

# ANALISA STUDI ALIRAN DAYA DAN SISTEM PROTEKSI 20 KV UNTUK MENUNJANG PROGRAM ZERO DOWN TIME DI KAWASAN KOTA SURAKARTA

Andika Destriyana<sup>1\*)</sup>, Jaka Windarta<sup>2</sup> dan Yosua Alvin Adi Soetrisno<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip, Semarang 50275, Indonesia

\*) Email: [andikadestriyana@students.undip.ac.id](mailto:andikadestriyana@students.undip.ac.id)

## Abstrak

*Zero Down Time (ZDT)* merupakan konsep jaringan tanpa padam walaupun terjadi gangguan atau pemeliharaan. Kawasan Manahan Surakarta merupakan kawasan padat ekonomi dan bisnis yang memerlukan suplai listrik yang andal. Perancangan ZDT dilakukan dengan memparalelkan penyulang JJR09 dan JJR10 dari Trafo II GI Jajar. *Line current diferensial relay (87L)* dengan circuit breaker sebagai sistem proteksi. Jatuh tegangan ZDT 20kV berkisar 0,01% hingga 0,372% dimana sesuai standar SPLN tahun 1987 yaitu dibawah 5%. Rugi daya teknis sebesar 42,2kW dengan total daya 12540kW. Kondisi normal arus yang mengalir masuk ke kabel 3 sebesar 306A dengan arus keluar dari kabel 3 sebesar 306,2A. Perbandingan antara arus keluar dan arus masuk yaitu mendekati 1:1 sehingga rele tidak bekerja. Terjadi gangguan hubung singkat pada kabel 3 dengan arus incoming sebesar 12,742kA dan arus dari arah outgoing sebesar 0,985kA. Perbandingan antara arus keluar dan arus masuk yaitu 13:1 sehingga line current differential relay akan bekerja. Relay4 mendeteksi gangguan hubung singkat dalam 20ms kemudian memerintahkan CB8 dan CB9.

*Kata kunci: Zero Down Time, Jatuh Tegangan, Rugi Daya, Line Current Differential Relay*

## Abstract

Zero Down Time (ZDT) is a network concept that does not go out even if there is interruption or maintenance. The Manahan area of Surakarta is an area of dense economy and business that requires a reliable electricity supply. The ZDT design was carried out by parallelizing the JJR09 and JJR10 feeders from Transformer II GI Jajar. Line current differential relay (87L) with circuit breaker as protection system. The ZDT 20 kV voltage drop ranges from 0.01% to 0.372% which according to the 1987 SPLN standard is below 5%. The technical power loss is 42.2 kW with a total power of 12540 kW. Under normal conditions, the current flowing into cable 3 is 306 A with a current flowing out of cable 3 of 306.2 A. The ratio between the outflow and inflow is close to 1:1 so the relay does not work. The short circuit fault on cable 3 with an incoming current of 12.742 kA and a current from the outgoing direction of 0.985 kA. The ratio between the output current and the incoming current is 13:1 so that the line current differential relay will work. Relay4 detects short circuit fault within 20ms then commands CB8 and CB9.

*Keywords: Zero Down Time, Voltage Drop, Power Loss, Line Current Differential Relay*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik yang andal merupakan salah satu kebutuhan utama dalam dunia bisnis dan industri. Salah satu kawasan di Surakarta yang memerlukan pasokan listrik yang andal terdapat di kawasan sekitar Stadion Manahan. Di kawasan ini terdapat banyak perhotelan, pertokoan, perkantoran, mall, rumah sakit, dan fasilitas umum lain.

Salah satu cara yang dapat diterapkan untuk menyediakan pasokan energi listrik yang andal adalah dengan menerapkan konsep jaringan *Zero Down Time (ZDT)*. *Zero*

*down time (ZDT)* merupakan suatu konsep jaringan yang didesain tanpa padam walaupun terjadi gangguan hubung singkat di jaringan maupun adanya pemeliharaan jaringan [1]. Untuk itu, perlu dilakukan studi aliran daya dan sistem proteksi yang dapat menunjang konsep jaringan *Zero Down Time (ZDT)*.

