



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

SKRIPSI

**ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS
TRANSIENT EVAKUASI DAYA PLTMG 2 x 10 MW PADA
SISTEM PULAU SERAM**

DISUSUN OLEH:

AJI PAMUNGKAS

NIM : 202011319

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2023**

**ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT
EVAKUASI DAYA PLTMG 2 x 10 MW PADA SISTEM PULAU
SERAM**

SKRIPSI



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana

Disusun Oleh:

AJI PAMUNGKAS

NIM : 202011319

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Aji Pamungkas

NIM : 202011319

Program Studi : S1 Teknik Elektro

Judul Skripsi : ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT EVAKUASI DAYA
PLTMG 2 x 10 MW PADA SISTEM PULAU SERAM

Dengan ini menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana baik di lingkungan ITPLN maupun di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang yang diketahui tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh pihak lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam kepustakaan. Pernyataan dibuat dengan penuh kesadaraan dan rasa tanggung jawab serta memikul segala resiko jika ternyata pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 24 Februari 2023



AJI PAMUNGKAS

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul

**ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS
TRANSIENT EVAKUASI DAYA PLTMG 2 x 10 MW
PADA SISTEM PULAU SERAM**

DISUSUN OLEH:

AJI PAMUNGKAS

NIM : 202011319

**Diajukan untuk memenuhi
Persyaratan**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS
KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN
INSTITUT TEKNOLOGI PLN**

Jakarta, 22 Januari 2023

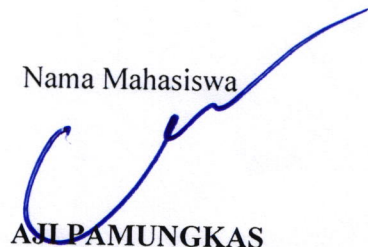
Disetujui,

Dosen Pembimbing-



IBNU HAJAR, S.T., M.Sc

Nama Mahasiswa



AJI PAMUNGKAS

Mengetahui,

Kepala Program Studi



TONY KOERNIAWAN, S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

SKRIPSI

ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT

EVAKUASI DAYA PLTMG 2x10 MW

PADA SISTEM PULAU SERAM

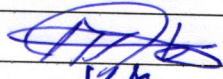
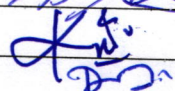
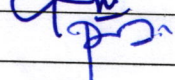
Disusun Oleh:

AJI PAMUNGKAS

NIM : 202011319

Telah disidangkan dan dinyatakan **LULUS / TIDAK LULUS** pada sidang Skripsi
Pada Program Studi S1 Teknik Elektro Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
Institut Teknologi PLN pada 17-Februari-2023)

TIM PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan
Juara Mangapul Tambunan, S.T., M.Si	Ketua Penguji	
Kartika Tresya Mauriraya, S.Pd., M.Pd	Sekretaris Penguji	
Retno Aita, S.T., M.T	Anggota Penguji	

Mengetahui,

Kepala Program Studi
S1 Teknik Elektro



Tony Koerniawan, S.T., M.T
NIDN 0325018402

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan disampaikan penghargaan dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

IBNU HAJAR, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing

Yang telah memberikan petunjuk, arahan, serta bimbingannya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.

Terima kasih yang sama, disampaikan kepada:

1. Seluruh anggota keluarga.
2. Bapak Adi Purwono selaku Manager PT PLN (Persero) UP3 Masohi tahun 2019.
3. Bapak I Made Agus Dwi Putra selaku Manager PT PLN (Persero) UP3 Masohi tahun 2021.
4. Bapak Ayub Nur selaku Manajer Bagian Jaringan PT PLN (Persero) UP3 Masohi tahun 2022.
5. Bapak Adha Budi Dharma selaku Manajer Bagian Pembangkitan PT PLN (Persero) UP3 Masohi tahun 2020.
6. Bapak Nur Syamridal selaku Manajer Bagian Perencanaan PT PLN (Persero) UP3 Masohi tahun 2020.
7. Bapak Rinaldi Maulana selaku Pegawai Tugas Belajar PT PLN (Persero) Pusdiklat – Institut Teknologi Bandung 2022-2024.

Dan seluruh pihak yang telah mendukung penulisan Skripsi ini.

Jakarta, 24 Februari 2023



AJI PAMUNGKAS

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Institut Teknologi PLN, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aji Pamungkas
NIM : 202011319
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Fakultas : Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
Jenis Karya : Skripsi

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi PLN **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT EVAKUASI DAYA PLTMG
2 x 10MW PADA SISTEM PULAU SERAM**

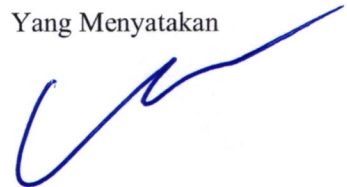
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Institut Teknologi PLN berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi ini selama tetap mencantumkan nama penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 24 Februari 2023

Yang Menyatakan



AJI PAMUNGKAS

ANALISIS ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT EVAKUASI DAYA PLTMG 2x10 MW PADA SISTEM PULAU SERAM

Aji Pamungkas (202011319)

Dibawah bimbingan: Ibnu Hajar, S.T., M.Sc

ABSTRAK

Dalam pengembangannya berdasarkan RUPTL 2021-2030 pada Sistem Seram direncanakan dilakukan pembangunan pembangkit PLTMG Seram 2 dengan kapasitas sebesar 20 MW ditargetkan COD (Commercial Operation Date) pada tahun 2022. Adanya beberapa pertimbangan yang menyebabkan PLTMG Seram 2 berkapasitas sebesar 20 MW dengan rencana target COD pada tahun 2022 menjadi mundur dalam waktu yang belum diketahui, sehingga PLN UIW Maluku dan Maluku Utara bersama PLN Unit Induk Pembangunan Maluku Papua mengambil langkah yaitu berencana mengoperasikan saluran transmisi 150 kV dan Gardu Induk yang pembangunannya seiring dengan berdasarkan RUPTL 2021-2030 yaitu pada Sistem Seram dibangun saluran transmisi 150 kV dan Gardu Induk yang ditargetkan COD pada tahun 2022 kemudian direncanakan beroperasi pada akhir tahun 2023 untuk mengevakuasi daya dari PLTMG Seram 2x10 MW yang terletak di Masohi di Kab. Maluku Tengah untuk menyalurkan daya ke pusat beban (Masohi-Kairatu-Piru) sehingga PLTD isolated dapat dinonaktifkan.

Pada simulasi *Load flow* Sistem Seram memperlihatkan jaringan 150 kV, 20 kV dan 11 kV dalam kondisi baik, setiap bus yang terhubung pada sistem bekerja dengan baik menyalurkan energi listrik sesuai permintaan pembebanan tiap bus dengan Daya yang dibangkitkan oleh Generator pada PLTMG Seram sebesar 12.92 MW dan beban sebesar 11.79 MW serta memiliki total *Grid Losses* sebesar 1.38 MW.

Dari analisis kestabilan transien yang dilakukan, pengoperasian SUTT 150 kV dan Gardu Induk pada Sistem Seram menstimulasi kestabilan transien berupa kestabilan sudut rotor pada pembangkit PLTMG Masohi dan frekuensi sistem yang cenderung fluktuatif yang dapat memicu rele pengaman dari sensing frekuensi pada bus pembangkit, pada saat terjadi gangguan 3 fasa baik di SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu, SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru, dan SUTM 20 kV yang menghubungkan pembangkit PLTMG Masohi dengan GI Masohi

Kata Kunci: Sistem Seram, Aliran Daya, Kestabilan Transien

**LOAD FLOW ANALYSIS AND TRANSIENT STABILITY POWER EVACUATION OF PLTMG
2x10 MW CERAM ISLAND**

Aji Pamungkas (202011319)

Under the Guidance of Ibnu Hajar, S.T., M.Sc

ABSTRACT

In its development, based on RUPTL 2021-2030 for the Ceram Electrical System, it is planned to build PLTMG Seram 2 with a capacity of 20 MW targeted for COD (Commercial Operation Date) in 2022. There are several considerations that cause PLTMG Seram 2 with a capacity of 20 MW with a planned COD target of 2022 will be delayed in an unknown time, so PLN UIW Maluku and North Maluku together with PLN UIP Maluku Papua are taking steps, namely planning to operate the 150 kV transmission line and substation whose development is in line with the RUPTL 2021-2030, namely the Ceram Electrical System was built transmission line 150 kV and substation targeted COD in 2022 then planned to operate at the end of 2023 to evacuate power from PLTMG Seram 2x10 MW located in Masohi in Central Maluku to distribute power to the load center (Masohi-Kairatu-Piru) so that the isolated Diesel Power Plant can be deactivated.

In the load flow simulation of the Ceram System, it shows that the 150 kV, 20 kV and 11 kV Lines are in good condition, each bus connected to the system works properly distributing electrical energy according to the loading demand of each bus with the power generated by the generator at PLTMG Seram of 12.92 MW and load of 11.79 MW and has a total Grid Losses of 1.38 MW.

From the transient stability analysis carried out, the operation of the Transmission Line 150 kV and the Substation 150 kV in the Ceram System stimulates transient stability in the form of rotor angle stability at the PLTMG Masohi generator and system frequency which tends to fluctuate which can trigger a safety relay from frequency sensing on the generator bus, in the event of a disturbance 3 phases both at Transmission Line 150 kV Masohi Substation – Kairatu Substation, Transmission Line 150 kV Kairatu Substation – Piru Substation, and Feeder 20 kV which connects PLTMG Masohi with Masohi Substation.

Keyword: *Ceram Island System, Load Flow, Transient Stability*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	2
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	3
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	4
UCAPAN TERIMA KASIH	5
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	6
ABSTRAK	7
DAFTAR ISI	9
DAFTAR GAMBAR.....	11
DAFTAR PERSAMAAN	12
DAFTAR TABEL	13
BAB 1 PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang Masalah	14
1.2 Rumusan Masalah.....	15
1.3 Tujuan Penelitian.....	15
1.4 Manfaat Penelitian.....	15
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	16
1.6 Sistematika Penulisan	16
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Penelitian yang Relevan	17
2.2 Tinjauan Teori	19
2.2.1 Analisis Aliran daya dan kestabilan transien.....	19
2.2.2 Newton Raphson	23
2.2.3 Rugi Daya.....	24
2.2.4 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik.....	24

2.2.5	Sistem Tenaga Listrik.....	27
2.2.6	Kestabilan Frekuensi	29
2.2.7	Kestabilan Sudut Rotor	29
2.2.8	Kestabilan Tegangan	30
2.2.9	Kestabilan Transien.....	31
2.2.10	Digsilent Power Factory	33
BAB 3	METODOLOGI	34
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
3.2	Desain Penelitian	34
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	35
3.4	Metode Analisis Data	36
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Kondisi ksisting sistem Seram.....	37
4.2	Pengumpulan Data Kondisi Eksisting Sistem Seram	37
4.3	Rencana Pembangunan Sistem Seram.....	45
4.4	Aliran Daya Sistem Seram.....	46
4.5	Stabilitas Transien Sistem Seram	81
BAB 5	PENUTUP	96
5.1	Simpulan.....	97
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA.....		98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 SLD GI pada Sistem Tenaga	20
Gambar 2.2 Gambaran Umum Sistem Tenaga Listrik	27
Gambar 2.3 Standar Kestabilan Frekuensi pada Steam Turbine saat Kondisi Abnormal	29
Gambar 2.4 Kurva Kapabilitas Tegangan Kedip Standar SEMI F47.....	32
Gambar 2.5 Definisi Voltage Magnitude Event berdasarkan Standar IEEE 1159-2009.....	33
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	35
Gambar 4.1 SLD Kondisi Eksisting Sistem Seram ...39	Gambar 4.1 SLD Kondisi Eksisting Sistem Seram 39
Gambar 4.2 Rencana Pengembangan Gardu Induk dan Transmisi 150 kV Sistem Seram	43
Gambar 4.3 SLD Sistem Seram terhubung Gardu Induk dan Transmisi 150 kV	45
Gambar 4.4 GIS (Geographic Information System) Sistem Seram.....	45
Gambar 4.5 Load Flow Result Sistem Seram, Unit Layanan Pelanggan Masohi	46
Gambar 4.6 Load Flow Result Sistem Seram, Unit Layanan Pelanggan Kairatu	46
Gambar 4.7 Load Flow Result Sistem Seram, Unit Layanan Pelanggan Piru.....	46
Gambar 4.8 Load Flow Calculation Sistem Seram	47
Gambar 4.9 Load Flow Analysis PLTMG Seram	48
Gambar 4.10 Load Flow Analysis Gardu Induk Masohi.....	49
Gambar 4.11 Load Flow Analysis Gardu Induk Kairatu.....	50
Gambar 4.12 Load Flow Analysis Gardu Induk Piru	51
Gambar 4.13 Voltage Profile SUTT 150 kV Masohi - Kairatu	63
Gambar 4.14 Voltage Profile SUTT 150 kV Kairatu - Piru	64
Gambar 4.15 Voltage Profile Penyulang Kota A	65
Gambar 4.16 Voltage Profile Penyulang Kota B.....	66
Gambar 4.17 Voltage Profile Penyulang Amahai	67
Gambar 4.18 Voltage Profile Penyulang Makariki	68
Gambar 4.19 Voltage Profile Penyulang Tamilow.....	69
Gambar 4.20 Voltage Profile Penyulang Kairatu.....	70
Gambar 4.21 Voltage Profile Penyulang Rumahkay.....	71
Gambar 4.22 Voltage Profile Penyulang Waisarisa	72
Gambar 4.23 Voltage Profile Penyulang Kota Piru.....	73
Gambar 4.24 Voltage Profile Penyulang Sakari	74
Gambar 4.25 Voltage Profile Penyulang Uhe	75
Gambar 4.26 Voltage Profile Penyulang Waisala	76
Gambar 4.27 Voltage Profile Penyulang Kawa	77
Gambar 4.28 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Amahai	78

Gambar 4.29 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Kota A	79
Gambar 4.30 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Kota B.....	79
Gambar 4.31 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Kawa.....	80
Gambar 4.32 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Makariki	80
Gambar 4.33 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Piru Kota.....	81
Gambar 4.34 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Sakari	81
Gambar 4.35 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Tamilow	82
Gambar 4.36 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Uhe	82
Gambar 4.37 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Uhe	83
Gambar 4.38 Quasi Dynamic Losses Result pada Grid dan SUTT 150 kV Sistem Seram	86
Gambar 4.39 Quasi Dynamic Bus Voltage Result pada Bus 20 kV dan Bus 150 kV Sistem Seram.....	88
Gambar 4.40 Parameter AVR - Governor	90
Gambar 4.41 Critical Fault Calculation Result SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu	91
Gambar 4.42 Critical Fault Calculation Result SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru.....	92
Gambar 4.43 Critical Fault Calculation Result SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi.....	92
Gambar 4.44 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar	93
Gambar 4.45 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	94
Gambar 4.46 Frekuensi saat Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	95
Gambar 4.47 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru.....	96
Gambar 4.48 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar	97
Gambar 4.49 Frekuensi sistem Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar	98
Gambar 4.50 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar	99
Gambar 4.51 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar	100
Gambar 4.52 Frekuensi Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar	101
Gambar 4.53 Kestabilan Sudut Rotor SC SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak	102
Gambar 4.54 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak	103
Gambar 4.55 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	104
Gambar 4.56 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak	105
Gambar 4.57 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak.....	106
Gambar 4.58 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak.....	107
Gambar 4.59 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban.....	108
Gambar 4.60 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak	109
Gambar 4.61 Frekuensi Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak....	110

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Aset Jaringan SUTM yang Beroperasi pada Sistem Masohi Isolated 20 kV	40
Tabel 4.2 Aset Pembangkit yang Beroperasi pada Sistem Masohi Isolated 20 kV.....	40
Tabel 4.3 Beban pada Sistem Masohi Isolated 20 kV.....	40
Tabel 4.4 Aset Jaringan Distribusi pada Sistem Kairatu Isolated 20 kV.....	41
Tabel 4.5 Aset Pembangkit yang Beroperasi pada Sistem Kairatu Isolated 20 kV.....	41
Tabel 4.6 Beban pada Sistem Kairatu Isolated 20 kV.....	42
Tabel 4.7 Aset Jaringan Distribusi pada Sistem Piru Isolated 20 kV.....	42
Tabel 4.8 Aset Pembangkit yang Beroperasi pada Sistem Piru Isolated 20 kV	42
Tabel 4.9 Beban pada Sistem Piru Isolated 20 kV	43
Tabel 4.10 Rencana Pembangunan SUTT 150 kV Sistem Seram	44
Tabel 4.11 Rencana Pembangunan GI 150 kV Sistem Seram.....	44
Tabel 4.12 Flexible Data Load Flow Gardu Distribusi Sistem Seram	62
Tabel 4.13 Losses SUTT 150 kV Sistem Seram	84
Tabel 4.14 Total Grid Losses Sistem Seram	85
Tabel 4.15 Tegangan Busbar 20 kV Sistem Seram	86
Tabel 4.16 Tegangan Busbar 150 kV Sistem Seram	87
Tabel 4.17 Data Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran Evakuasi Daya Sistem Seram	90
Tabel 4.18 Critical Clearing Time.....	91
Tabel 4.19 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar ..	93
Tabel 4.20 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	94
Tabel 4.21 Frekuensi saat Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	95
Tabel 4.22 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar	96
Tabel 4.23 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar.....	97
Tabel 4.24 Frekuensi saat Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	98
Tabel 4.25 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar .	99
Tabel 4.26 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar.....	100
Tabel 4.27 Frekuensi Sistem Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar	101
Tabel 4.28 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak	102
Tabel 4.29 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak	103
Tabel 4.30 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar.....	104
Tabel 4.31 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak.....	105
Tabel 4.32 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak	106
Tabel 4.33 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak	107
Tabel 4.34 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH – GI Masohi pada Beban Puncak	108
Tabel 4.35 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak	109
Tabel 4.36 Frekuensi Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban.....	110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam pengembangannya berdasarkan RUPTL 2021-2030 pada Sistem Seram direncanakan dilakukan pembangunan pembangkit PLTMG Seram 2 dengan kapasitas sebesar 20 MW ditargetkan COD (*Commercial Operation Date*) pada tahun 2022. Adanya beberapa pertimbangan yang menyebabkan PLTMG Seram 2 berkapasitas sebesar 20 MW dengan rencana target COD pada tahun 2022 menjadi mundur dalam waktu yang belum diketahui, sehingga PLN UIW Maluku dan Maluku Utara bersama PLN Unit Induk Pembangunan Maluku Papua mengambil langkah yaitu berencana mengoperasikan saluran transmisi 150 kV dan Gardu Induk yang pembangunannya seiring dengan berdasarkan RUPTL 2021-2030 yaitu pada Sistem Seram dibangun saluran transmisi 150 kV dan Gardu Induk yang ditargetkan COD pada tahun 2022 kemudian direncanakan beroperasi pada akhir tahun 2023 untuk mengevakuasi daya dari PLTMG Seram 2x10 MW yang terletak di Masohi di Kab. Maluku Tengah untuk menyalurkan daya ke pusat beban (Masohi-Kairatu-Piru) sehingga PLTD *isolated* dapat dinonaktifkan.

Dengan adanya rencana pengoperasian saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan Sistem Seram dan Gardu Induk 150/20 kV untuk melayani beban pada Masohi, Kairatu, dan Piru yang tersuplai oleh PLTMG Seram 2x10 MW yang berlokasi di Masohi, maka diperlukan analisis mengenai *Load Flow* dan stabilitas transien untuk mengetahui kondisi Sistem Seram.

1.2. Rumusan masalah

Dari latar belakang yang ada, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana simulasi konfigurasi dan beban pada Pulau Seram?
2. Bagaimana aliran daya pada saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan sistem isolated Pulau Seram (Masohi-Kairatu-Piru) dan pembebanan pada PLTMG Seram 2 x 10 MW?

3. Bagaimana kestabilan transien pada Sistem Seram yang telah disuplai dari PLTMG Seram 2 x 10 MW melalui saluran transmisi 150 kV?

1.3. Tujuan

Tujuan penulisan skripsi yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mensimulasikan dan menganalisis aliran daya pada Sistem Seram (Masohi-Kairatu-Piru) yang dibangun sesuai dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030 dengan rencana operasi saluran transmisi 150 kV pada tahun 2023.
2. Mensimulasikan dan menganalisis profil tegangan pada Sistem Seram (Masohi-Kairatu-Piru) yang dibangun sesuai dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030 dengan rencana operasi saluran transmisi 150 kV di tahun 2023.
3. Mensimulasikan dan menganalisis karakter stabilitas transien pada Sistem Seram (Masohi-Kairatu-Piru) yang dibangun sesuai dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030 dengan rencana operasi saluran transmisi 150 kV di tahun 2023.

1.4. Manfaat Penelitian

Dari penulisan skripsi/analisis ini diharapkan mempunyai manfaat yaitu mampu menghasilkan laporan yang sistematis, yaitu:

1. Mendapatkan hasil analisis *load flow* sistem tenaga listrik pada simulasi Sistem Seram (Masohi-Kairatu-Piru) yang telah dilayani oleh saluran transmisi 150 kV.
2. Mendapatkan karakter stabilitas transien pada Sistem Seram (Masohi-Kairatu-Piru).
3. Sebagai referensi perencanaan dari pembahasan sistem tenaga listrik pada UP3 Masohi.
4. Menambah pengetahuan dan keahlian dalam pemanfaatan aplikasi DigSilent PowerFactory yang digunakan untuk menganalisis.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Agar menghindari terjadinya masalah yang meluas serta dapat tercapainya pembahasan skripsi maka penulis memberikan Batasan masalah yang akan dibahas, diantaranya:

1. Simulasi dan konfigurasi beban sesuai pada kondisi eksisting serta penambahan saluran transmisi 150 kV sesuai pada Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030 (Masohi-Kairatu-Piru) dengan rencana operasi pada tahun 2023 dengan menggunakan aplikasi DigSilent PowerFactory.
2. Menganalisis *load flow* dan kestabilan transient pada kondisi eksisting serta penambahan saluran transmisi 150 kV sesuai pada Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030 (Masohi-Kairatu-Piru) dengan rencana operasi pada tahun 2023. Analisis kestabilan transien dengan titik hubung singkat yang telah ditentukan dengan menggunakan aplikasi DigSilent PowerFactory.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penelitian, maka dari itu penulis akan membagi Penelitian menjadi 5 bab yaitu bab I pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang penelitian diambil, rumusan masalah dari penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan dari bab I sampai dengan bab V. Bab II tinjauan pustaka, membahas tentang teori-teori yang berasal dari literatur-literatur yang terpercaya yang mendukung pembuatan skripsi ini dimulai. Bab III metodologi penelitian, menjelaskan tentang kerangka pemikiran secara alur diagram yang merupakan seluruh langkah kegiatan penelitian, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data sampai dengan hasil dan pembahasan. Bab IV hasil dan pembahasan, menjelaskan hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan berupa data-data yang akurat dan perhitungan dari pengujian tegangan tembus pada busbar dan penghantar. Bab V kesimpulan dan saran, menjelaskan kesimpulan dan memberikan saran yang diperoleh dari hasil simulasi Sistem Seram.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

Sebagai penunjang pemulisan penelitian ini terdapat beberapa studi literatur atau referensi relevan yang digunakan dan telah dituangkan dalam penulisan bentuk buku maupun jurnal, diantaranya:

Prima Prahasta Rezky, Ontoseno Penangsang, Ni Ketut Aryani. (2016). Yang berjudul “*Studi Analisa Stabilitas Transien Sistem Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500 kV Setelah Masuknya Pembangkit Paiton 1000 MW pada Tahun 2021*” Menyatakan bahwa Stabilitas transient dikaitkan dengan kegagalan besar yang tiba-tiba seperti kegagalan hubung singkat, trip kabel transmisi, dan pelepasan beban/generator secara tiba-tiba. Jika gangguan terjadi dan gangguan tersebut tidak segera diatasi, percepatan atau perlambatan putaran rotor generator akan menyebabkan sistem kehilangan sinkronisasi. Misalnya, ketika generator trip, sudut rotor yang dibentuk oleh generator berubah menjadi Sudut rotor baru. Sistem stabil adalah jika sudut rotor dapat mencapai keadaan stabil baru setelah masa transisi. Sebaliknya, setelah masa transisi, jika rotor masih berosilasi dan belum mencapai sudutnya, maka sistem dikatakan tidak stabil.

Nurhani Amin. (2011). Yang berjudul “*Perbandingan Metode Gauss – Siedel dan Metode Newton-Raphson Dalam Solusi Aliran Daya*” Menyatakan bahwa Metode iteratif (nilai numerik) dikembangkan menggunakan komputer digital untuk menyelesaikan penyelidikan aliran gaya. Seiring dengan berkembangnya komposisi grid sistem tenaga, semakin banyak metode yang dikembangkan untuk melakukan studi aliran daya, baik dalam perencanaan, pengembangan, dan pengoperasian. Metode Newton-Rapson lebih akurat karena memiliki kurva iterasi yang lebih sedikit. Metode ini membentuk matriks Jacobian. Metode ini cocok untuk menghitung arus dalam sistem besar..

