

**SISTEM INTERKONEKSI 20 KV UNTUK EVALUASI JATUH
TEGANGAN DI DI LRT JABODEBEK**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Rafael Ferdian Divo

NIM : 41419110071

Pembimbing : Ahmad Firdausi, ST.,MT

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

**SISTEM INTERKONEKSI 20 KV UNTUK EVALUASI JATUH
TEGANGAN DI DI LRT JABODEBEK**

Sistem Interkoneksi 20 kV untuk evaluasi jatuh tegangan di LRT Jabodebek

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



Disusun Oleh:

Nama : Rafael Ferdian Divo

NIM : 41419110071

Pembimbing : Ahmad Firdausi, ST.,MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA JAKARTA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**SISTEM INTERKONEKSI 20 KV UNTUK EVALUASI JATUH
TEGANGAN DI LRT JABODEBEK**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Rafael Ferdian Divo
NIM : 41419110071
Program Studi : Teknik Elektro

UNIVERSITAS
Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

MERCU BUANA

(**Ahmad Firdausi, ST. MT.**)

Kaprodi Teknik Elektro

Koordinator Tugas Akhir

(**Dr. Setiyo Budlyanto, ST. MT**)

(**Muhammad Hafid Ibnu Hajar, ST.M.Sc**)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rafael Ferdian Divo

NIM : 41419110071

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Sistem Interkoneksi 20 kV untuk evaluasi jatuh tegangan di
LRT Jabodebek

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, 14 November 2020



(Rafael Ferdian Divo)

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 “Sistem Interkoneksi 20 kV untuk evaluasi jatuh tegangan di LRT Jabodebek” 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 Dr.Setiyo Budiyanto,S.T., M.T selaku ketua jurusan teknik elektro.
2. Bapak Ahmad Firdausi, ST.,MT yang telah memberikan bimbingan selama penulisan dan pembuatan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen dan staf Universitas Mercu Buana yang telah mendidik dan mengajar selama kuliah.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dorongan semangat dan doa.
5. 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, 27 Desember 2020

Rafael Ferdian Divo

ABSTRAK

Saat ini listrik menjadi pilihan energi utama untuk kebutuhan sistem transportasi kereta didalam kota karena merupakan satu-satunya energi yang memiliki semua kualitas yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem tersebut. Karakteristik pengoperasian LRT adalah sering berhenti, Headway yang kecil dan dengan waktu perjalanan yang singkat.

Pada penelitian sebelumnya, Saputra (2019) dengan judul “Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-Manggarai”, penelitian tersebut hanya berfokus pada perhitungan kapasitas gardu traksi terhadap kebutuhan Kereta Rel Listrik (KRL), pada penelitian kali ini membahas perhitungan jatuh tegangan dan rugi-rugi disisi sumber 20 kV dari PLN di LRT Jabodebek.

Dengan memasukkan Data-data diambil pada setiap TPSS (Traction Power Substasion) saat kondisi beban penuh, lalu dilakukan perhitungan voltage drop dan losses secara manual dan simulasi menggunakan ETAP diterapkan pada TPSS di LRT Jabodebek. Rata-rata Voltage Drop untuk kondisi normal maupun saat terjadi gangguan pada gardu PLN adalah 0,30% dengan tegangan nominal operasi 20 kV. Voltage drop yang terbesar terjadi pada TPSS Ciracas 2 saat kondisi gardu PLN TPSS Harjamukti OFF yaitu mencapai 94,914 Volt atau 0,474 % Dan losses total untuk kondisi normal maupun saat terjadi gangguan pada gardu PLN mencapai angka dibawah 1% dari kapasitas daya TPSS yang tersedia. Sehingga dapat diasumsikan bahwa sistem power supply 20 kV di LRT Jabodebek sesuai dengan peraturan SPLN, karena jatuh tegangan <5% dan rugi daya <10%.

