

## **Studi Hubung Singkat Simetris Penyulang UZB, UZM, UZU 20 kV di Gardu Induk Ujung Berung**

**WALUYO, M IQBALLY, TEGUH ARFIANTO**

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: [iqbally025@gmail.com](mailto:iqbally025@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Dampak yang ditimbulkan oleh hubung singkat pada jaringan distribusi sangat besar, berupa kerusakan, kerugian ekonomi, dan membahayakan keselamatan masyarakat yang menimbulkan busur api dan kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar arus hubung singkat yang terjadi pada penyulang distribusi 20 kV. Hasil perhitungan hubung singkatsimetris dibandingkan dengan hasil simulasi Program ETAP untuk mendapatkan hasil perhitungan hubung singkat simetris yang akurat. Hasil perhitungan hubung singkat digunakan untuk menala rele OCR untuk memproteksi penyulang 20 kV sehingga gangguan yang terjadi tidak merusak peralatan listrik. Pada penelitian ini dilakukan studi kasus penyulang UZB, UZM dan UZU di PT PLN Gardu Induk Ujung Berung, data arus hubung singkat yang didapat akan dibandingkan dengan hasil perhitungan. Dari hasil penelitian ini diperoleh arus gangguan terbesar terjadi pada bus 20 kV sebesar 7215 A dan arus gangguan terkecil terjadi pada ujung sirkuit penyulang sebesar 315 A dan diperoleh waktu kerja rele 0,336 detik di bus 20 kV dan diujung sirkuit penyulang 0,458 detik*

**Kata kunci:** hubung singkat, tiga fasa, tegangan, arus, OCR, simetris

### **ABSTRACT**

*The impacts that created by short circuit disturbances on distribution networks are so massive, such as damage, economical loss, and damage to people safety, that can make are fire. This study purpose was to calculate how much the symmetrical short circuit current in 20 kV distribution feeder. The short circuit calculation would be compared to the result in ETAP 12.6, to obtain an accurate calculation. The calculation data would be used as setting of OCR relay feeder, that it did not so harm any equipment. The study was focused on feeder of UZB, UZM, and UZU in PT PLN Ujung Berung substation. The obtained data would be compared to the calculation data. Based on the research the biggest short circuit current on the 20 kV bus was 7215 A and the smallest are in the end of the feeder is 314 A are it was obtained the time setting relay in 20 kV bus was 0.336 second, and at the end of the feeder is 0.4558 second,*

**Keywords:** short circuit, three phase, , voltage, current, OCR , symmetrical

## 1. PENDAHULUAN

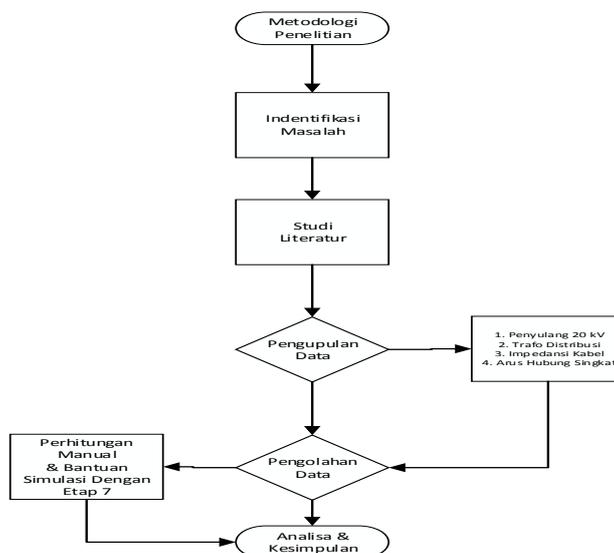
PT PLN merupakan perusahaan utama di Indonesia yang bergerak dalam bidang kelistrikan untuk menerangi seluruh wilayah di negara ini. Dengan demikian, kualitas sistem kelistrikan sangatlah penting untuk dikembangkan dan dipelihara dalam mendistribusikan listrik ke konsumen. PT PLN mempunyai sistem jaringan distribusi 20 kV yang disalurkan ke konsumen, dimana operasi sistem jaringan distribusi tenaga listrik sering terjadi gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992, gangguan merupakan kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau elemen untuk bekerja sesuai fungsinya. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fasa atau hubung singkat fasa ke tanah. Suatu gangguan hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standar ANSI/IEEE Std. 100-1992 (**IEEE Std. 100-1992**).

