

**PENINGKATAN SISTEM JARINGAN *ZERO DOWN TIME* DENGAN
DUA TRANSFORMATOR BERBEDA DI GARDU INDUK NEW
JAKABARING**



SKRIPSI

**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**MAYANG AGUSTINI
03041381823067**

**TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN SISTEM JARINGAN *ZERO DOWN TIME* DENGAN DUA TRANSFORMATOR BERBEDA DI GARDU INDUK NEW JAKABARING



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

OLEH :

MAYANG AGUSTINI

03041381823067

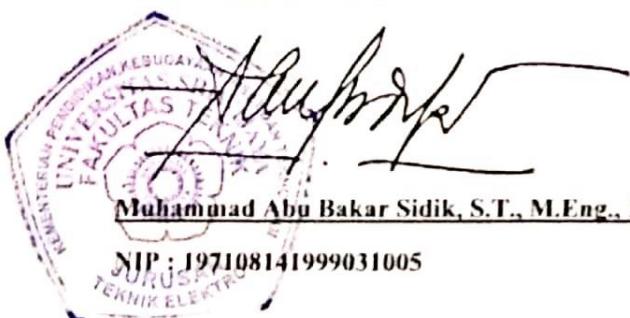
Palembang, 15 September 2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Mengetahui,

Pembimbing Utama



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

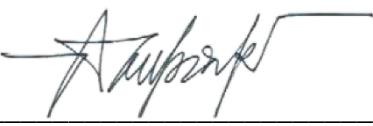
Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan

 : _____Pembimbing Utama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D

Tanggal

: 15 / September / 2022

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mayang Agustini

NIM : 03041381823067

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PENINGKATAN SISTEM JARINGAN *ZERO DOWN TIME* DENGAN
DUA TRANSFORMATOR BERBEDA DI GARDU INDUK NEW
JAKABARING**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di Palembang

Pada Tanggal : 15 September 2022

Yang menyatakan,



Mayang Agustini

NIM. 03041381823067

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mayang Agustini
NIM : 03041381823067
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan

Software iThenticate/Turnitin : 7%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Peningkatan Sistem Jaringan Zero Down Time Dengan Dua Transformator Berbeda Di Gardu Induk New Jakabaring” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, 15 September 2022



Mayang Agustini

NIM. 03041381823067

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadirat Allah SWT. serta salam dan shalawat tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan karunianya Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Peningkatan Sistem Jaringan *Zero Down Time* Dengan Dua Transformator Berbeda di Gardu Induk *New Jakabaring*”.

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, ayah Haris Afriansyah dan ibu Mariyam, saudari dan saudara saya Yeni Efriani & Ali Rahman, Almh Veni Evriani, Ari Triandini & Ani Komala Sari, dan Julius Aditya beserta keponakan-keponakan saya yang senantiasa mendoakan dan mendukung atas kelancaran dalam menulis tugas akhir ini.
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng, Ph.D. juga merupakan pembimbing utama penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, nasehat, arahan, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaiannya skripsi ini.
3. Bapak Muhammad Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D., Bapak Djulil Amri, S.T., M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., dan Ibu Dr. Syarifa Fitria, S.T. selaku dosen penguji pada seminar proyek 1 (Proposal) dan seminar proyek 2 (Tugas Akhir) yang telah memberikan saran dan masukan.
4. Dosen pembimbing akademik Ibu Ike Bayusari, S.T., M.Eng. yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberikan saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.

6. Kak Ilham Romadhon, S.T. selaku mentor di PT. PLN selama mengerjakan tugas akhir ini.
7. Astri Winanda S.T. selaku sahabat saya yang selalu memberikan semangat, motivasi, yang selalu menemani, serta membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rani Zahara, Silvia Dwi Agustina dan Grup *Always Happy Girls* (Astri Winanda, S.T., Siti Sarah Srianindi, S.T., Salsabila Dwi Rajayu, S.T., Nazzilni Mardhiyati, S.T., Farah Faradhilah, S.T., dan Rini Oktarina, S.T.) yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta mendorong penulis agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
9. Teman-teman seperbimbingan (Indah Febiola S.T., Yusup Alkap S.T., kak Ari Gunawan, Sutra Purnama, Julio Bakara, Nurhabiba, Satria Sadam, Nafiz Azhari, Farliansyah dan Refangga) yang selalu memberikan dukungan.
10. Keluarga besar *Electrafor Kavaleri* angkatan 2018 dan Himpunan Mahasiswa Elektro.
11. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diharapkan kepada pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun bagi skripsi ini.