Makmur Saini, Muh. Yusuf Yunus, Risal Akbar, Muh. Yassir. (2019). Yang berjudul “*Analisis Jatuh Tegangan pada Sistem Kelistrikan Sulselrabar Menggunakan Digsilent Powerfactory 15*”. Menyatakan bahwa Transmisi adalah proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkit listrik ke gardu induk agar dapat disalurkan ke konsumen tenaga listrik. Jatuh tegangan saluran transmisi adalah perbedaan antara tegangan di sisi transmisi dan tegangan di sisi penerima energi listrik dari saluran listrik AC, dan besarnya adalah impedansi dan masuk catu daya, dan beban dan faktor daya. Software Digital Simulation and Electrical Network Computing Program (Digsilent) adalah aplikasi

komputasi simulasi dan analisis sistem tenaga yang mendukung simulasi dan komputasi pada sistem distribusi daya, transmisi, dan industri.

Arfanizar Fathurochman, Ardyono Priyadi, Soedibyo. (2016) Berdasarkan studi “Analisis Stabilitas Transien dan Tegangan pada Sistem Tenaga Listrik akibat Instalasi Pembangkitan Terdistribusi”, didapat beberapa kesimpulan Analisa stabilitas transien dan tegangan terhadap sistem tenaga listrik sangat diperlukan guna menjaga sistem agar mampu bekerja dalam kondisi aman dan kontinu. Pembangkitan Terdistribusi atau lebih dikenal dengan *Distributed Generation* (DG) memiliki peran sebagai reduktor beban sehingga dapat memberikan dampak terhadap stabilitas transien dan tegangan sistem. Secara umum, semakin besar tingkat pembangkitan DG, maka semakin baik pula indikator stabilitas transien dan tegangan sistem. Untuk stabilitas transien dapat diketahui dengan peningkatan waktu pemutusan kritis atau lebih dikenal dengan *Critical Clearing Time* (CCT). Untuk stabilitas tegangan, dapat diketahui dari peningkatan kurva PV.

Yudiestira, Ardyono Priyadi, Margo Pujiantara. (2016) dalam studi “Analisis Kestabilan Transien dan Mekanisme Pelepasan beban di PT Pertamina RU V Balikpapan akibat Penambahan Generator 2x15MW dan Penambahan Beban 25 MW” Menyatakan bahwa Berdasarkan IEEE Std C37.106-2003 (Revision of ANSI/IEEE C37.106-1987), penggerak utama generator seringkali lebih rentan terhadap operasi frekuensi *off*. Secara khusus, kelelahan bladesturbin adalah perhatian utama. Turbin uap terdiri dari beberapa tahapan yang dirancang untuk berbagai tekanan uap. Setiap turbin terdiri dari 26 beberapa baris blades individu dengan panjang yang berbeda. Uap diinjeksikan ke dalam turbine melalui pipa sehingga berdampak pada blades dan menyebabkan rotasi sehingga blades mengalami deformasi. Tekanan pada blades dan frekuensi yang dikenakan tergantung pada kecepatan rotasi turbin. Panjang blades dan desainnya akan menentukan resonansi frekuensi.

Restricted time operating frequency limits merupakan daerah frekuensi yang masih diijinkan namun hanya bersifat sementara (tergantung besar frekuensi dan waktu). Semakin besar turun frekuensinya maka semakin pendek waktu yang diijinkan frekuensi pada kondisi tersebut. *Prohibited operation* merupakan daerah frekuensi terlarang, sehingga frekuensi tidak diijinkan mencapai daerah tersebut. *Continuous operation* merupakan daerah frekuensi normal.

Bagus Tri Ari Wibowo, Sabar Setiawidayat, Mohammad Muksim. Universitas Widyagama Malang. (2018). Yang berjudul “Simulasi dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software ETAP 12.6” Menyatakan bahwa untuk mengetahui aliran daya aktif maupun reaktif serta profil tegangan setiap bus dalam sistem dilakukan simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak Electrical Transient Analyser Program (ETAP) versi 12.6.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Analisis Aliran Daya

Analisis beban listrik adalah studi yang dilakukan untuk memperoleh informasi tentang aliran daya atau tegangan dalam suatu sistem dalam kondisi operasi yang stabil. Informasi ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan dan beban. Masalah aliran daya termasuk menghitung arus dan tegangan sistem pada terminal atau rel tertentu. Informasi utama yang diperoleh dari studi aliran daya adalah besar dan sudut fasa tegangan yang melintasi setiap bus, serta daya aktual dan reaktif yang mengalir melalui setiap saluran. Untuk merencanakan perluasan sistem berikutnya di masa mendatang, diperlukan data dan informasi untuk menganalisis keadaan sistem saat ini.

Maka dari itu, dalam mengidentifikasi kinerja serta keandalan dari sebuah sistem tenaga listrik, harus dilakukan analisis aliran daya dan kestabilan transien. Agar menjaga kontinuitas sirkulasi daya di sentra kendali sistem tenaga listrik, maka analisis aliran daya dan kestabilan transien dirancang serta dijalankan secara terencana dalam keadaan *offline*.

Dalam pemecahan permasalahan aliran daya, sistem diasumsikan dalam keadaan beroperasi dibawah kondisi seimbang. Pada sistem bus terdapat beberapa jenis bus, yaitu :

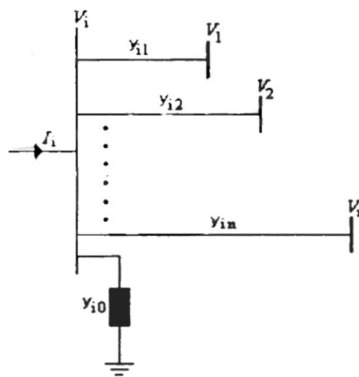
1. Bus Tidak Aktif (*SlackBus*) adalah sebagai referensi dimana terdapat spesifikasi magnitudo dan sudut fasanya.
 2. Bus Beban (*LoadBus*) adalah bus dengan spesifikasi berupa daya aktif dan daya reaktif sedangkan magnitudo dan sudut fasanya tidak diketahui.
- Bus dikenal sebagai P-V Bus.

Studi aliran beban atau load flow study sering kali juga disebut studi aliran daya adalah suatu studi yang mempelajari aliran daya pada suatu sistem kelistrikan dari suatu titik ke titik lain dan tegangan pada bus – bus yang berada pada sistem tersebut. Studi aliran beban merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif, faktor daya, dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada

keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Studi analisis aliran beban dapat dihitung secara manual maupun menggunakan aplikasi komputer. Jadi studi aliran daya dapat didefinisikan sebagai suatu studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya baik dalam bentuk tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif yang terdapat dalam suatu sistem kelistrikan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik maupun menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Tujuan dari studi aliran daya / beban, yaitu:

- Untuk mengetahui komponen jaringan sistem tenaga listrik pada umumnya.
- Mengetahui besarnya tegangan pada setiap bus (rel) dari suatu sistem tenaga listrik.
- Menghitung aliran – aliran daya, baik daya nyata maupun daya reaktif yang mengalir dalam setiap saluran.
- Kerugian – kerugian sistem yang optimum.
- Perbaikan dan pergantian ukuran konduktor dan tegangan sistem.

Sistem tenaga listrik tidak hanya terdiri dari dua bus, melainkan terdiri dari beberapa bus yang akan diinterkoneksi satu sama lain. Daya listrik yang disuplai dari generator ke salah satu bus, tidak hanya akan diserap oleh bus tersebut, akan tetapi bus yang lain menyerap oleh beban. Bus -bus yang terdapat kekurangan daya akan disuplai dari kelebihan daya pada bus yang disalurkan melalui transmisi.



Gambar 2.1 Single Line Diagram GI pada Sistem Tenaga

Arus yang melalui GI:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_{ij} \text{ dimana } j \neq i \quad (2.1)$$

Daya Pada GI adalah:

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (2.2)$$

Dengan mensubstitusi persamaan menjadi:

$$\frac{P_i + jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n Y_{ij} - \sum_{j=0}^n Y_{ij} V_{ij} \text{ dimana } j \neq i \quad (2.3)$$

Berdasarkan persamaan di atas dapat diketahui bahwa harus diselesaikan dengan metode numerik iteratif karena persamaan bersifat tidak linier.

Dalam kaitannya dengan metode analisis aliran daya AC, persamaan nodal yang digunakan untuk merepresentasikan jaringan yang dianalisis diimplementasikan dengan menggunakan dua formulasi berbeda, yaitu Newton-Raphson (*Current Equations*) dan Newton-Raphson (*Power Equations, classical*). Dalam kedua formulasi tersebut, sistem persamaan non linier yang dihasilkan harus dipecahkan dengan metode iteratif. Pemilihan metode yang digunakan untuk merumuskan persamaan nodal harus dipilih berdasarkan jenis jaringan yang akan dianalisis. Untuk sistem transmisi yang besar, terutama bila terbebani berat, algoritma Newton-Raphson standar dengan menggunakan formulasi "*Power Equations*" biasanya hasil akan konvergen dengan lebih baik. Sementara pada sistem distribusi, terutama sistem distribusi yang tidak seimbang, biasanya hasil akan konvergen lebih baik dengan menggunakan formulasi "*Current Equations*".

Dalam proses perhitungan aliran daya konvensional, ketidakseimbangan antar fase dapat diabaikan. Untuk analisis jaringan transmisi, asumsi ini umumnya dapat diterima. Sementara untuk jaringan distribusi, asumsi ini mungkin tidak sesuai karena bergantung pada karakteristik jaringannya.

Perhitungan aliran daya digunakan untuk melakukan analisis sistem tenaga dalam kondisi steady-state tanpa gangguan (*short-circuit free*). Kondisi *steady state* didefinisikan sebagai kondisi dimana semua variabel dan parameter diasumsikan konstan selama periode pengamatan. Keadaan ini dapat dinyatakan sebagai analisis steady state karena mencerminkan kondisi sistem untuk titik waktu tertentu. Sebagai contoh, jika kita memerlukan penentuan perilaku sistem untuk setiap jam dalam sehari, maka 24 aliran beban perlu dilakukan.

Hasil perhitungan dari analisis aliran daya akan menentukan aliran daya aktif dan reaktif untuk semua branch serta nilai sudut dan magnitude tegangan untuk semua node.

Adapun perhitungan yang dilakukan dalam analisis aliran daya saat kondisi normal adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan pembebanan branch, rugi-rugi sistem, dan juga profil tegangan.
2. Optimisasi jaringan, meliputi minimalisasi rugi-rugi sistem, minimalisasi biaya pembangkitan, optimisasi *open tie* pada jaringan terdistribusi, dan lain-lain.
3. Perhitungan kondisi awal *steady-state* untuk simulasi stabilitas atau perhitungan *shortcircuit* dengan menggunakan metode superposisi.

Sesuai dengan penjelasan yang telah dipaparkan di atas, perhitungan aliran daya menentukan besarnya tegangan (V) dan sudut tegangan (θ) dari suatu node, serta aliran daya aktif (P) dan reaktif (Q) pada branch. Pada sistem tenaga listrik, node dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *PV nodes*: Daya aktif dan magnitude tegangan pada kondisi ini telah ditentukan. Jenis node ini digunakan untuk mewakili generator yang daya aktif dan magnitude tegangannya dijaga.
2. *PQ nodes*: Daya aktif dan reaktif pada kondisi ini telah ditentukan, dengan faktor daya yang dapat dikendalikan. Jenis node ini digunakan untuk mewakili beban dan mesin dengan nilai tetap.
3. *Slack nodes*: Sudut dan magnitude tegangan pada kondisi ini telah ditentukan. Dalam perhitungan aliran daya konvensional, slack node ini melakukan penyeimbangan daya yang mengalir di dalam sistem.
4. *Device nodes*: Node khusus yang digunakan untuk merepresentasikan komponen, seperti konverter HVDC, SVS, dan lain-lain, dengan kondisi kontrol yang khusus.

2.2.2 Newton Raphson

Metode analisis aliran beban relatif sukar dipastikan sebab akan berubah pada komputer satu dengan komputer yang lain. Fungsi kecepatan konvergensi, lama waktu setiap iterasi serta kepekaan pada parameter rangkaian merupakan keefektifan suatu teknik.

Matriks admitansi

:

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_{ij}$$

(2.5)

Admitansi dalam bentuk polar

$$I_i = \sum_{j=0}^n |Y_{ij} V_j| \angle (\theta_{ij} + \delta_j) \quad (2.6)$$

Daya kompleks di GI adalah

$$P_i - jQ_i = V_i \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j| \angle (\theta_{ij} + \delta_j) \quad (2.7)$$

Daya aktif pada GI adalah

$$P_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j V_{ij}| \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \dots \quad (2.8)$$

Daya reaktif pada GI adalah

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j V_{ij}| \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \dots \quad (2.9)$$

Beban akan terbentuk pada sepasang persamaan P_i dan Q_i sedangkan pada GI pembangkit akan dibentuk dengan persamaan P_i . Nilai taksiran besaran tegangan $|V|$ dan sudut fasa δ pada setiap gardu induk ke dalam deret Taylor samapi orde pertama diperoleh persamaan:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Dimana J_1, J_2, J_3, J_4 merupakan matriks dengan elemen sebagai berikut.

$$J^m = \begin{bmatrix} \left[\frac{\partial P}{\partial \delta} \right] & \left[\frac{\partial P}{\partial |V|} \right] \\ \left[\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right] & \left[\frac{\partial Q}{\partial |V|} \right] \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Sesudah perhitungan mencapai titik konvergensi dari besaran tegangan dan Sudut fasa tegangan setiap GI yang diperoleh. Perhitungan aliran daya pada saluran transmisi daya aktif P dan daya reaktif Q yang harus dibangkitkan oleh setiap pembangkit serta *losses* pada sistem transmisi.

2.2.3 Rugi Daya

Rugi daya atau susut daya listrik merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban. Rugi daya atau susut daya listrik merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban, Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada trafo yang digunakan. Kedua jenis rugi-rugi daya tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas daya dan tegangan yang dikirimkan ke sisi pelanggan.

2.2.4 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali pada kondisi normal di titik keseimbangan dalam kondisi saat dan setelah mengalami gangguan sehingga sistem tetap dengan kondisi utuh merupakan definisi kestabilan. Sistem tenaga listrik beroperasi dengan kondisi yang terus berubah, sehingga dapat disebut juga sebagai sistem nonlinear. Kestabilan dipengaruhi oleh variasi beban yang dinamis.

Kestabilan sistem tenaga listrik secara umum dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu sistem tenaga listrik untuk mempertahankan keadaan sinkronnya pada saat dan sesudah terjadi gangguan. Definisi ini berlaku juga untuk sistem yang beroperasi dengan menginterkoneksi beberapa generator (*multimachine*) Sistem dikatakan stabil ketika adanya keseimbangan antara daya mekanik pada prime mover dengan daya elektriks yang disalurkan ke beban. Sistem tenaga listrik yang kompleks memiliki banyak beban-beban dinamis yang besar daya yang diserapnya sangat variasi dalam rentang waktu tertentu, dengan adanya perubahan ini pasokan daya yang disalurkan oleh generator harus sesuai dengan kebutuhan bebannya. Apabila sistem mengalami kelebihan daya elektrik maka akan terjadi perlambatan pada rotor generator, hal ini disebabkan semakin terbebannya generator. Namun kelebihan daya mekanik akan terjadi percepatan rotor generator, hal ini disebabkan semakin ringan beban yang ditanggung generator. Apabila kedua kondisi ini tidak dihilangkan dengan segera, maka percepatan dan perlambatan putaran motor akan mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dalam sistem. Maka dibutuhkan analisis kestabilan agar generator yang terganggu tidak lepas dari sistem dan menyebabkan kerusakan sistem menjadi semakin meluas.

Usaha untuk mengembalikan sistem menjadi kondisi sinkron setelah terjadi gangguan inilah yang disebut juga sebagai periode transien. Karakteristik utama dalam stabilitas ini adalah bagaimana mesin-mesin mempertahankan sinkronisasi pada saat akhir periode transien. Jika respon sistem mengalami osilasi saat terjadi gangguan dan kemudian dapat teredam dengan sendirinya, maka sistem dapat dikatakan stabil. Jika osilasi terjadi secara terus menerus hingga periode yang lama maka sistem dikatakan tidak stabil.

Kestabilan dalam sistem tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh gangguan, sedangkan klasifikasi gangguan dibagi menjadi 2 macam, yaitu gangguan kecil dan gangguan besar. Gangguan kecil berupa perubahan beban yang berlangsung terus menerus, sedangkan gangguan besar seperti lepasnya generator, terjadinya hubungan singkat.

Kestabilan didefinisikan sebagai kemampuan suatu sistem tenaga listrik untuk kembali beroperasi pada kondisi normal di titik keseimbangan dalam kondisi saat dan setelah mengalami gangguan sehingga sistem tetap utuh. Sistem tenaga listrik merupakan sistem nonlinear dikarenakan beroperasi pada lingkungan yang terus berubah. Untuk menjaga operasi sistem tenaga listrik agar dapat berjalan dengan baik, maka kestabilan dari sistem perlu diperhatikan. Kestabilan sistem tenaga listrik dipengaruhi oleh beberapa hal dikarenakan variasi beban yang dinamis (berubah-ubah).

Gangguan yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik mengakibatkan terjadinya perbedaan arus dan tegangan pada setiap bus, serta perbedaan sudut rotor pada generator yang ada. Pada kondisi normal, sistem tenaga listrik akan seimbang antara daya input mekanis dari prime mover dengan daya output listrik generator pada sistem. Generator berputar pada kecepatan sinkron, namun ketika gangguan terjadi, timbul perbedaan antara daya output listrik terhadap daya input mekanis. Jika daya output listrik melebihi daya input mekanis generator, akan terbentuk fenomena perlambatan kecepatan putaran rotor atau sebaliknya yang dapat mempengaruhi kerja dari governor. Perbedaan tegangan pada pembangkit dan saluran dalam jaringan sistem akan mempengaruhi *regulator* tegangan. Sedangkan perubahan frekuensi pada sistem akan mempengaruhi beban sesuai dengan karakteristik beban tersebut

Analisis kestabilan pada umumnya digolongkan kedalam tiga jenis, tergantung pada sifat dan besarnya gangguan yaitu:

- a. Kestabilan Keadaan Tetap (*Steady State Stability*).
- b. Kestabilan Dinamis (*Dynamic Stability*).
- c. Kestabilan Transien (*Transient Stability*).

Dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti:

- a. Ukuran gangguan
- b. Pemodelan dan analisis gangguan yang spesifik
- c. Waktu saat terjadi gangguan.
- d. Parameter sistem yang paling berpengaruh.

Kestabilan Sistem Tenaga Listrik dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Kestabilan Sudut Rotor
- b. Kestabilan Frekuensi.
- c. Kestabilan Tegangan.

Stabilitas tegangan (*voltage stability*) adalah kemampuan suatu sistem tenaga untuk menjaga tegangan di setiap bus pada sistem tetap dalam kondisi normal (dijinkan) setelah terjadi gangguan pada suatu kondisi operasi. Tegangan dalam suatu sistem tenaga dinyatakan stabil apabila besar tegangan setelah terjadinya gangguan mendekati besar tegangan pada saat kondisi normal operasi. Suatu sistem tenaga menjadi tidak stabil ketika tegangan turun secara drastis dan tak terkontrol, dimana hal ini dapat disebabkan oleh lepasnya peralatan (generator, saluran transmisi, transformator, busbar, dll), kenaikan beban dalam jumlah besar dan tiba-tiba, dan menurunnya kemampuan peralatan kontrol tegangan.

Sementara itu, ketidakstabilan tegangan (*voltage instability*) adalah ketidakmampuan suatu sistem tenaga untuk menjaga tegangan di setiap bus pada sistem tetap dalam kondisi normal (dijinkan) setelah terjadi gangguan pada suatu kondisi operasi. Hal ini dapat disebabkan karena gangguan yang terjadi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan daya reaktif sehingga melebihi dari total kapasitas dari sumber daya reaktif yang tersedia di sistem tersebut.

Kontrol tegangan dan ketidakstabilan tegangan adalah masalah yang bersifat lokal. Akan tetapi dampak dari ketidakstabilan tegangan dapat menyebabkan efek yang lebih luas, yaitu *voltage collapse*. *Voltage collapse* dapat didefinisikan sebagai dampak besar dari serangkaian kejadian gangguan yang mengakibatkan tegangan rendah hampir di seluruh bus dalam rentang waktu yang sangat cepat atau bahkan *blackout* pada suatu sistem tenaga listrik.

Analisis kurva P-V digunakan untuk menentukan stabilitas tegangan dari suatu sistem radial dan juga jaringan dengan sistem meshed. Dalam analisis ini, daya aktif (P) pada suatu area dinaikkan secara bertahap lalu tegangan (V) di beberapa bus yang kritis diamati, selanjutnya tegangan di beberapa bus tersebut di-plot dalam suatu kurva untuk menentukan stabilitas tegangan dari suatu sistem dengan menggunakan pendekatan analisis statis.

Kurva P-V sangat bermanfaat dalam menentukan seberapa besar pelepasan beban yang harus dilakukan untuk menetapkan kondisi jaringan sebelum gangguan bahkan dengan kenaikan maksimum dari daya reaktif yang dipasok melalui berbagai macam peralatan otomatis seperti kapasitor atau kondensor.

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap ketidakstabilan tegangan adalah jatuh tegangan yang terjadi ketika daya aktif dan daya reaktif mengalir melalui jaringan transmisi yang bersifat sangat induktif. Hal ini akan membatasi kemampuan suatu jaringan transmisi untuk menyalurkan daya dan penyokong tegangan.

2.2.5 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini adalah bagian utama pada rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkitan ke pusat-pusat beban (Pranandari, 2019). Gambar 2.2 memberikan skema umum sistem energi listrik berasal unit pembangkit, saluran transmisi, distribusi hingga pusat beban.



Gambar 2.2 Gambaran Umum Sistem Tenaga Listrik

Sumber: PLN Masohi Bagian Perencanaan (2019)

Suatu sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri atas empat unsur, yaitu pembangkit, transmisi, distribusi dan pemakaian tenaga listrik atau beban. Pembangkit tenaga listrik terdiri dari berbagai jenis pembangkit tenaga listrik, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Energi listrik yang dibangkitkan di pusat tenaga listrik harus disalurkan atau ditransmisikan ke pusat-pusat pemakai melalui kawat (saluran). Pada suatu sistem yang cukup besar, tegangan yang keluar dari generator harus dinaikkan lebih dahulu dari tegangan menengah menjadi

tegangan tinggi atau tegangan ekstratinggi. Penyaluran energi listrik melalui jarak yang jauh dilakukan dengan menaikkan tegangan guna memperkecil kerugian yang terjadi, berupa rugi-rugi daya. Ada dua kategori saluran transmisi, yaitu saluran udara (*overhead line*) dan saluran bawah tanah (*underground*). Yang pertama menyalurkan tenaga listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada tiang-tiang transmisi dengan perantaraan isolator, sedang saluran kategori kedua menyalurkan listrik melalui kabel bawah tanah. Kedua cara penyaluran mempunyai untung dan rugi-rugi sendiri-sendiri. Dibandingkan dengan saluran udara, saluran bawah tanah tidak berpengaruh oleh perubahan cuaca seperti hujan angin, petir, dan lain sebagainya.

Sistem daya listrik masa kini jauh lebih luas, ditambah interkoneksi antar sistem yang rumit dan melibatkan beratus-ratus mesin yang secara dinamis saling mempengaruhi melalui perantara jala-jala tegangan extra tinggi, mesin-mesin ini mempunyai sistem penguatan yang berhubungan. Kisaran masalah yang dianalisis banyak menyangkut gangguan yang besar dan tidak lagi memungkinkan menggunakan proses kelinearan. Masalah kestabilan transien dapat lebih lanjut dibagi kedalam “Kestabilan ayunan pertama (*first swing*) dan ayunan majemuk (*multi swing*)”. Kestabilan ayunan pertama didasarkan pada model generator yang cukup sederhana tanpa memasukkan sistem pengaturannya, biasanya periode waktu yang diselidiki adalah detik pertama setelah timbulnya gangguan pada sistem. Bila pada sistem, mesin dijumpai tetap berada dalam keadaan serempak sebelum berakhirnya detik pertama, ini dikategorikan sistem masih stabil.

