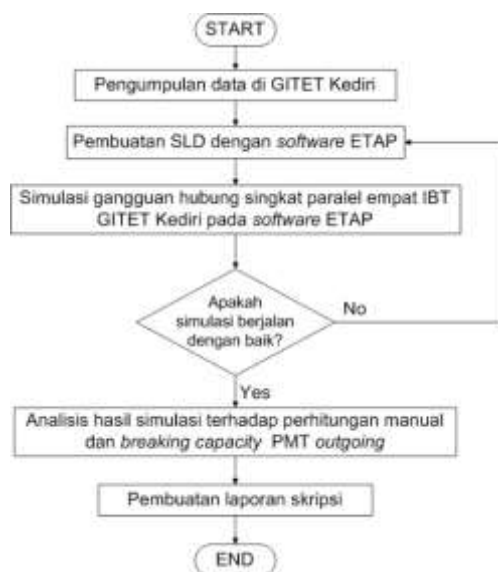
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengembangan (*research and development*) dari analisis yang sudah ada dan bertujuan untuk menjelaskan kesesuaian variabel dengan nilai standar yang telah ditentukan. Data yang diperoleh penulis merupakan data dari PLN Unit Pemeliharaan Transmisi (UPT) Madiun dan dengan melakukan observasi secara langsung di GITET Kediri sehingga mendapatkan data maupun hasil yang sesuai fakta. Dalam melakukan penelitian, untuk menyelesaikan masalah maka dibuatlah rancangan penelitian sebagai berikut:

Pertama, studi literatur pada penelitian ini memiliki tahap dimana penulis melakukan pencarian dan mempelajari berbagai sumber tertulis dari buku dan jurnal yang berkaitan dengan analisis gangguan hubung singkat dengan *software* ETAP agar informasi tersebut bisa menjadi rujukan dan relevan dengan masalah yang dibahas. Berikut merupakan *flowchart* penelitian yang menjadi dasar dalam menyelesaikan penelitian. Lalu mengumpulkan data teknik yang ada di GITET Kediri diantaranya yaitu *Single Line Diagram* (SLD), impedansi IBT, *breaking capacity* PMT 150 kV, dan data pendukung lainnya yang menunjang dalam penelitian skripsi ini. Data parameter ini di dapat dari *nameplate* peralatan baik dari trafo IBT maupun PMT sisi 150 kV seperti *rated kV*, *power rating*, dan *impedance*.

Kemudian analisis data yang dilakukan dengan cara mempelajari informasi yang sudah dikumpulkan untuk proses simulasi menggunakan ETAP. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sudah mencukupi atau belum pada *software* ETAP. Untuk mendapatkan perhitungan secara manual, maka nilai arus gangguan hubung singkat didapatkan dari besarnya tegangan dibagi dengan nilai impedansi dari sumber ke titik gangguan.

Gambar 1
Flowchart Penelitian



Sumber : Data Diolah Penulis, 2021

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter ini merupakan data masukan yang diproses ke dalam ETAP sehingga simulasi berjalan dengan baik dan dapat memberikan keterangan terkait penelitian.

Tabel 3
Parameter *Power Grid* dan Trafo IBT

POWER GRID (SOURCE)					
Connection	Rated kV	SC Impedance (100 MVA)			
		Positif dan negatif		Zero	
3 phase	500	0,0636 (%R)	0,759 (%X)	0,0154 (%R)	0,374 (%X)
TRAFO IBT					
	Voltage Rating (kV)	Power Rating (MVA)	Impedance	Vector Group, Grounding	Breaking CB 150 kV (kA)
IBT 1	500/150	500	13,3%	YYd, solid	40
IBT 2	500/150	500	13,16%	YYd, solid	40
IBT 3	500/150	500	14,452%	YYd, solid	50
IBT 4	500/150	500	14,375%	YYd, solid	40

Sumber : Data Diolah Penulis, 2021

Tabel 4
Parameter Beban (*Load*)

TRAFO DISTRIBUSI						
	Voltage Rating (kV)	Power Rating (MVA)	Load (MVA)	Impedance	Vector Group, Grounding	Breaking CB 150 kV (kA)
Dist 1	150/20	60	27,38	12,5%	YYd, 500 ohm	40
Dist 2	150/20	60	8,286	12,5%	YYd, 500 ohm	40
PENGHANTAR (LINE)						
	Voltage Rating (kV)	Load (MVA)	Length (km)	Breaking CB 150 kV (kA)		
Jayakertas	150	176,58	62,83	40		
Kertosono	150	183,21	60,63	40		
Tulungagung 1	150	18,42	66,374	40		
Tulungagung 2	150	18,46	66,374	40		
Banaran 1	150	244,65	0,72	40		
Banaran 2	150	206,67	0,72	40		