Palembang, 15 September 2022



Penulis

ABSTRAK

PENINGKATAN SISTEM JARINGAN *ZERO DOWN TIME* DENGAN DUA TRANSFORMATOR BERBEDA DI GARDU INDUK NEW JAKABARING

(Mayang Agustini, 03041381823067, 134 halaman)

Pada penelitian ini membahas mengenai peningkatan *Zero Down Time* untuk kawasan *Jakabaring Sport City* yang awalnya hanya di *supply* dari satu trafo menjadi dua transformator berbeda untuk *mensupply* sistem jaringan *loop* di kawasan *Jakabaring Sport City* yang akan disimulasikan menggunakan *software* ETAP 19.0. *Zero Down Time* merupakan rekonfigurasi dari jaringan *spindle* menjadi jaringan *loop*. Sistem proteksi yang digunakan adalah sistem proteksi jaringan *close loop* dimana *line differential relay* menjadi proteksi utama dan *overcurrent relay* sebagai proteksi *back up*. Dilakukan simulasi pada ETAP 19.0 untuk rangkaian *Single Line Diagram* untuk kawasan *Jakabaring Sport City* dengan dua *Feeder* yang berbeda yaitu *Feeder Sriwijaya* dan *Feeder Demak* dari Transformator Daya 1 dan Transformator Daya 2 di Gardu Induk yang sama yaitu Gardu Induk New Jakabaring dan didapatkan bahwa penggunaan dua Trafo sebagai *supply* untuk pelanggan memiliki tingkat kehandalan yang lebih baik dan pelanggan tidak akan merasakan *blackout*.

Kata Kunci – *Zero Down Time; Over Current Relay; Ground Fault Relay, Relay Differential Overcurrent Relay; Hubung Singkat.*

ABSTRACT**PENINGKATAN SISTEM JARINGAN ZERO DOWN TIME DENGAN
DUA TRANSFORMATOR BERBEDA DI GARDU INDUK NEW
JAKABARING**

(Mayang Agustini, 03041381823067, 134 pages)

This study discusses increasing Zero Down Time for the Jakabaring Sport City area which was initially only supplied from one transformer to two different transformers to supply a loop network system in the Jakabaring Sport City area which will be simulated using ETAP 19.0 software. Zero Down Time is the reconfiguration of the spindle network into a loop network. The protection system used is a closed loop network protection system where the line differential relay is the main protection and the overcurrent relay is the back up protection. Simulation has been carried out in ETAP 19.0 for the Single Line Diagram circuit in the Jakabaring Sport City area with two different feeders, the Sriwijaya Feeder and the Demak Feeder from Transformer 1 and Transformer 2 at the same Switchyard, the New Jakabaring's Switchyard and it was found that the use of two transformers as supply to customers has a better level of reliability and customers will not experience blackouts.

Keywords – Zero Down Time; Over Current Relay; Ground Fault Relay; Relay Differential Overcurrent Relay; Short Circuit.