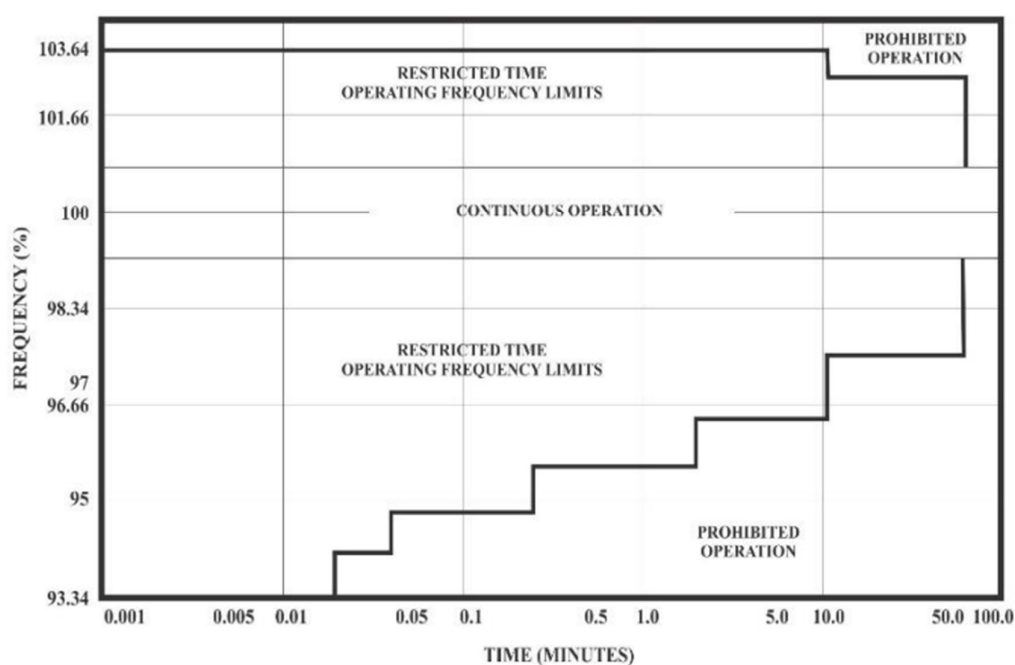
2.2.6 Kestabilan Frekuensi

Kestabilan ini berkaitan dengan kemampuan dari sistem untuk mempertahankan kestabilan frekuensi akibat gangguan pada sistem yang mengakibatkan ketidakseimbangan antara pembangkitan dan beban. Pada umumnya masalah kestabilan frekuensi dikaitkan dengan ketidakmampuan dari respons peralatan, koordinasi yang buruk pada peralatan kontrol dan peralatan proteksi, atau kurangnya daya cadangan pembangkitan.

Selama terjadinya penyimpangan frekuensi, besarnya tegangan mungkin dapat berubah dengan signifikan, terutama untuk kondisi *islanding* yang menggunakan *underfrequency load shedding* untuk melepas bebannya. Perubahan nilai tegangan yang mungkin persentasenya lebih besar dari perubahan frekuensi dapat mengakibatkan ketidakseimbangan antara pembangkitan dan beban. *Equilibrium point* (titik keseimbangan) antara suplai daya sistem dan beban harus dipertahankan untuk menjaga sistem dari generator *outage*.

Klasifikasi kestabilan frekuensi diklasifikasikan menjadi dua, yaitu jangka panjang dan jangka pendek. Contoh fenomena jangka pendek untuk kestabilan frekuensi adalah pada

pembentukan *undergenerated island* dengan pelepasan beban *underfrequency* yang tidak mencukupi, sehingga frekuensi menurun secara tiba-tiba dan menyebabkan sistem mati total dalam durasi beberapa detik. Sedangkan kestabilan frekuensi jangka panjang biasanya disebabkan oleh kontrol governor tidak bekerja ketika terdapat gangguan. Rentang waktu fenomena jangka panjang yaitu puluhan detik hingga beberapa menit. Faktor yang mempengaruhi kestabilan frekuensi adalah tidak sinkronnya jumlah pembangkitan dengan jumlah beban serta fungsi governor yang tidak bekerja. *Restricted time operating frequency limits* merupakan area frekuensi kerja yang masih diizinkan, bersifat sementara. *Prohibited operation* adalah frekuensi kerja yang dilarang atau tidak diizinkan. Continuous operation merupakan frekuensi normal berada pada rentang 99 % - 101 %. Standar kestabilan frekuensi menurut ANSI/IEEE C37.106-1987 ditunjukkan pada gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3 Standar Kestabilan Frekuensi pada Steam Turbine saat Kondisi Abnormal

Sumber: ANSI/IEEE C37.106-1987

Standar yang digunakan untuk pengendalian frekuensi diatur oleh pemerintah melalui peraturan menteri energi dan sumber daya mineral nomor : 03 tahun 2007. Disebutkan bahwa, “Frekuensi sitem dipertahankan kisaran +/- 0,5 Hz di sekitar 50 Hz, kecuali dalam periode singkat, dimana penyimpangan sebesar +/- 2 Hz atau 98% diizinkan selama kondisi darurat, ditunjukkan pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Kondisi	Nilai Frekuensi
Normal Frekuensi	50.0 ± 0.5 Hz
<i>Emergency</i> Frekuensi	52 Hz (Batas atas) dan 47.5 Hz (Batas bawah)

Tabel 2.1 Batasan Ijin Frekuensi Sistem
Sumber: SPLN, 1995 ; PERMEN ESDM 03 Tahun 2007

2.2.7 Kestabilan Sudut Rotor

Kestabilan sudut rotor adalah kemampuan dari beberapa mesin sinkron yang saling terinterkoneksi pada suatu sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah terjadi gangguan. Kestabilan sudut rotor bergantung pada kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan antara torsi elektromagnetik dan mekanik pada mesinmesin tersebut. Ketidakstabilan mengakibatkan peningkatan kecepatan sudut yang berubah-ubah pada generator, yang akan menyebabkan hilangnya sinkronisasi antar generator. Hal ini terjadi karena daya output generator yang berubah sesuai dengan berubahnya rotor. Kestabilan sudut rotor pada gangguan besar merupakan kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan sinkronisasi.

Pada saat sistem dalam kondisi steady state terdapat kesetimbangan antara torsi elektrik dan torsi mekanik dari masing-masing generator dengan kecepatan konstan. Jika sistem mengalami gangguan, titik kesetimbangan ini akan berubah dan mengakibatkan percepatan atau perlambatan sudut rotor. Ketika salah satu generator berputar lebih cepat dari generator yang lain, posisi sudut rotor relatif terhadap generator yang lebih lambat akan meningkat. Perbedaan sudut yang dihasilkan antara mesin yang lebih lambat dengan mesin yang lebih cepat ini bergantung pada hubungan daya dan sudut rotor.

Kestabilan sudut rotor akibat gangguan kecil berhubungan dengan kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan kesinkronan akibat gangguan kecil. Studi kestabilan ini mempunyai kurun waktu 10-20 detik setelah gangguan dan tergantung pada operasi awal sistem. Ketidakstabilan ini terjadi akibat dua hal yang penting yaitu kurangnya torsi sinkronisasi dan kurangnya torsi damping. Kestabilan ini berkaitan dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kondisi sinkron akibat gangguan besar seperti gangguan hubung singkat. Respon sistem akibat gangguan besar ini melibatkan besarnya penyimpangan sudut rotor generator dan dipengaruhi juga oleh ketidaklinearan hubungan sudut daya.

Kestabilan transien bergantung pada kondisi inisial dari sistem dan juga bergantung pada besarnya gangguan yang terjadi. Untuk kestabilan transien biasanya diamati dalam kurun waktu 3-5 detik setelah gangguan, atau juga bisa 10-20 detik setelah gangguan jika sistemnya sangat besar.

2.2.8 Kestabilan Tegangan

Kestabilan tegangan adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kestabilan tegangan pada semua bus dari sistem setelah mengalami gangguan. Kestabilan tegangan bergantung pada kemampuan sistem untuk mempertahankan kesetimbangan antara suplai daya dari pembangkit dan jumlah pembebanannya. Gangguan yang biasanya terjadi adalah lepasnya beban secara tiba-tiba ataupun hilangnya sinkron dari salah satu pembangkit sehingga tegangan menjadi turun secara drastis. Kestabilan tegangan menyangkut dengan gangguan besar dan gangguan kecil dalam jangka waktu pendek maupun panjang. Ketidakstabilan yang mungkin terjadi adalah terjadinya peningkatan atau jatuhnya nilai tegangan pada beberapa bus pada sistem. Faktor utama yang menjadi penyebab ketidakstabilan tegangan adalah ketidakmampuan dari sistem untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif beban. Kemampuan dari sistem tenaga untuk menjaga tegangan *steady* setelah mengalami gangguan besar seperti generator *outage* atau hilangnya pembangkitan dan *short circuit*. Penentuannya dengan pengujian pada sistem tenaga selama periode waktu tertentu untuk mengamati interaksi dan kinerja peralatan tap changer trafo, dan pengaman sistem tenaga listrik ketika terjadi gangguan.

Kemampuan sistem tenaga untuk menjaga kondisi tegangan *steady* ketika mengalami gangguan kecil seperti perubahan pada beban. Konsep ini berguna dalam penentuan bagaimana tegangan sistem akan merespon perubahan-perubahan kecil pada sistem kelistrikan. Kestabilan tegangan gangguan kecil digunakan sebagai evaluasi tegangan sistem merespon perubahan kecil beban listrik

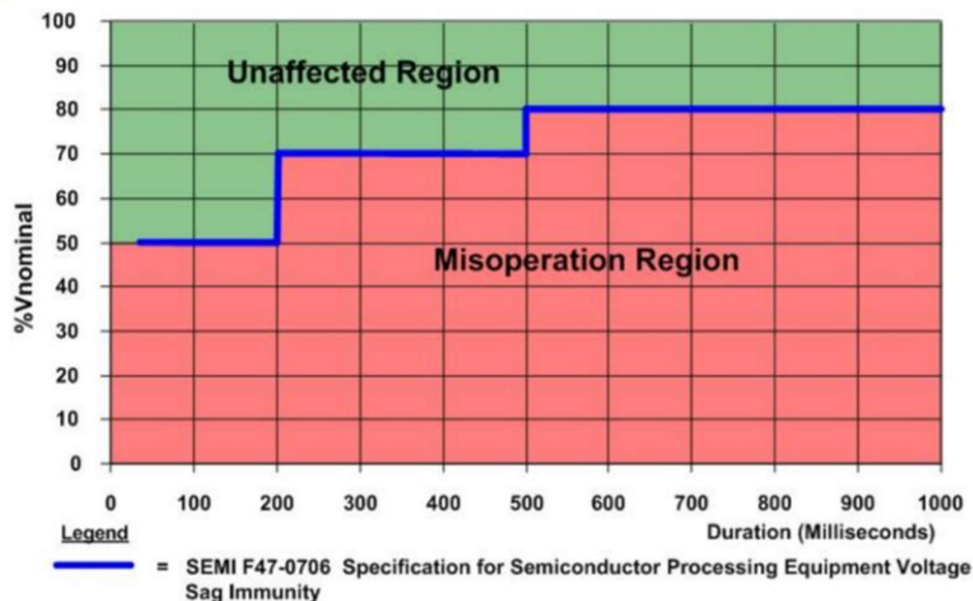
Gangguan kestabilan tegangan jangka pendek mengakibatkan kedip tegangan (*voltage sags*) dan kenaikan tegangan (*swells*). Kedip tegangan merupakan fenomena penurunan magnitude tegangan efektif terhadap harga nominalnya selama periode antara 0,5 *cycle* hingga 1 menit. Kenaikan tegangan merupakan fenomena peningkatan magnitude tegangan efektif terhadap harga nominalnya dengan durasi antara 0,5 *cycle* hingga 1 menit.

Gangguan kestabilan tegangan jangka panjang mengakibatkan tegangan lebih (*overvoltage*) dan tegangan kurang (*undervoltage*). *Overvoltage* merupakan peningkatan nilai efektif tegangan hingga melebihi 110 persen dari tegangan nominal ketika melebihi satu menit.

Undervoltage merupakan penurunan nilai efektif tegangan hingga melebihi 90 persen dari tegangan nominal ketika melebihi satu menit. *Voltage sagging* ini didefinisikan sebagai menurunnya besar tegangan dibawah 90% dari tegangan nominal. Durasi gangguan *voltage sagging* ini dari 3 sampai 10 *cycle* atau 50 sampai 137 *milisecond*. Berdasarkan standar SEMI F47, waktu yang diperbolehkan pada persen tegangan nominal yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan tabel 2.2 serta didefinisikan berdasarkan standar IEEE pada gambar 2.3 dan tabel 2.3 sebagai berikut.

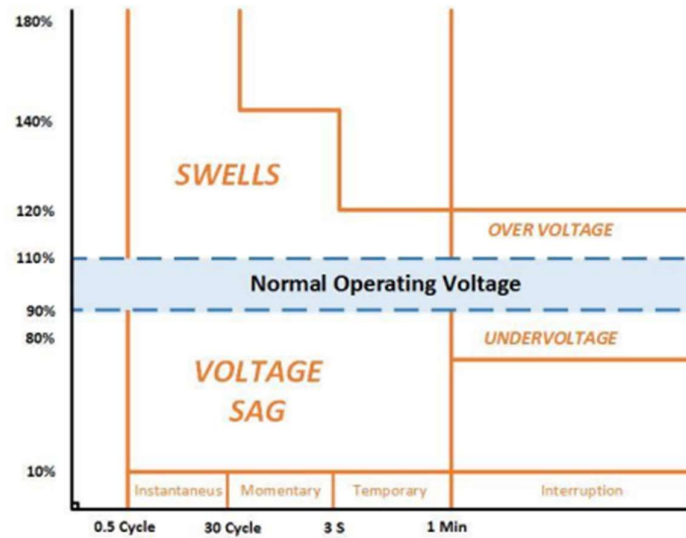
<i>VOLTAGE SAG DURATION</i>				<i>VOLTAGE SAG</i>
<i>Second (s)</i>	<i>Miliseconds (ms)</i>	<i>Cycles at 60 Hz</i>	<i>Cycles at 50 Hz</i>	<i>Percent (%) of Equipment Nominal Voltage</i>
<0.05	<50	3	<2.5	<i>Not Specified</i>
0.05 to 0.2	50 to 200	3 to 12	2.5 to 10	50
0.2 to 0.5	200 to 500	12 to 30	10 to 25	70
0.5 to 1.0	500 to 1000	30 to 60	250 to 50	80
>1.0	>1000	>60	>50	<i>Not Specified</i>

Tabel 2.2 Durasi dan Persen Tegangan Kedip
Sumber: SEMI F47



Gambar 2.4 Kurva Kapabilitas Tegangan Kedip Standar SEMI F47

Sumber: SEMI F47



Gambar 2.5 Definisi *Voltage Magnitude Event* berdasarkan Standar IEEE 1159-2009

Sumber: Standar IEEE 1159-2009

Kategori	Durasi	Besar Tegangan
Tegangan RMS Durasi Pendek		
<i>Instantaneous</i>		
<i>Dip (sags)</i>	0.5 - 30 cycles	0.1 - 0.9 p.u.
<i>Swell</i>	0.5 - 30 cycles	1.1 - 1.8 p.u.
<i>Momentary</i>		
<i>Interruption</i>	0.5 cycles - 3s	< 0.1 p.u.
<i>Dip (sags)</i>	30 cycles - 3s	0.1 - 0.9 p.u.
<i>Swell</i>	31 cycles - 3s	1.1 - 1.4 p.u.
<i>Temporary</i>		
<i>Interruption</i>	> 3s - 1 min	< 0.1 p.u.
<i>Dip (sags)</i>	> 3s - 1 min	0.1 - 0.9 p.u.
<i>Swell</i>	> 3s - 1 min	1.1 - 1.2 p.u.
Tegangan RMS Durasi Panjang		
<i>Interruption</i>	> 1 min	0.0 p.u.
<i>Undervoltage</i>	> 1 min	0.8 - 0.9 p.u.
<i>Overvoltage</i>	> 1 min	1.1 - 1.2 p.u.

Tabel 2.3 Definisi *Voltage Magnitude Event* berdasarkan Standar IEEE 1159-2009

Sumber: Standar IEEE 1159-2009

2.2.9 Kestabilan Transien

Kestabilan transien adalah kemampuan sistem tenaga listrik dalam mempertahankan kondisi sinkronisasi ketika sistem mengalami gangguan transien, yaitu gangguan besar yang bersifat tiba-tiba selama periode satu ayunan pertama. Kestabilan transien terjadi ketika tegangan otomatis dan pengatur frekuensi belum bekerja. Pengklasifikasian kestabilan dilakukan secara sistematis dan berdasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu:

- a. Ukuran dari gangguan.
- b. Pemodelan yang tepat dan analisis gangguan yang spesifik.
- c. Rentang waktu saat gangguan berlangsung.
- d. Parameter sistem yang paling berpengaruh.

Transient Stability Assessment atau studi tentang kestabilan transien harus dilakukan karena suatu sistem dapat dikatakan stabil pada kestabilan *steady state*, namun belum tentu stabil pada kestabilan transien, sehingga studi ini perlu dilakukan guna untuk mengetahui apakah sistem dapat bertahan saat gangguan transien terjadi. Gangguan kestabilan transien dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu

- a. Beban lebih akibat lepasnya satu generator dari sistem.
- b. Hubungan singkat (*short circuit*).
- c. *Starting* pada motor
- d. Pelepasan beban yang mendadak

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang paling sering terjadi dalam satu sistem tenaga listrik. Gangguan hubung singkat ini dapat disebabkan adanya sambaran petir, kegagalan isolasi, gangguan binatang dan ranting pohon. Saat terjadi hubung singkat, arus yang mengalir menuju titik gangguan bernilai sangat besar sehingga tegangan di sekitar titik gangguan akan menurun secara signifikan. Semakin besar arus hubung singkat maka semakin rendah tegangan di sekitar titik gangguan. Hal ini akan mengakibatkan kestabilan sistem menjadi terganggu. Selain itu dapat merusak peralatan karena nilai arus yang sangat besar.

Pada saat motor di start, ada arus yang sangat tinggi yang besarnya 6 sampai 8 kali dari arus nominal. Arus ini disebut dengan *locked rotor current* (LRC) yang nilainya bervariasi pada tiap motor. Arus starting yang sangat besar ini akan mengakibatkan drop tegangan pada sistem. Hal ini dikarenakan arus yang besar ini melewati impedansi saluran, trafo sehingga drop tegangan pada saluran semakin besar. Selain itu arus starting yang besar juga akan mengakibatkan rugi-rugi daya aktif pada saluran bertambah besar sehingga dapat menurunkan frekuensi generator. Drop tegangan dan turunnya frekuensi ini dapat mengakibatkan kestabilan sistem menjadi terganggu.

Penambahan beban pada suatu sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan timbulnya gangguan peralihan jika:

- a. Jumlah beban melebihi batas kestabilan keadaan mantap untuk kondisi tegangan dan reaktansi rangkaian tertentu.
- b. Jika beban dinaikkan sampai terjadi osilasi, sehingga menyebabkan sistem mengalami ayunan yang melebihi titik kritis yang tidak dapat kembali.

Apabila sistem tenaga listrik dilakukan pembebanan dengan beban penuh secara tiba-tiba, maka arus yang diperlukan sangat besar akibatnya frekuensi sistem akan turun dengan cepat. Pada kondisi demikian sistem akan keluar dari keadaan sinkron walaupun besar beban belum mencapai batas kestabilan mantap yaitu daya maksimumnya, Hal ini dikarenakan daya keluar elektrik generator jauh melampaui daya masukan mekanis generator atau daya yang dihasilkan penggerak mula, dan kekurangan ini disuplai dengan berkurangnya energi kinetis generator. Sehingga putaran generator turun atau frekuensi sistem turun, sudut daya δ bertambah besar dan melampaui sudut kritisnya, akibatnya generator akan lepas sinkron atau tidak stabil. Sesaat dilakukannya pembebanan tersebut, rotor generator akan mengalami ayunan dan getaran yang besar.

2.2.10 DIgital SImuLation of Electrical NeTworks (DIgSILENT)

DIgSILENT adalah singkatan dari *Digital Simulation of Electrical Networks*. DIgSILENT adalah program komputer rekayasa untuk analisis sistem transmisi dan distribusi daya industri. Perangkat lunak telah dirancang sebagai paket perangkat lunak interaktif dan terintegrasi yang kompleks khusus untuk sistem daya dan analisis kontrol untuk mencapai perencanaan dan pengoptimalan kegiatan dan tujuan utama.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian dan pengambilan data pada penelitian ini yaitu pada PT PLN (Persero) UP3 Masohi yang beralamat di Jl. Abdullah Solissa No.1 Masohi, Maluku Tengah dengan pertimbangan yaitu lokasi tersebut merupakan lokasi terdapat PLTMG 2x10 MW Masohi dan Gardu Induk Masohi, serta gardu hubung Masohi.

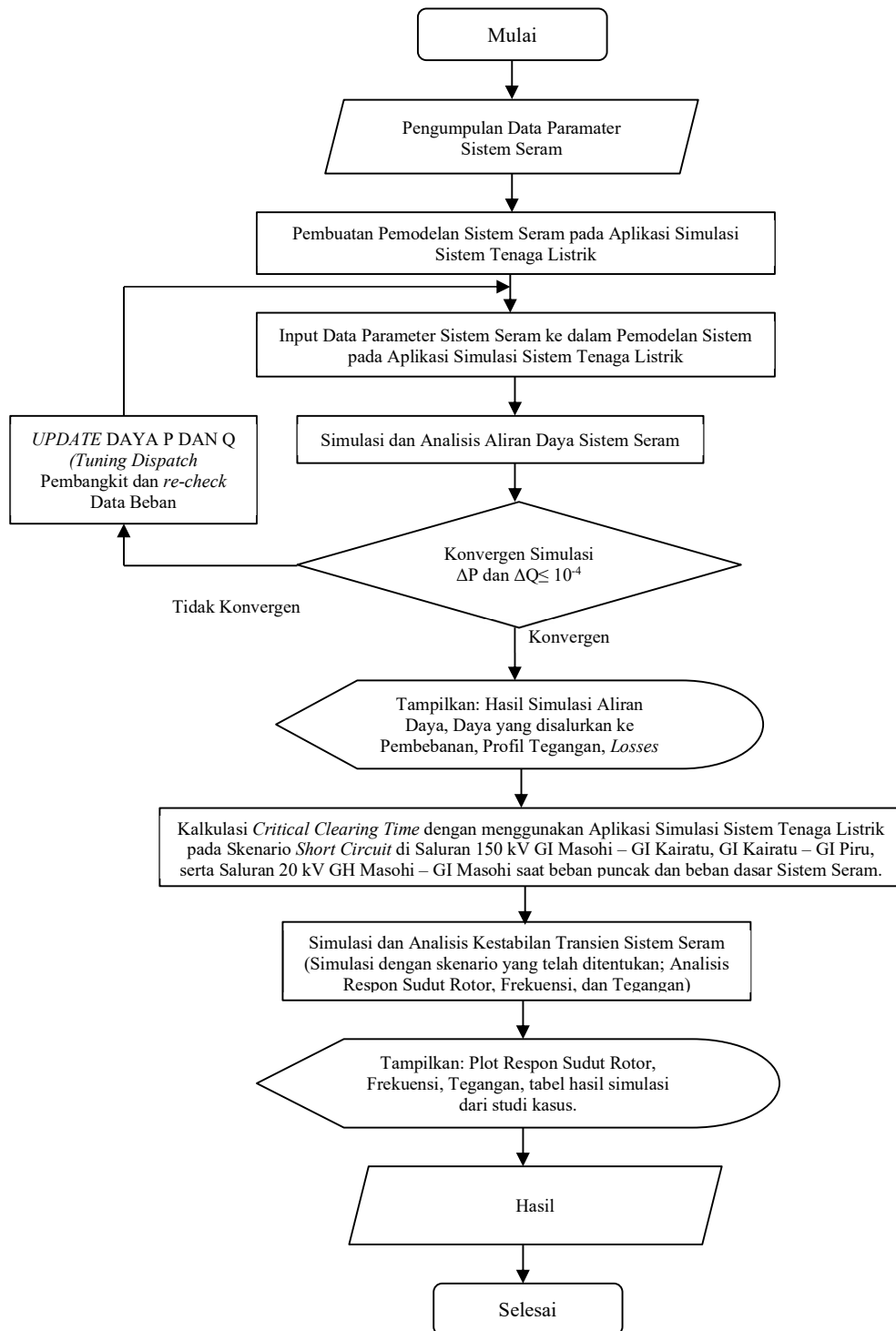
3.2 Desain Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan aplikasi DIgSILENT PowerFactory 2022 untuk mensimulasikan sistem di Pulau Seram. Simulasi sistem dilakukan dengan menyesuaikan parameter yang diperlukan dan diterima oleh peneliti saat data dikumpulkan. Sistem simulasi dirancang menyerupai sistem 150 kV dan 20 kV Pulau Seram yang sebenarnya.

