

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI DI LRT JABODEBEK
PADA *LINE 3* CAWANG – BEKASI TIMUR MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP**



Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nur Azis

N.I.M : 41419110049

Pembimbing : Sulistyono, S.T ., M.M.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI DI LRT JABODEBEK PADA *LINE 3* CAWANG – BEKASI TIMUR MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nur Azis

N.I.M : 41419110049

Pembimbing : Sulistyono, S.T ., M.M.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI DI LRT JABODEBEK PADA LINE 3 CAWANG – BEKASI TIMUR MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP



Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nur Azis

NIM : 41419110049

Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

(Sulistyono, S.T., M.M.)

Kaprodi Teknik Elektro

(Dr. Setiyo Budiyo, S.T., M.T.)

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafidz Ibnu Hajar, S.T., M.Sc.)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Nur Azis

NIM : 41419110049

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Studi Koordinasi Sistem Proteksi di LRT JABODEBEK pada *Line 3* Cawang – Bekasi Timur Menggunakan Software ETAP

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang telah dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, sejauh yang penulis ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata Satu (S1) di lingkungan Universitas Mercu Buana maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Demikian pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Jakarta, 09 Januari 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Nur Azis', is written over the stamps.

(Muhammad Nur Azis)

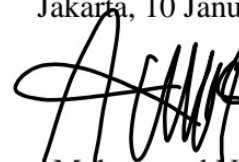
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir dengan judul “Studi Koordinasi Sistem Proteksi Di Lrt Jabodebek Pada Line 3 Cawang – Bekasi Timur Menggunakan Software Etap” dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan Program Sarjana Strata Satu (S1) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Mercu Buana. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Widiyanto dan Isnaeni Mutoharoh selaku orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dorongan semangat dan doa.
2. Bapak Sulistyono, S.T., M.M. selaku dosen pembimbing selama tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T selaku ketua jurusan teknik elektro.
4. Bapak Hafizd Ibnu Hajar, S.T., M.Sc. selaku koordinator tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen dan staf Universitas Mercu Buana yang telah mendidik dan mengajar selama kuliah.
6. Teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam tugas akhir ini.

Jakarta, 10 Januari 2021



Muhammad Nur Azis

ABSTRAK

Pada sistem interkoneksi pada *line 3* saat ini sedang dalam tahap instalasi dan akan dilakukan proses *test and commissioning*. Deteksi gangguan dan pemutusan pada sistem yang terganggu dapat dicapai dengan menggunakan *relay* yang akan mendeteksi kesalahan dan memberikan sinyal untuk melakukan perintah *trip* kepada CB. Oleh karena itu dengan menerapkan sistem proteksi pada jaringan tenaga listrik yang baik dapat meminimalisir area gangguan dan mempersingkat waktu terjadinya gangguan Untuk menanggulangi terjadinya sebuah gangguan dalam rangka memitigasi terjadinya miss koordinasi proteksi sebelum LRT JABODEBEK beroperasi dan mempertahankan keandalan sistem, perlu adanya kajian terhadap *setting* proteksinya.

Pada penelitian simulasi proteksi koordinasi *relay* antara *relay incoming* dan *relay outgoing traction*. Ketika diberikan gangguan pada bus *outgoing traction* halim 1 maka akan muncul garis panah merah menunjukkan arus gangguan dan meyentuh sisi *outgoing traction* terlebih dahulu sebelum *incoming* PLN dimana arus gangguan (lingkaran merah) merupakan besaran arus gangguan Line to Line yang terjadi yaitu sebesar 19017 A dengan waktu *tripping* 8,43 s. akan mendeteksi adanya gangguan terlebih dahulu yaitu *relay outgoing* dan dilanjutkan *relay interconnection* sebagai *back up* sebelum menuju ke *relay incoming*. *Relay* sudah bekerja sesuai dengan standar yang di tetapkan. Untuk melakukan *setting* OCR terdapat beberapa data yang dimasukkan dalam melakukan simulasi diantaranya, data nilai *pick up*, *TMS* dan *type relay* baik dari *overcurrent* maupun *instantaneous*. Dari data tersebut akan di olah dan menghasilkan nilai dari hasil simulasi yang dilakukan dan dianalisa dengan besarnya nilai FLA (*Full Load Ampere*) untuk memastikan agar *setting relay* memiliki nilai lebih besar dari FLA untuk menghindari terjadinya trip pada CB ketika beroperasi.

Koordinasi *setting relay* OCR pada TPSS *line 3* Cawang – Bekasi Timur sudah sesuai dengan standar IEC 60255 dimana masing – masing *setting* waktu OCR tidak saling mendahului dan timpang tindih satu dengan yang lainnya, dan sesuai dengan alur trip atau TOP yaitu, tahap 1 = 0,3 second, tahap 2 = 1,4 s, tahap 3 = 2,5 s dan tahap 4 = 3,44 s.

Kata kunci : Koordinasi *relay*, *Full Load Ampere*, TMS.