DAFTAR ISI

| | |
|--|--------------|
| COVER | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN DOSEN | iii |
| PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KE-PENTINGAN AKADEMIS | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| ABSTRAK..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR RUMUS | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Sistem Tenaga Listrik | 5 |
| 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik | 6 |
| 2.3 Jenis – Jenis Konfigurasi Sistem Distribusi | 8 |
| 2.3.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial..... | 8 |
| 2.3.2 Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i> | 9 |
| 2.3.3 Sistem Jaringan Distribusi <i>Spindel</i> | 9 |
| 2.4 Gangguan Sistem Distribusi..... | 10 |
| 2.5 Keandalan Sistem Distribusi | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6 SAIDI (<i>System Average Interruption Frequency Index</i>) | 13 |
| 2.7 SAIFI (<i>System Average Interruption Duration Index</i>) | 13 |
| 2.8 CAIDI (<i>Customer Average Interruption Duration Index</i>)..... | 13 |
| 2.9 Sistem Proteksi Jaringan <i>Close Loop</i> | 14 |
| 2.10 <i>Zero Down Time (ZDT)</i> | 15 |
| 2.11 Sistem Proteksi Transformator | 16 |
| 2.12 Rele Proteksi..... | 17 |
| 2.13 <i>Line Differential Overcurrent Relay</i> | 18 |
| 2.14 <i>Line Directional Overcurrent Relay</i> | 19 |
| 2.15 Penelitian yang Pernah Dilakukan..... | 22 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 25 |
| 3.1 Lokasi Penelitian | 25 |
| 3.2 Waktu Penelitian..... | 25 |
| 3.3 Konfigurasi Jaringan dan Karakteristik Transformator | 25 |
| 3.4 <i>Software Etap 19.0</i> | 28 |
| 3.4.1 Pengumpulan data..... | 29 |
| 3.4.2 Pengambilan Data..... | 29 |
| 3.4.3 Pengolahan Data | 29 |
| 3.5 Perhitungan Arus Hubung Singkat | 30 |
| 3.5.1 Menghitung Impedansi | 30 |
| 3.5.2 Menghitung Arus Hubung Singkat..... | 33 |
| 3.6 <i>Setting Rele Arus Lebih</i> | 34 |
| 3.6.1 <i>Setting Rele Arus Lebih Waktu Inverse</i> | 34 |
| 3.7 Rele Gangguan Tanah..... | 35 |
| 3.8 <i>Flow Chart</i> Penelitian | 37 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 38 |
| 4.1 Data Peralatan Gardu Induk <i>New Jakabaring</i> | 38 |
| 4.1.1 Data Teknis Sistem Jaringan Gardu Induk <i>New Jakabaring</i> | 38 |
| 4.1.2 Data Transformator 1..... | 38 |
| 4.1.3 Data Transformator 2..... | 39 |
| 4.1.4 Data Teknis <i>Neutral Grounding Resistance</i> | 39 |
| 4.1.5 Data Penyulang..... | 39 |
| 4.2 Perhitungan Impedansi..... | 41 |
| 4.2.1 Arus dan Impedansi Sumber | 41 |

| | |
|--|----|
| 4.2.2 Reaktansi Transformator Tenaga | 41 |
| 4.2.3 Impedansi penyulang | 42 |
| 4.2.4 Impedansi ekivalen | 44 |
| 4.3 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat (<i>Short Circuit</i>)..... | 45 |
| 4.3.1 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa | 45 |
| 4.3.2 Gangguan Hubung Singkat 2 fasa | 46 |
| 4.3.3 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ketanah..... | 47 |
| 4.4 <i>Setting Relay</i> Arus Lebih | 48 |
| 4.4.1 <i>Setting Relay</i> Arus Lebih Penyulang Sriwijaya | 48 |
| 4.5 <i>Setting Relay</i> Gangguan Tanah | 50 |
| 4.5.1 <i>Setting Rele</i> Gangguan Tanah di Penyulang | 50 |
| 4.6 Simulasi Koordinasi <i>OCR</i> menggunakan ETAP 19.0 | 52 |
| 4.6.1 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Sriwijaya | 52 |
| 4.6.2 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Outgoing</i> Sriwijaya..... | 53 |
| 4.6.3 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Sriwijaya Jurusan Stadion Utama <i>Jakabaring Sport City (JSC)</i> | 54 |
| 4.6.4 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Sriwijaya Jurusan Pemda | 55 |
| 4.6.5 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Dayung Trafo 1..... | 56 |
| 4.6.6 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Dayung Trafo 2..... | 57 |
| 4.6.7 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Sky Air | 58 |
| 4.6.8 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Lap. Tembak..... | 59 |
| 4.6.9 Simulasi <i>OCR</i> pada Voli Pantai | 60 |
| 4.6.10 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Feeder</i> Demak | 61 |
| 4.6.11 Simulasi <i>OCR</i> pada <i>Outgoing</i> Demak | 62 |
| 4.7 Simulasi Koordinasi <i>GFR</i> di <i>Software</i> ETAP 19.0 | 63 |
| 4.7.1 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder</i> Sriwijaya | 64 |
| 4.7.2 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Outgoing</i> Sriwijaya..... | 65 |
| 4.7.3 Simulasi <i>GFR</i> pada Stadion Utama <i>Jakabaring Sport City</i> | 66 |
| 4.7.4 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder</i> Sriwijaya Jurusan Pemda | 67 |
| 4.7.5 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Dayung Trafo 1 | 68 |
| 4.7.6 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Dayung Trafo 2 | 69 |
| 4.7.7 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Sky Air | 70 |
| 4.7.8 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder</i> Demak Jurusan Lap. Tembak | 71 |
| 4.7.9 Simulasi <i>GFR</i> pada Volly Pantai..... | 72 |

