

## HALAMAN PERNYATAAN

### HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya. Tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya di Perguruan Tinggi. Serta sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, 3 Desember 2019



Ario Bima Tri Wicaksono

## **PERSEMBAHAN**

Karya ini kupersembahkan untuk:

Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan karunia-Nya setiap saat

Bapak dan Ibu saya yang tercinta yang telah memberikan doa dan semangat

Kakak-kakak saya Rosa dan Resti yang telah memberikan motivasi

Teman seperjuangan yang telah mendengar keluh kesah

dan dosen pembimbing saya Pak Slamet yang telah bersabar menunggu saya

merevisi karya ini.

## **KATA PENGANTAR**

Pertama Penulis ucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir di PT. PLN (Persero) Area Klaten Rayon Delanggu.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memenuhi SKS (Satuan Kredit Semester) pada jurusan S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Melalui kegiatan ini penulis dapat melihat dan mengamati Secara langsung kegiatan-kegiatan dan peralatan-peralatan apa saja yang berkaitan dengan bidang teknik sistem tenaga listrik khususnya Sistem Distribusi dan menghubungkannya dengan teori yang telah diperoleh selama perkuliahan.

Penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kami dalam melaksanakan kegiatan magang dan penyusunan laporan ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik, khususnya kepada:

1. Orangtua tercinta dan keluarga yang selalu memberi motivasi dan do'a restu selama kegiatan magang hingga pembuatan laporan proyek akhir di PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu.
2. Dr. Ramadoni Syahputera, S.T.,M.T., sebagai ketua program studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta serta sebagai Dosen Pembimbing Penulis yang telah bersedia memberikan arahan dan bimbingannya dalam melaksanakan pembuatan laporan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Slamet Suropto, M.Eng., sebagai Dosen Pembimbing Penulis yang telah bersedia memberikan arahan dan bimbingannya dalam melaksanakan pembuatan laporan tugas akhir.
4. Bapak Guntur, sebagai Spv. Teknik PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu yang telah membimbing Penulis dalam melakukan kegiatan

magang serta pembuatan laporan tugas akhir di PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu.

5. Mas Bimo dan Rifa'i, sebagai Staf Teknik yang telah membimbing Penulis dalam melakukan kegiatan magang serta pembuatan laporan proyek akhir di PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu.
6. Segenap staff dan karyawan PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu yang telah membimbing kami dalam melakukan kegiatan magang serta pembuatan laporan proyek akhir di PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu.
7. Teman-teman *Game and Coffee* Andita Pradita, Agung Prasetyo, Agusta Rahman Hasan, Andreas Yoga, Muhammad Afin, Egi Liyanto Saputro, Bagas Septian, Azka Mustofa, Luthfi Akbar, Rizky Bayu, Avylema Inggit Fortuna, Dhiya Uddin, yang tetap memberikan dukungan dan semangat dalam pembuatan laporan tugas akhir walaupun sudah lama tidak berjumpa.
8. Teman-teman Ekstensi Anindhita, Linda, Wahyu Nugroho dan Dhiya Uddin, yang selalu dan saling memberikan dukungan dan semangat dalam pembuatan laporan tugas akhir.
9. Teman-teman KKN 005 UMY Dusun Balong, Rifki, Mahfudz a.k.a Mahmud, Gilang, Adit, Melisa, Fifi, Cica, Erin dan Mimi yang telah memberikan pelajaran hidup bersama selama satu bulan di Balong.
10. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2018, 2017 dan 2016 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah mau memberikan Penulis waktu untuk bisa mengenal walaupun singkat.
11. Teman-teman *Mabar Mobile Legend* sekaligus Teman SD dan teman meneguk segelas atau dua gelas V60 dan Cappucino, Diaz, Mashur, Surya, Vito, Bambang, Ifal, Abi, Abim, Yulis, Zaki dan Wildan
12. Dan semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan laporan ini yang tidak bisa Penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan-kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan kami. Untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar dapat lebih baik di kemudian hari. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 11 November 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I.....	i
LEMBAR PENGESAHAN II.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR RUMUS .....	xii
INTISARI .....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. Dasar Teori.....	7
2.2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	7
2.2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.2.3. Gangguan Pada Sistem Distribusi .....	14
2.2.4. Sistem Proteksi .....	18
2.2.5. Impedansi Jaringan.....	22
2.2.6. <i>Fuse Cut Out (FCO)</i> dan <i>Fuselink</i> .....	26
2.2.7. Perhitungan <i>Fuselink</i> .....	28
2.2.8. <i>Relay</i> .....	30
2.2.9. <i>Setting Relay</i> .....	32
2.2.10. Koordinasi proteksi .....	33

2.2.11. Analisis Menggunakan ETAP 12.6.....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	36
3.1.1. Alat Penelitian .....	36
3.1.2. Bahan Penelitian.....	36
3.1.3. Tahapan Penelitian .....	36
3.1.4. Prosedur Tahapan Penelitian .....	38
3.2. Metode Analisis .....	38
3.2.1. Pengumpulan Data .....	38
3.2.2. Pengolahan Data.....	39
3.2.3. Analisis Hasil Perhitungan dan Simulasi .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1. Penyulang Wonosari 2 .....	40
4.2. Analisis Kasus-Kasus pada Penyulang Wonosari 2.....	41
4.2.1. Gangguan Pertama .....	41
4.2.2. Gangguan Kedua .....	43
4.2.3. Gangguan Ketiga.....	45
4.3. Recloser K1-281/73 .....	47
4.4. Transformator I GI Wonosari .....	48
4.5. Data Konduktor di Penyulang Wonosari 2 .....	50
4.6. Perhitungan Impedansi Penyulang.....	51
4.6.1. Impedansi Sumber.....	51
4.6.2. Reaktansi Transformator .....	52
4.6.3. Impedansi Penyulang Jaringan Distribusi Tiga fase.....	53
4.6.4. Impedansi Ekuivalen Penyulang Jaringan Distribusi Tiga fase .....	54
4.7. Menghitung Arus Gangguan.....	56
4.7.1. Arus Gangguan fase tunggal .....	56
4.7.2. Gangguan Arus Hubung Singkat Dua Fase.....	58
4.7.3. Gangguan Arus Hubung Singkat Tiga Fase .....	59
4.8. Impedansi dan Besar Arus Gangguan di Setiap Kasus Gangguan.....	60
4.8.1. Gangguan Pertama .....	60

