

## **TUGAS AKHIR SKRIPSI**

# **EVALUASI PERHITUNGAN *LOAD FLOW* GENSET PADA KERETA API SENJA UTAMA SOLO KA 133 MENGGUNAKAN *ETAP POWER STATION 12.6***

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



Disusun Oleh:

Nama : Anggit Ramdhoni

N.I.M : 41419120058

Pembimbing : Ir. Badaruddin, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA**

**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anggit Ramdhoni  
NIM : 41419120058  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Perhitungan *Load Flow* Genset Pada Kereta Api  
Senja Utama Solo KA 133 Menggunakan *Etap Power Station 12.6*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,  
  
4EC39AJX374226372

(Anggit Ramdhoni)

## HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI PERHITUNGAN *LOAD FLOW* GENSET PADA KERETA API  
SENJA UTAMA SOLO KA 133 MENGGUNAKAN *ETAP POWER STATION 12.6*



Disusun Oleh:

Nama : Anggit Ramdhoni  
N.I.M : 41419120058  
Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,  
Pembimbing Tugas Akhir

(Ir. Badaruddin, MT)

Kaprodi Teknik Elektro UMB

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Koordinator Tugas Akhir

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

## ABSTRAK

Analisis Aliran Daya Listrik (*Load Flow*) adalah suatu studi untuk merencanakan dan mengetahui besarnya daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Studi analisis aliran beban ini mengambil contoh pada implementasi sistem tenaga listrik pada Genset yang terpasang pada KA Senja Utama Solo KA 133 dengan karakteristik beban terpusat (*lumped load*).

Analisis aliran daya diawali menghitung daya aktif dan daya reaktif pada setiap simpul (*bus*) terpasang, pembebanan pada saluran atau penghantar, nilai rugi daya (*Losses*), jatuh tegangan sistem, dan aliran daya pada jaringan sistem tenaga listrik terpasang dan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi *ETAP Power Station 12.6*. Untuk mengetahui kapasitas dan tegangan maka dilakukan pengumpulan data-data peralatan. Software *ETAP Power Station 12.6* digunakan untuk mensimulasikan *single line diagram*, dengan memasukkan data beban dan faktor daya akan diketahui.

Hasil dari simulasi akan diketahui besar total aliran daya beban, besar arus yang mengalir di setiap Gerbong KA dan losses tiap Gerbong. Hasil perhitungan manual diperoleh total beban 7 KA penumpang dan 1 KA kereta makan sebesar 306,11 kVA dengan kapasitas Genset terpasang 400 kVA dengan total beban yang ditanggung genset sebesar 76,5% dari kapasitas genset. Simulasi ETAP jatuh tegangan atau *drop voltage* pada setiap bus mempunyai nilai yang kecil, yaitu Bus SDP 1 hingga SDP 8 sebesar 0,95%. Dari hasil simulasi pada ETAP didapat nilai *losses* dari Genset menuju Bus MDP sebesar 4.8 kW dan losses Line menuju SDP tiap gerbong sebesar 0.9 kW. Hasil simulasi gangguan hubung singkat pada Bus genset dan *load* SDP Gerbong 1 hingga gerbong 8 didapatkan nilai arus pemutusan simetris maksimum sebesar 2.681 Amp pada *Bus Gen to Load* dan arus pemutusan asimetris puncak sebesar 6.075 Amp. Hasil perhitungan manual *rating* pengaman pada tiap gerbong penumpang sebesar 63,32 A dan hasil simulasi ETAP menunjukkan nilai 55,9 A. Selisih yang didapat adalah factor safety +115% dari perhitungan manual berdasarkan PUIL 2000 poin 510.5.4.3.

**Kata Kunci:** *Load Flow, ETAP Power Station 12.6, Losses, rating* pengaman, PUIL 2000.

## **ABSTRACT**

*Electric Power Flow Analysis (Load Flow) is a study to plan and determine the amount of power in an electric power system. This load flow analysis study takes an example of the implementation of an electric power system on a generator installed on the Senja Utama Solo KA 133 with lumped load characteristics.*

*The power flow analysis begins with calculating the active power and reactive power at each installed node (bus), loading on the line or conductor, the value of power loss (losses), system voltage drop, and power flow in the installed electric power system network and comparing the results of manual calculations with ETAP Power Station 12.6 simulation results. To find out the capacity and voltage, data collection of equipment is carried out. ETAP Power Station 12.6 software is used to simulate a single line diagram, by entering load data and the power factor will be known.*