| | |
|--|-----------|
| 4.7.10 Simulasi <i>GFR</i> pada <i>Feeder Demak</i> | 73 |
| 4.8 Kurva <i>Setting Relay</i> | 74 |
| 4.9 <i>Setting Line Differential Overcurrent Relay</i> | 75 |
| 4.9.1 Sistem Data | 75 |
| 4.9.2 <i>Current Differential Setting</i> | 76 |
| 4.10 Simulasi <i>Line Differential Overcurrent Relay di Software ETAP 19.0</i> | 78 |
| 4.11 Kurva Koordinasi <i>Line Differential Overcurrent Relay</i> | 79 |
| 4.12 Analisa | 81 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 87 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 87 |
| 5.2 Saran | 88 |

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik | 6 |
| Gambar 2.2 <i>Single Line Diagram</i> Sistem Distribusi | 7 |
| Gambar 2.3 Jaringan Distribusi <i>Radial</i> | 8 |
| Gambar 2.4 Sistem Saluran Distribusi Konfigurasi | 9 |
| Gambar 2.5 Jaringan Distribusi <i>Spindel</i> | 10 |
| Gambar 2.6 Prinsip Kerja <i>Relay Differential</i> | 19 |
| Gambar 2.7 Arah Arus Gangguan Pada Jaringan Dengan Dua Generator | 20 |
| Gambar 3.1 <i>Single Line Diagram</i> Gardu Induk New Jakabaring | 27 |
| Gambar 3.2 Logo <i>Software ETAP 19.0</i> | 28 |
| Gambar 3.3 <i>Flow Chart</i> Penelitian | 37 |
| Gambar 4.1 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 1 Menggunakan ETAP..... | 53 |
| Gambar 4.2 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 3 Menggunakan ETAP..... | 54 |
| Gambar 4.3 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 4 Menggunakan ETAP..... | 55 |
| Gambar 4.4 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 7 Menggunakan ETAP..... | 56 |
| Gambar 4.5 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 10 Menggunakan ETAP | 57 |
| Gambar 4.6 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 11 Menggunakan ETAP | 58 |
| Gambar 4.7 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 13 Menggunakan ETAP | 59 |
| Gambar 4.8 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 16 Menggunakan ETAP | 60 |
| Gambar 4.9 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 19 Menggunakan ETAP | 61 |
| Gambar 4.10 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 2 Menggunakan ETAP..... | 62 |
| Gambar 4.11 Simulasi <i>OCR</i> Gangguan pada Bus 17 Menggunakan ETAP | 63 |
| Gambar 4.12 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 1 Menggunakan ETAP | 64 |
| Gambar 4.13 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 3 Menggunakan ETAP | 65 |
| Gambar 4.14 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 4 Menggunakan ETAP | 66 |
| Gambar 4.15 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 7 Menggunakan ETAP | 67 |
| Gambar 4.16 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 10 Menggunakan ETAP | 68 |
| Gambar 4.17 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 11 Menggunakan ETAP | 69 |
| Gambar 4.18 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 13 Menggunakan ETAP | 70 |
| Gambar 4.19 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 16 Menggunakan ETAP | 71 |
| Gambar 4.20 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 19 Menggunakan ETAP | 72 |
| Gambar 4.21 Simulasi <i>GFR</i> Gangguan pada Bus 2 Menggunakan ETAP | 73 |
| Gambar 4.22 Kurva Koordinasi <i>OCR</i> pada TD-1 di <i>Software ETAP 19.0</i> | 74 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.23 Kurva Koordinasi GFR pada TD-1 di <i>Software ETAP 19.0</i> | 74 |
| Gambar 4.24 Simulasi Koordinasi <i>Line Differential Overcurrent Relay</i> di ETAP | 79 |
| Gambar 4.25 Kurva Koordinasi <i>Line Differential Overcurrent Relay</i> 3 fasa menggunakan ETAP 19.0 | 80 |
| Gambar 4.26 Kurva Koordinasi <i>Line Differential Overcurrent Relay</i> 1 fasa ketanah menggunakan ETAP 19.0 | 80 |
| Gambar 4.27 Kurva Koordinasi <i>OCR</i> perhitungan PLN TD-1 di <i>Software ETAP 19.0</i> | 82 |
| Gambar 4.28 Kurva Koordinasi <i>OCR</i> PLN TD-1 di <i>Software ETAP 19.0</i> | 84 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Resume penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya | 23 |
| Tabel 3.1 Koefisien <i>Invers Time Dial</i> | 35 |
| Tabel 4.1 Data CT Pada Penyulang Sriwijaya dan Demak | 40 |
| Tabel 4.2 Data Jenis Pengantar Penyulang Sriwijaya dan Demak (Berdasarkan SPLN 64: 1985) | 40 |
| Tabel 4.3 Impedansi Penyulang Urutan Positif & Negatif (Z_1 & Z_2)..... | 43 |
| Tabel 4.4 Impedansi Penyulang Urutan Nol (Z_0) | 43 |
| Tabel 4.5 Impedansi Ekivalen Urutan Positif & Negatif (Z_1 & Z_2) | 44 |
| Tabel 4.6 Impedansi Ekivalen Urutan Nol (Z_0)..... | 45 |
| Tabel 4.7 Arus Hubung Singkat Pada Penyulang Sriwijaya dan Demak | 47 |
| Tabel 4.8 Data <i>Setting Relay</i> Arus Lebih di Penyulang Sriwijaya dan Demak | 48 |
| Tabel 4.9 Data <i>Setting Relay</i> Gangguan Tanah di Penyulang Sriwijaya dan Demak | 51 |
| Tabel 4.10 Waktu <i>Trip</i> Koordinasi <i>OCR</i> PLN | 81 |
| Tabel 4.11 Waktu <i>Trip</i> Koordinasi <i>OCR</i> Hasil Perhitungan..... | 83 |