4.8.2.	Gangguan Kedua .....	61
4.8.3.	Gangguan Ketiga .....	62
4.9.	Pemakaian <i>Fuselink</i> FCO pada Setiap Kasus Gangguan .....	63
4.9.1.	Gangguan Pertama .....	63
4.9.2.	Gangguan Kedua .....	64
4.9.3.	Gangguan Ketiga .....	66
4.10.	Perhitungan <i>Setting</i> PMT dan Recloser yang Dipakai .....	67
4.10.1.	Relay di Sisi <i>Outgoing</i> /Penyulang .....	67
4.10.2.	Relay di Sisi <i>Incoming</i> .....	69
4.10.3.	Setting Recloser .....	71
4.11.	Perbandingan Setting Recloser dan PMT Terpasang dengan Terhitung .....	75
4.11.1.	PMT <i>Incoming</i> .....	75
4.11.2.	PMT <i>Outgoing</i> .....	76
4.11.3.	Recloser K1-283/73 .....	76
4.12.	Analisis Setiap Gangguan Menggunakan ETAP .....	77
4.13.	Koordinasi Proteksi Setiap Gangguan .....	86
BAB V PENUTUP .....		88
5.1.	Kesimpulan .....	88
5.2.	Saran .....	89
DAFTAR PUSTAKA .....		91
LAMPIRAN .....		92



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Penyaluran Energi Listrik
- Gambar 2.2. Kabel AAAC
- Gambar 2.3. Kabel AAACS
- Gambar 2.4. Kabel SKTM
- Gambar 2.5. Struktur Jaringan Radial
- Gambar 2.6. Struktur Jaringan *Spindle*
- Gambar 2.7. Struktur Jaringan *Loop*
- Gambar 2.8. Hubung Singkat Fase Tunggal
- Gambar 2.9. Hubung Singkat Dua Fase
- Gambar 2.10. Hubung Singkat Tiga Fase
- Gambar 2.11. Recloser K1-191
- Gambar 2.12. *Lightning Arrester* (LA)
- Gambar 2.13. *Ground Steel Wire* (GSW)
- Gambar 2.14. *Fuse Cut Out* (FCO)
- Gambar 3.1. Diagram *Flowchart* Penelitian
- Gambar 4.1. *Single Line Diagram* Tiga Fase Penyulang Wonosari 2
- Gambar 4.2. *Single Line Diagram* Gangguan Pertama
- Gambar 4.3. *Single Line Diagram* Gangguan Kedua
- Gambar 4.4. *Single Line Diagram* Gangguan Ketiga

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1. Reaktansi Sumber 150 kV

Rumus 2.2. Reaktansi Sumber 20 kV

Rumus 2.3. Reaktansi Urutan Positif/Negatif

Rumus 2.4. Reaktansi Urutan Nol

Rumus 2.5. Impedansi Penyulang

Rumus 2.6. Impedansi Ekuivalen Urutan Positif/Negatif

Rumus 2.7. Impedansi Ekuivalen Urutan Nol

Rumus 2.8. Arus Pengenal

Rumus 2.9. Nilai *Fuselink*

Rumus 2.10.  $I_{set}$ (Primer)

Rumus 2.11.  $I_{set}$ (Sekunder)

Rumus 2.12. *Time Multiple Setting* (TMS)

Rumus 2.13. Waktu Kerja Relay

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Impedansi Penyulang

Tabel 2.2. Arus Pengenal *Fuselink*

Tabel 4.1. Spesifikasi Recloser K1-281/73

Tabel 4.2. Spesifikasi Relay Recloser K1-281/73

Tabel 4.3. Setting OCR dan GFR Recloser K1-281/73

Tabel 4.4. Spesifikasi Transformator I GI Wonosari

Tabel 4.5. Spesifikasi Relay Proteksi dan Setting PMT

Tabel 4.6. Data Konduktor Penyulang Wonosari 2

Tabel 4.7. Hasil perhitungan Impedansi Urutan  $T_1$  dan  $T_2$

Tabel 4.8. Hasil perhitungan Impedansi Urutan  $T_0$

Tabel 4.9. Hasil perhitungan Impedansi Ekuivaken Urutan  $T_1$  dan  $T_2$

Tabel 4.10. Hasil perhitungan Impedansi Ekuivaken Urutan  $T_0$

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Fase Tunggal

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Dua Fase

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fase

Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Impedansi Gangguan Pertama

Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Impedansi Gangguan Kedua

Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Impedansi Gangguan Ketiga

Tabel 4.17. hasil Perhitungan PMT dan Recloser

Tabel 4.18. *Setting PMT Incoming* Terpasang dan Terhitung

Tabel 4.19. *Setting PMT Outgoing* Terpasang dan Terhitung

Tabel 4.20. *Setting Recloser K1-281/73* Terpasang dan Terhitung