Penelitian sebelumnya dengan judul “*Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program Zero Down Time (ZDT) di Kawasan Sudirman Central Business Distric (SCBD) menggunakan Software ETAP 12.6*” oleh Riza Samsinar menunjukkan simulasi keandalan jaringan *zero down time* menggunakan ETAP 12.6 memiliki jatuh tegangan hasil

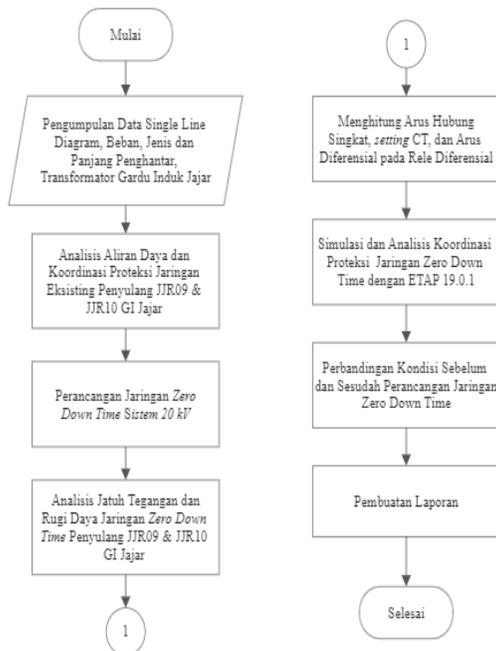
rekonfigurasi masih dalam standar toleransi[2]. Terdapat penelitian lainnya oleh I Wayan Sukadana dengan judul “Koordinasi Proteksi Arus Lebih Penyulang Tembuku terhadap Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) ULP Bangli” yang menunjukkan bahwa kesalahan koordinasi sistem proteksi dapat mempengaruhi indeks keandalannya[3].

Studi aliran daya merupakan penentuan dan perhitungan daya, tegangan, arus, dan faktor daya atau daya reaktif pada titik-titik yang berbeda dalam jaringan listrik saat kondisi operasi normal[4]. Selain melakukan studi aliran daya, dilakukan juga analisis terkait sistem proteksi yang akan menunjang konsep jaringan Zero Down Time (ZDT). Rele utama yang digunakan dalam konsep ZDT yaitu *line current differential relay*. *Line current differential relay* merupakan rele differensial yang digunakan sebagai sistem proteksi pada saluran transmisi ataupun distribusi. Prinsip kerja *line current differential relay* berdasarkan hukum kirchoff 1 yaitu dengan membandingkan arus yang masuk dengan arus yang keluar dari kabel saluran[5]. Dalam melakukan studi aliran daya dan sistem proteksi yang menunjang konsep jaringan Zero Down Time (ZDT) digunakan bantuan software ETAP 19.0.1.

## 2. Metode

### 2.1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan perancangan dalam melakukan analisa studi aliran daya dan sistem proteksi 20 kV untuk menunjang program zero down time di kawasan kota Surakarta dapat dilihat pada Gambar 1.



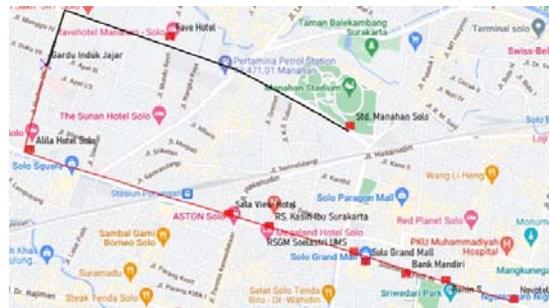
Gambar 1 Flowchart Penelitian

### 2.2. Pengumpulan Data

Keperluan data pada penelitian ini, dilakukan secara langsung ke Kota Surakarta dengan melakukan observasi serta wawancara dengan pihak UP3 Surakarta dan ULTG Jajar. Kegiatan pengambilan data ini diperoleh data – data berupa lokasi perencanaan, *single line diagram*, data transformator, data saluran, dan data beban. Berikut data primer yang digunakan dalam penelitian ini.