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat. Dampak dari hubung singkat simetris pada jaringan distribusi sangatlah besar, contohnya mengakibatkan kerusakan, kerugian oleh konsumen, membahayakan keselamatan masyarakat dan mengakibatkan busur api di daerah yang ramai penduduk. Maka dari itu perlu di dalam dan di pelajari tentang studi hubung singkat simetris di jaringan distribusi untuk menunjang data, akan dilakukan analisis pada sistem jaringan distribusi 20 kV yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) Gardu Induk Ujung Berung Bandung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar arus hubung singkat simetris pada penyulang UZB, UZM dan UZU 20 kV.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Langkah Penelitian

Tahapan metodologi penelitian secara umum tertuang dalam bagan Gambar 1 berikut. Dimana untuk melakukan penelitian studi hubung singkat simetris perlu suatu masalah yang terjadi pada tempat studi kasus, kemudian di lanjutkan dengan referensi teori yang akan di pakai untuk mempelajari dan menghitung hubung singkat simetris.



Gambar 1. Bagan alur pengerjaan

## 2.2 Identifikasi Masalah

Studi hubung singkat merupakan metoda untuk mempelajari gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan, seperti pada pembangkit listrik dan saluran distribusi. Gangguan hubung singkat sangat besar akibatnya terhadap kerusakan pada peralatan listrik dan menimbulkan kerugian bagi konsumen listrik. Studi kasus penelitian ini menggunakan data yang dimiliki oleh PT PLN GARDU INDUK UJUNG BERUNG dengan spesifik data Trafo VI, 60 MVA, 150/20 kV dan saluran penyulang distribusi 20 kV.

## 2.3 Pengumpulan Data

Untuk menunjang analisis penelitian ini dilakukan pengumpulan data di PT PLN Gardu Induk Ujung Berung pada sistem distribusi 20 kV dengan spesifikasi data penyulang, kabel, trafo dan beban.

## 2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data hubung singkat ini menggunakan metoda dan *tools* berupa *software* simulasi *PowerStation* ETAP dalam perhitungan. Untuk menunjang perhitungan hubung singkat diperlukan impedansi-impedansi peralatan listrik seperti sistem *infeed*, mesin listrik, transformator, kabel tiga fasa dan konduktor pada instalasi *switcgear*

## 2.5 Perhitungan Hubung Singkat

Berdasarkan standar perhitungan dari IEC, sebuah sumber tegangan ekuivalen yang berada didekat gangguan diganti dengan nilai faktor C (nilai faktor tegangan ekuivalen) digunakan untuk minimum dan maksimum arus perhitungan. Semua mesin dipresentasikan berupa impedansi internalnya. Kapasitansi dan beban statik dari jaringan diabaikan, kecuali untuk sistem urutan nol (**IEC Std 909**).

## 2.6 Metoda Perhitungan

Untuk mempermudah dalam menghitung hubung singkat pada penelitian ini, menggunakan metoda sebagai Metoda komponen simetris digunakan dalam perhitungan yang berhubungan dengan keadaan yang tak seimbang pada perangkat listrik tiga fasadan secara khusus untuk perhitungan hubung singkat yang tidak seimbang pada perangkat listrik. Gangguan hubung singkat tiga fasa sebagai berikut.

$$I_{f.3\phi} = I_{f.a} = I_{f.b} = I_{f.c} I_{3fasa} = \frac{V_s}{\sqrt{3} Z_{1eki}} \dots\dots\dots 2.1$$

# 3. HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS

## 3.1 Deskripsi Saluran Distribusi Sub Sistem Jawa Barat

Dalam penelitian ini dipilih jaringan listrik tegangan menengah penyulang distribusi 20 kV Sub Sistem Gardu Induk Ujung Berung sebagai studi kasus. Pada Gambar 2 dibawah terdapat beberapa sistem tegangan seperti 70 kV, 150 kV dan 500 kV bertujuan untuk memenuhi kebutuhan masing-masing saluran distribusi. Pada penelitian ini penulis hanya difokuskan pengambilan sampel pada sistem penyulang Distribusi 20 kV Gardu Induk Ujung Berung (**Gonan, 1986**).