DAFTAR RUMUS

| | |
|---|----|
| Rumus 2.1 Persamaan SAIDI..... | 13 |
| Rumus 2.2 Persamaan SAIFI | 13 |
| Rumus 2.3 Persamaan CAIDI | 14 |
| Rumus 3.1 Persamaan Impedansi <i>Short Circuit</i> | 30 |
| Rumus 3.2 Persamaan Impedansi Sumber | 30 |
| Rumus 3.3 Persamaan Kapasitas Daya | 31 |
| Rumus 3.4 Persamaan Impedansi Trafo Tenaga | 31 |
| Rumus 3.5 Persamaan Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif ($Z_1 \& Z_2$) | 31 |
| Rumus 3.6 Persamaan Impedansi Penyulang Urutan Nol (Z_0) | 31 |
| Rumus 3.7 Persamaan Impedansi Ekivalen Urutan Positif dan Negatif ($Z_1 \& Z_2$) | 32 |
| Rumus 3.8 Persamaan Impedansi Ekivalen Urutan Nol (Z_0)..... | 32 |
| Rumus 3.9 Persamaan Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa | 33 |
| Rumus 3.10 Persamaan Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa | 33 |
| Rumus 3.11 Persamaan Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah | 34 |
| Rumus 3.12 Persamaan <i>Setting Arus Lebih (Over Current Relay)</i> Primer..... | 34 |
| Rumus 3.13 Persamaan <i>Setting Arus Lebih (Over Current Relay)</i> Sekunder | 34 |
| Rumus 3.14 Persamaan <i>Setting TMS</i> | 35 |
| Rumus 3.15 Persamaan <i>Setting Gangguan Tanah (Ground Fault Relay)</i> Primer .. | 36 |
| Rumus 3.16 Persamaan <i>Setting Gangguan Tanah (Ground Fault Relay)</i> Sekunder | 36 |
| Rumus 4.1 Persamaan Total Transformator Daya..... | 41 |
| Rumus 4.2 Persamaan Impedansi Trafo Daya | 42 |
| Rumus 4.3 Persamaan <i>NGR</i> | 44 |
| Rumus 4.4 Persamaan <i>Charging Current</i> | 76 |
| Rumus 4.5 Persamaan <i>setting Is1</i> | 77 |
| Rumus 4.6 Persamaan <i>Setting Is2</i> | 77 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Nilai R_{total} pada gardu induk *New Jakabaring*
- Lampiran 2 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa
- Lampiran 3 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa
- Lampiran 4 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah
- Lampiran 5 Data Spesifikasi Transformator Daya 1 Gardu Induk *New Jakabaring*
- Lampiran 6 Data Spesifikasi Transformator Daya 2 Gardu Induk *New Jakabaring*
- Lampiran 7 Relay Sriwijaya
- Lampiran 8 Relay Demak
- Lampiran 9 Relay Pelanggan
- Lampiran 10 *Line Differential Overcurrent Relay*
- Lampiran 11 Trafo Distribusi
- Lampiran 12 Kubikel Penyulang Sriwijaya Jurusan Stadion Utama *Jakabaring Sport City*
- Lampiran 13 *Single Line Diagram Jakabaring Sport City*
- Lampiran 14 Pengujian *Line Differential Overcurrent Relay* di *Jakabaring Sport City*
- Lampiran 15 *Single Line Diagram* di ETAP 19.0