#### 2.2.1. Lokasi Perancangan Zero Down Time 20 kV

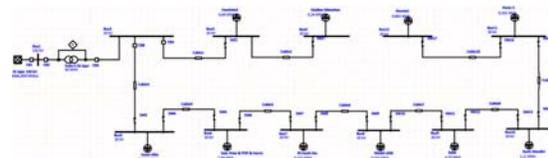
Berdasarkan observasi yang dilakukan, lokasi perancangan zero down time 20 kV di Kota Surakarta akan dilakukan di sekitar Stadion Manahan dan Jl. Slamet Riyadi kota Surakarta. Penentuan lokasi ini dilakukan dengan pertimbangan penyulang yang digunakan dalam perancangan yaitu penyulang JJR9 dan JJR10 dari trafo II gardu induk Jajar.



Gambar 2 Lokasi Perancangan Zero Down Time

#### 2.2.2. Single Line Diagram Jaringan Eksisting dan Zero Down Time

*Single line diagram* jaringan distribusi 20 kV eksisting di Kawasan Manahan yang nantinya akan dirancang menjadi jaringan zero down time bertipe jaringan radial. Jaringan eksisting ini merupakan jaringan yang disuplai oleh GI Jajar 150 kV. Trafo yang digunakan adalah Trafo II GI Jajar dengan penyulang JJR09 dan JJR10 seperti Gambar 3.



Gambar 3 Single Line Diagram Eksisting

### 2.2.3. Data Sumber GI Jajar 150 kV

Data sumber Gardu Induk Jajar 150 kV diperoleh dari survei lapangan secara langsung dengan datang ke PT. PLN ULTG Surakarta. Data yang diperlukan berupa data arus hubung singkat 3 fasa. Nilai arus hubung singkat 3 fasa di GI Jajar yaitu sebesar 14,924 kA.

### 2.2.4. Data Transformator II 60 MVA GI Jajar

Data Transformator II 60 MVA Gardu Induk Jajar diperoleh dari *nameplate* transformator yang berada di PT. PLN ULTG Surakarta seperti yang disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data Transformator II 60 MVA Gardu Induk Jajar

Nama/Besaran	Keterangan
Merk	PASTI Power Transformer
Frequency	50 Hz
Rated Power	60 MVA
Phase	3
Connection Symbol	YNyn0(d)
Impedansi	12,981%
Rating Tegangan	150/20 kV

### 2.2.5. Data Penghantar

Data panjang, jenis, dan diameter penghantar jaringan TM 20 kV GI Jajar diambil dari PT. PLN UP3 Surakarta. Jenis penghantar eksisting dalam penelitian ini hanya menggunakan 2 jenis penghantar, yaitu N2XSEYFGbY 3x300 mm<sup>2</sup> bertipe kabel tanah dan kabel MVTIC 3x240 mm<sup>2</sup> yang merupakan saluran udara tegangan menengah. Perancangan ZDT ini akan menggunakan jenis kabel tanah saja, sehingga saluran udara tegangan menengah akan ganti dengan jenis kabel tanah.

### 2.2.6. Data Beban

Data beban di penyulang JJR09 dan JJR10 diperoleh melalui hasil survei di lapangan seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data Beban penyulang JJR09 dan JJR10  
Beban penyulang JJR09 dan JJR10

Penyulang	Beban	Daya (kVA)
JJR10	Stadion Manahan	240
	Favehotel	690

Tabel Lanjutan

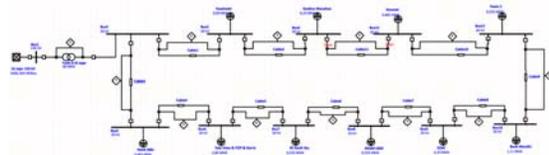
Beban penyulang JJR09 dan JJR10

Penyulang	Beban	Daya (kVA)
JJR09	Hotel Alila	3465
	Harris Hotel	1730
	POP Hotel	555
	Sala View	555
	RS. Kasih Ibu	555
	RSGM Soelastru UMS	555
	Solo Grand Mall	4330
	Bank Mandiri	1110
	Panin S	555
	Novotel Hotel	865