$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,15^2 + 1,113^2}} = 7215 \text{ Ampere}$$

2. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 25 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,569 + j 1,394)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,569^2 + 1,394^2}} = 5501 \text{ Ampere}$$

3. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 50 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,025 + j 1,7)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{2,025^2 + 1,7^2}} = 4367 \text{ Ampere}$$

4. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 75 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,406 + j 1,957)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{2,406^2 + 1,957^2}} = 3723 \text{ Ampere}$$

5. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 100 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,828 + j 2,24)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{2,828^2 + 2,24^2}} = 3200 \text{ Ampere}$$

### 3.3.2 Gangguan Hubung Singkat Simetris 3 Fasa Penyulang UZM

Untuk menghitung hubung singkat pada penelitian ini dimodelkan titik lokasi gangguan dengan 0 % - 100 %.

1. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 0 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_s}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,15 + j 1,113)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,15^2 + 1,113^2}} = 7215 \text{ Ampere}$$

2. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 25 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,391 + j 1,275)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,391^2 + 1,275^2}} = 6119 \text{ Ampere}$$

3. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 50 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,635 + j 1,438)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,635^2 + 1,438^2}} = 5303 \text{ Ampere}$$

4. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 75 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,878 + j 1,601)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,878^2 + 1,601^2}} = 4679 \text{ Ampere}$$

5. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 100 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,121 + j 1,764)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{2,121^2 + 1,764^2}} = 4185 \text{ Ampere}$$

### 3.3.3 Gangguan Hubung Singkat Simetris 3 fasa Penyulang UZU

Untuk menghitung hubung singkat pada penelitian ini dimodelkan titik lokasi gangguan dengan 0 % - 100 %

1. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 0 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_s}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,15 + j 1,113)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,15^2 + 1,113^2}} = 7215 \text{ Ampere}$$

2. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 25 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,563 + j 1,39)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,563^2 + 1,39^2}} = 5520 \text{ Ampere}$$

3. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 50 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(1,978 + j 1,668)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{1,978^2 + 1,668^2}} = 4462 \text{ Ampere}$$

4. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 75 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,393 + j 1,947)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{2,393^2 + 1,947^2}} = 3742 \text{ Ampere}$$

5. Arus Gangguan 3 fasa pada Titik Gangguan 100 %

$$I_{3fasa} = \frac{\frac{V_n}{\sqrt{3}}}{Z_{1eki}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,808 + j 2,232)}$$

$$= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{2,808^2 + 2,232^2}} = 3219 \text{ Ampere}$$

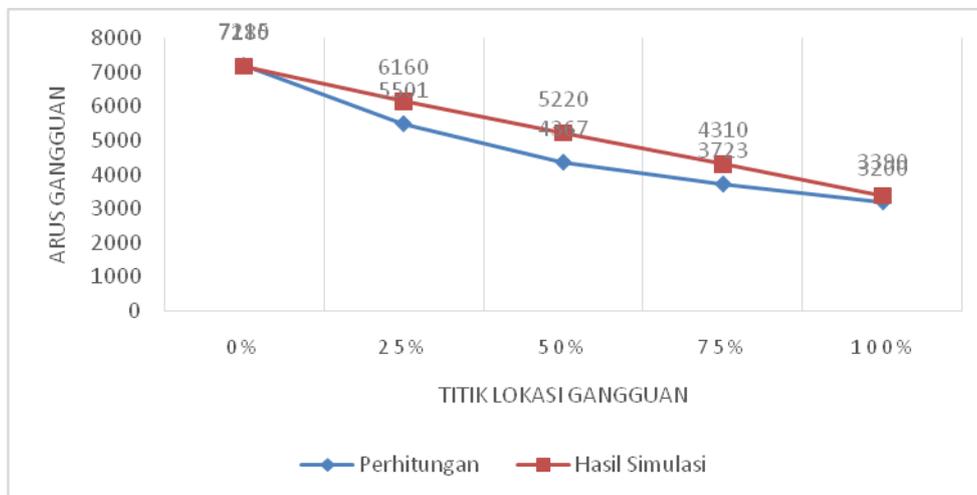
### 3.4 Analisis

Dari perhitungan arus hubung singkat simetris yang dapat pada Tabel 1 hasil yang diperoleh dibandingkan dengan hasil simulasi.