Studi Fase Awal adalah proyek yang berguna untuk memfasilitasi fase berikutnya dengan membuat *Single Line Diagram* 150kV Pulau Seram dalam aplikasi DIgSILENT PowerFactory 2022. Pemodelan jaringan adalah langkah berikutnya, menggunakan data yang tersedia untuk memasukkan parameter untuk setiap komponen yang diinstal. Langkah pemodelan memegang peranan penting dalam penelitian ini karena jaringan yang dibuat sesuai dengan kondisi sebenarnya dari sistem Pulau Seram.

Setelah desain dan simulasi selesai, langkah selanjutnya adalah memulai aliran beban menggunakan aplikasi DIgSILENT PowerFactory 2022. Setelah simulasi berhasil, hasil aliran daya diperoleh, dan kemudian parameter daya aktif dan tegangan bus ditentukan dalam kondisi normal sebelum skema aliran daya dan toleransi transien diimplementasikan.

Pada langkah selanjutnya, memodelkan aliran daya dan stabilitas transien dengan meninjau saluran yang terpasang di sistem satu per satu dan menganalisis aliran daya selama aliran daya dan stabilitas transien. Kemudian menganalisis aliran daya dan stabilitas transien yang dihasilkan selama aliran daya dengan menentukan parameter yang diperlukan untuk mendapatkan profil sistem. Daya aktif dan tegangan bus dicatat setiap kali bit saluran diubah. Ini diulang sampai semua kemungkinan aliran daya dan stabilitas transien tercapai.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian

3.3 Metode Pengumpulan Data

PT PLN UIW Maluku dan Maluku Utara memiliki wewenang mengatur tegangan, manajemen energi serta menjaga kualitas frekuensi pada Sistem Seram. Dalam menganalisis aliran daya dan kestabilan transien jaringan 150 kV Sistem Pulau Seram diperlukan data dari UIW MMU sebagai berikut:

1. Diagram satu garis Sistem Pulau Seram.
2. Data parameter saluran transmisi.
3. Data transformator.
4. Data Pembangkit
5. Data bus.

Data yang diminta sesuai dengan data yang diperlukan untuk simulasi jaringan lengkap sistem 150 kV dan 20 kV Pulau Seram. Data diperoleh dari sumber lain dalam bentuk beberapa pernyataan yang diketahui publik dan tidak diperlukan izin untuk mendapatkannya.

3.4 Metode Analisis Data

Setelah proses pemodelan untuk aliran daya dan stabilitas transien saluran selesai, langkah selanjutnya adalah menghitung angka manfaat masing-masing untuk aliran daya dan stabilitas transien dengan metode *Newton Raphson* yang terdapat pada aplikasi Digsilent. Aliran daya dan profil sistem serta toleransi transien berfungsi untuk mengetahui dampak dari setiap aliran daya dan skema toleransi transien.

Langkah selanjutnya adalah menganalisis setiap pola aliran daya dan stabilitas transien dan keamanan sistem untuk menentukan apakah perubahan aliran daya berada dalam batas yang dapat diterima atau dapat merusak sistem.

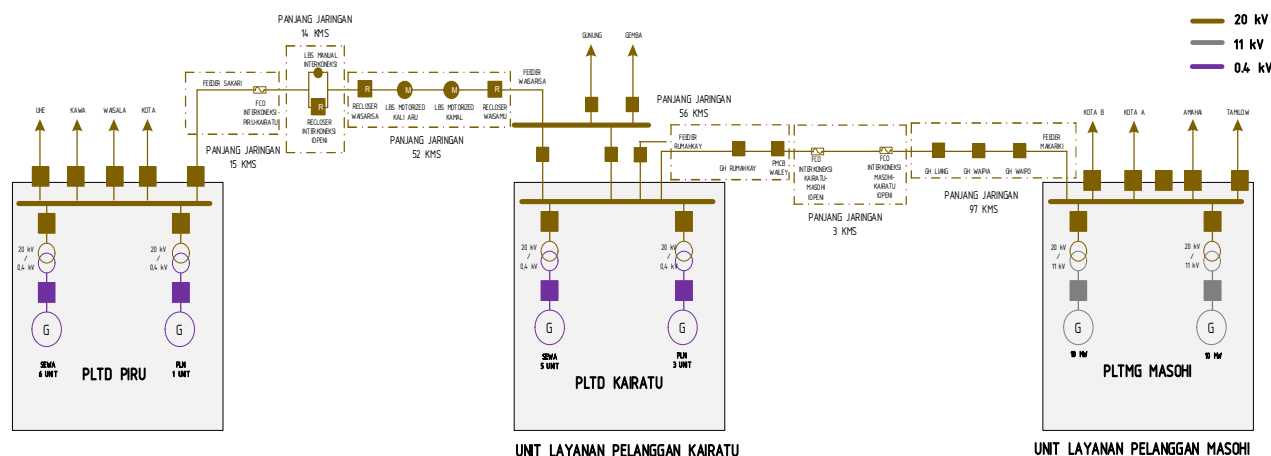
Pada langkah terakhir, peneliti akan membuat kesimpulan dan saran berdasarkan total hasil yang dilakukan selama masa penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Sistem Seram

Sistem Seram melayani kebutuhan listrik pada 2 (dua) Kabupaten, yaitu Kabupaten Maluku Tengah yang meliputi Masohi, Tehoru, Laimu, Waipia, dan Liang Awaiya Serta Kabupaten Seram Bagian Barat meliputi Kairatu dan Piru. Sistem kelistrikannya beroperasi secara isolated dengan penyalurannya menggunakan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV, yaitu Sistem Masohi yang disuplai dari PLTMG 2 x 10 MW, Sistem Kairatu yang disuplai dari PLTD PLN 2.3 MW dan PLTD Sewa 3.3 MW, serta Sistem Piru yang disuplai dari PLTD Sewa 3.5 MW.



Gambar 4.1 SLD Kondisi Eksisting Sistem Seram
Sumber: PLN Masohi Bagian Jaringan dan Konstruksi (2022)

4.2 Pengumpulan Data Kondisi Eksisting Sistem Seram

Dalam melakukan analisis dalam skripsi ini menggunakan data beban yang tercatat pada aplikasi pengukuran gardu serta data aset PLN Masohi. Berikut adalah gambaran data aset jaringan serta data aset pembangkit yang terdapat pada Sistem Sistem Seram Isolated 20 kV.

Jaringan Distribusi Sistem Masohi *Isolated*

NAMA PENYULANG	PANJANG JTM (kms)		GARDU DISTRIBUSI		PANJANG JTR (kms)
	SUTM	Ukuran Konduktor (mm ²)	JUMLAH GARDU (unit)	TOTAL KVA	
Sistem Masohi	375.52		311.00	21,851.00	315.67
Kota A	7.11	70	25.00	4,440.00	41.62
Kota B	10.98	150	27.00	3,440.00	7.02
Makariki	96.06	70	66.00	3,291.00	115.04
Amahai	9.09	150	17.00	1,620.00	20.15
Tamilow	43.74	150	30.00	1,885.00	16.15
Cold Storage	0.21	70	2.00	200.00	0.65
Salamahu	39.20	150	24.00	1,150.00	15.16
Suplesi	9.15	70	9.00	400.00	5.59
Barat	48.78	70	28.00	1,375.00	26.13

Tabel 4.1 Aset Jaringan SUTM yang Beroperasi pada Sistem Masohi Isolated 20 kV

Sumber: Data Aset Jaringan PLN UP3 Masohi Juni 2022

Pembangkit PLTMG 2x10 MW Sistem Masohi *Isolated*

UNIT PEMBANGKIT	MANUFAKTUR	DAYA TERPASANG (MVA)	DAYA MAMPU GROSS (MVA)	DAYA MAMPU NETTO (MVA)
PLTMG SERAM		23,836	23,808	23,088
ENGINE #1	MAN	11,918	11,904	11,544
ENGINE #2	MAN	11,918	11,904	11,544

Tabel 4.2 Aset Pembangkit yang Beroperasi pada Sistem Masohi Isolated 20 kV

Sumber: Data Aset Pembangkit PLN UPKM 2022

Beban Sistem Masohi *Isolated*

Nama Penyulang	Gardu Distribusi		Beban Penyulang (kW)
	Jumlah Gardu (Unit)	kVA Terpasang	
Kota A	25	4400	1983
Kota B	27	3440	1341
Makariki	66	3291	1780
Amahai	17	1620	660
Tamilow	93	3125	2092

Tabel 4.3 Beban pada Sistem Masohi Isolated 20 kV

Sumber: Data Beban pada Aplikasi PLN MANTRA <http://103.94.5.58/mantra/>

Jaringan Distribusi Sistem Kairatu *Isolated*

NAMA PENYULANG	PANJANG JTM (kms)		GARDU DISTRIBUSI		PANJANG JTR (kms)
	SUTM	Ukuran Konduktor (mm2)	JUMLAH GARDU (unit)	TOTAL KVA	
ULP Kairatu	220.11		121.00	9,025.00	122.31
Kairatu	67.00	70	30.00	3,150.00	35.04
Rumahkay	55.80	70	37.00	2,120.00	40.10
Waisarisa	52.00	70	29.00	2,750.00	36.52
Liang	45.31	70	25.00	1,005.00	10.65

Tabel 4.4 Aset Jaringan Distribusi pada Sistem Kairatu Isolated 20 kV

Sumber: Data Aset Jaringan Distribusi PLN UP3 Masohi 2022

Pembangkit PLTD Sistem Kairatu *Isolated*

UNIT PEMBANGKIT	MANUFAKTUR	DAYA TERPASANG (MW)	DAYA MAMPU GROSS (MW)	DAYA MAMPU NETTO (MW)
SISTEM KAIRATU		5.636	5.636	5.330
PLTD PLN		2.336	2.336	2.190
ENGINE #1	SWD	0.65	0.65	0.63
ENGINE #2	MWM	0.56	0.56	0.51
ENGINE #3	MWM	0.53	0.53	0.50
ENGINE #4	KOMATSU	0.60	0.60	0.55
PLTD SEWA		3.300	3.300	3.140
ENGINE #1	CUMMINS	0.85	0.85	0.81
ENGINE #2	CUMMINS	0.85	0.85	0.83
ENGINE #3	CUMMINS	0.85	0.85	0.81
ENGINE #4	CUMMINS	0.75	0.75	0.69

Tabel 4.5 Aset Pembangkit yang Beroperasi pada Sistem Kairatu Isolated 20 kV

Sumber: Data Aset Pembangkit PLN UPKM 2022

Beban Sistem Kairatu *Isolated*

Nama Penyulang	Gardu Distribusi		Beban Penyulang (kW)
	Jumlah Gardu (Unit)	kVA Terpasang	
Kairatu	30	3150	1020
Rumahkay	37	2120	850
Waisarisa	29	2750	1054

Tabel 4.6 Beban pada Sistem Kairatu Isolated 20 kV

Sumber: Data Beban pada Aplikasi PLN MANTRA <http://103.94.5.58/mantra/>

Jaringan Distribusi Sistem Piru *Isolated*

NAMA PENYULANG	PANJANG JTM (kms)		GARDU DISTRIBUSI		PANJANG JTR (kms)
	SUTM	Ukuran Konduktor (mm ²)	JUMLAH GARDU (unit)	TOTAL KVA	
ULP Piru	179.97		108.00	7,400.00	101.66
Kota	13.93	70	31.00	2,985.00	22.61
Sakari	14.48	70	8.00	525.00	6.71
Waisala	68.42	70	26.00	1,345.00	33.28
Uhe	41.65	70	26.00	1,595.00	26.24
Kawa	41.49	70	17.00	950.00	12.82

Tabel 4.7 Aset Jaringan Distribusi pada Sistem Piru Isolated 20 kV

Sumber: Data Aset Jaringan Distribusi PLN UP3 Masohi 2022

Pembangkit PLTD Sistem Piru *Isolated*

UNIT PEMBANGKIT	MANUFAKTUR	DAYA TERPASANG (MW)	DAYA MAMPU GROSS (MW)	DAYA MAMPU NETTO (MW)
SISTEM PIRU		3.255	3.255	3.000
PLTD SEWA		3.255	3.255	3.000
ENGINE #1	MITSUBISHI	1.085	1.085	1.00
ENGINE #2	MITSUBISHI	1.085	1.085	1.00
ENGINE #3	MITSUBISHI	1.085	1.085	1.00

Tabel 4.8 Aset Pembangkit yang Beroperasi pada Sistem Piru Isolated 20 kV

Sumber: Data Aset Gardu Distribusi PLN UP3 Masohi 2022

Beban Sistem Piru *Isolated*

Nama Penyulang	Gardu Distribusi		Beban Penyulang (kW)
	Jumlah Gardu (Unit)	kVA Terpasang	
Kota	31	2985	1195
Sakari	8	525	196
Waisala	26	1345	604
Uhe	26	1595	696
Kawa	17	950	475

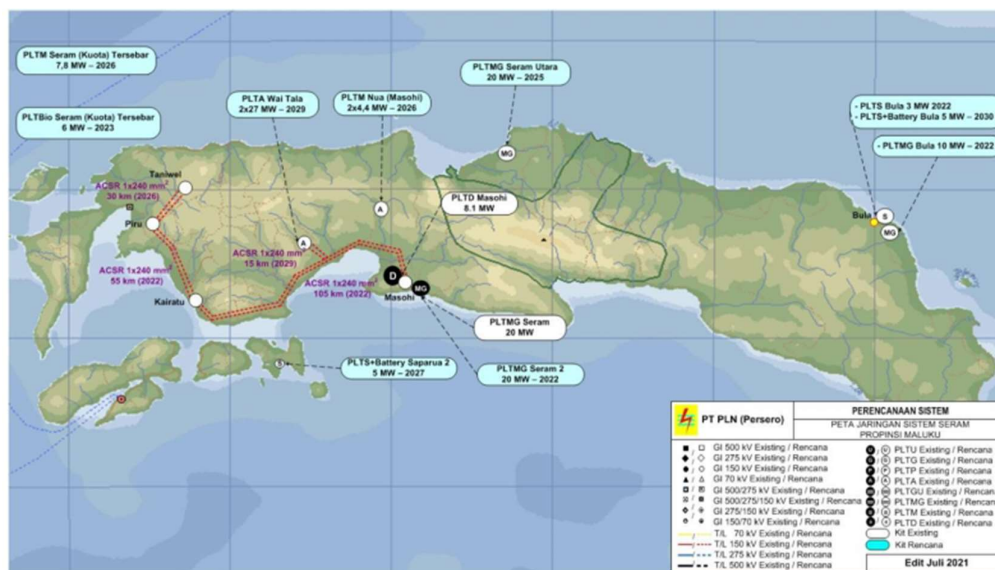
Tabel 4.9 Beban pada Sistem Piru Isolated 20 kV

Sumber: Data Beban pada Aplikasi PLN MANTRA <http://103.94.5.58/mantra>

4.3 Rencana Pengembangan Sistem Seram

Selaras dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN tahun 2021-2030, pada Sistem Seram dalam pengembangannya untuk menyalurkan daya ke pusat-pusat beban akan menggunakan fasilitas Gardu Induk dan saluran transmisi 150 kV yang tersuplai dari PLTMG Seram sehingga PLTD pada Sistem Kairatu 20 kV *Isolated* dan PLTD pada Sistem Piru 20 kV *Isolated* dapat dinonaktifkan.

Gambaran rencana dan data pengembangan Sistem Seram pada RUPTL PLN tahun 2021-2023 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Rencana Pengembangan Gardu Induk dan Transmisi 150 kV Sistem Seram

Sumber: RUPTL PLN 2021 - 2030

Rincian Rencana Pembangunan Jaringan Transmisi Sistem Seram

Dari	Ke	Tegangan (kV)	Konduktor	Panjang (KMS)	Status
GI Masohi	GI Kairatu	150	2 cct, ACSR 1 x HAWK	210	Konstruksi
GI Kairatu	GI Piru	150	2 cct, ACSR 1 x HAWK	110	Konstruksi

Tabel 4.10 Rencana Pembangunan SUTT 150 kV Sistem Seram

Sumber: RUPTL PLN 2021 – 2030

Rincian Rencana Pembangunan Gardu Induk Sistem Seram

Nama Gardu Induk	Tegangan (kV)	Ket	Kapasitas (MVA)	Status
Kairatu	150/20	New	30	Konstruksi
Piru	150/20	New	30	Konstruksi
Masohi	150/20	New	30	Konstruksi

Tabel 4.11 Rencana Pembangunan GI 150 kV Sistem Seram

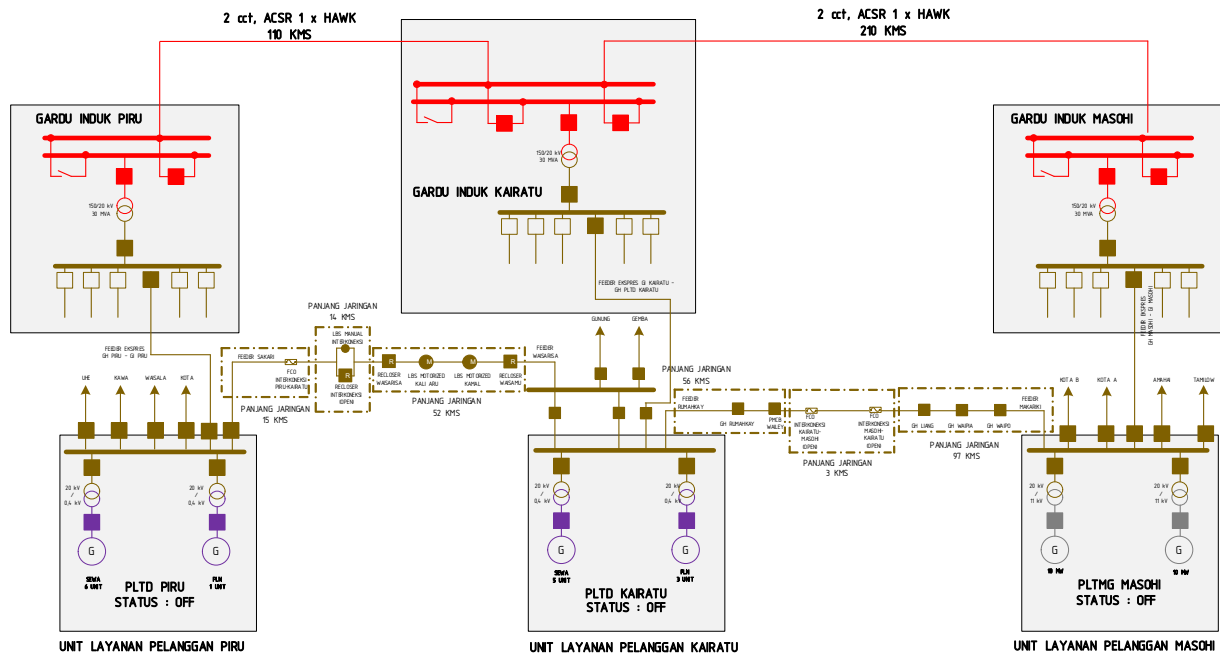
Sumber: RUPTL PLN 2021 – 2030

4.4 Aliran Daya Sistem Seram

4.4.1. Aliran Daya pada Gardu Induk dan Transmisi 150 kV

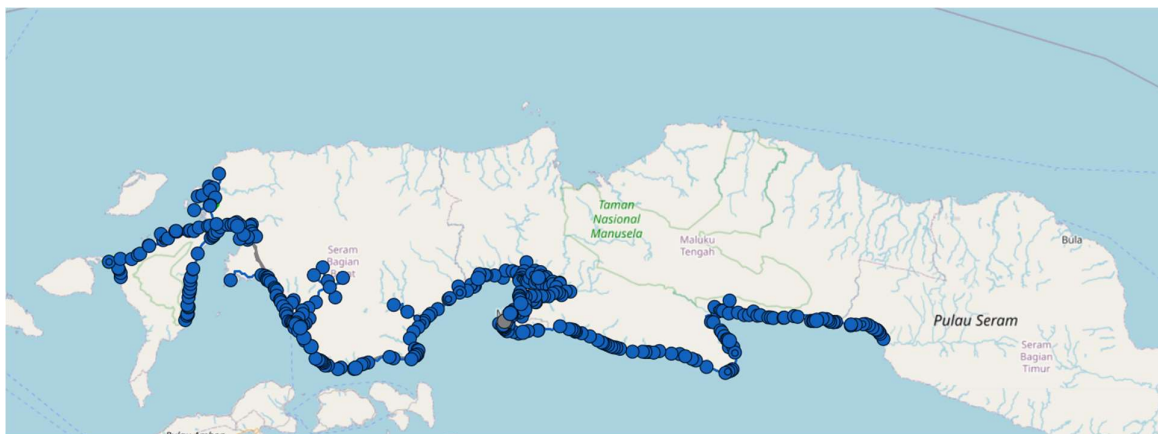
Selaras dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN tahun 2021-2030, pada Sistem Seram dalam pengembangannya untuk menyalurkan daya ke pusat-pusat beban akan menggunakan fasilitas Gardu Induk dan saluran transmisi 150 kV yang tersuplai dari PLTMG Seram sehingga PLTD pada Sistem Kairatu 20 kV *Isolated* dan PLTD pada Sistem Piru 20 kV *Isolated* dapat dinonaktifkan.

Dari data aset yang telah dikumpulkan, kemudian dapat dirangkai dalam gambaran sebuah *Single Line Diagram* (SLD) Sistem Seram yang telah dihubungkan dengan saluran transmisi dan Gardu Induk untuk kemudian dapat dilakukan pemodelan sistem serta analisis aliran dayanya dengan detail *Single Line Diagram* (SLD) pemodelan sebagai berikut.



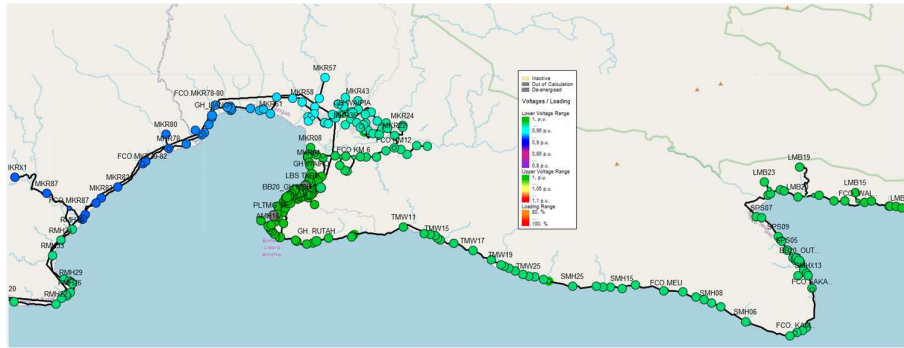
Gambar 4.3 SLD Sistem Seram terhubung Gardu Induk dan Transmisi 150 kV
 Sumber: PLN Masohi Bagian Jaringan dan Konstruksi (2022)

Untuk menjaga keakuratan hasil simulasi sistem, maka dalam memodelkan Sistem pada Aplikasi Simulasi dilakukan penginputan data GIS (*Geographic Information System*) berupa koordinat pada masing-masing peralatan Sistem Tenaga Listrik, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.



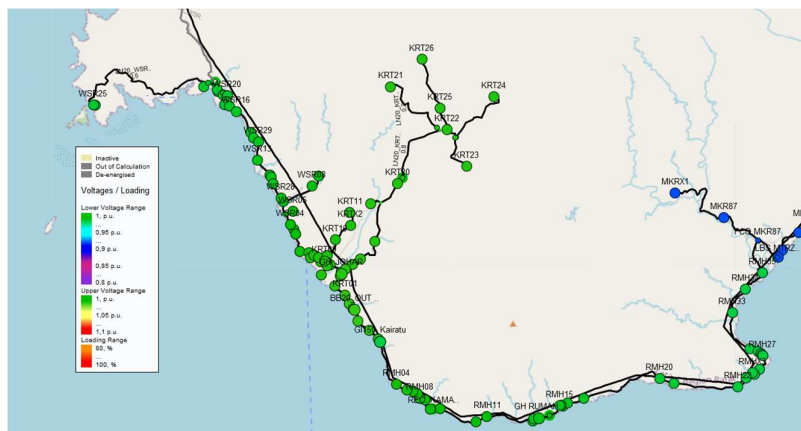
Gambar 4.4 GIS (*Geographic Information System*) Sistem Seram
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Setelah dilakukan pemodelan sistem, langkah selanjutnya adalah menjalankan *Loadflow Analysis* pada aplikasi. Tampilan hasil *Loadflow Analysis* pada Aplikasi DigSilent PowerFactory untuk Sistem Seram adalah sebagai berikut.