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.2. Perancangan Jaringan *Close Loop* dengan Konsep *Zero Down Time*

Jaringan baru untuk menunjang konsep *zero down time* adalah menggunakan jaringan *close loop*. Pada jaringan *close loop* ini, akan digunakan *line current differential relay* sebagai alat proteksi. *Single line diagram* jaringan baru dalam bentuk *close loop* dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4 *Single Line Diagram* Jaringan *Close Loop*

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa dalam perencanaan ini, akan digunakan 1 (satu) buah transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Jajar untuk menyuplai beban di Kawasan Manahan yang termasuk pada sistem *zero down time*. Pada jaringan *close loop*, arus atau daya listrik dapat mengalir dari kedua arah yang berbeda. Jaringan *close loop* terbentuk dengan memparalelkan dua penyulang yaitu penyulang JJR09 dan JJR10. Rekonfigurasi ini dilakukan dengan tujuan agar saat salah satu saluran di penyulang mengalami pemadaman maka bisa di-*back up* oleh penyulang lainnya. Perancangan jaringan *zero down time* juga mengganti LBS (*Load Break Switch*) dengan CB (*Circuit Breaker*). Rele proteksi utama yang digunakan yaitu *line current differential relay* (87L) yang terpasang dikabel saluran. Maka dari itu, jaringan ini cocok digunakan pada sistem *zero down time*, yang dalam manuver operasinya tidak diperbolehkan untuk padam dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi

### 3.3. Analisis Konfigurasi Jaringan Baru

Analisis pada konfigurasi jaringan baru untuk menunjang konsep *zero down time* bertujuan untuk mengetahui apakah rancangan ini sudah memenuhi standar yang berlaku dan sistem dapat bekerja dengan baik dan aman. Analisis dilakukan dengan simulasi pada *software* ETAP 19 dan melakukan perhitungan manual sebagai validasi hasil simulasi. Analisis yang dilakukan antara lain adalah analisis jatuh tegangan, rugi daya dan koordinasi proteksi

#### 3.3.1. Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Close Loop

Pada perancangan ini, nilai jatuh tegangan didapatkan berdasarkan hasil simulasi pada ETAP 19 dan perhitungan manual. Perhitungan jatuh tegangan secara manual dapat dihitung dengan parameter pada bus2 – bus3 (kabel 1) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_s &= 19,663 \text{ kV} \\
 V_R &= 19,633 \text{ kV} \\
 \text{Sehingga diperoleh,} \\
 \Delta V &= \frac{V_s - V_R}{V_s} \times 100\% \quad (1) \\
 \Delta V &= \frac{19,663 - 19,633}{19,663} \times 100\% \\
 \Delta V &= 0,153\%
 \end{aligned}$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan cara yang sama pada kabel lainnya yaitu kabel 2 – kabel 11.

Tabel 3 Nilai Jatuh Tegangan Jaringan ZDT

Bus	Tegangan	Tegangan	Persentase
Dari	Ke	Kirim (kV)	Terima (kV) (%)
bus2	bus3	19,663	19,633 0,153
bus3	bus4	19,633	19,579 0,275
bus4	bus12	19,579	19,552 0,138
bus12	bus11	19,552	19,543 0,046
bus11	bus10	19,543	19,540 0,015
bus10	bus9	19,540	19,538 0,010
bus2	bus5	19,663	19,638 0,127
bus5	bus6	19,638	19,565 0,372
bus6	bus7	19,565	19,556 0,046
bus7	bus8	19,556	19,541 0,077
bus8	bus9	19,541	19,538 0,015

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan nilai jatuh tegangan di setiap bus pada perancangan ini masih memenuhi SPLN 72 tahun 1987 yaitu kurang dari 5%.