**Tabel 1. Hasil perhitungan dan hasil simulasi hubung singkat simetris pada penyulang UZB**

Titik Gangguan	Perhitungan	Hasil Simulasi
	Arus gangguan simetris 3 fasa	Arus gangguan simetris 3 fasa
0%	7215	7180
25%	5501	6160
50%	4367	5220
75%	3723	4310
100%	3200	3390

Pada Tabel 1 terdapat perbedaan antara perhitungan hubung singkat simetris penyulang UZB terhadap hasil simulasi ETAP. Hal ini dikarenakan pada simulasi memperhitungkan tegangan jatuh untuk memperoleh arus hubung singkat, dan metoda perhitungan impedansi yang berbeda. Pada jarak penyulang 25%-100% terdapat perbedaan hasil yang cukup besar.



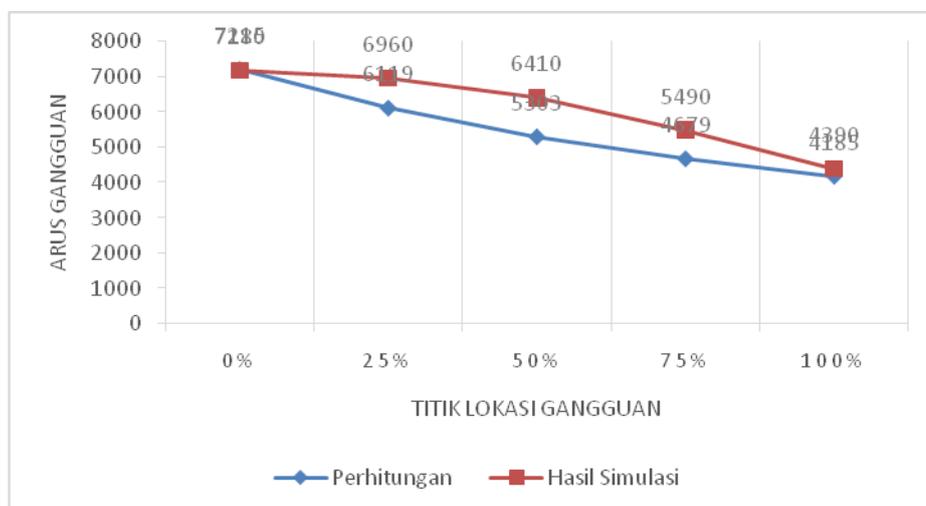
**Gambar 5. Kurva perbandingan arus gangguan pada penyulang UZB**

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan dari hasil perhitungan dan hasil simulasi pada penyulang UZB lokasi gangguan dari 0-100 %.

**Tabel 2. Hasil perhitungan dan hasil simulasi hubung singkat simetris pada penyulang UZM.**

Titik Gangguan	Perhitungan	Hasil Simulasi
	Arus gangguan simetris 3 fasa	Arus gangguan simetris 3 fasa
0%	7215	7180
25%	6119	6960
50%	5303	6410
75%	4679	5490
100%	4185	4390

Penyulang UZM mempunyai perbedaan hasil perhitungan dengan simulasi pada titik lokasi gangguan 25-100%. Hal ini dikarenakan faktor perbedaan metoda perhitungan dengan simulasi.



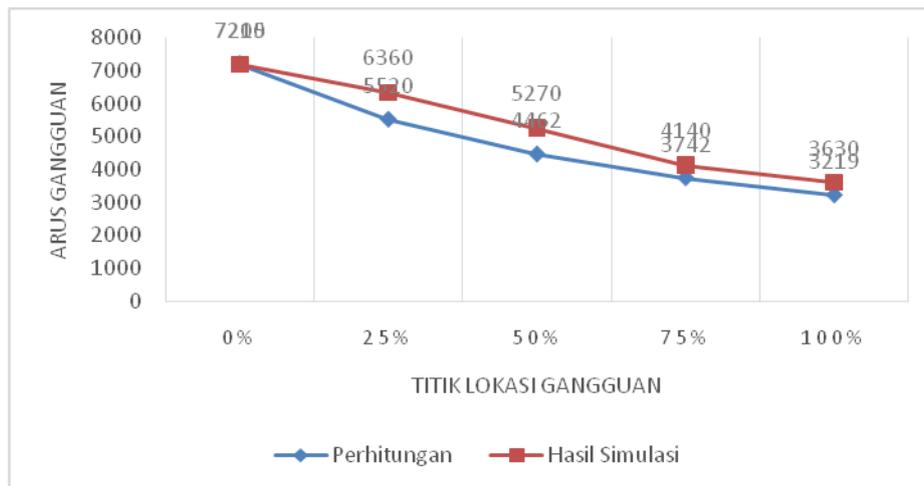
**Gambar 6. Kurva perbandingan arus gangguan pada penyulang UZM**