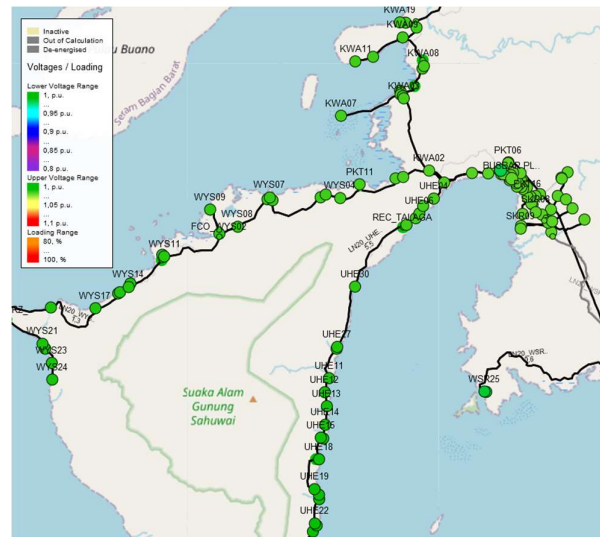
Gambar 4.5 *Load Flow Result* Sistem Seram, Unit Layanan Pelanggan Masohi

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.6 *Load Flow Result* Sistem Seram, Unit Layanan Pelanggan Kairatu

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.7 *Load Flow Result* Sistem Seram, Unit Layanan Pelanggan Piru

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

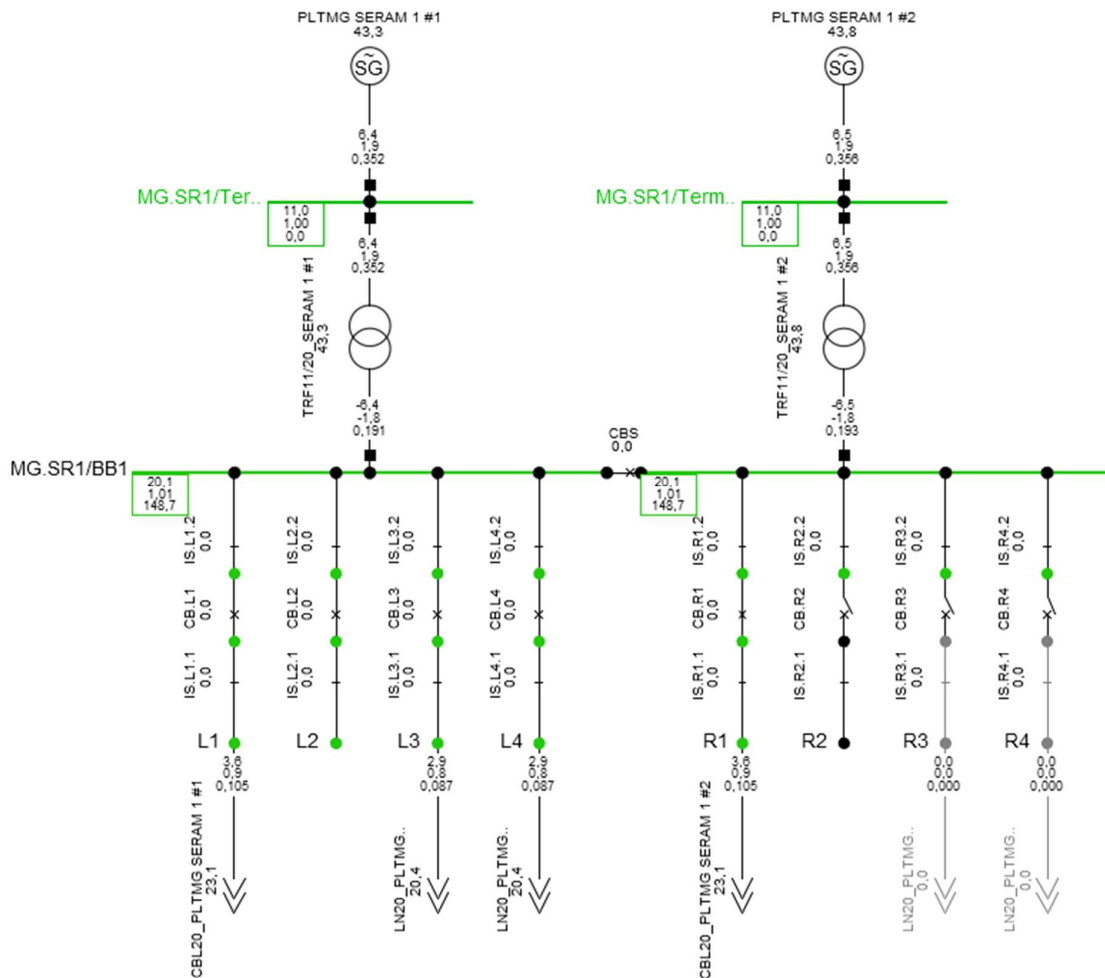
Pada simulasi *Loadflow* Sistem Seram memperlihatkan jaringan 150 kV, 20 kV dan 11 kV dalam kondisi baik, setiap bus yang terhubung pada sistem bekerja dengan baik menyalurkan energi listrik sesuai permintaan pembebanan tiap bus dengan Daya yang dibangkitkan oleh Generator pada PLTMG Seram sebesar 12.92 MW dan beban sebesar 11.79 MW serta memiliki total *Grid Losses* sebesar 1.38 MW.

AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No			
Automatic tap adjustment of transformers	Yes	Max. Acceptable Load Flow Error					
Consider reactive power limits	No	Bus Equations(HV)		1,00 kVA			
		Model Equations		0,10 %			
Total System Summary		Study Case: Study Case		Annex: / 1			
No. of Substations	642	No. of Busbars	552	No. of Terminals	2508	No. of Lines	777
No. of 2-w Trfs.	12	No. of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	2	No. of asyn. Machines	0
No. of Loads	477	No. of Shunts/Filters	0	No. of SVS	0		
Generation	=	12,92 MW	3,88 Mvar	13,49 MVA			
External Infeed	=	0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA			
Load P(U)	=	11,79 MW	3,87 Mvar	12,41 MVA			
Load P(Un)	=	11,79 MW	3,87 Mvar	12,41 MVA			
Load P(Un-U)	=	0,00 MW	0,00 Mvar				
Motor Load	=	0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA			
Grid Losses	=	1,38 MW	0,21 Mvar				
Line Charging	=		-1,34 Mvar				
Compensation ind.	=		0,00 Mvar				
Compensation cap.	=		0,00 Mvar				
Installed Capacity	=	24,80 MW					
Spinning Reserve	=	7,08 MW					
Total Power Factor:							
Generation	=	0,96 [-]					
Load/Motor	=	0,95 / 0,00 [-]					

Gambar 4.8 *Load Flow Calculation* Sistem Seram

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

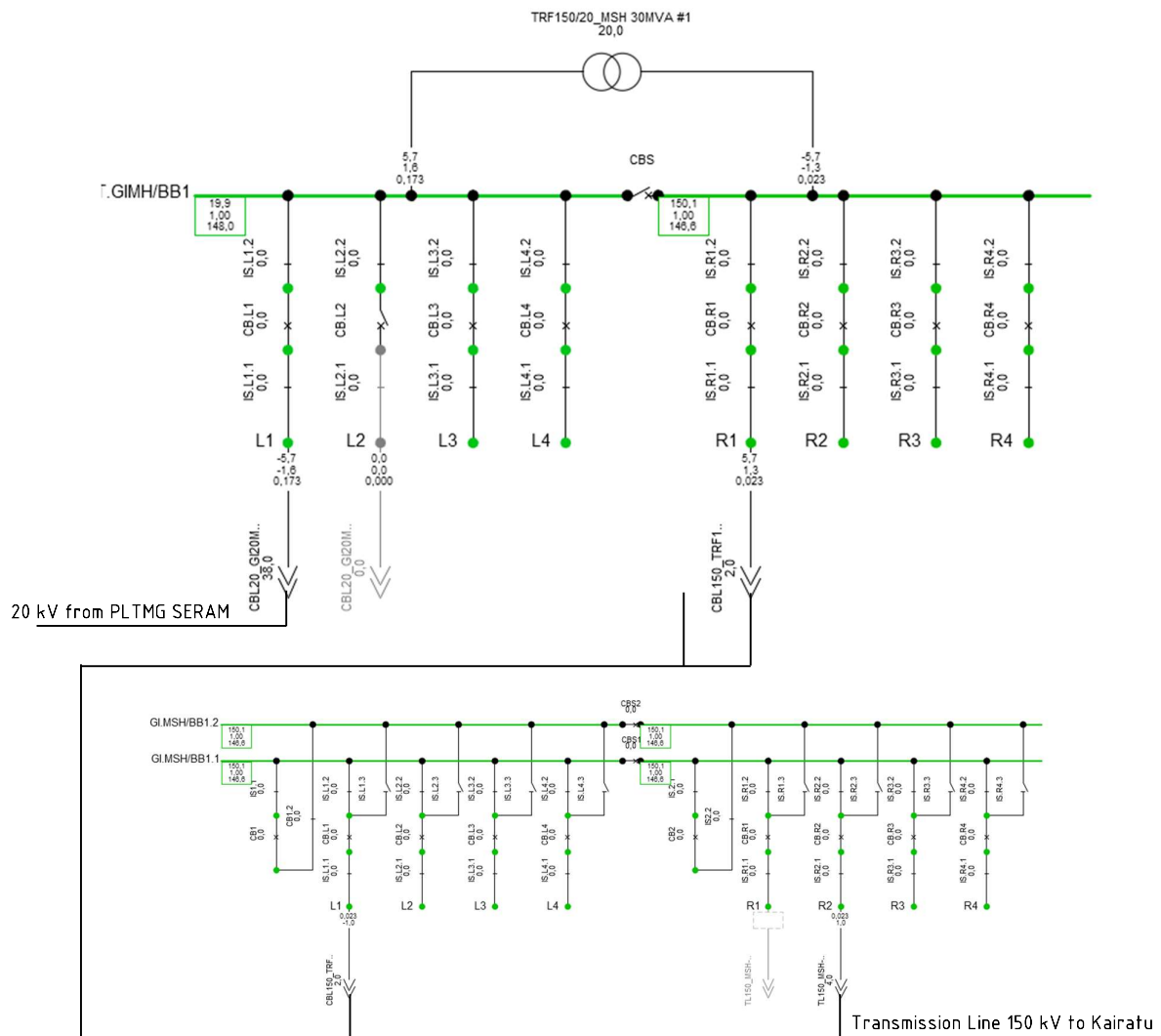
Untuk mensuplai beban pada Masohi, Kairatu dan Piru, pada PLTMG Seram beroperasi dua unit Pembangkit dengan masing-masing terbebani sebesar 43.3% pada generator unit 1 dan 43.8% pada generator unit 2, demikian pula pada trafo sisi pembangkit terbebani sebesar 43.3% pada trafo pembangkit unit 1 dan 43.8% pada trafo pembangkit unit 2. Generator unit 1 menghasilkan daya aktif sebesar 6.4 MW, daya reaktif sebesar 1.9 Mvar dengan arus yang mengalir sebesar 350 A, serta tegangan pada bus sebesar 11 kV. Generator unit 2 menghasilkan daya aktif sebesar 6.5 MW, daya reaktif sebesar 1.9 MVAR dengan arus yang mengalir sebesar 356 A, serta tegangan pada bus sebesar 11 kV.



Gambar 4.9 Load Flow Analysis PLTMG Seram

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Daya dari bus 20 kV PLTMG kemudian disalurkan ke Gardu Hubung Masohi dengan dua *line* kabel dan satu *line* mengarah ke Gardu Induk Masohi. Pada *line* yang mengarah ke Gardu Induk Masohi masing-masing mengalirkan daya aktif sebesar 2.9 MW dan 0.8 MVAR dengan pembebanan sebesar 20.4% terhadap kemampuan konduktor, sedangkan pada *line* yang mengarah ke Gardu Hubung Masohi masing-masing mengalirkan daya aktif sebesar 3.6 MW dan 0.9 MVAR dengan pembebanan sebesar 23.1% terhadap kemampuan konduktor.



Gambar 4.10 Load Flow Analysis Gardu Induk Masohi
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Beban pada Kairatu dan Piru dilayani oleh fasilitas Gardu Induk Masohi, dengan suplai dari PLTMG yang dievakuasi dayanya melalui Saluran Utama Tegangan Menengah ekspres (SUTM) 20 kV menuju Gardu Induk Masohi, yang kemudian disalurkan lagi melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV. Pada konduktor SUTM ekspres membawa daya aktif sebesar 5.7 MW, daya reaktif sebesar 1.6 MVAR, dengan tegangan bus incoming trafo sebesar 19.9 kV serta pembebanan pada konduktor SUTM sebesar 20.4% dari kemampuan konduktor. Penyaluran pada SUTT 150 kV membawa daya aktif 5.7 MW, daya reaktif 1.3 MVAR dengan tegangan pada busbar outgoing sebesar 150.1 kV serta pembebanan pada konduktor SUTT sebesar 4% dari kemampuan konduktor. Trafo GI terbebani sebesar 20% dari kapasitas terpasangnya. Tegangan beroperasi pada batasan SPLN 1:1995 +5% dan -10%.

4.4.2. Aliran Daya pada masing-masing Penyulang 20 kV

Pada tahapan ini dilakukan simulasi aliran daya pada masing-masing penyulang keluaran Gardu Induk pada Sistem Seram yang mensuplai masing-masing Unit Layanan Masohi, Unit Layanan Kairatu, dan Unit Layanan Piru.

Dari konfigurasi yang sesuai dengan kondisi penyulang secara aktualnya, kemudian dilakukan pemodelan sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil simulasi aliran daya pada masing-masing penyulang dengan beban gardu distribusi yang terpasang sebagai berikut.

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
WYS26_160	WYS26	Grid Seram	0,015804027	20,4	0,992
WYS25_160	WYS25	Grid Seram	0,022906523	20,4	0,992
WYS24_50	WYS24	Grid Seram	0,013661634	20,3	0,982
WYS23_50	WYS23	Grid Seram	0,011558053	20,3	0,983
WYS22_50	WYS22	Grid Seram	0,000000000	20,3	0,989
WYS21_50	WYS21	Grid Seram	0,016751025	20,3	0,980
WYS20_50	WYS20	Grid Seram	0,041303155	20,3	0,968
WYS19_25	WYS19	Grid Seram	0,002646942	20,3	0,986
WYS18_50	WYS18	Grid Seram	0,009912447	20,3	0,985
WYS17_50	WYS17	Grid Seram	0,022844425	20,3	0,979
WYS16_50	WYS16	Grid Seram	0,014973460	20,3	0,983
WYS15_50	WYS15	Grid Seram	0,019529926	20,3	0,981
WYS14_50	WYS14	Grid Seram	0,022456309	20,3	0,979
WYS13_25	WYS13	Grid Seram	0,004416744	20,3	0,986
WYS12_50	WYS12	Grid Seram	0,015074370	20,3	0,984
WYS11_50	WYS11	Grid Seram	0,015509060	20,3	0,984
WYS10_25	WYS10	Grid Seram	0,006947251	20,4	0,986
WYS09_25	WYS09	Grid Seram	0,005852768	20,4	0,987
WYS08_50	WYS08	Grid Seram	0,008150406	20,4	0,989
WYS07_50	WYS07	Grid Seram	0,003376597	20,4	0,993
WYS06_50	WYS06	Grid Seram	0,016044658	20,4	0,986
WYS05_50	WYS05	Grid Seram	0,012978552	20,4	0,989
WYS04_50	WYS04	Grid Seram	0,000000000	20,4	0,996
WYS02_25	WYS02	Grid Seram	0,012241133	20,5	0,986
WYS01_25	WYS01	Grid Seram	0,009252652	20,5	0,989
WSR30_25	WSRX1	Grid Seram	0,002753100	20,2	0,982
WSR29_160	WSR29	Grid Seram	0,041636050	20,1	0,972
WSR28_250	WSR28	Grid Seram	0,080252866	20,1	0,998
WSR27_250	WSR27	Grid Seram	0,000000000	20,3	1,012
WSR26_100	WSR26	Grid Seram	0,015215466	20,0	0,971
WSR25_50	WSR25	Grid Seram	0,017445477	20,0	0,966

....(1)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
WSR24_50	WSR24	Grid Seram	0,015050280	20,0	0,968
WSR23_50	WSR23	Grid Seram	0,023364641	20,0	0,964
WSR22_50	WSR22	Grid Seram	0,011058285	20,0	0,970
WSR21_50	WSR21	Grid Seram	0,003386313	20,0	0,974
WSR20_200	WSR20	Grid Seram	0,076783955	20,0	0,967
WSR19_160	WSR19	Grid Seram	0,085483751	20,0	0,963
WSR18_50	WSR18	Grid Seram	0,034092553	20,0	0,958
WSR17_160	WSR17	Grid Seram	0,085327744	20,0	0,963
WSR16_50	WSR16	Grid Seram	0,038726939	20,0	0,957
WSR15_25	WSR15	Grid Seram	0,002110710	20,0	0,975
WSR14_100	WSR14	Grid Seram	0,041636050	20,1	0,967
WSR13_50	WSR13	Grid Seram	0,028237630	20,1	0,964
WSR12_50	WSR12	Grid Seram	0,000000000	20,1	0,980
WSR11_25	WSR11	Grid Seram	0,000871815	20,1	0,979
WSR10_100	WSR10	Grid Seram	0,051583919	20,1	0,967
WSR09_50	WSR09	Grid Seram	0,023649129	20,1	0,969
WSR08_100	WSR08	Grid Seram	0,019115692	20,1	0,976
WSR06_200	WSR06	Grid Seram	0,089090316	20,1	0,972
WSR05_50	WSR05	Grid Seram	0,010948161	20,2	0,977
WSR04_160	WSR04	Grid Seram	0,034936841	20,2	0,979
WSR03_50	WSR03	Grid Seram	0,030155621	20,2	0,969
WSR02_25	WSR02	Grid Seram	0,004496730	20,2	0,982
WSR01_100	WSR01	Grid Seram	0,055199657	20,3	0,975
WHT07_50	WHT07	Grid Seram	0,000000000	20,3	0,990
UHE31_25	UHE31	Grid Seram	0,000000000	20,5	1,000
UHE30_25	UHE29	Grid Seram	0,051079537	20,2	0,934
UHE30_25	UHE30	Grid Seram	0,001435447	20,4	0,991
UHE29_100	UHE27	Grid Seram	0,045048797	20,3	0,978
UHE27_160	UHE25	Grid Seram	0,020217429	20,2	0,982
UHE24_25	UHE24	Grid Seram	0,002507371	20,2	0,983
UHE22_100	UHE22	Grid Seram	0,040649243	20,2	0,975
UHE21_50	UHE21	Grid Seram	0,028904680	20,2	0,971
UHE20_25	UHE20	Grid Seram	0,002805646	20,2	0,983
UHE19_50	UHE19	Grid Seram	0,027916644	20,2	0,972
UHE18_160	UHE18	Grid Seram	0,086173415	20,2	0,974
UHE16_50	UHE16	Grid Seram	0,024300064	20,2	0,975
UHE15_50	UHE15	Grid Seram	0,019285321	20,2	0,977
UHE14_25	UHE14	Grid Seram	0,003597938	20,3	0,984
UHE13_100	UHE13	Grid Seram	0,050427061	20,3	0,975
UHE12_50	UHE12	Grid Seram	0,015500961	20,3	0,980
UHE11_50	UHE11	Grid Seram	0,012014876	20,3	0,983
UHE10_50	UHE10	Grid Seram	0,009992201	20,3	0,985
UHE08_50	UHE08	Grid Seram	0,024309384	20,4	0,984
UHE07_100	UHE07	Grid Seram	0,062926631	20,4	0,980
UHE06_25	UHE06	Grid Seram	0,001798969	20,4	0,995
UHE05_25	UHE05	Grid Seram	0,015389108	20,5	0,982
UHE04_50	UHE04	Grid Seram	0,000000000	20,5	0,998
UHE03_50	UHE03	Grid Seram	0,000195743	20,5	0,999
UHE02_50	UHE02	Grid Seram	0,004884247	20,5	0,998
UHE01_100	UHE01	Grid Seram	0,048059506	20,5	0,989
TMW29_50	TMW29	Grid Seram	0,002471400	19,0	0,952
TMW28_100	TMW26	Grid Seram	0,004715545	19,1	0,953
TMW27_100	TMW25	Grid Seram	0,022981180	19,1	0,954
TMW26_50	TMW24	Grid Seram	0,044769270	19,1	0,955

....(2)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
TMW25_50	TMW22	Grid Seram	0,010046574	19,1	0,956
TMW24_100	TMW21	Grid Seram	0,003039538	19,1	0,957
TMW23_50	TMW20	Grid Seram	0,057419811	19,1	0,957
TMW22_25	TMW19	Grid Seram	0,017545994	19,2	0,958
TMW21_25	TMW18	Grid Seram	0,011788864	19,2	0,960
TMW20_100	TMW17	Grid Seram	0,001666538	19,3	0,963
TMW19_100	TMW16	Grid Seram	0,011296477	19,3	0,966
TMW18_25	TMW23	Grid Seram	0,003191042	19,4	0,968
TMW17_25	TMW15	Grid Seram	0,009724629	19,4	0,968
TMW16_25	TMW14	Grid Seram	0,006789249	19,4	0,969
TMW15_50	TMW13	Grid Seram	0,068242842	19,4	0,970
TMW14_25	TMW12	Grid Seram	0,037961084	19,4	0,971
TMW13_160	TMW11	Grid Seram	0,028217519	19,5	0,975
TMW12_50	TMW28	Grid Seram	0,050052954	19,7	0,984
TMW11_50	TMW10	Grid Seram	0,049285969	19,7	0,984
TMW10_100	TMW09	Grid Seram	0,037961084	19,8	0,989
TMW09_100	TMW08	Grid Seram	0,057940607	19,8	0,992
TMW08_100	TMW07	Grid Seram	0,004308380	19,8	0,992
TMW07_25	TMW06	Grid Seram	0,018047851	19,9	0,994
TMW06_50	TMW05	Grid Seram	0,029562114	19,9	0,996
TMW05_50	TMW27	Grid Seram	0,005955980	19,9	0,996
TMW04_100	TMW04	Grid Seram	0,006694559	20,0	1,002
TMW03_50	TMW03	Grid Seram	0,008398973	20,1	1,003
TMW02_25	TMW02	Grid Seram	0,006931283	20,1	1,004
TMW01_25	TMW01	Grid Seram	0,006287393	20,1	1,005
SPSX1_25	SPSX1	Grid Seram	0,000000000	18,3	0,893
SPS09_25	SPS09	Grid Seram	0,006268456	18,3	0,884
SPS08_25	SPS08	Grid Seram	0,008294815	18,3	0,881
SPS07_50	SPS07	Grid Seram	0,009336400	18,3	0,885
SPS06_50	SPS06	Grid Seram	0,018966340	18,3	0,881
SPS05_25	SPS05	Grid Seram	0,001732821	18,3	0,891
SPS04_50	SPS04	Grid Seram	0,049929860	18,3	0,865
SPS03_25	SPS03	Grid Seram	0,020718099	18,3	0,870
SPS02_100	SPS02	Grid Seram	0,013133456	18,3	0,889
SPS01_100	SPS01	Grid Seram	0,029344327	18,3	0,885
SMHX13_50	SMHX13	Grid Seram	0,000000000	18,4	0,895
SMH25_50	SMH25	Grid Seram	0,002158924	19,0	0,924
SMH24_50	SMH24	Grid Seram	0,005255276	18,9	0,919
SMH23_50	SMH23	Grid Seram	0,004810235	18,9	0,919
SMH22_50	SMH22	Grid Seram	0,003475111	18,9	0,919
SMH19_25	SMH19	Grid Seram	0,004175814	18,5	0,897
SMH18_50	SMH18	Grid Seram	0,002026359	18,5	0,900
SMH17_25	SMH17	Grid Seram	0,001268841	18,4	0,894
SMH16_25	SMH16	Grid Seram	0,005283683	18,4	0,889
SMH15_50	SMH15	Grid Seram	0,003304669	18,9	0,918
SMH14_50	SMH14	Grid Seram	0,006760842	18,8	0,914
SMH13_50	SMH13	Grid Seram	0,016636974	18,8	0,909
SMH12_50	SMH12	Grid Seram	0,015235566	18,8	0,906
SMH11_100	SMH11	Grid Seram	0,004393600	18,7	0,911
SMH10_50	SMH10	Grid Seram	0,019401912	18,7	0,901
SMH09_50	SMH09	Grid Seram	0,015491229	18,7	0,902
SMH08_50	SMH08	Grid Seram	0,002149455	18,7	0,908
SMH07_50	SMH07	Grid Seram	0,004848110	18,6	0,906
SMH06_25	SMH06	Grid Seram	0,002670248	18,6	0,903
SMH05_100	SMH05	Grid Seram	0,039419307	18,5	0,889
SMH04_50	SMH04	Grid Seram	0,018388732	18,5	0,890
SMH03_50	SMH03	Grid Seram	0,005586691	18,4	0,893
SMH02_50	SMH02	Grid Seram	0,003257324	18,4	0,893
SMH01_50	SMH01	Grid Seram	0,007707738	18,3	0,890