#### 3.3.2. Analisis Rugi Daya Jaringan Close Loop

Pada perancangan ini, nilai rugi daya didapatkan berdasarkan hasil simulasi pada ETAP 19 dan perhitungan manual. Perhitungan rugi daya secara manual dapat dihitung dengan parameter pada bus2 – bus3 (kabel 1) rumus (2).

$$\begin{aligned}
 I &: 122,9 \text{ A} \\
 L &: 1,3 \text{ km} \\
 R &: 0,08 \text{ ohm} \\
 \text{Sehingga diperoleh,} \\
 \text{Rugi Daya} &= 3 \times I^2 \times R \times L \quad (2) \\
 \text{Rugi Daya} &= 3 \times (122,9)^2 \times 0,08 \times 1,3 \\
 \text{Rugi Daya} &= 4,7 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan cara yang sama pada kabel lainnya yaitu kabel 2 – kabel 11.

Tabel 4 Nilai Rugi Daya Jaringan ZDT

Bus	Rugi Daya
Dari	Ke (kW)
bus2	bus3 4,7
bus3	bus4 3,1
bus4	bus12 3,0
bus12	bus11 0,8
bus11	bus10 0,2
bus10	bus9 0,1
bus2	bus5 9,0
bus5	bus6 17,5
bus6	bus7 1,4
bus7	bus8 1,9
bus8	bus9 0,020

Tabel 4 menunjukkan total keseluruhan nilai rugi daya pada perencanaan ini adalah sebesar 42,2 kW, dimana daya total yang tersalur dari Gardu Induk Jajar adalah sebesar 12540 kW. Berdasarkan data tersebut, nilai presentase rugi daya pada perancangan *zero down time* adalah sebesar 0,343%. Nilai rugi daya memenuhi target rugi jaringan Ditjen Ketenagalistrikan tahun 2022 yaitu rugi daya maksimal sebesar 8,93%.

### 3.4. Simulasi dan Analisis Koordinasi Protrksi Jaringan Close Loop

Simulasi dan analisa koordinasi proteksi jaringan *close loop* dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kerja dari *current transformer*, *line current differential relay*, dan *circuit breaker* yang terpasang dalam sistem *zero down time*.

#### 3.4.1. Analisis Arus Diferensial saat Gangguan

Analisis arus diferensial dilakukan untuk mengetahui sistem kerja *line current differential* yang digunakan pada jaringan sistem distribusi yang diproteksinya. *Line current differential* akan membandingkan arus yang masuk ke kabel dan keluar dari kabel jaringan distribusi.

##### A. Penentuan Rasio CT (Current Transformer)

*Line current differential* membandingkan arus dengan bantuan CT (*Curent Transformer*) yang terpasang disisi masuk dan keluar dari jaringan. Berdasarkan kondisi

tersebut, penentuan rasio CT untuk *line current differential* sebaiknya mendekati nilai arus rating ( $I_{rating}$ ).

Rasio CT ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$I_{nominal} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_p} \quad (3)$$

$$I_{nominal} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}}$$

$$I_{nominal} = 1732,051 \text{ A}$$

Setelah menentukan nilai arus nominal, maka dicari nilai  $I_{rating}$  dengan persamaan sebagai berikut.

$$I_{rating} = 110\% \times I \quad (4)$$

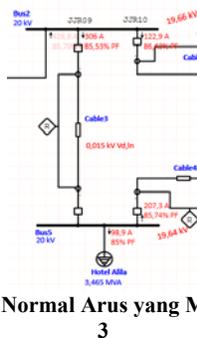
$$I_{rating} = 110\% \times 1732,051$$

$$I_{rating} = 1905,265 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan nilai arus *rating* di atas, maka dapat ditentukan nilai rasio CT-nya. Nilai rasio CT harus lebih besar dari nilai arus *rating* hasil perhitungan. Oleh karena itu, *setting* rasio CT yang diterapkan dalam perancangan *zero down time* yaitu sebesar 2000:5 A atau 400:1 A.

### B. Arus Diferensial saat Gangguan

Saat dalam kondisi normal, *line current differential* tidak akan bekerja karena arus masuk dan keluar memiliki perbandingan 1 atau mendekati 1. Perhitungan arus diferensial pada *line current differential relay* pada kabel 3 sebagai berikut.