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu sistem tenaga listrik yang baik dan energi listrik yang memadai atau memenuhi standar sangat berperan dalam masyarakat modern seperti industri, teknologi, informasi, telekomunikasi, transportasi, dan sebagainya. Sehingga tersedianya energi listrik membuat semuanya dapat beroperasi [1]. Energi listrik yang dibutuhkan harus memiliki syarat dan tujuan yang harus dipenuhi agar bisa mencukupi kebutuhan energi listrik dengan kualitas dan kontiunitas yang baik. Pemadaman listrik yang sering terjadi menjadi keluhan yang sering terjadi di kalangan konsumen. Oleh karena itu PT. PLN (Persero) telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan pelayanannya kepada masyarakat. Dan dikembangkanlah suatu jaringan yang dapat meminimalisir terjadinya pemadaman pada suatu kawasan tertentu.

Negara-negara maju yang menggunakan sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi tenaga listrik memiliki teknologi dan perangkat lebih mutakhir serta memiliki manajemen yang baik seperti Jepang, Amerika Serikat, Prancis dan negara-negara maju lainnya yang sangat memperhatikan kehandalan serta kualitas daya listriknya karena mempengaruhi kinerja perekonomian [1].

Gangguan sistem tenaga listrik dapat menyebabkan timbulnya arus yang meningkat signifikan. Jika gangguan yang terjadi melebihi kapasitas peralatan, maka dapat menyebabkan pemadaman skala kecil atau besar yang memungkinkan pihak konsumen atapun penyalur mengalami kerugian. Dengan demikian

dikembangkanlah jaringan yang dapat memanilisir terjadinya pemadaman pada suatu area [2].

Pada tahun 2018, Indonesia mendapatkan kehormatan menjadi tuan rumah penyelenggaraan *2018 Asian Games* yang digelar di kota Jakarta dan Palembang. *Jakabaring Sport City (JSC)* terpilih sebagai tempat untuk festival olahraga *Asian Games* di Palembang. Untuk menukseskan *Asian Games*, PT. PLN. (Persero) UIW S2JB telah bersiap untuk menambah pasokan listrik di kawasan kompleks olahraga *JSC*, salah satunya dengan memasang jaringan *close loop* yang dikenal dengan *Zero Down Time (ZDT)* [3].

ZDT adalah sistem jaringan yang dikembangkan oleh PT. PLN untuk suatu kawasan tertentu, dengan tujuan untuk mengurangi keluhan pelanggan terkait pemadaman listrik [4]. *ZDT* adalah rekonfigurasi dari jaringan *spindle* menjadi jaringan *loop* [13]. Sistem proteksi yang digunakan adalah sistem proteksi jaringan *close loop* dimana *line differential relay* menjadi proteksi utama dan *overcurrent relay* sebagai proteksi *back up* [3].

Untuk itu dalam tugas akhir ini mengangkat pembahasan mengenai Simulasi Peningkatan Sistem Jaringan *ZDT* Dengan Dua Transformator Berbeda di Gardu Induk yang sama yaitu Gardu Induk *New Jakabaring*. Dan untuk mensimulasikan *Single Line Diagram (SLD) existing* jaringan *close loop* pada kawasan *JSC* menggunakan *software Etap 19.0*.

1.2 Perumusan Masalah

Pada tahun 2019, Riza et al [8] melakukan penelitian yang berkaitan *Study Keandalan Rekonfigurasi Jaringan ZDT* merupakan cara untuk meningkatkan keandalan dari sistem tenaga listrik di PT. PLN (Persero) yang perlu ditinjau berupa kajian hasil rekonfigurasi jaringan dari sisi *study* aliran daya dan jatuh tegangan dalam sistem tenaga listrik berdasarkan standar yang ditentukan. Dengan menggunakan simulasi beban maksimum, diperoleh bahwa jatuh tegangan hasil

rekonfigurasi masih sesuai dengan spesifikasi standar yang ada, namun terdapat beberapa loop jaringan yang ketika terjadi gangguan besar arusnya melewati standar yang ditetapkan.