....(3)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
SKR11_100	SKR11	Grid Seram	0,000597939	20,5	1,002
SKR10_100	SKR10	Grid Seram	0,024676128	20,5	0,995
SKR09_100	SKR09	Grid Seram	0,038714298	20,5	0,992
SKR08_100	SKR08	Grid Seram	0,021811375	20,5	0,996
SKR06_50	SKR06	Grid Seram	0,007469771	20,5	0,997
SKR05_25	SKR05	Grid Seram	0,010325598	20,5	0,991
SKR04_50	SKR04	Grid Seram	0,000000000	20,5	1,001
SKR03_50	SKR03	Grid Seram	0,001767043	20,5	1,001
SKR02_50	SKR02	Grid Seram	0,030905399	20,5	0,986
RMHX3_50	RMHX3	Grid Seram	0,000000000	19,9	0,972
RMHX2_50	RMHX2	Grid Seram	0,000000000	20,2	0,984
RMHX1_50	RMHX1	Grid Seram	0,000000000	20,2	0,985
RMH36_50	RMH36	Grid Seram	0,019570000	20,1	0,970
RMH35_50	RMH35	Grid Seram	0,012682500	19,9	0,965
RMH34_50	RMH34	Grid Seram	0,016282999	19,9	0,963
RMH33_50	RMH33	Grid Seram	0,004427000	19,9	0,969
RMH31_50	RMH31	Grid Seram	0,000000000	19,9	0,972
RMH30_50	RMH30	Grid Seram	0,007391000	19,9	0,968
RMH29_50	RMH29	Grid Seram	0,028594999	19,9	0,957
RMH28_50	RMH28	Grid Seram	0,022695500	19,9	0,960
RMH27_100	RMH27	Grid Seram	0,039291998	19,9	0,962
RMH26_100	RMH26	Grid Seram	0,055033499	19,9	0,958
RMH25_50	RMH25	Grid Seram	0,038531999	19,9	0,952
RMH24_50	RMH24	Grid Seram	0,015494501	19,9	0,964
RMH23_50	RMH23	Grid Seram	0,011476000	19,9	0,967
RMH22_50	RMH22	Grid Seram	0,009443000	20,0	0,968
RMH21_25	RMH21	Grid Seram	0,023274999	20,0	0,951
RMH20_25	RMH20	Grid Seram	0,012074500	20,0	0,963
RMH19_50	RMH19	Grid Seram	0,000000000	20,1	0,977
RMH18_25	RMH18	Grid Seram	0,003258500	20,1	0,975
RMH17_50	RMH17	Grid Seram	0,026837499	20,1	0,964
RMH16_100	RMH16	Grid Seram	0,041068500	20,1	0,968
RMH15_50	RMH15	Grid Seram	0,020766999	20,1	0,968
RMH14_50	RMH14	Grid Seram	0,030171999	20,1	0,964
RMH13_50	RMH13	Grid Seram	0,020292000	20,1	0,969
RMH11_50	RMH11	Grid Seram	0,001681500	20,1	0,981
RMH10_50	RMH10	Grid Seram	0,003809500	20,2	0,981
RMH09_100	RMH09	Grid Seram	0,042930499	20,2	0,974
RMH08_50	RMH08	Grid Seram	0,039624500	20,2	0,966
RMH07_160	RMH07	Grid Seram	0,070081501	20,2	0,976
RMH06_50	RMH06	Grid Seram	0,031596999	20,2	0,970
RMH05_25	RMH05	Grid Seram	0,002812000	20,2	0,984
RMH04_50	RMH04	Grid Seram	0,025308000	20,3	0,975
RMH03_25	RMH03	Grid Seram	0,005814000	20,3	0,985
RMH02_100	RMH02	Grid Seram	0,044488498	20,3	0,981
RMH01_100	RMH01	Grid Seram	0,038180500	20,4	0,983
PKT39_50	PKT39	Grid Seram	0,021115080	20,6	0,991
PKT38_50	PKT38	Grid Seram	0,013155030	20,5	0,994
PKT37_100	PKT37	Grid Seram	0,032789820	20,5	0,993
PKT36_100	PKT36	Grid Seram	0,051642571	20,5	0,989
PKT35_100	PKT35	Grid Seram	0,038133760	20,5	0,991

....(4)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
PKT34_100	PKT34	Grid Seram	0,028348950	20,5	0,994
PKT33_100	PKT33	Grid Seram	0,037379653	20,5	0,991
PKT32_100	PKT32	Grid Seram	0,067711627	20,5	0,985
PKT31_50	PKT31	Grid Seram	0,005511520	20,5	0,999
PKT30_100	PKT30	Grid Seram	0,041932242	20,5	0,991
PKT29_200	PKT29	Grid Seram	0,058438870	20,6	0,996
PKT28_250	PKT28	Grid Seram	0,054854520	20,5	0,997
PKT27_100	PKT27	Grid Seram	0,005018090	20,6	1,001
PKT26_50	PKT26	Grid Seram	0,029428912	20,5	0,986
PKT25_100	PKT25	Grid Seram	0,008658300	20,5	0,998
PKT24_160	PKT24	Grid Seram	0,031821582	20,5	0,996
PKT23_100	PKT23	Grid Seram	0,015380119	20,5	0,997
PKT20_200	PTK20	Grid Seram	0,037873079	20,5	0,997
PKT19_100	PTK19	Grid Seram	0,010585470	20,5	0,998
PKT18_100	PKT18	Grid Seram	0,000000000	20,5	1,001
PKT17_100	PKT17	Grid Seram	0,058913680	20,5	0,986
PKT16_25	PKT16	Grid Seram	0,004049850	20,5	0,997
PKT15_50	PKT15	Grid Seram	0,007941430	20,5	0,997
PKT14_50	PKT14	Grid Seram	0,012996761	20,5	0,995
PKT13_100	PKT13	Grid Seram	0,025751459	20,5	0,995
PKT11_50	PKT11	Grid Seram	0,032026403	20,5	0,981
PKT10_50	PKT10	Grid Seram	0,027417949	20,5	0,988
PKT07_25	PKT07	Grid Seram	0,011842320	20,6	0,990
PKT06_25	PKT06	Grid Seram	0,010864770	20,6	0,991
PKT05_100	PKT05	Grid Seram	0,050255379	20,6	0,989
PKT04_50	PKT04	Grid Seram	0,021338520	20,6	0,991
PKT03_200	PKT03	Grid Seram	0,091135589	20,6	0,992
PKT01_100	PKT01	Grid Seram	0,071882511	20,6	0,984
MKRX3_50	MKRX3	Grid Seram	0,000000000	19,4	0,946
MKRX2_50	MKRX2	Grid Seram	0,000000000	18,8	0,914
MKRX1_50	MKRX1	Grid Seram	0,000000000	18,5	0,902
MKR90_50	MKR90	Grid Seram	0,000000000	19,7	0,961
MKR89_50	MKR89	Grid Seram	0,000000000	19,8	0,966
MKR88_25	MKR88	Grid Seram	0,000000000	19,8	0,967
MKR87_50	MKR87	Grid Seram	0,004480542	18,5	0,899
MKR86_50	MKR86	Grid Seram	0,005899380	18,5	0,898
MKR85_50	MKR85	Grid Seram	0,009259787	18,5	0,897
MKR84_25	MKR84	Grid Seram	0,012097463	18,5	0,888
MKR83_25	MKR83	Grid Seram	0,041547691	18,5	0,856
MKR82_25	MKR82	Grid Seram	0,015196504	18,5	0,886
MKR81_100	MKR81	Grid Seram	0,046774992	18,5	0,891
MKR80_25	MKR80	Grid Seram	0,011892105	18,6	0,893
MKR79_50	MKR79	Grid Seram	0,006926171	18,5	0,900
MKR78_16	MKR78	Grid Seram	0,006422110	18,6	0,896
MKR77_16	MKR77	Grid Seram	0,001857558	18,6	0,904
MKR76_25	MKR76	Grid Seram	0,009689172	18,6	0,898
MKR75_50	MKR75	Grid Seram	0,028843488	18,6	0,893
MKR74_50	MKR74	Grid Seram	0,028843488	18,6	0,893
MKR73_100	MKR73	Grid Seram	0,045542841	18,7	0,897
MKR72_50	MKR72	Grid Seram	0,022169347	18,7	0,898
MKR71_16	MKR71	Grid Seram	0,010547943	18,7	0,895
MKR70_50	MKR70	Grid Seram	0,008186324	18,7	0,909

....(5)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
MKR69_25	MKR69	Grid Seram	0,011621406	18,8	0,901
MKR68_16	MKR68	Grid Seram	0,003696447	18,8	0,908
MKR67_50	MKR67	Grid Seram	0,008148985	18,8	0,910
MKR66_50	MKR66	Grid Seram	0,009166442	18,8	0,909
MKR65_50	MKR65	Grid Seram	0,022776088	18,8	0,905
MKR64_25	MKR64	Grid Seram	0,006870165	18,9	0,912
MKR63_16	MKR63	Grid Seram	0,009073098	18,9	0,906
MKR62_50	MKR62	Grid Seram	0,030598367	18,9	0,905
MKR61_25	MKR61	Grid Seram	0,002641653	18,9	0,920
MKR60_50	MKR60	Grid Seram	0,010127892	19,0	0,921
MKR59_50	MKR59	Grid Seram	0,008709053	19,1	0,924
MKR58_25	MKR58	Grid Seram	0,010491935	19,1	0,919
MKR57_25	MKR57	Grid Seram	0,013497633	19,1	0,919
MKR56_25	MKR56	Grid Seram	0,003649775	19,1	0,929
MKR55_25	MKR55	Grid Seram	0,007000847	19,1	0,926
MKR54_50	MKR54	Grid Seram	0,006403441	19,2	0,930
MKR53_25	MKR53	Grid Seram	0,013282939	19,2	0,920
MKR52_50	MKR52	Grid Seram	0,022878768	19,2	0,922
MKR51_25	MKR51	Grid Seram	0,018911621	19,2	0,916
MKR50_25	MKR50	Grid Seram	0,002940356	19,2	0,933
MKR49_50	MKR49	Grid Seram	0,022346704	19,3	0,927
MKR48_50	MKR48	Grid Seram	0,027611341	19,3	0,924
MKR47_25	MKR47	Grid Seram	0,012172138	19,3	0,928
MKR46_50	MKR46	Grid Seram	0,004228512	19,3	0,938
MKR45_25	MKR45	Grid Seram	0,005572674	19,3	0,935
MKR44_50	MKR44	Grid Seram	0,015289849	19,3	0,933
MKR43_25	MKR43	Grid Seram	0,004592556	19,4	0,939
MKR42_25	MKR42	Grid Seram	0,011873436	19,4	0,932
MKR41_50	MKR41	Grid Seram	0,012872224	19,4	0,937
MKR40_100	MKR40	Grid Seram	0,050247413	19,3	0,930
MKR39_50	MKR39	Grid Seram	0,009754513	19,4	0,940
MKR38_25	MKR38	Grid Seram	0,021170560	19,4	0,923
MKR37_50	MKR37	Grid Seram	0,015793911	19,4	0,937
MKR36_25	MKR36	Grid Seram	0,016727357	19,4	0,927
MKR35_50	MKR35	Grid Seram	0,027844701	19,4	0,930
MKR34_50	MKR34	Grid Seram	0,021366585	19,4	0,934
MKR33_25	MKR33	Grid Seram	0,024484295	19,4	0,921
MKR32_25	MKR32	Grid Seram	0,017642134	19,4	0,928
MKR30_50	MKR30	Grid Seram	0,019947745	19,4	0,938
MKR29_50	MKR29	Grid Seram	0,014216386	19,5	0,944
MKR28_50	MKR28	Grid Seram	0,013189595	19,5	0,946
MKR27_25	MKR27	Grid Seram	0,006776820	19,5	0,946
MKR26_50	MKR26	Grid Seram	0,005768698	19,6	0,950

....(6)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
MKR25_50	MKR25	Grid Seram	0,013917684	19,6	0,946
MKR24_25	MKR24	Grid Seram	0,008018303	19,6	0,946
MKR23_50	MKR23	Grid Seram	0,008970418	19,6	0,950
MKR22_25	MKR22	Grid Seram	0,016176623	19,6	0,938
MKR21_50	MKR21	Grid Seram	0,002305612	19,6	0,956
MKR20_50	MKR20	Grid Seram	0,007654259	19,6	0,953
MKR19_100	MKR19	Grid Seram	0,005563340	19,6	0,955
MKR18_50	MKR18	Grid Seram	0,015709900	19,6	0,949
MKR17_50	MKR17	Grid Seram	0,020918530	19,6	0,946
MKR16_50	MKR16	Grid Seram	0,019238326	19,7	0,948
MKR15_100	MKR15	Grid Seram	0,008176989	19,7	0,960
MKR14_50	MKR14	Grid Seram	0,014067035	19,8	0,956
MKR13_25	MKR13	Grid Seram	0,005367316	19,8	0,959
MKR12_25	MKR12	Grid Seram	0,014879133	19,8	0,949
MKR11_25	MKR11	Grid Seram	0,002903018	19,8	0,965
MKR10_100	MKR10	Grid Seram	0,028432772	19,9	0,962
MKR09_100	MKR09	Grid Seram	0,047885793	19,9	0,958
MKR08_50	MKR08	Grid Seram	0,007840948	19,9	0,967
MKR07_25	MKR07	Grid Seram	0,002903018	19,9	0,970
MKR06_250	MKR06	Grid Seram	0,017548788	20,0	0,971
MKR05_100	MKR05	Grid Seram	0,067478830	20,0	0,956
MKR04_100	MKR04	Grid Seram	0,023261480	20,0	0,968
MKR03_100	MKR03	Grid Seram	0,053346453	20,0	0,961
MKR02_200	MKR02	Grid Seram	0,144264123	20,0	0,962
MKR01_50	MKR01	Grid Seram	0,003836464	20,1	0,976
LMT19_25	LMT19	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT18_50	LMT18	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT17_50	LMT17	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT16_25	LMT16	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT15_50	LMT15	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT14_50	LMT14	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT13_25	LMT13	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT12_25	LMT12	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT11_25	LMT11	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT10_50	LMT10	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT09_50	LMT09	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT08_50	LMT08	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT07_50	LMT07	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT06_50	LMT06	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT05_25	LMT05	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT04_25	LMT04	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT03_50	LMT03	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMT02_25	LMT02	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880

....(7)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
LMT01_50	LMT01	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,880
LMB26_25	LMB26	Grid Seram	0,002611847	18,2	0,887
LMB25_25	LMB25	Grid Seram	0,009495326	18,2	0,885
LMB24_25	LMB24	Grid Seram	0,014853825	18,2	0,883
LMB23_25	LMB23	Grid Seram	0,001027888	18,2	0,887
LMB22_25	LMB22	Grid Seram	0,010278881	18,2	0,884
LMB21_50	LMB21	Grid Seram	0,013455224	18,2	0,883
LMB20_25	LMB20	Grid Seram	0,000404415	18,2	0,886
LMB19_100	LMB19	Grid Seram	0,003766115	18,2	0,885
LMB18_25	LMB18	Grid Seram	0,013438373	18,2	0,881
LMB17_50	LMB17	Grid Seram	0,012865452	18,1	0,881
LMB16_50	LMB16	Grid Seram	0,018249227	18,1	0,879
LMB15_100	LMB15	Grid Seram	0,001120567	18,1	0,883
LMB14_25	LMB14	Grid Seram	0,000000000	18,1	0,883
LMB13_25	LMB13	Grid Seram	0,008947682	18,1	0,881
LMB12_50	LMB12	Grid Seram	0,014988630	18,1	0,879
LMB11_50	LMB11	Grid Seram	0,016547313	18,1	0,878
LMB10_50	LMB10	Grid Seram	0,007692310	18,1	0,880
LMB09_25	LMB09	Grid Seram	0,001213245	18,1	0,882
LMB08_50	LMB08	Grid Seram	0,020035393	18,1	0,876
LMB07_50	LMB07	Grid Seram	0,010287306	18,1	0,879
LMB06_50	LMB06	Grid Seram	0,028216371	18,1	0,873
LMB05_50	LMB05	Grid Seram	0,010851802	18,1	0,878
LMB04_50	LMB04	Grid Seram	0,005223694	18,1	0,879
LMB03_50	LMB03	Grid Seram	0,023110631	18,1	0,874
LMB02_50	LMB02	Grid Seram	0,015468873	18,1	0,876
LMB01_50	LMB01	Grid Seram	0,033263133	18,1	0,871
KWA21_100	KWA21	Grid Seram	0,033244019	20,5	0,989
KWA20_100	KWA20	Grid Seram	0,064476201	20,4	0,980
KWA19_100	KWA19	Grid Seram	0,052015234	20,4	0,983
KWA17_50	KWA17	Grid Seram	0,008455024	20,4	0,993
KWA13_50	KWA13	Grid Seram	0,000000000	20,4	0,996
KWA12_50	KWA12	Grid Seram	0,005760760	20,4	0,993
KWA11_50	KWA11	Grid Seram	0,010954307	20,4	0,991
KWA10_25	KWA10	Grid Seram	0,000345646	20,4	0,996
KWA09_50	KWA09	Grid Seram	0,027181926	20,4	0,983
KWA08_50	KWA08	Grid Seram	0,001905482	20,4	0,996
KWA07_50	KWA07	Grid Seram	0,037312001	20,5	0,978
KWA06_50	KWA06	Grid Seram	0,002836066	20,5	0,996
KWA05_50	KWA05	Grid Seram	0,028537921	20,5	0,983
KWA04_50	KWA04	Grid Seram	0,023459588	20,5	0,986
KWA03_50	KWA03	Grid Seram	0,021722498	20,5	0,987
KWA02_100	KWA02	Grid Seram	0,001329406	20,5	0,999

....(8)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
KWA01_25	KWA01	Grid Seram	0,002056148	20,6	1,000
KTB27_100	KTB27	Grid Seram	0,026630215	20,1	0,972
KTB26_100	KTB26	Grid Seram	0,011875510	20,1	0,976
KTB25_200	KTB25	Grid Seram	0,015934706	20,1	0,978
KTB24_160	KTB24	Grid Seram	0,007995673	20,1	0,978
KTB23_100	KTB23	Grid Seram	0,032803969	20,1	0,971
KTB22_100	KTB22	Grid Seram	0,026951176	20,1	0,972
KTB21_100	KTB21	Grid Seram	0,030510054	20,1	0,971
KTB20_160	KTB20	Grid Seram	0,071621217	20,1	0,969
KTB19_100	KTB19	Grid Seram	0,045510197	20,1	0,967
KTB18_50	KTB18	Grid Seram	0,002114558	20,1	0,978
KTB17_100	KTB17	Grid Seram	0,020598061	20,1	0,974
KTB16_100	KTB16	Grid Seram	0,049087957	20,1	0,967
KTB15_50	KTB15	Grid Seram	0,031888292	20,1	0,963
KTB14_100	KTB14	Grid Seram	0,067967938	20,1	0,962
KTB13_200	KTB13	Grid Seram	0,132018287	20,1	0,965
KTB12_160	KTB12	Grid Seram	0,047322677	20,1	0,973
KTB11_200	KTB11	Grid Seram	0,081750327	20,1	0,971
KTB10_200	KTB10	Grid Seram	0,070733856	20,1	0,972
KTB09_50	KTB09	Grid Seram	0,025563496	20,1	0,967
KTB08_25	KTB08	Grid Seram	0,001529279	20,1	0,979
KTB07_250	KTB07	Grid Seram	0,103264064	20,1	0,971
KTB06_160	KTB06	Grid Seram	0,077020886	20,1	0,969
KTB05_100	KTB05	Grid Seram	0,012507988	20,1	0,977
KTB04_200	KTB04	Grid Seram	0,111288062	20,1	0,968
KTB03_160	KTB03	Grid Seram	0,091954959	20,1	0,967
KTB02_25	KTB02	Grid Seram	0,003785437	20,1	0,977
KTB01_160	KTB01	Grid Seram	0,105595744	20,1	0,966
KTA25_200	KTA25	Grid Seram	0,120119545	20,1	0,968
KTA24_250	KTA24	Grid Seram	0,041102408	20,1	0,977
KTA23_250	KTA23	Grid Seram	0,097571343	20,1	0,970
KTA22_250	KTA22	Grid Seram	0,103243552	20,0	0,967
KTA21_250	KTA21	Grid Seram	0,050327951	20,0	0,972
KTA20_100	KTA20	Grid Seram	0,059037833	20,0	0,961
KTA19_100	KTA19	Grid Seram	0,037595955	20,1	0,968
KTA18_100	KTA18	Grid Seram	0,047402780	20,1	0,967
KTA17_100	KTA17	Grid Seram	0,112234702	20,1	0,951
KTA16_100	KTA16	Grid Seram	0,071029167	20,0	0,958
KTA15_50	KTA15	Grid Seram	0,131482705	20,0	0,910
KTA14_50	KTA14	Grid Seram	0,058456551	20,0	0,946
KTA13_50	KTA13	Grid Seram	0,138730007	20,0	0,907
KTA12_50	KTA12	Grid Seram	0,013341407	20,0	0,970
KTA11_50	KTA11	Grid Seram	0,139264414	20,0	0,907

....(9)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
KTA10_50	KTA10	Grid Seram	0,097449466	20,0	0,927
KTA09_200	KTA09	Grid Seram	0,053009357	20,0	0,971
KTA08_160	KTA08	Grid Seram	0,098265134	20,0	0,963
KTA07_250	KTA07	Grid Seram	0,068863410	20,1	0,971
KTA06_160	KTA06	Grid Seram	0,106515622	20,1	0,962
KTA05_100	KTA05	Grid Seram	0,085889408	20,1	0,957
KTA04_50	KTA04	Grid Seram	0,020785594	20,1	0,969
KTA03_50	KTA03	Grid Seram	0,118994474	20,1	0,920
KTA02_100	KTA02	Grid Seram	0,032458150	20,1	0,971
KTA01_50	KTA01	Grid Seram	0,049681038	20,1	0,954
KRT32_100	KRTX2	Grid Seram	0,001263500	20,3	0,989
KRT31_100	KRTX1	Grid Seram	0,003553000	20,4	0,993
KRT29_160	KRT29	Grid Seram	0,070062496	20,3	0,981
KRT28_200	KRT28	Grid Seram	0,053085998	20,4	0,988
KRT27_250	KRT27	Grid Seram	0,074318500	20,3	0,916
KRT26_50	KRT26	Grid Seram	0,006745000	20,3	0,987
KRT25_50	KRT25	Grid Seram	0,004227500	20,3	0,988
KRT24_50	KRT24	Grid Seram	0,003876000	20,3	0,988
KRT23_50	KRT23	Grid Seram	0,001757500	20,3	0,989
KRT22_50	KRT22	Grid Seram	0,005890000	20,3	0,987
KRT21_50	KRT21	Grid Seram	0,003021000	20,3	0,989
KRT20_25	KRT20	Grid Seram	0,013452000	20,3	0,977
KRT19_50	KRT19	Grid Seram	0,025402999	20,3	0,978
KRT18_25	KRT18	Grid Seram	0,012806000	20,3	0,978
KRT17_50	KRT17	Grid Seram	0,031093498	20,3	0,975
KRT16_50	KRT16	Grid Seram	0,031255001	20,3	0,975
KRT15_100	KRT15	Grid Seram	0,052345001	20,3	0,978
KRT14_160	KRT14	Grid Seram	0,071392497	20,3	0,979
KRT13_25	KRT13	Grid Seram	0,005111000	20,3	0,984
KRT12_200	KRT12	Grid Seram	0,130482492	20,3	0,975
KRT11_50	KRT11	Grid Seram	0,021194500	20,3	0,978
KRT10_200	KRT10	Grid Seram	0,022154000	20,3	0,987
KRT09_200	KRT09	Grid Seram	0,084588002	20,3	0,981

....(10)

Name	In Folder	Grid	Active Power	MV Voltage	LV Voltage
			MW	kV	p.u.
KRT08_50	KRT08	Grid Seram	0,005443500	20,3	0,987
KRT06_100	KRT06	Grid Seram	0,097736000	20,3	0,965
KRT05_200	KRT05	Grid Seram	0,115083002	20,3	0,977
KRT04_25	KRT04	Grid Seram	0,007419500	20,3	0,984
KRT02_160	KRT02	Grid Seram	0,074366001	20,3	0,981
KRT01_160	KRT01	Grid Seram	0,042341498	20,4	0,987
CLS02_100	CLS02	Grid Seram	0,012489567	18,3	0,890
CLS01_250	CLS01	Grid Seram	0,001874855	18,3	0,893
AMH18_100	AMH18	Grid Seram	0,029788457	20,1	0,974
AMH17_100	AMH17	Grid Seram	0,069283365	20,1	0,963
AMH16_250	AMH16	Grid Seram	0,042492091	20,1	0,975
AMH15_100	AMH15	Grid Seram	0,048605595	20,1	0,967
AMH14_100	AMH14	Grid Seram	0,014188471	20,1	0,975
AMH13_100	AMH13	Grid Seram	0,040035689	20,1	0,969
AMH12_25	AMH12	Grid Seram	0,002291420	20,1	0,977
AMH11_160	AMH11	Grid Seram	0,064810518	20,1	0,970
AMH10_50	AMH10	Grid Seram	0,015792465	20,1	0,971
AMH09_100	AMH09	Grid Seram	0,054306651	20,1	0,965
AMH08_100	AMH08	Grid Seram	0,041227226	20,1	0,969
AMH07_50	AMH07	Grid Seram	0,013886005	20,1	0,973
AMH06_100	AMH06	Grid Seram	0,044618525	20,1	0,968
AMH05_25	AMH05	Grid Seram	0,009385656	20,1	0,971
AMH04_160	AMH04	Grid Seram	0,065360454	20,1	0,971
AMH03_50	AMH03	Grid Seram	0,001933958	20,1	0,980
AMH02_100	AMH02	Grid Seram	0,045865059	20,1	0,969