Gambar 5 Kondisi Normal Arus yang Mengalir pada Kabel 3

Gambar 5 menunjukkan kondisi normal arus yang mengalir masuk ke kabel 3 yaitu sebesar 306 A, sedangkan untuk arus yang keluar dari kabel 3 dibagi menjadi 98,9 A mengalir ke beban hotel Alila dan 207,3 A ke kabel 4. Berdasarkan data tersebut, diperoleh nilai arus diferensial kabel 3 sebagai berikut.

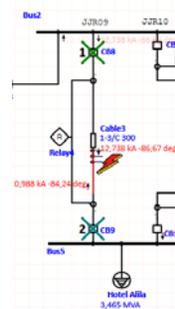
$$I_{diff} = I_{out} - I_{in} \quad (5)$$

$$I_{diff} = (98,9 + 207,3) - 306 \text{ A}$$

$$I_{diff} = 306,2 - 306 \text{ A}$$

$$I_{diff} = 0,2 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai  $I_{diff}$  kabel 3 saat kondisi normal yaitu sebesar 0,2 A dan perbandingan antara arus masuk dan arus keluar mendekati 1:1 sehingga *line current differential relay* tidak akan bekerja.



Gambar 6 Kondisi Gangguan Arus Hubung Singkat pada Kabel 3

Gambar 6 menunjukkan kondisi saat terjadi gangguan arus hubung singkat pada kabel 3. Arus hubung singkat dari sisi *incoming* kabel 3 ke titik gangguan sebesar 12,738  $\angle$ -86,67° atau 12,742 kA. Arus hubung singkat dari sisi *outgoing* kabel 3 ke titik gangguan sebesar 0,988  $\angle$ -84,24° atau 0,985 kA. Berdasarkan data tersebut, diperoleh nilai arus diferensial kabel 3 sebagai berikut.

$$I_{diff} = I_{out} - I_{in}$$

$$I_{diff} = 12,742 - 0,985 \text{ kA}$$

$$I_{diff} = 12,741015 \text{ kA}$$

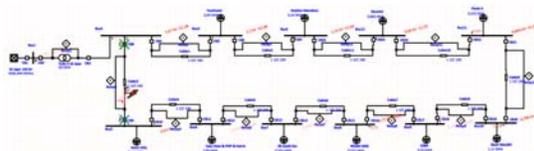
$$I_{diff} = 12741 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai  $I_{diff}$  kabel 3 saat kondisi gangguan hubung singkat yaitu sebesar 12741 A dan perbandingan antara arus masuk dan arus keluar sebesar 13:1 sehingga *line current differential relay* akan bekerja.

### 3.4.2. Analisis Arus Diferensial saat Gangguan

Analisis koordinasi proteksi pada *zero down time* dilakukan dengan studi kasus yaitu memberikan arus hubung singkat di beberapa titik yang berbeda. Titik hubung singkat akan berada di wilayah kerja rele diferensial yaitu dikabel penghantar. Simulasi koordinasi proteksi dilakukan dengan bantuan *software* ETAP 19.0.1 melalui fitur *Star Protective Device*.

Contoh simulasi akan dilakukan dengan memberikan arus gangguan pada kabel 3 dalam jaringan *close loop*. Pemilihan ini dikarena kabel 3 merupakan kabel penghantar terjauh dari penyulang JJR10 dalam rekonfigurasi jaringan *close loop*.