Sumber : Data Diolah Penulis, 2021

Tabel 5
Parameter Kopel, *Section*, dan Busbar

KOPEL dan SECTION				
	Voltage Rating (kV)	Breaking CB 150 kV (kA)	Status CB	
Kopel 1	150	40	<i>Close</i>	
Kopel 2	150	40	<i>Open</i>	
Section A	150	40	<i>Close</i>	
Section B	150	40	<i>Close</i>	
BUSBAR (Rated kV)				
Bus 1	Bus A1	Bus A2	Bus B1	Bus B2
500	150	150	150	150

Sumber : Data Diolah Penulis, 2021

Persentase eror ini digunakan untuk mendapatkan nilai persentase eror simulasi terhadap perhitungan manual yang dianggap benar sehingga diketahui keakuratan ETAP dalam merancang dan menganalisa sistem tenaga listrik terutama pada gangguan hubung singkat.

Hasil perhitungan arus hubung singkat untuk gangguan tiga fasa, satu fasa ke tanah, fasa-fasa, dan fasa-fasa ke tanah ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6
Hasil Perhitungan Arus Gangguan

Gangguan 3 Fasa (3 Phase)	Gangguan 1 Fasa ke Tanah (LG)	Gangguan Fasa-Fasa (LL)	Gangguan Fasa-Fasa ke Tanah (LLG)
26,548 kA	30,097 kA	23,066 kA	28,924 kA dan 28,996 kA

Sumber : Data Diolah Penulis, 2021

Hasil simulasi arus hubung singkat untuk gangguan tiga fasa, satu fasa ke tanah, fasa-fasa, dan fasa-fasa ke tanah ditunjukkan pada tabel 7 s/d 10.

Tabel 7
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa
3-Phase Fault

% V		kA	
From Bus	Symm. rms		
0.00	2	578	

Sumber : Data Diolah Penulis dari Software ETAP 16.0.0, 2021

Tabel 8
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah
Line-To-Ground Fault

% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)			
Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.				
0.00	0.0	96.11	-114.6	94.73	113.0	2	659	1.2	0.000	0.0	0.000	0.0	9.886	9.886	9.886

Sumber : Data Diolah Penulis dari Software ETAP 16.0.0, 2021

Tabel 9
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa
Line-To-Line Fault

% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)			
Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.				
100.00	0.0	50.00	-180.0	50.00	180.0	0.000	0.0	2	363	1	363	3.1	13.489	13.489	0.000

Sumber : Data Diolah Penulis dari Software ETAP 16.0.0, 2021

Tabel 10
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa ke Tanah
Line-To-Line-To-Ground Fault

% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)						Sequence Current (kA)					
Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		I1	I2	I0			
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.						
88.98	0.6	0.00	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	2	374	1	377	2	788	3.0	18.977	8.001	10.977

Sumber : Data Diolah Penulis dari Software ETAP 16.0.0, 2021

Untuk persentase eror nilai simulasi terhadap perhitungan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\% = \frac{[N_{simulasi} - N_{hitung}]}{N_{hitung}} \times 100\% \quad (17)$$

$$\% \text{ 3 phase} = \frac{[26,978 - 26,548]}{26,548} \times 100\% = \mathbf{1,620\%}$$

$$\% \text{ LG} = \frac{[29,659 - 30,097]}{30,097} \times 100\% = \mathbf{1,455\%}$$

$$\% \text{ LL} = \frac{[23,363 - 23,066]}{23,066} \times 100\% = \mathbf{1,288\%}$$

$$\% \text{ LLG} = \frac{[28,374 - 28,924]}{28,924} \times 100\% = \mathbf{1,902\% \text{ (fasa AB)}}$$

$$\% \text{ LLG} = \frac{[28,788 - 28,996]}{28,996} \times 100\% = \mathbf{0,717\% \text{ (fasa BC)}}$$

Persentase arus gangguan terhadap kapasitas PMT dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ kapasitas PMT} = \frac{N_{simulasi}}{\text{Breaking capacity PMT}} \times 100\% \quad (18)$$

Persentase kapasitas PMT saat gangguan 3 fasa dapat dihitung menggunakan persamaan (18):

$$\% \text{ kapasitas PMT 40 kA} = \frac{26,978}{40} \times 100\% = \mathbf{67,445\%}$$

$$\% \text{ kapasitas PMT } 50 \text{ kA} = \frac{26,978}{50} \times 100\% = 53,956\%$$

Persentase kapasitas PMT saat gangguan 1 fasa ke tanah dapat dihitung menggunakan persamaan (18):

$$\% \text{ kapasitas PMT } 40 \text{ kA} = \frac{29,659}{40} \times 100\% = 74,148\%$$

$$\% \text{ kapasitas PMT } 50 \text{ kA} = \frac{29,659}{50} \times 100\% = 59,318\%$$