....(11)

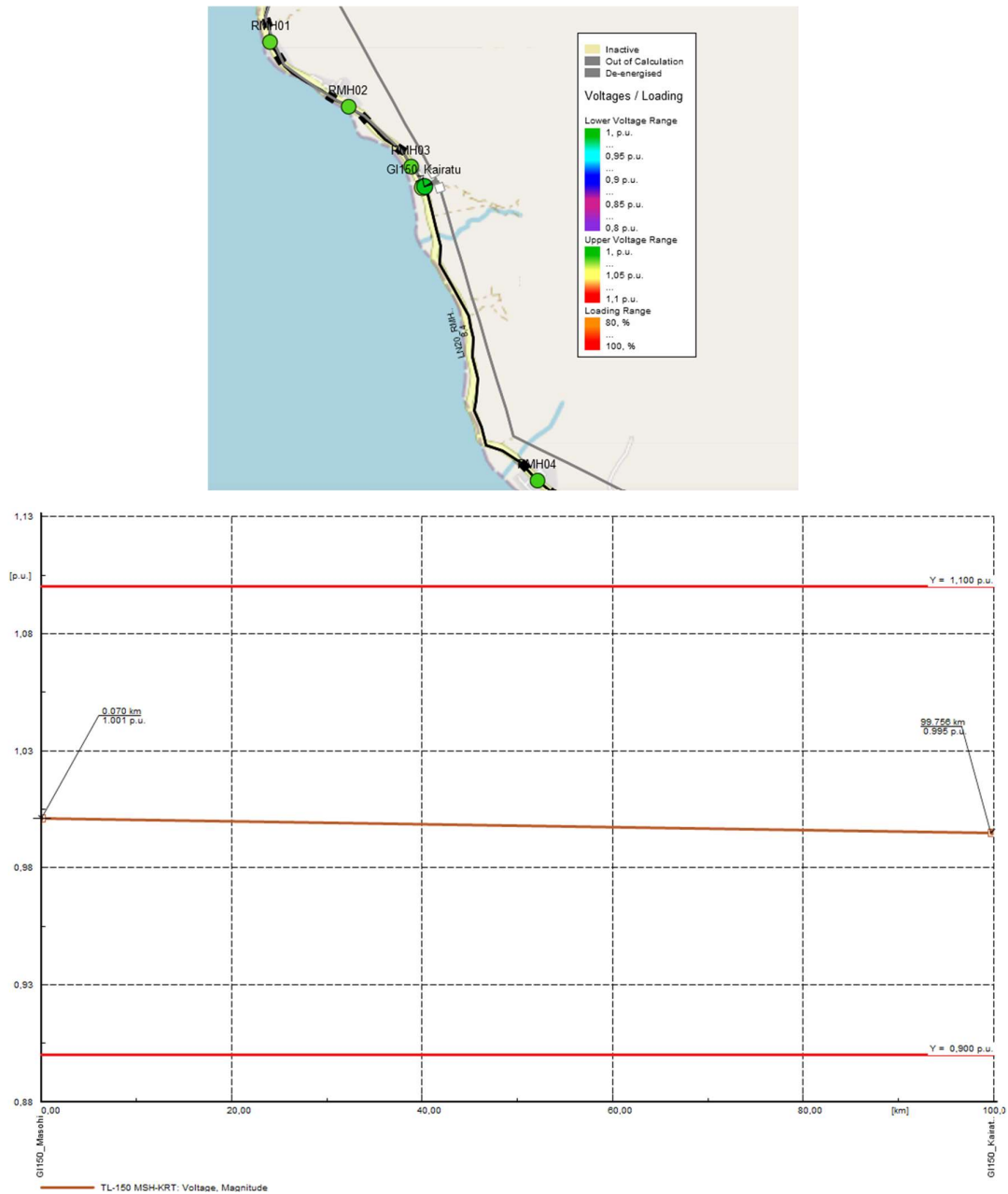
Tabel 4.12 *Flexible Data Load Flow* Gardu Distribusi Sistem Seram

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

4.4.3. Voltage Profile

Tegangan penyaluran pada tiap bus 150 kV, 20 kV, dan 0.4 kV telah diatur dalam SPLN 1:1995 dengan batasan nilai +5% dan -10% dari tegangan nominalnya. Untuk mereview karakteristik unjuk kerja Jaringan yang berisi pengaturan batasan nilai tegangan pada Sistem Seram dilakukan plotting profil tegangan dengan hasil sebagai berikut.

Profil tegangan dari hulu ke hilir SUTT Masohi - Kairatu

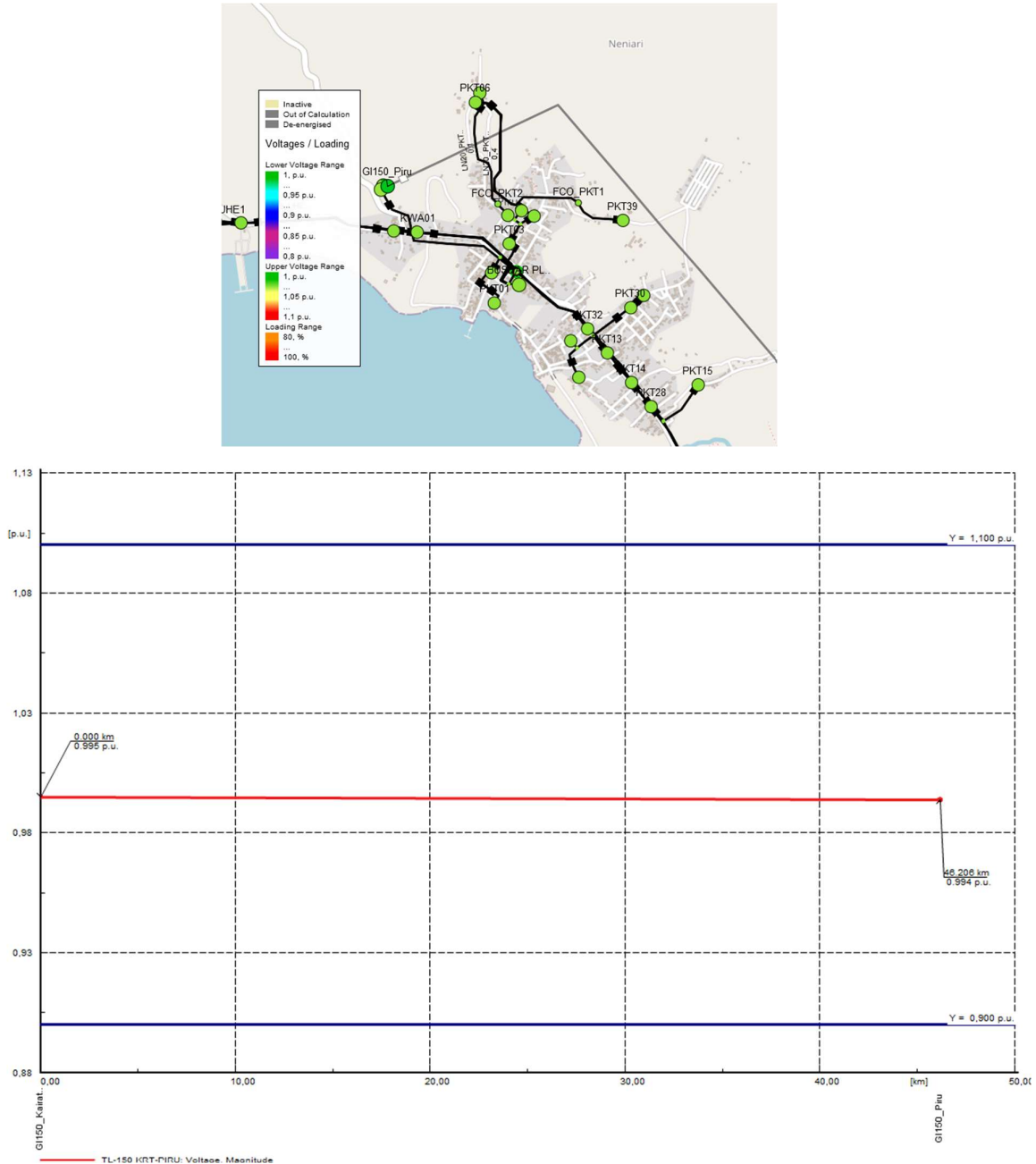


Gambar 4.13 *Voltage Profile* SUTT 150 kV Masohi - Kairatu

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

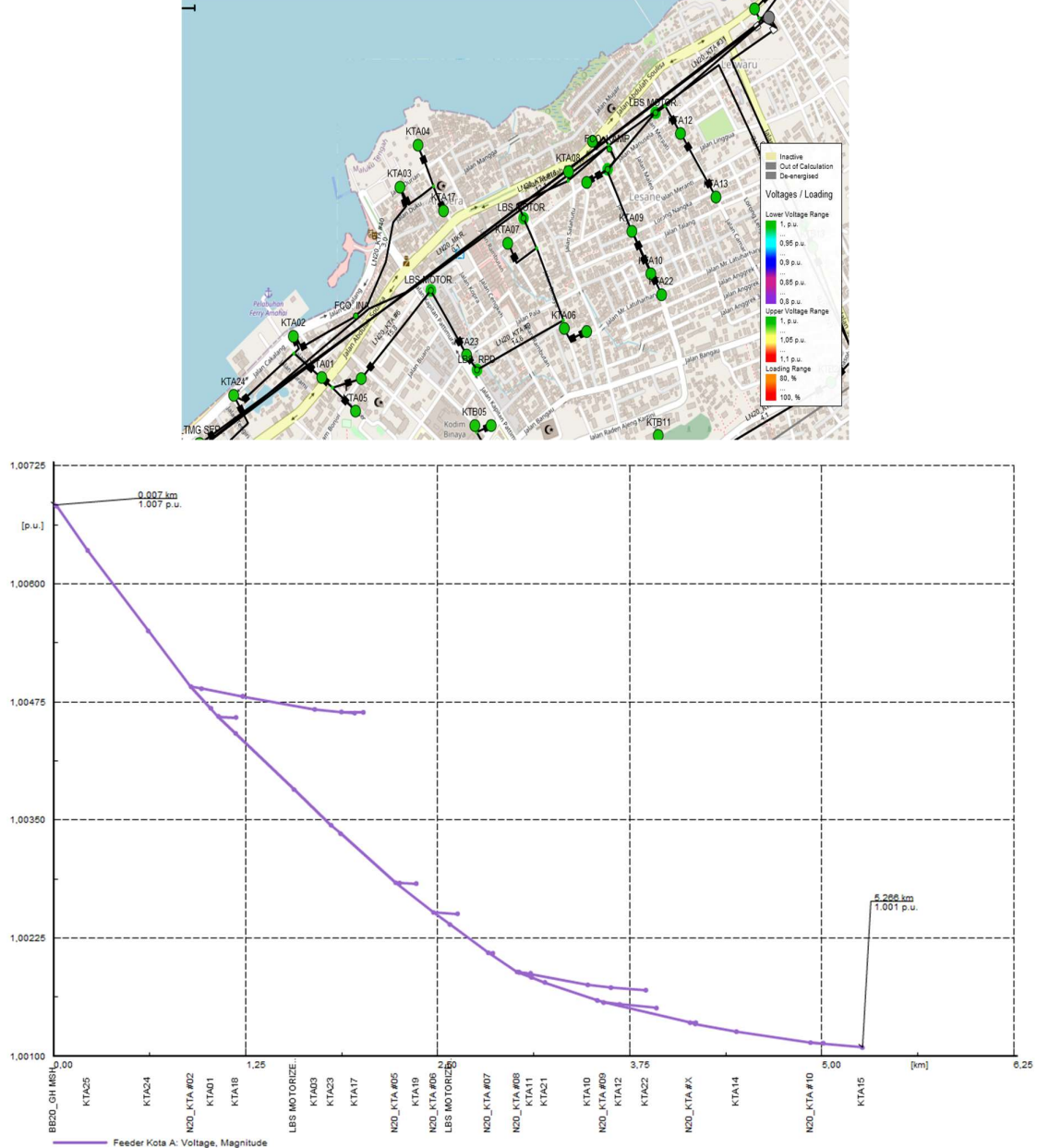
Pada SUTT Masohi - Kairatu dengan panjang saluran 115 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Induk Masohi sebesar 1.001 p.u atau 150.15 kV dan tegangan hilir yang diterima pada Gardu Induk Kairatu sebesar 0.995 p.u atau 149.25 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir SUTT Kairatu - Piru



Gambar 4.14 *Voltage Profile* SUTT 150 kV Kairatu - Piru
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada SUTT Kairatu - Piru dengan panjang saluran 48 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Induk Kairatu sebesar 0.995 p.u atau 149.25 kV dan tegangan hilir yang diterima pada Gardu Induk Piru sebesar 0.994 p.u atau 149.1 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

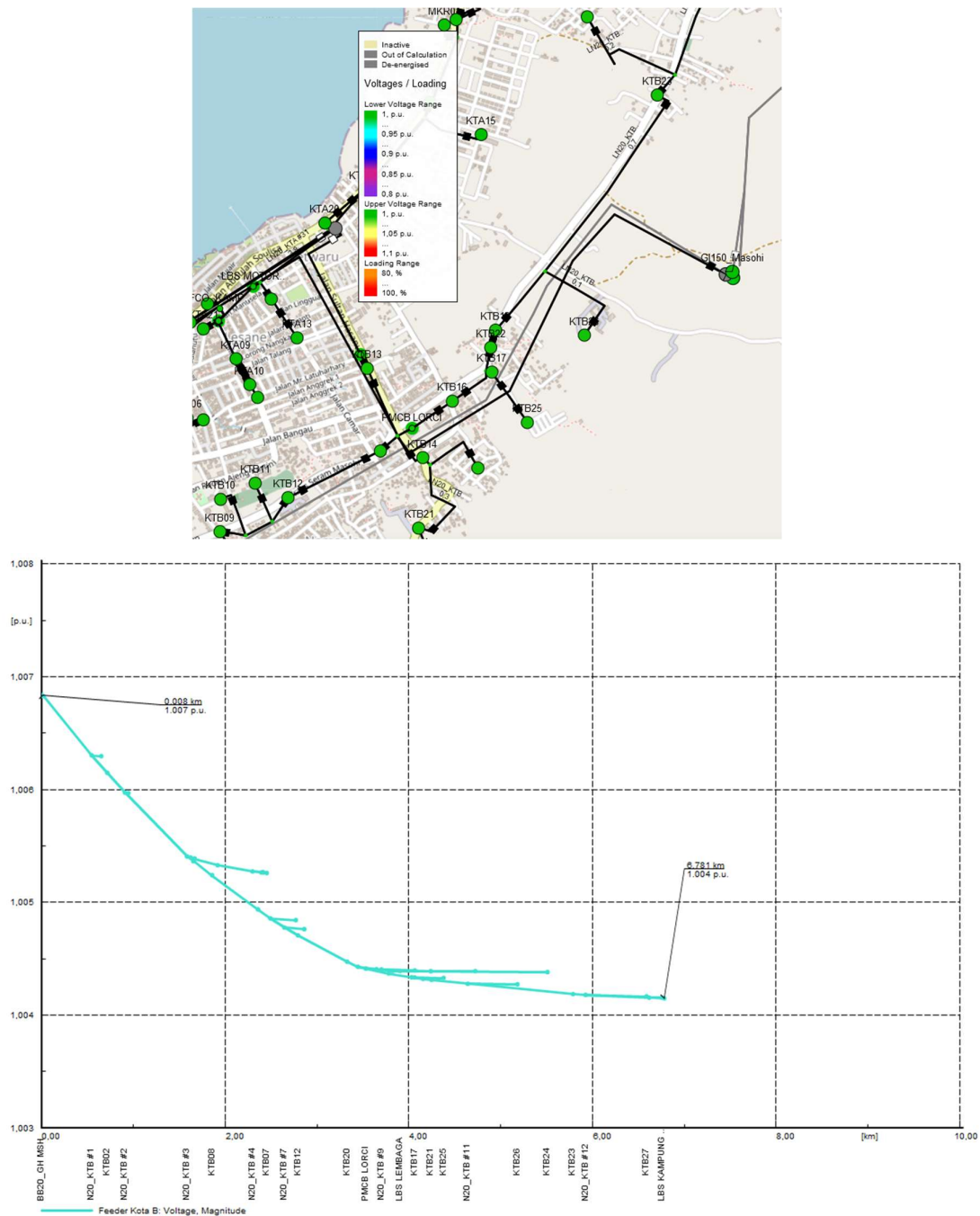


Gambar 4.15 *Voltage Profile* Penyulang Kota A

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Kota A dengan saluran utama sepanjang 5.4 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Masohi sebesar 1.007 p.u atau 20.14 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Kota A sebesar 1.001 p.u atau 20.02 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Kota B Outgoing Gardu Hubung Masohi

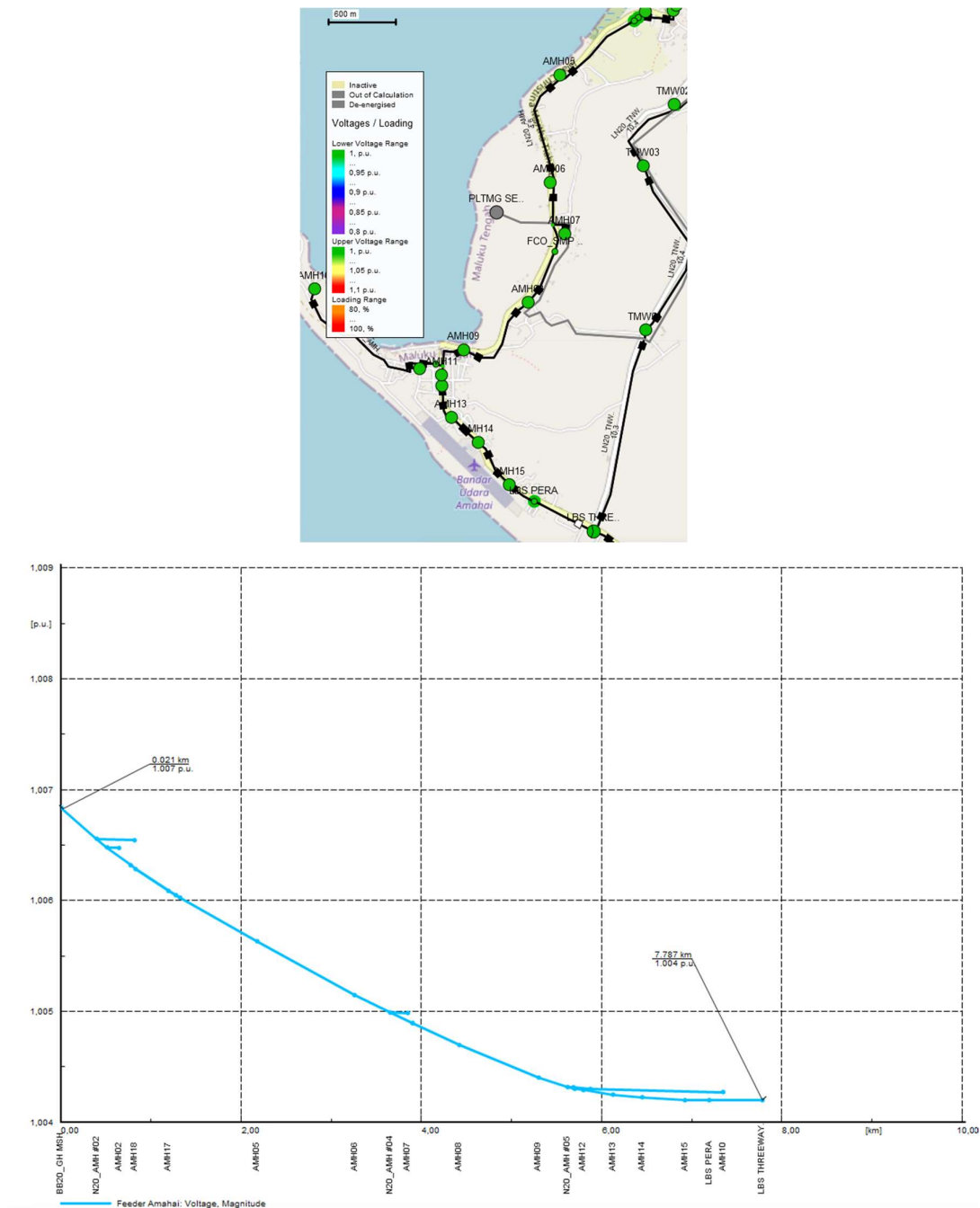


Gambar 4.16 *Voltage Profile* Penyulang Kota B

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Kota B dengan saluran utama sepanjang 6.8 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Masohi sebesar 1.007 p.u atau 20.14 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Kota B sebesar 1.004 p.u atau 20.08 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Amahai Outgoing Gardu Hubung Masohi

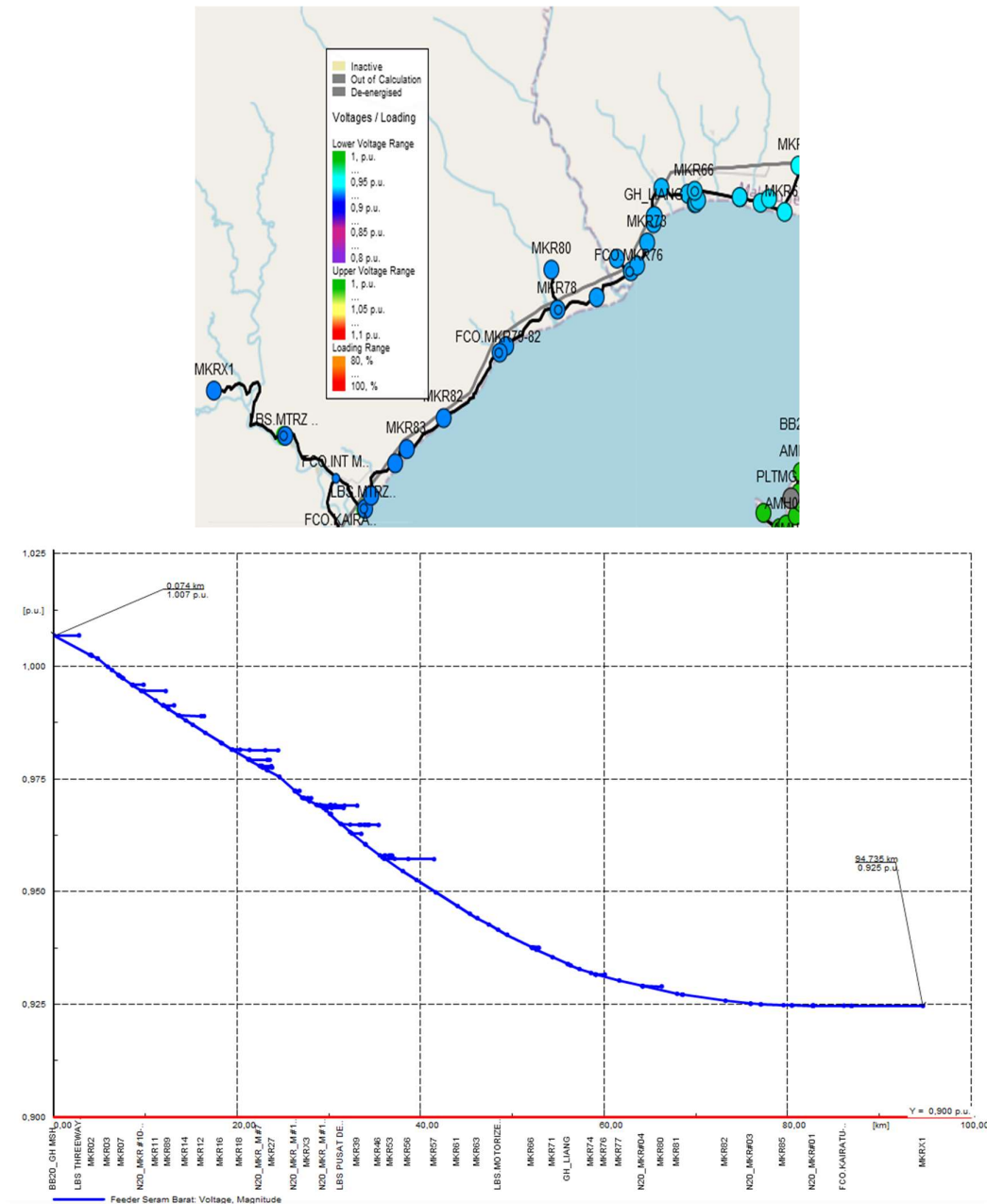


Gambar 4.17 *Voltage Profile* Penyulang Amahai

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Amahai dengan saluran utama sepanjang 7.8 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Masohi sebesar 1.007 p.u atau 20.14 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Amahai sebesar 1.004 p.u atau 20.08 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