Pada tahun 2018, ketika Indonesia terpilih sebagai tuan rumah *Asian Games* dan Palembang menjadi salah satu tempat terselenggaranya. Pihak PT. PLN (Persero) UIW S2JB melakukan konfigurasi di kawasan *JSC* yang mulanya menggunakan sistem *open loop* menjadi jaringan *close loop* dikenal dengan istilah *Zero Down Time*.

Sebelumnya area *JSC* menggunakan konfigurasi jaringan *existing* sistem *open loop* yang di *supply* dari 2 *Feeder*. Sistem ini handal namun memiliki kelemahan yaitu jika terjadi gangguan jaringan di *Section 1* maka *Feeder 1* akan padam [1]. Dengan demikian, semua pelanggan yang ada di jaringan tersebut akan padam dan membutuhkan waktu untuk menormalkan atau *manuver* beban dari *Feeder 2*. Pada penelitian ini akan meningkatkan kehandalan sistem jaringan *close loop* dari dua Transformator yang berbeda. Oleh karena itu, ketika terjadi *trip* pada *Feeder 1* maka seluruh pelanggan tidak akan merasakan *trip* karena di *supply* dari dua *transformator* berbeda [13]..

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengamati dan melakukan simulasi kinerja dari sistem jaringan *loop* program *Zero Down Time* dari dua Transformator berbeda yang diparalelkan pada Gardu Induk yang sama untuk kawasan *Jakabaring Sport City*.
2. Untuk mengevaluasi kehandalan jaringan *loop* yang telah didesain.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup kerja dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian akan dilakukan di PT. PLN Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Palembang.
2. Perancangan simulasi *SLD existing* menggunakan *software* ETAP 19.0.
3. Pembahasan mengenai konfigurasi jaringan dari *open loop* ke *close loop*, kehandalan sistem jaringan *ZDT*, dan gangguan-gangguan yang menyebabkan *black out* pada gardu induk di kawasan *JSC* Palembang.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam setiap bab dari proposal tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, dibahas mengenai pendahuluan berupa latar belakang, rumusan masalah, tujuan, serta lingkupan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas dasar-dasar teori yang bersangkutan dengan sistem jaringan *ZDT*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL PENDAHULUAN

Pada bab ini, dibahas mengenai hasil serta analisa dari penelitian ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas kesimpulan dan saran penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Zamzami, "Analisa Peningkatan Keandalan Kawasan Industri Makassar (KIMA) dengan Konsep Desain Jaringan *Zero Down Time* (ZDT)," Universitas Muhammadiyah Makassar, 2019.
- [2] N. Melida, "Analisa Keandalan Jaringan *Zero Down Time* Pada Kawasan SCBD (Sudirman Central Business District), Institut Teknologi - PLN Jakarta, 2021.
- [3] Ramadhan, Ilham, *Zero Down Time Kebutuhan Kualitas Pelayanan Masa Depan*, Palembang: PT.PLN. UP3 Rivai.
- [4] R. Samsinar and W. Wiyono, "Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program Zero Down Time (Zdt) di Kawasan Sudirman Central Business Distric (Scbd) Menggunakan Software ETAP 12.6," *Resist. (elektRonika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 65, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.65-72.
- [5] T. D. A. N. Distribusi and R. Syahputra, "How to address the gray market threat using price coordination," *Long Range Plann.*, vol. 28, no. 4, p. 131, 1995, doi: 10.1016/0024-6301(95)94318-s.
- [6] Putri, Yona Ayu Dwika " Kajian Sistem Loop jaringan Distribusi 20 KV di PT.PLN (Persero) Area Menteng, Institut Teknologi - PLN Jakarta, 2018.
- [7] R. Thayib, "Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi Sumatera Bagian Selatan," *Semin. Nas. AVoER*, pp. 26–27, 2011.
- [8] Ramanda, Fadhli "Studi Keandalan Jaringan Listrik Dengan Sistem *Zero Down Time* Di Jakabaring Sport City," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019.
- [9] I. M. Siddiq, Drs. Daryanto, M.T., Massus Subekti, S.Pd., M.T., "Simulasi *Setting Directional Overcurrent Relay* (DOCR) Menggunakan Algoritma Genetik," 2019.
- [10] Davies, T. 1984. Protection of Industrial Power systems, New York: Pergamon Press.