*The results of the simulation will know the total power flow of the load, the current flowing in each train carriage and the losses in each carriage. The results of manual calculations obtained that the total load of 7 passenger trains and 1 dining train train was 306.11 kVA with an installed generator capacity of 400 kVA with a total load borne by the generator at 76.5% of the generator capacity. The ETAP simulation of the voltage drop on each bus has a small value, namely Bus SDP 1 to SDP 8 of 0.95%. From the simulation results on ETAP, the losses from the generator to the MDP Bus are 4.8 kW and the Line losses to the SDP each carriage are 0.9 kW. The results of the simulation of short circuit faults on the generator bus and SDP load Carriage 1 to carriage 8 obtained a maximum symmetrical breaking current value of 2.681 Amp on the Gen to Load Bus and a peak asymmetric disconnection current of 6.075 Amp. The results of the manual calculation of the safety rating on each passenger car are 63.32 A and the ETAP simulation results show a value of 55.9 A. The difference obtained is the safety factor +115% from the manual calculation based on PUIL 2000 points 510.5.4.3.*

*Keywords: Load Flow, ETAP Power Station 12.6, Losses, safety rating, PUIL 2000*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur hanya bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini yang berjudul “**Evaluasi Perhitungan Load Flow Genset Pada Kereta Api Senja Utama Solo KA 133 Menggunakan ETAP Power Station 12.6**”. Tugas Akhir ini diajukan guna melengkapi salah satu syarat melengkapi gelar Sarjana Strata Satu Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang membantu dan memberi dukungannya selama pembuatan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu yang selalu memberikan semangat dan dukungannya.
2. Teman-teman terdekat dan rekan-rekan kerja saya yang selalu mendo'akan dan mendukung selesainya Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Ir. Badaruddin, MT. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini yang telah memberikan petunjuk dan arahnya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST, M.Sc selaku koordinator tugas akhir yang telah mengatur dan mengkoordinasi setiap proses mulai dari registrasi hingga sidang akhir.
6. Dosen program studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana di Kampus Meruya maupun di Kampus Mercu Buana Bekasi.

7. Teman-teman dari Kelas Karyawan Universitas Mercu Buana program studi Teknik Elektro.
8. Semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunannya, oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan sarannya yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, bagi rekan-rekan mahasiswa Mercu Buana, rekan mahasiswa universitas lainnya, semua pembaca dan bagi penulis khususnya.



Jakarta, 21 Juli 2021

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA (Anggit Ramdhoni)

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penulisan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metodologi Penelitian .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Generator .....	9
2.2.1 Konstruksi Generator Arus Bolak-Balik .....	10
2.2.2 Prinsip Kerja Generator .....	12
2.2.3 Sinkronasi Genset .....	12
2.2.4 Efisiensi Genset .....	13
2.2.5 Sistem-sistem Pendukung Pada Generator .....	15
2.3 Mesin Diesel .....	15
2.3.1 Cara Kerja Mesin Diesel .....	18



2.3.2	Sistem <i>Starting</i> .....	19
2.4	Penjelasan Umum Diesel Generating Set .....	20
2.5	Karakteristik Beban dan Faktor Pusat Listrik .....	21
2.6	Baterai ( <i>Accu</i> ) dan <i>Battery Charger</i> .....	22
2.7	<i>Relay</i> .....	23
2.8	AMF ( <i>Automatic Main Failure</i> ) dan ATS ( <i>Automatic Transfer Switch</i> ) .	24
2.9	Pengaman Untuk Peralatan .....	25
2.9.1	MCB .....	26
2.9.2	MCCB .....	28
2.9.3	TOLR ( <i>Thermal Overload Relay</i> ) .....	28
2.10	Saklar .....	30
2.10.1	Saklar Mekanis .....	30
2.10.2	Kontaktor .....	31
2.11	Perlengkapan Instalasi Tenaga .....	33
2.11.1	Penghantar .....	33
2.11.2	Pemilihan Luas Penampang Penghantar .....	34
2.12	ETAP Power Station 12.6 .....	36
2.13	Metode Simulasi ETAP Power Station .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>41</b>
3.1.	Metode pengumpulan Data .....	43
3.2.	Teknik Pengumpulan Data .....	43
3.3.	Analisa <i>Load Flow</i> Menggunakan ETAP .....	45
3.4.	Pemodelan dan Simulasi Sistem.....	47
<b>BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN .....</b>		<b>49</b>
4.1.	Sistem Distribusi Listrik .....	49
4.1.1.	Lampu Penerangan .....	49
4.1.2.	Audio Ruang Penumpang ( <i>Public Address</i> ) .....	49