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan dari hasil perhitungan dan hasil simulasi pada penyulang UZM lokasi gangguan dari 0-100 %.

**Tabel 3. Hasil perhitungan dan hasil simulasi hubung singkat simetris pada penyulang UZU**

Titik Gangguan	Perhitungan	Hasil Simulasi
	Arus gangguan simetris 3 fasa	Arus gangguan simetris 3 fasa
0%	7215	7200
25%	5520	6360
50%	4462	5270
75%	3742	4140
100%	3219	3630

Pada penyulang UZU terdapat perbedaan arus dari perhitungan dan hasil simulasi yang cukup besar. Hal ini disebabkan penyulang UZU lebih panjang dibandingkan dengan penyulang yang lain, sehingga mendapatkan hasil hubung singkat pada titik gangguan 25%-100% sangat berbeda dengan hasil simulasi ETAP. Gambar 7 menunjukkan perbedaan hasil perhitungan dan simulasi pada penyulang UZU.



**Gambar 7. Kurva perbandingan arus gangguan pada penyulang UZU**  
**Tabel 4. Hasil simulasi kontribusi arus hubung singkat dari beban penyulang UZB**

Penyulang UZB Pelanggan Khusus			Arus Kontribusi (A)
Nama GD	Beban kVA	Asumsi 60 % beban motor (kVA)	
PRA 14	550	330	72
CWI 16	350	210	46
VPI 17	2560	1536	303
VTX 18	380	228	49
GMS 11	390	234	51
MSG 12	460	276	61

Tabel 4 merupakan hasil simulasi kontribusi arus hubung singkat simetris beban pada penyulang UZB, dimana terdapat VI beban bersifat dinamik yang memberikan arus kontribusi saat terjadi gangguan hubung singkat simetris tiga fasa.

**Tabel 5. Hasil simulasi kontribusi arus hubung singkat dari beban penyulang UZM**

Penyulang UZM Pelanggan Khusus			Arus Kontribusi (A)
Nama GD	Beban kVA	Asumsi 60 % beban motor (kVA)	
GRUB 17	220	132	29
BTZ 11	1690	1014	204

Tabel 5 adalah hasil simulasi kontribusi arus hubung singkat beban pada penyulang UZM, terdapat 2 beban yang bersifat dinamik dari total beban yang ada pada penyulang UZM.

**Tabel 6. Hasil simulasi kontribusi arus hubung singkat dari beban penyulang UZU**

Penyulang UZU Pelanggan Khusus			Arus Kontribusi (A)
Nama GD	Beban kVA	Asumsi 60 % beban motor (kVA)	
FTX 14	5450	3270	637
MWR 17	350	210	46
HRX 18	510	186	66
JPX 12	520	312	68
JPX 12	385	231	50

Tabel 6 memperlihatkan bahwa beban yang bersifat dinamik akan memberikan kontribusi arus hubung singkat ketika terjadi gangguan di penyulang UZU.

Dari total hasil simulasi penyulang UZB, UZM dan UZU terdapat arus kontribusi dari beban masing-masing penyulang dimana beban yang memberikan kontribusi merupakan beban yang bersifat dinamik. Pada pembagian beban di PLN terdapat dua kategori beban yaitu beban khusus dan beban umum. Pada penelitian ini diasumsikan beban khusus sebagai beban yang bersifat dinamik dimana rata-rata bebannya berupa motor dan diasumsikan 60 % dari total beban di masing-masing penyulang.