Kata kunci : Traction Power Substasion, jatuh tegangan, rugi-rugi, ETAP

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

Up to now, electricity has always been the main type of energy for urban rail system because it is the only energy which has all the qualities required to operate such systems. The characteristics of the LRT operation are frequent stop, short headway and short travel times.

In previous research, saputra (2019) in "Evaluation Study of Calculating Power Capacity of Traction Substation Against the Need for KRL Depok-Manggarai Line" the research only focuses on calculating the capacity of traction substations against the needs of electric rail train (KRL), in this research discusses the calculation of the voltage drop and losses on the side of the 20 kV source from PLN at the Jabodebek LRT.

The data were taken at each TPSS (Traction Power Substation) when the load was full, then the voltage drop and losses were calculated manually and simulations using ETAP. The average voltage drop for normal conditions and when there is a failure at the PLN substation is 0.30% with a nominal operating voltage of 20 kV. The largest voltage drop occurs at TPSS Ciracas 2 when the PLN TPSS Harjamukti OFF substation reaches 94.914 Volts or 0.474% and the total losses for normal conditions and when there is a failure at the PLN substation reach 1% of the available TPSS power capacity. It can be assumed that the 20 kV power supply system at the Jabodebek LRT complies with the SPLN regulations, because the voltage drop is <5% and the power loss is <10%.

Keywords : Traction Power Substasion, Voltage Drop, Power Losses, ETAP



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Kontribusi Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Light Rail Transit	12
2.3 Sistem Elektrifikasi Kereta LRT	13
2.4 Traction Power Substasion (TPSS)	15
2.4.1 MV Switchgear 20 kV	16
2.4.2 Traction Transformer	17
2.4.3 Auxiliary Transformer	18
2.5 Sistem Interkoneksi 20 kV	18
2.6 Rugi- rugi (<i>Losses</i>)	21
2.7 Parameter Saluran	22
2.7.1 <i>Resistansi (R)</i>	22
2.7.2 <i>Induktansi (L)</i>	22

2.7.3	<i>Kapasitansi (C)</i>	22
2.7.4	<i>Konduktansi</i>	22
2.8	Tegangan Jatuh (<i>Drop Voltage</i>).....	23
2.9	Batas Persentase Tegangan Jatuh.....	25
2.10	Usaha Memperbaiki Tegangan	26
2.10.1	Penyeimbangan Beban	27
2.10.2	Memperbesar Tegangan Kirim	27
2.10.3	Memperbesar Penampang Hantaran	27
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Desain Penelitian.....	28
3.2	Partisipan dan Tempat Penelitian.....	29
3.3	Pengumpulan Data	31
3.4	Analisis Data	32
3.4.1	Langkah-langkah Perhitungan	34
3.4.2	Simulasi Software	34
3.5	Kesimpulan Data.....	35
3.6	Penyusunan Laporan Akhir.....	35
BAB IV PEMBAHASAN		36
4.1	Temuan Penelitian.....	36
4.2	Data Penelitian	37
4.2.1	Data Beban Full-Load pada TPSS Lintas Pelayanan 1	38
4.2.2	Data Jarak antar TPSS	38
4.2.3	Data Spesifikasi Kabel	38
4.3	Perhitungan	39
4.3.1	Operasi Normal	39
4.3.2	Gardu PLN TPSS Harjamukti OFF	41
4.3.3	Gardu PLN TPSS Ciracas 1 OFF	43
4.3.4	Gardu PLN TPSS TMII OFF	44
4.4	Simulasi.....	45
4.4.1	Operasi Normal	45
4.4.2	Gardu PLN TPSS HJM OFF	46

4.4.3	Gardu PLN TPSS Ciracas 1 OFF.....	47
4.4.4	Gardu PLN TMII OFF.....	47
4.5	Analisis Perhitungan dan Evaluasi Tegangan Pada Tiap TPSS.....	48
4.6	Analisa Perhitungan dan Evaluasi Rugi-rugi (<i>Losses</i>) Pada Tiap TPSS51	
BAB 5	PENUTUP	53
5.1	Kesimpulan.....	53
DAFTAR PUSAKA	54
LAMPIRAN	57