ABSTRACT

The interconnection system on line 3 is currently in the installation stage and a test and commissioning process will be carried out. Fault detection and disconnection in disturbed systems can be achieved by using a relay that will detect errors and provide a signal to carry out a trip command to the CB. Therefore, by implementing a protection system on a good electrical power network, it can minimize the area of interference and shorten the time for disturbances to occur. To overcome the occurrence of a disturbance in order to mitigate the occurrence of miss coordination of protection before the JABODEBEK LRT operates and maintain system reliability, it is necessary to study the protection settings.

In relay coordination protection simulation research between incoming and outgoing traction relays. When a disturbance is given to the halim 1 outgoing traction bus, a red arrow line will appear showing the disturbance current and touching the outgoing traction side first before the incoming PLN where the disturbance current (red circle) is the amount of Line to Line disturbance current that occurs, which is 19017 A with time tripping 8,43 s. will detect any disturbances first, namely the outgoing relay and continue with the interconnection relay as a back up before going to the incoming relay. Relay is working according to the standards set. To set the OCR, there are several data that are included in the simulation, including data on the pick-up value, TMS and type of relay, both from overcurrent and instantaneous. From this data will be processed and produce values from the simulation results carried out and analyzed with the magnitude of the value of FLA (Full Load Ampere) to ensure that the relay setting has a value greater than FLA to avoid tripping on the CB when operating.

The coordination of the OCR relay settings at TPSS line 3 Cawang - East Bekasi is in accordance with the IEC 60255 standard where each OCR time setting does not precede and overlap one another, and is in accordance with the trip or TOP flow, namely, stage 1 = 0, 3 second, stage 2 = 1,4 s, stage 3 = 2.5 s and stage 4 = 3.44 s.

Keywords: Relay coordination, Full load ampere, TMS.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	11
2.3 Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	12
2.3.1 Klasifikasi Sistem Jaringan Distribusi	13

2.4 Menentukan Nilai Gangguan Hubung Singkat	16
2.4.1 Sistem Satuan Per Unit	16
2.4.2 Menghitung Impedansi Pada Transformator Tenaga	11
2.4.3 Gangguan Beban Lebih	17
2.4.4 Gangguan Hubung Singkat	17
2.5 Rele Proteksi	19
2.5.1 Elemen Dasar <i>Relay</i>	19
2.5.2 Rele Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>)	20
2.5.3 Persyaratan Sistem Proteksi	21
2.5.4 Tujuan Sistem Proteksi	22
2.6 <i>Relay</i> Proteksi	23
2.6.1 Fungsi <i>Relay</i> Proteksi	24
2.6.2 <i>Relay</i> Arus Lebih (<i>Over Current Relay</i>)	24
2.6.3 Prinsip Kerja <i>Relay</i> Arus Lebih (OCR)	24
2.6.4 Perhitungan Rele OCR	25
2.7 Karakteristik <i>Relay</i> Arus Lebih (OCR)	27
2.7.1 <i>Setting Relay</i> Lebih Waktu Terbalik (<i>Inverse Time Relay</i>)	28
2.7.2 <i>Settin Relay</i> Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous Relay</i>)	29
2.7.3 <i>Relay</i> Arus Waktu Tertentu (<i>Definite Time Relay</i>)	30
2.7.4 <i>Setting Relay</i> Arus Lebih	31
2.7.5 Set TMS (<i>Time Multiplier Setting</i>) OCR	31
2.8 <i>Relay</i> Hubung Singkat Tanah (<i>Ground Fault Relay</i>)	32
2.8.1 Prinsip Kerja <i>Relay</i> Gangguan Tanah.....	32
2.8.2 <i>Setting Relay</i> Gangguan Tanah (GFR)	33

2.8.3 Set TMS (<i>Time Multiplier Setting</i>) GFR	33
2.9 Koordinasi <i>Relay</i>	33
2.9.1 Koordinasi Peralatan Proteksi	34
2.9.2 Koordinasi <i>Relay Incoming</i> dengan <i>Relay Outgoing</i>	34
2.9.3 Waktu Ketahanan Penghantar Terhadap Arus Gangguan	35
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	36
3.2 Metode Pengumpulan Data	36
3.2.1 Observasi Langsung	36
3.2.2 Wawancara	36
3.2.3 Studi Literatur	36
3.3 Metode Analisis	37
3.3.1 Diagram alir Penulisan Skripsi	38
3.4 Data – data Teknis	39
3.4.1 <i>Single Line Diagram</i> TPSS <i>Line 3</i>	39
3.4.2 Data Pengantar	41
3.4.3 Data Kapasitas dan Pembebanan pada <i>Traction Trafo</i>	43
3.4.4 Data Kapasitas dan Pembebanan pada <i>Auxiliary Trafo</i>	44
3.4.5 Data Busbar	45
3.4.6 Data Sumber Daya PLN <i>Line 3</i>	45
 BAB IV ANALISA	
4.1 Permodelan Sistem Kelistrikan LRT JABODEBEK <i>Line 3</i>	46
4.2 Gambar Umum <i>Single Line Diagram</i> Sistem Power	47
4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi	47