- [11] Putra, Aditya Descara. *Optimisasi Koordinasi Directional Over Current Relay (DOCR) pada Sistem Distribusi Mesh Menggunakan Modified Adaptive Particle Swarm Optimization (MAPSO) dengan Pembangkit Tersebar.* Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [12] Adly, Mutmainnah, "Analisis Kerja *Ground Fault Relay* Terhadap Indikasi Gangguan *Sympathetic Trip* Pada Penyalang Aeon Di Kawasan *Zero Down Time,*" Institut Teknologi - PLN, 2020.
- [13] Etap. Di akses 17 Februari 2022 dari <https://etap.com/product-releases/19>
- [14] Syahputra, Erwin, Zulfadli Pelawi, and Arnawan Hasibuan. "Analisis Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Berbasis Matlab." *JURNAL SISTEM INFORMASI* 2.2 (2018).
- [15] Rizki, Eko Nio. "Simulasi Modifikasi Konfigurasi Jaringan Spindel Menjadi Loop Tertutup Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Software ETAP." *Energi & Kelistrikan* 13.1 (2021): 33-39.
- [16] Djiteng Marsudi, 2006, "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [17] Hutaurok. T. S,1985, ““Transmisi Daya Listrik”, Erlangga, Jakarta.
- [18] Indra Jaya Mansur, 2003, “Model Beban dan Eliminasi Bus Beban Pada Penyelesaian Aliran Daya Menggunakan Metoda Newton Raphson, Jurnal Penelitian Enjiniring Vol 9, Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Makasar.
- [19] Tanjung, Abrar. "Rekonfigurasi sistem distribusi 20 kv gardu induk teluk lembu dan pltmg langgam power untuk mengurangi rugi daya dan drop tegangan." *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* 11.2 (2014): 160-166.
- [20] Dasman, D., & Handayani, H. (2017). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode SAIDI dan SAIFI di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 170-179.
- [21] Subianto, S. (2016). Studi Sistem Proteksi Rele Diferensial Pada Transformator PT. PLN (Persero) Keramasan Palembang. *Jurnal Surya*

- Energy*, 1(1), 30-38.
- [22] Badaruddin, B., & Firdianto, F. A. (2016). Analisa Minyak Transformator Pada Transformator Tiga Fasa Di Pt X. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(2), 141465.
 - [23] Fatoni. Achmad, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Di PT. PLN Rayon Lumajang Dengan Metode FMEA (Failure Modes And Effects Analysis)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
 - [24] Albaroka, Guton. "Analisis Rugi daya Pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata jaya Area Surabaya Selatan Menggunakan Software Etap 12.6." *Jurnal teknik elektro* 6.2 (2017).
 - [25] Duyo, Rizal A. "Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi Listrik Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Di PT. PLN (Persero) Rayon Daya Makassar," *VERTEX ELEKTRO* 12.2 (2020): 1-12.
 - [26] Dasman, Dasman, and Huria Handayani. "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode SAIDI dan SAIFI di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015." *Jurnal Teknik Elektro* 6.2 (2017): 170-179.
 - [27] W. Sarimun, PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. 201
 - [28] Horowitz, Stanley H., and Arun G. Phadke. *Power system relaying*. John Wiley & Sons, 2014.
 - [29] Kasikci, Ismail. *Short circuits in power systems: A practical guide to IEC 60909-0*. John Wiley & Sons, 2018.
 - [30] IEEE STANDARDS ASSOCIATION, et al. 242-2001. *IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*, vol. 3 no. 2. (ANSI). 2001.
 - [31] A. I. Putra, K. Karnoto, and B. Winardi, "Evaluasi Setting Relay Arus Lebih Dan Setting Relay Gangguan Tanah Pada Gardu Induk 150Kv Bawen," *Transient*, vol. 6, no. 3, p. 454, 2017, doi: 10.14710/transient.6.3.454-460
 - [32] K. J. Aryamantara, I. A. . Giriantari, and I. . Sukerayasa, "Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedonganan," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 2, p. 213, 2018, doi:

- 10.24843/mite.2018.v17i02.p08.
- [33] A. I. K. F. Azis, “ANALISIS SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH PADA PENYULANG CENDANA GARDU INDUK BUNGARAN PALEMBANG,” vol. 4, no. 2, pp. 332–344, 2019.