4.1.3. Kipas Angin Penghisap ( <i>Exhaust Fan</i> ) .....	50
4.1.4. Sistem Pendingin Udara .....	50
4.2. Perhitungan Total Kebutuhan Beban Tiap Gerbong .....	50
4.3. Perhitungan Rating Kinerja Genset .....	54
4.4. Hasil Simulasi ETAP <i>Load Flow Analysis</i> .....	56
4.5. Hasil perhitungan <i>Short Circuit</i> Pada KA Senja Utama Solo .....	58
4.6. Penentuan Rating Pengaman Genset dan Tiap Beban .....	60
4.6.1. Perhitungan rating arus nominal pada panel MDP Genset .....	60
4.6.2. Perhitungan rating arus pada panel SDP Gerbong 1 hingga 7 .....	60
4.6.3. Perhitungan rating arus pada panel SDP Gerbong kereta makan .....	61
4.7. Perbandingan Rating Pengaman Gerbong KA Senja Utama Solo Perhitungan Manual dengan Software ETAP Power Station 12.6 .....	62
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN DOKUMENTASI</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Mapping Jurnal Referensi .....	8
Tabel 2.2 Kode Pengenal Kabel.....	34
Tabel 3.1 Data Teknis Gerbong KA Senja Utama .....	45
Tabel 4.1 Beban Panel SDP Gerbong 1 .....	51
Tabel 4.2 Beban Panel SDP Gerbong 2 .....	51
Tabel 4.3 Beban Panel SDP Gerbong 3 .....	52
Tabel 4.4 Beban Panel SDP Gerbong 4 .....	52
Tabel 4.5 Beban Panel SDP Gerbong 5 .....	52
Tabel 4.6 Beban Panel SDP Gerbong 6 .....	53
Tabel 4.7 Beban Panel SDP Gerbong 7 .....	53
Tabel 4.8 Beban Panel SDP Gerbong Kereta Makan .....	53
Tabel 4.9 Total beban Panel MDP KA Senja Utama.....	54
Tabel 4.10 Data Hasil Besaran Daya Simulasi ETAP Power Station.....	56
Tabel 4.11 Data nilai <i>drop</i> pada Bus.....	57
Tabel 4.12 Data Losses Tiap Cabang.....	57
Tabel 4.13 Bus Short Circuit report .....	59
Tabel 4.14 Rating pengaman tiap beban .....	62
Tabel 4.15 Perbandingan hasil <i>rating</i> pengaman tiap Gerbong KA .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konstruksi Generator Berkutub Dalam.....	11
Gambar 2.2 Segitiga daya .....	14
Gambar 2.3 Penampang Tengah ruang bakar mesian diesel .....	16
Gambar 2.4 Diagram Siklus Otto.....	17
Gambar 2.5 Cara kerja Mesin Diesel .....	19
Gambar 2.6 Battery Charger type 180px .....	22
Gambar 2.7 Gambar dan simbol relay .....	23
Gambar 2.8. Blok Diagram proses kerja AMF dan ATS.....	24
Gambar 2.9. Konstruksi MCCB.....	28
Gambar 2.10 Konstruksi <i>Thermal Over Load Relay</i> .....	29
Gambar 2.11 Simbol kontak-kontak.....	32
Gambar 2.12 Konstruksi Kontaktor .....	33
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> studi aliran daya menggunakan ETAP 12.6 .....	42
Gambar 3.2 Gerbong Ekonomi Premium KA Senja Utama .....	44
Gambar 3.3 <i>Interior</i> KA Ekonomi Premium .....	44
Gambar 3.4 Single Line Diagram KA Senja Utama Solo.....	47
Gambar 4.1 Susunan gerbong KA Senja Utama.....	51
Gambar 4.3 Segitiga daya .....	55
Gambar 4.4 Short Circuit Beban tiap gerbong.....	59