4.4 Tinjauan Analisa Gangguan	48
4.5 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat	68
4.5.1 Analisis Arus Hubung Singkat MAksimum	49
4.5.2 Analisis Arus Hubung Singkat Minimum	50
4.5.3 Penyebab Terjadi Sebuah Gangguan	51
4.6 Model Pembagian Jaringan Serta Proteksinya	52
4.6.1 Section Eksisting A (TPSS Halim 1)	54
4.6.2 Section Eksisting B (TPSS Halim 2)	58
4.6.3 Section Eksisting C (TPSS Jatiwaringin)	61
4.6.4 Section Eksisting D (TPSS Jatibening Baru)	64
4.6.5 Section Eksisting E (TPSS Cikunir 1)	67
4.6.6 Section Eksisting F (TPSS Cikunir 2)	70
4.6.7 Section Eksisting G (TPSS Bekasi Barat)	73
4.6.8 Section Eksisting H (TPSS Bekasi)	76
4.6.9 Section Eksisting I (TPSS Bekasi Timur)	79
UNIVERSITAS	
MERCU BUANA	
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem penyaluran energi listrik	12
Gambar 2.2 Bagan elemen dasar rele pengamanan	19
Gambar 2.3 Rangkaian proteksi <i>relay</i>	23
Gambar 2.4 Wiring rele OCR	26
Gambar 2.5 Rangkaian pengawatan <i>relay</i> arus lebih (OCR)	27
Gambar 2.6 Karakteristik <i>relay</i> waktu <i>inverse</i>	28
Gambar 2.7 Karakteristik <i>relay</i> waktu seketika	30
Gambar 2.8 Karakteristik <i>relay</i> waktu tertentu.....	30
Gambar 2.9 Rangkaian pengawatan <i>relay</i> GFR	32
Gambar 2.10 Kawasan pengamanan dalam koordinasi proteksi	34
Gambar 3.1 Diagram alir untuk pengerjaan tugas akhir	38
Gambar 3.2 <i>Single line diagram line 3</i> Cawang – Bekasi Timur	40
Gambar 4.1 <i>Single line diagram Sistem line 3</i> Cawang – Bekasi Timur	47
Gambar 4.2 <i>Report</i> hasil simulasi arus hubung singkat maksimum	50
Gambar 4.3 <i>Report</i> hasil simulasi arus hubung singkat minimum	51
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Halim 1	55
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Halim 1 section eksisting A	56
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Halim 2	58
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Halim 2 section eksisting B	59
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Jatiwaringin	61
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Jatiwaringin section eksisting C	62
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Jatibening Baru	64
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Jatibening Baru section eksisting D	65
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Cikunir 1	67

Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Cikunir 1 section eksisting E	68
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Cikunir 2	71
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Cikunir 2 section eksisting F	72
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Bekasi Barat	73
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Bekasi Barat section eksisting G	74
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Bekasi	76
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Bekasi section eksisting H	77
Gambar 4.4 Eksisting TPSS Bekasi Timur	79
Gambar 4.5 Tampilan koordinasi <i>relay</i> pada TPSS Bekasi Timur section eksisting I	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	10
Tabel 2.2 Faktor α dan β tergantung pada kurva arus vs waktu	26
Tabel 3.1 Data Parameter Penghantar	41
Tabel 3.2 Data Kapasitas dan Pembebanan pada <i>Traction Trafo</i>	43
Tabel 3.3 Data Kapasitas dan Pembebanan pada <i>Auxilliary Trafo</i>	44
Tabel 3.4 Data Pembebanan <i>Traction Trafo</i>	45
Tabel 3.5 Data Pembangkitan.....	45
Tabel 4.1 Data Arus Hubung Singkat Maksimum	49
Tabel 4.2 Data Arus Hubung Singkat Minimum	50
Tabel 4.3 Prediksi Penyebab Gangguan	52
Tabel 4.4 Pembagian Jaringan dan Proteksi	52
Tabel 4.5 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Halim 1</i>	57
Tabel 4.6 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	57
Tabel 4.7 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Halim 2</i>	60
Tabel 4.8 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	60
Tabel 4.9 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Jatiwaringin</i>	63
Tabel 4.10 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	63
Tabel 4.11 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Jatibening</i>	66
Tabel 4.12 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	66
Tabel 4.13 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Cikunir 1</i>	69
Tabel 4.14 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	69
Tabel 4.15 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Cikunir 2</i>	72
Tabel 4.16 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	72
Tabel 4.17 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Bekasi Barat</i>	75
Tabel 4.18 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	75
Tabel 4.19 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Bekasi</i>	78
Tabel 4.20 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	78
Tabel 4.21 Data Nilai Detail <i>Relay OCR TPSS Bekasi Timur</i>	81
Tabel 4.22 Data FLA (<i>Full Load Ampere</i>) dan Ukuran <i>Breaker</i>	81