Persentase kapasitas PMT saat gangguan fasa-fasa dapat dihitung menggunakan persamaan (18):

$$\% \text{ kapasitas PMT } 40 \text{ kA} = \frac{23,363}{40} \times 100\% = 58,408\%$$

$$\% \text{ kapasitas PMT } 50 \text{ kA} = \frac{23,363}{50} \times 100\% = 46,726\%$$

Persentase kapasitas PMT saat gangguan fasa-fasa ke tanah dapat dihitung menggunakan persamaan (18):

$$\% \text{ kapasitas PMT } 40 \text{ kA} = \frac{28,374}{40} \times 100\% = 70,935\% \text{ (fasa AB)}$$

$$\% \text{ kapasitas PMT } 40 \text{ kA} = \frac{28,374}{40} \times 100\% = 71,970\% \text{ (fasa BC)}$$

$$\% \text{ kapasitas PMT } 50 \text{ kA} = \frac{28,788}{50} \times 100\% = 56,748\% \text{ (fasa AB)}$$

$$\% \text{ kapasitas PMT } 50 \text{ kA} = \frac{28,788}{50} \times 100\% = 57,576\% \text{ (fasa BC)}$$

Tabel 11
Persentase Arus Gangguan terhadap *Breaking Capacity* PMT 150 kV

ID PMT 150 kV	<i>Breaking Capacity</i> PMT (kA)	Kapasitas PMT (%)			
		3 Phase	LG	LL	LLG
IBT 1, 2, 4 Kertosono, Jayakertas Jayakertas Tulungagung 1 & 2 Banaran 1 & 2 Trafo 1 Kopel 1 & 2 Section A & B	40	67,445	74,148	58,408	70,935 dan 71,970
IBT 3 Trafo 2	50	53,956	59,318	46,726	56,748 dan 57,576

Sumber : Data Diolah Penulis, 2021

Persentase perbandingan arus gangguan hubung singkat terhadap kapasitas PMT yang memiliki *breaking capacity* 40 kA (IBT 1,2,4 - 150 kV, Kertosono, Jayakertas, Tulungagung 1&2, Banaran 1&2, Trafo 1, Kopel 1&2, dan Section A&B) untuk gangguan tiga fasa, satu fasa ke tanah, fasa-fasa, dan fasa-fasa ke tanah yaitu **67,445%**, **74,148%**, **58,408%**, dan **70,935%** (fasa AB) & **71,970%** (fasa BC). Sedangkan persentase pada PMT yang memiliki *breaking capacity* 50 kA (IBT 3 - 150 kV dan Trafo 2) berturut-turut yaitu **53,956%**, **59,318%**, **46,726%**, dan **56,748%** (fasa AB) & **57,576%** (fasa BC).

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dan pembahasan analisis arus gangguan hubung singkat menggunakan ETAP 16.0.0 maupun perhitungan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu data *nameplate* peralatan sudah bisa dijadikan data entri sebagai parameter pada simulasi ETAP, persentase eror selisih antara nilai simulasi terhadap perhitungan masih dibawah 5% sehingga *software* ETAP dapat digunakan dengan baik untuk analisa gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik, dan persentase arus gangguan hubung singkat dengan kapasitas PMT paling kecil yaitu 46,726% untuk gangguan fasa-fasa pada PMT yang memiliki *breaking capacity* 50 kA dan

paling besar yaitu 74,148% untuk gangguan satu fasa ke tanah pada PMT yang memiliki *breaking capacity* 40 kA. Sehingga semua PMT 150 kV masih layak dioperasikan karena arus gangguan lebih kecil dari kapasitas PMT.

LITERATUR

- Ilham, A. M., Sutjipto, R., & Wibowo, S. S. 2016. Analisis Unjuk Kerja Tiga Unit Inter Bus Transformers 500 MVA 500/150/66 kV di GITET Kediri. *ELPOSYS Jurnal Sistem Kelistrikan* diakses tanggal 24 September 2020.
- Multa, Lesnato., & Prima, Restu. 2013. Modul Pelatihan ETAP 11. *Magatrika UGM* diakses tanggal 30 Oktober 2020.
- PT PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali. 2021. *Buku Petunjuk Pengoperasian Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV Kediri* (No.PC10.TJBTB.MDN.01). Edisi 01. Revisi 02, PLN UIT JBTB, Surabaya.
- PT PLN (Persero). 2014. *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk* (KEPDIR PT PLN (Persero) No.0520-2.K/DIR/2014). PLN, Jakarta.
- S.Georgilakis, Pavlos. 2009. *Spotlight on Modern Transformer Design*. Springer Dordrecht Heidelberg, London-New York.
- Sitepu, R. E. 2014. Perhitungan Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat pada Penyulang UNIB Sistem Distribusi PLN Bengkulu. *Skripsi*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, Bengkulu.