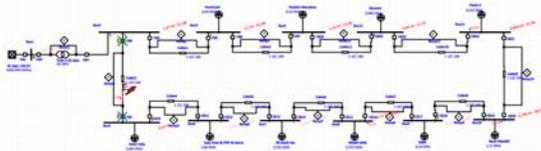


Gambar 7 Titik Gangguan Hubung Singkat Pada Kabel 3

Time (ms)	ID	I (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
20.0	Relay4		20.0		Phase - 87
85.0	CB8		65.0		Tripped by Relay4 Phase - 87
85.0	CB9		65.0		Tripped by Relay4 Phase - 87

Gambar 8 Sequence of Operation Saat Terjadi Gangguan di Kabel 3

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan ketika terjadi gangguan hubung singkat pada kabel 3 yang menghubungkan bus2 dan bus5. Akibat adanya arus gangguan hubung singkat tersebut maka sistem proteksinya akan bekerja. *Line current differential relay* yang terpasang pada kabel 3 yaitu relay4 akan mendeteksi adanya gangguan hubung singkat dalam waktu 20 ms. Setelah terdeteksi adanya gangguan, relay2 akan memerintahkan CB8 dan CB9 untuk trip pada waktu yang bersamaan yaitu 85 ms setelah terjadi gangguan seperti yang terlihat pada *Sequence of Operation* Gambar 8. Kinerja koordinasi proteksi telah memenuhi syarat sistem proteksi *reliability* atau keandalan, selektif dan cepat dalam mengatasi gangguan.



Gambar 9 Suplai Beban Penyulang Setelah Terjadi Gangguan di Kabel 3

Gambar 9 menunjukkan kondisi saat terjadi gangguan hubung singkat di kabel 3 yang menghubungkan bus2 dengan bus5. Akibatnya CB8 dan CB9 mengalami trip sehingga beban yang disuplai oleh JJR09 akan disuplai penyulang JJR10 sehingga tercipta kondisi *zero down time* atau tidak terjadi pemadaman.

#### 4. Kesimpulan

Jatuh tegangan jaringan zero down time 20 kV memiliki nilai dengan rentang 0,01% hingga 0,372%. Nilai jatuh tegangan sesuai standar SPLN tahun 1987 yaitu dibawah 5%. Rugi daya teknis setelah penerapan sistem zero down time yaitu sebesar 53,3 kW dengan total daya dari Gardu Induk Jajar sebesar 12540 kW. Berdasarkan data tersebut, nilai presentase rugi daya pada perancangan zero down time adalah sebesar 0,425%. Analisis dilanjutkan dengan koordinasi sistem proteksi yang dirancang. Pada saat kondisi normal arus yang mengalir masuk ke kabel 3

sebesar 306 A dengan arus keluar dari kabel 3 sebesar 306,2 A. Perbandingan antara arus keluar dan arus masuk yaitu mendekati 1:1 sehingga rele tidak bekerja. Terjadi gangguan hubung singkat pada kabel 3 dengan arus incoming sebesar 12,742 kA dan arus dari arah outgoing sebesar 0,985 kA. Perbandingan antara arus keluar dan arus masuk yaitu 13:1 sehingga *line current differential relay* akan bekerja. Relay4 yang terpasang pada kabel 3 mendeteksi gangguan hubung singkat dalam waktu 20 ms kemudian memerintahkan CB8 dan CB9 untuk trip pada waktu yang bersamaan yaitu 85 ms setelah terjadi gangguan.

#### REFERENSI

- [1] M. A. Zamzami, "Analisis Peningkatan Keandalan Kawasan Industri Makassar (KIMA) dengan Konsep Desain Jaringan Zero Down Time," Universitas Muhammadiyah Makassar, 2019.
- [2] R. Samsinar dan W. Wiyono, "Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program Zero Down Time (ZDT) di Kawasan Sudirman Central Business Distric (SCBD) menggunakan Software ETAP 12.6," Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2020.
- [3] I. W. Sukadana dan R. F. Ramadhani, "Koordinasi Proteksi Arus Lebih Penyulang Tembuku terhadap Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) ULP Bangli," J-Eltrik, vol. 2, no. 2, 2020.
- [4] N. Cahyo, "Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik PT. Indofood CBP Sukses Makmur, TBK Divisi Food Seasoning Semarang Menggunakan ETAP 12.6," Universitas Semarang, 2018.
- [5] N. B. Dharmawan dkk., *Studi Sistem Proteksi Line Current Differential Relay Pada Saluran Transmisi 150 kV, SPEKTRUM*, vol. 7, no. 1, 2020.