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	10
Tabel 4. 1 Data beban tiap TPSS	38
Tabel 4. 2 Data Jarak Antar TPSS	38
Tabel 4. 3 Data Spesifikasi Kabel	38
Tabel 4. 4 Voltage drop dan losses saat operasi normal	40
Tabel 4. 5 Voltage drop dan losses saat Gardu PLN TPSS Harjamukti OFF	43
Tabel 4. 6 Voltage drop dan losses saat Gardu PLN TPSS Ciracas 1 OFF	44
Tabel 4. 7 Voltage drop dan losses saat Gardu PLN TPSS TMII OFF	44
Tabel 4. 8 Simulasi operasi normal	46
Tabel 4. 9 Voltage drop dan losses saat Gardu PLN TPSS Harjamukti OFF	46
Tabel 4. 10 Voltage drop dan losses saat Gardu PLN TPSS Ciracas OFF	47
Tabel 4. 11 Voltage drop dan losses saat Gardu PLN TPSS TMII OFF	48
Tabel 4. 12 Perbandingan penurunan tegangan rumus dan ETAP	50
Tabel 4. 13 Rugi-rugi menggunakan rumus pada setiap operasi	51
Tabel 4. 14 Perbandingan Rugi-rugi menggunakan rumus dan ETAP	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram tabel dan lingkaran jurnal	9
Gambar 2. 2 Sistem Elektrifikasi Kereta LRT	13
Gambar 2. 3 Jenis posisi kontak pada Third Rail	14
Gambar 2. 4 Bottom-Running System Current Collector Shoes	14
Gambar 2. 5 Traction Power Substasion/Gardu Traksi	15
Gambar 2. 6 MV Switchgear 20kV	16
Gambar 2. 7 Traction Transformer	17
Gambar 2. 8 Auxiliary Transformer	18
Gambar 2. 9 Gardu PLN	18
Gambar 2. 10 Sistem Interkoneksi 20 kV	19
Gambar 2. 11 Sistem penyuplaian saat keadaan normal	20
Gambar 2. 12 Gardu PLN TPSS Ciracas mengalami gangguan	20
Gambar 2. 13 Voltage Drop saluran distribusi	24
Gambar 2. 14 Hubungan fasa - beban induktif	25
Gambar 2. 15 Toleransi tegangan pelayanan yang diijinkan	26
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian Secara Umum	30
Gambar 3. 2 Pengambilan data di kubikel MV Switchgear 20 kV	31
Gambar 3. 3 Flowchart pengambilan data	32
Gambar 3. 4 Flowchart Analisis Data	33
Gambar 3. 4 Flowchart Analisis Data	33
Gambar 3. 5 Pemodelan Single Line Diagram dengan Software ETAP	35
Gambar 4. 1 Skema operasi sistem 20 kv LRT Jabodebek	37
Gambar 4. 2 Skema operasi normal sistem interkoneksi 20 kV	39
Gambar 4. 3 Skema Gardu PLN TPSS Harjamukti OFF	41
Gambar 4. 4 Skema Gardu PLN TPSS Ciracas1 OFF	43
Gambar 4. 5 Skema operasi saat Gardu PLN TPSS TMII OFF	44
Gambar 4. 6 Single line diagram menggunakan ETAP	45
Gambar 4. 7 Simulasi saat operasi normal	45
Gambar 4. 8 Simulasi saat Gardu PLN HJM OFF	46

Gambar 4. 9 Simulasi saat Gardu PLN Ciracas 1 OFF	47
Gambar 4. 10 Simulasi saat Gardu PLN TMII OFF	47
Gambar 4. 11 Grafik perbandingan tegangan jatuh	48