**Tabel 7. Hasil perhitungan dan simulasi waktu kerja rele pada saat terjadi gangguan hubung singkat simetris pada penyulang UZB.**

Titik Gangguan	Waktu Kerja Rele Penyulang UZB		Data Existing PLN
	Perhitungan 3 Fasa (Detik)	Hasil Simulasi 3 Fasa (Detik)	Sisi penyulang
25%	0,336	0,535	0,2 Detik
50%	0,379	0,578	
75%	0,416	0,632	
100%	0,458	0,660	

Tabel 7 merupakan hasil perhitungan waktu kerja rele dengan hasil simulasi *software* pada penyulang UZB dengan titik gangguan yang berbeda, dimana hasil yang diperoleh dari perhitungan dan simulasi dibandingkan dengan *existing* PLN. Perbedaan rata-rata sebesar 0,1 detik.

**Tabel 8. Hasil perhitungan dan simulasi waktu kerja rele pada saat terjadi gangguan hubung singkat simetris pada penyulang UZM.**

Titik Gangguan	Waktu Kerja Rele Penyulang UZM		Data Existing PLN
	Perhitungan 3 Fasa (Detik)	Hasil Simulasi 3 Fasa (Detik)	Sisi Penyulang
25%	0,320	0,499	0,2 Detik
50%	0,343	0,516	
75%	0,365	0,550	
100%	0,389	0,609	

Tabel 8 merupakan hasil perhitungan waktu kerja rele dengan hasil simulasi *software* pada penyulang UZM, dimana hasil dari perhitungan dan simulasi dibandingkan dengan *existing* PLN. Besar perbedaan tersebut rata-rata 0,1 detik.

**Tabel 9. Hasil perhitungan dan simulasi waktu kerja rele pada saat terjadi gangguan hubung singkat simetris pada penyulang UZU.**

Titik Gangguan	Waktu Kerja Rele Penyulang UZU		Data Existing PLN
	Perhitungan 3 Fasa (Detik)	Hasil Simulasi 3 Fasa (Detik)	Sisi Penyulang
25%	0,336	0,537	0,2 Detik
50%	0,375	0,586	
75%	0,415	0,656	
100%	0,456	0,700	

Tabel 9 menunjukkan hasil perhitungan waktu kerja rele dengan hasil simulasi *software* pada penyulang UZU, dimana hasil dari perhitungan dan simulasi dibandingkan dengan *existing* PLN. Terdapat perbedaan rata-rata 0,1 detik.

Dari ketiga tabel waktu kerja rele terdapat perbedaan waktu kerja rele dari perhingan dengan hasil simulasi, dimana pada perbedaan ini masih dalam rentang toleransi yang normal, waktu kerja rele dipengaruhi oleh jarak titik gangguan dimana semakin jauh lokasi gangguan semakin besar waktu kerja rele untuk membaca arus gangguan.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan mengenai hubung singkat simetris pada penyulang 20 kV Gardu Induk Ujung Berung, dengan kabel bawah tanah, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan gangguan hubung singkat simetris dari hasil perhitungan dengan hasil simulasi di penyulang UZB, UZM dan UZU yaitu yang peroleh sebesar 7215A - 7180 Adan 3200A – 3390 A.
2. Dari hasil perhitungan waktu kerja rele dengan data yang ada pada PLN terdapat perbedaan 0,1 detik, sehingga dapat secara keseluruhan *setting* OCR yang ada di PLN perlu dikaji ulang supaya rele OCR dapat bekerja dengan optimal.
3. Semakin jauh dengan sumber atau pada titik gangguan 100 % , maka arus gangguan hubung singkat 3 fasa akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh impedansi saluran yang semakin besar

### Daftar Rujukan

- Gonan, T. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*, New York : McGraw-Hill, Inc.
- IEEE Std 100-1991, 1991. *IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms*.
- IEC Std 60909 & 61363, *Automatic Device Evaluation for 3-Phase, 1-Phase, & Panel Systems*.
- M.H. Rashid. 1992. *Power Electronics, Circuits Device and Applications*, Prentice-Hall. International Editions.
- Heriza. 2011. *Studi Hubung Singkat dan Koordinasi Rele Neutral Directional Pada Jaringan Transmisi 115 kV Central Duri-Duri Di PT Chevron Pasific Indonesia*. Tugas Akhir. ITENAS.
- Irfan, Affandi. 2009. *Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Skripsi. Universitas Indonesia.