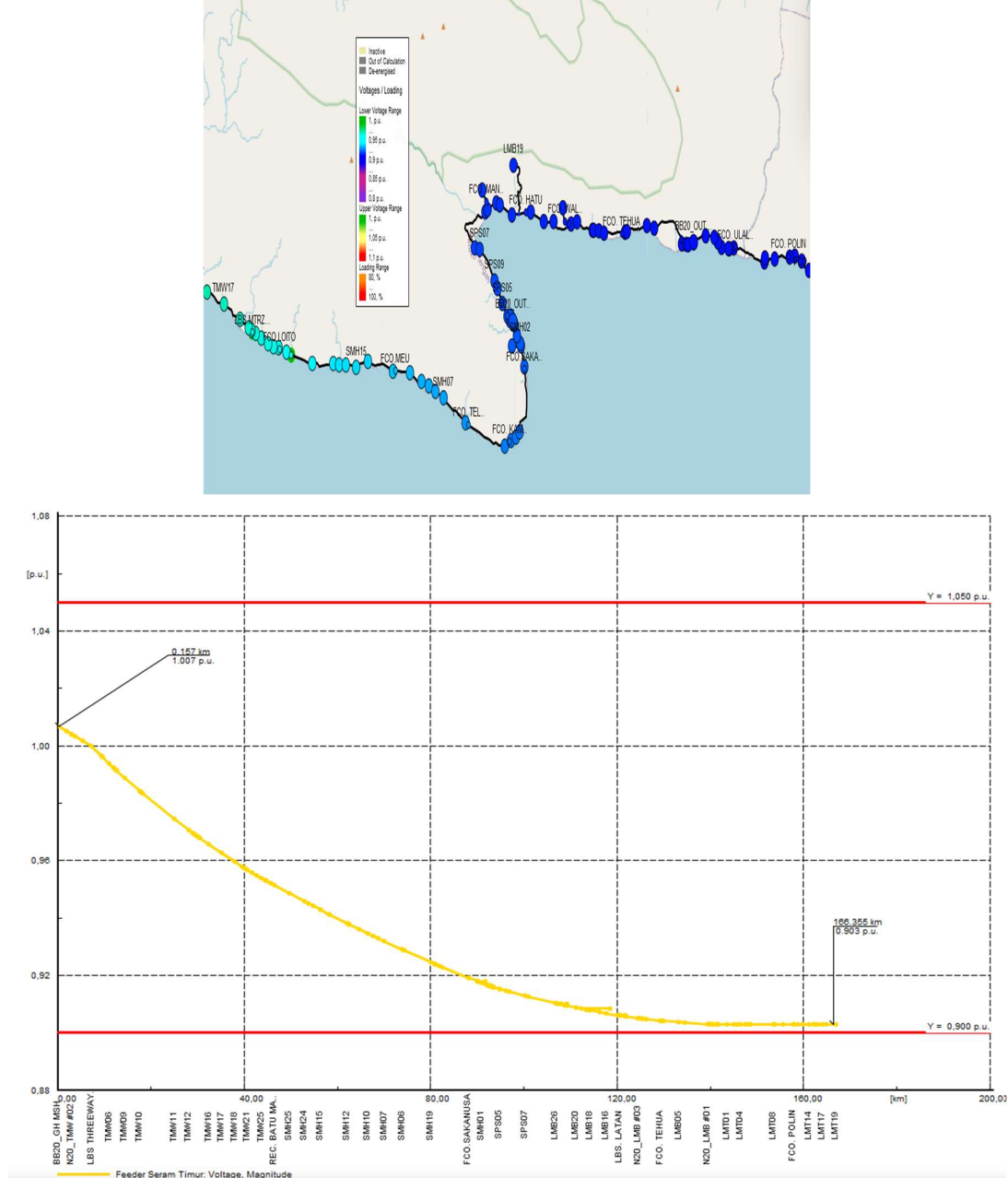
Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Makariki Outgoing Gardu Hubung Masohi



Gambar 4.18 *Voltage Profile* Penyulang Makariki

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Makariki dengan saluran utama sepanjang 96 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Masohi sebesar 1.007 p.u atau 20.14 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Makariki sebesar 0.925 p.u atau 20.08 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

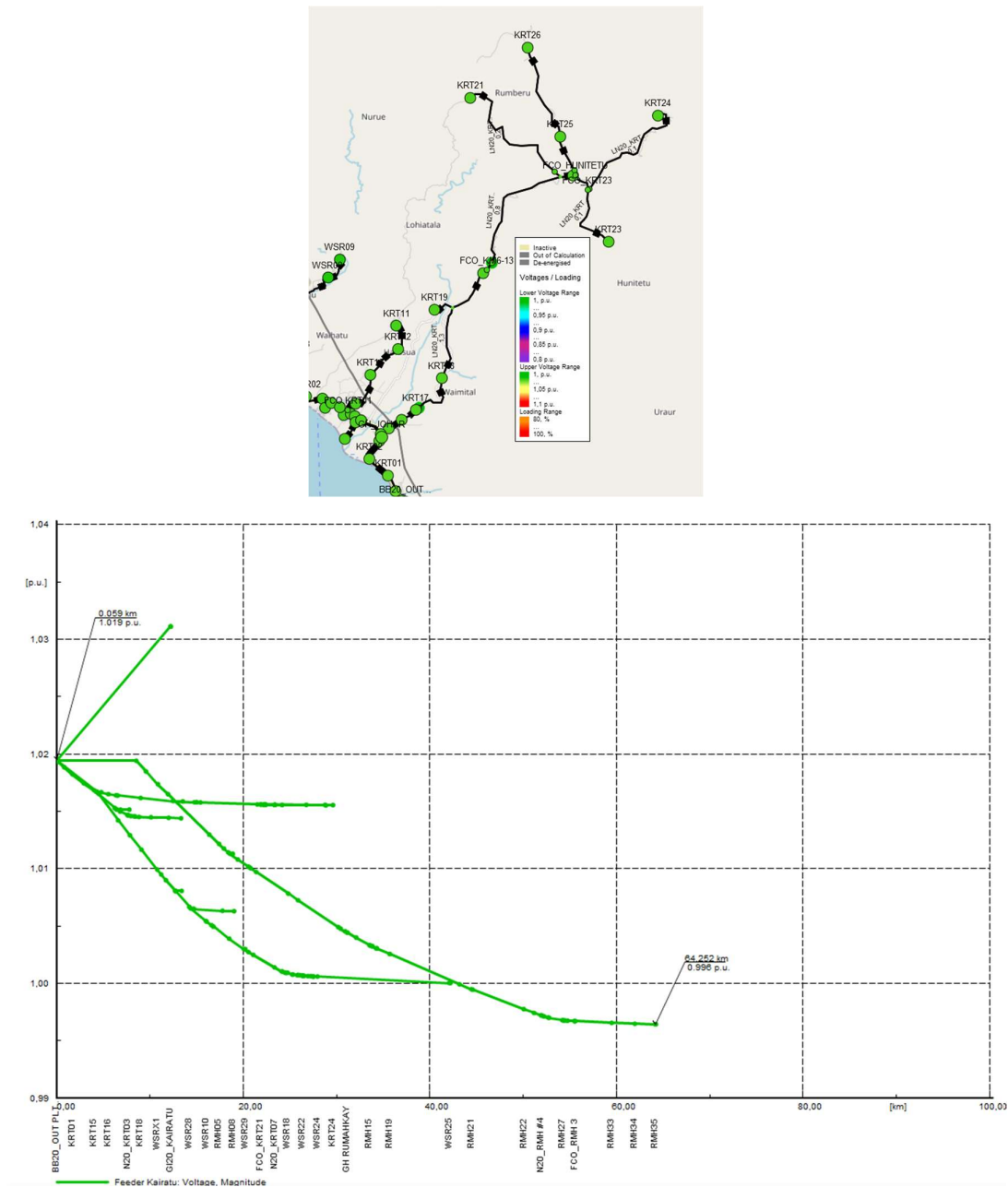


Gambar 4.19 *Voltage Profile* Penyulang Tamilow

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Tamilow dengan saluran utama sepanjang 167 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Masohi sebesar 1.007 p.u atau 20.14 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Tamilow sebesar 0.903 p.u atau 18.03 kV, kondisi ini perlu menjadi perhatian untuk selanjutnya dapat dilakukan perbaikan.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Kairatu Outgoing Gardu Hubung Kairatu

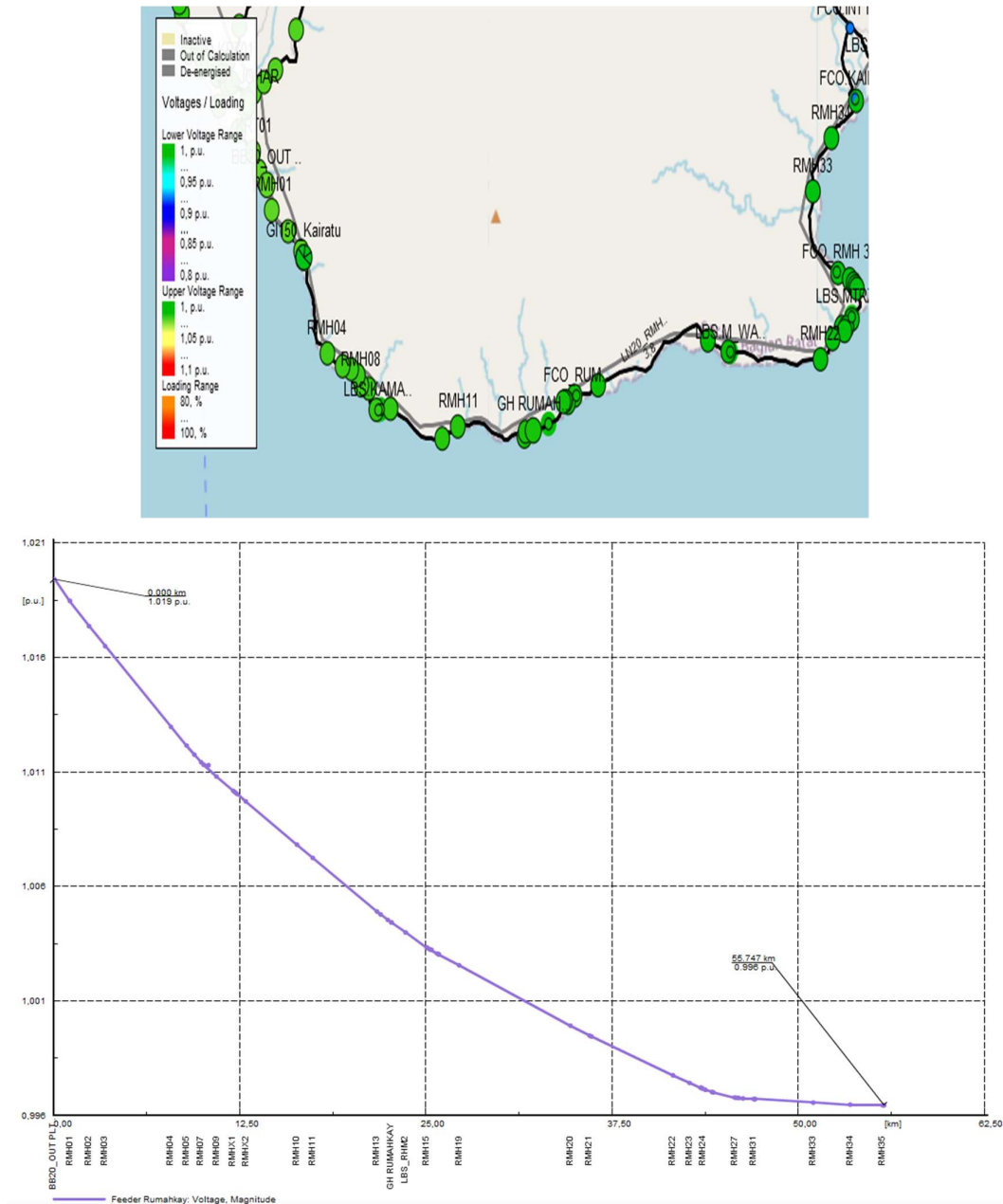


Gambar 4.20 *Voltage Profile* Penyulang Kairatu

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Kairatu dengan saluran utama sepanjang 64 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Kairatu sebesar 1.019 p.u atau 20.38 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Kairatu sebesar 0.996 p.u atau 19.92 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Rumahkay Outgoing Gardu Hubung Kairatu

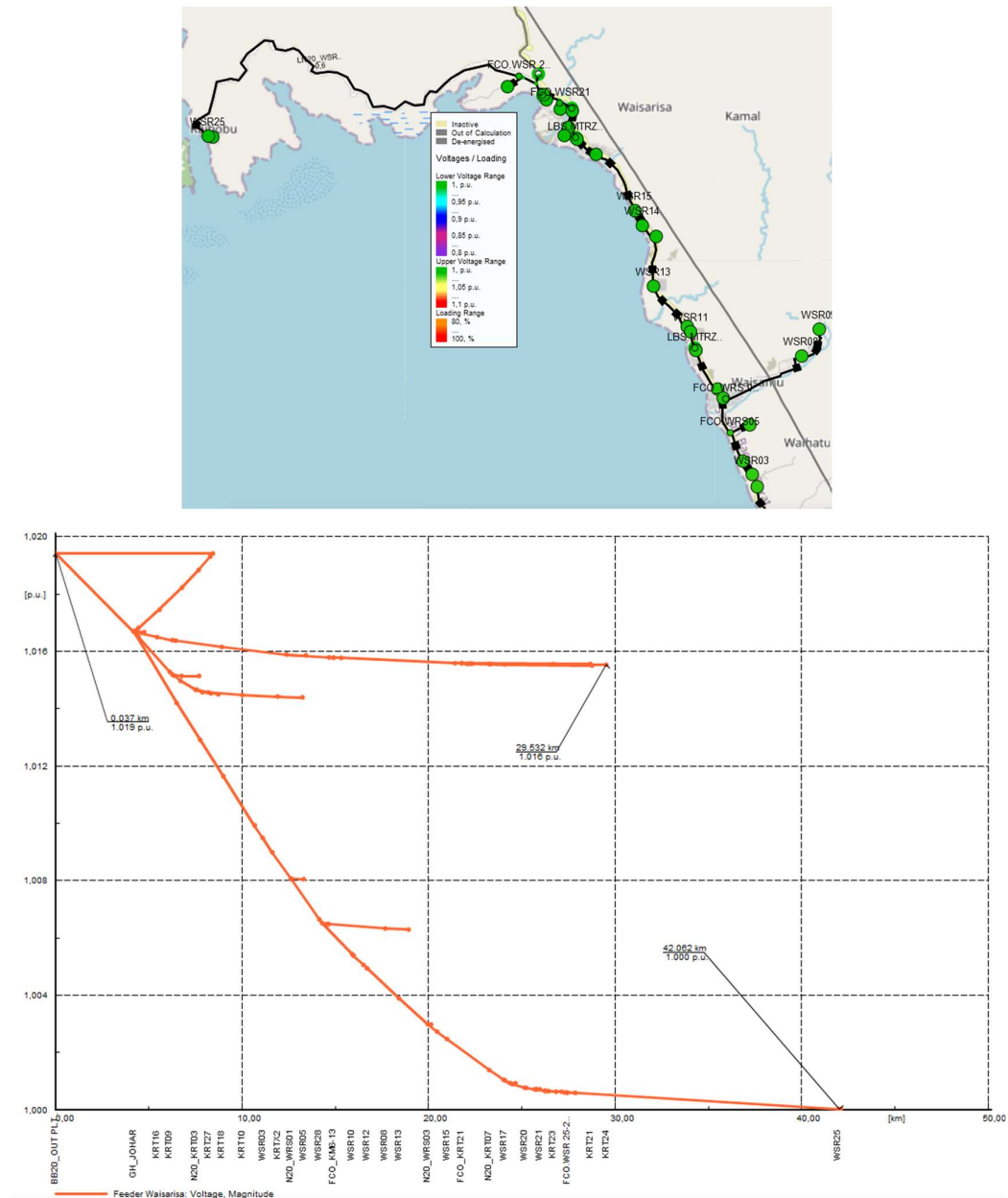


Gambar 4.21 *Voltage Profile* Penyulang Rumahkay

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Rumahkay dengan saluran utama sepanjang 56 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Kairatu sebesar 1.019 p.u atau 20.38 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Rumahkay sebesar 0.996 p.u atau 19.92 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Waisarisa Outgoing GH Kairatu

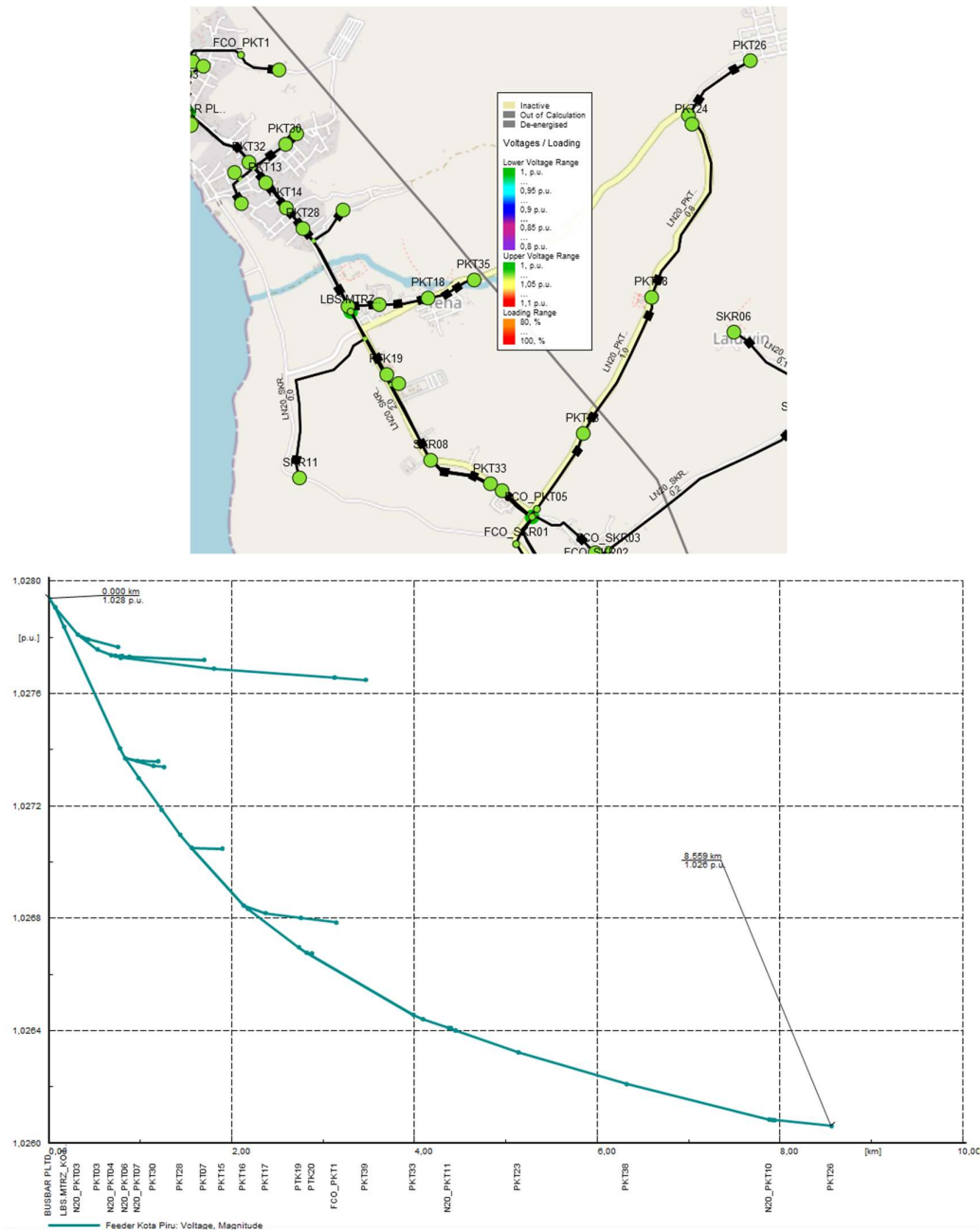


Gambar 4.22 *Voltage Profile* Penyulang Waisarisa

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Waisarisa dengan saluran utama sepanjang 42 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Kairatu sebesar 1.019 p.u atau 20.38 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Kairatu sebesar 1 p.u atau 20 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Kota Piru Outgoing GH Piru

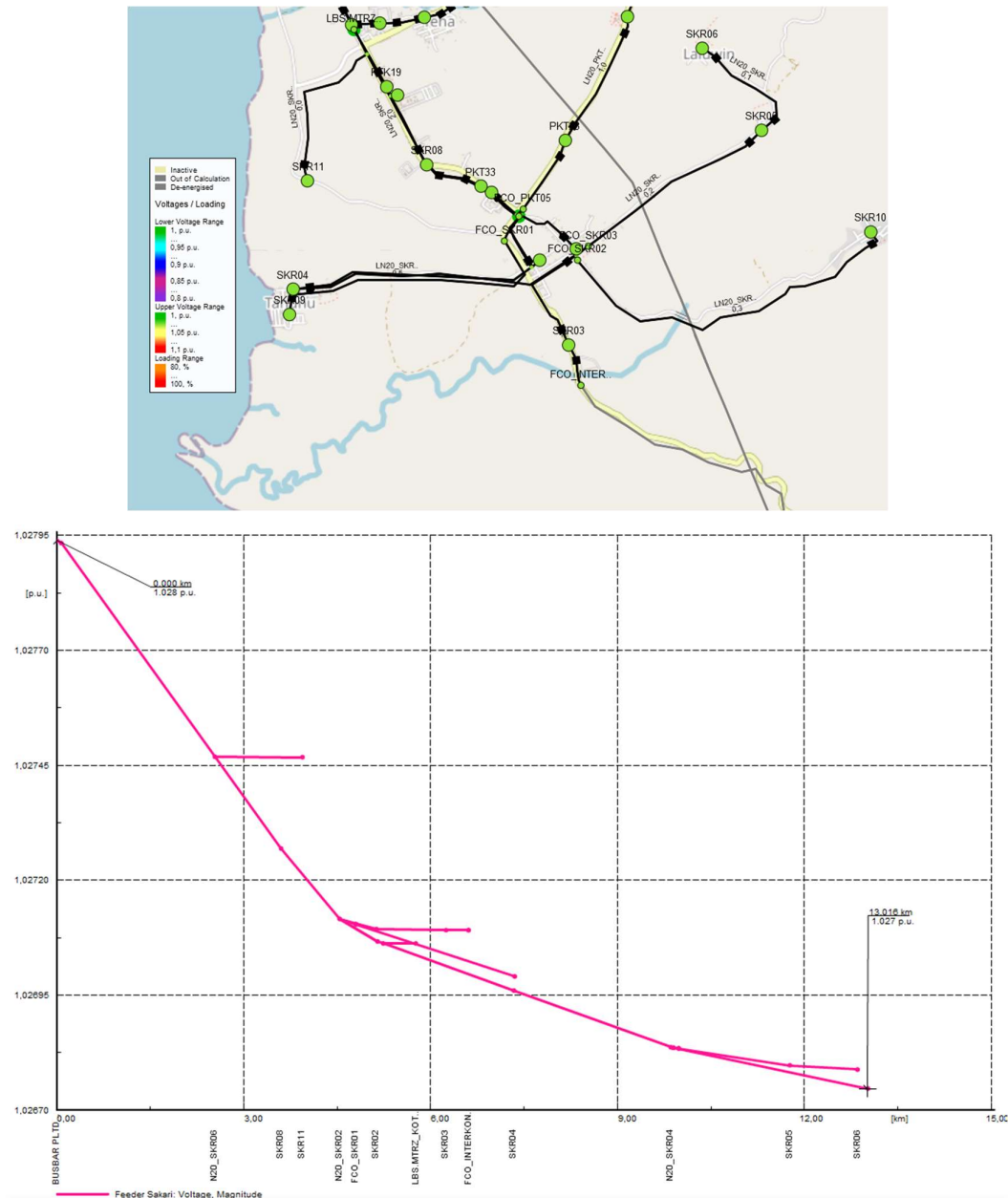


Gambar 4.23 *Voltage Profile* Penyulang Kota Piru

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Piru Kota dengan saluran utama sepanjang 8.5 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Piru sebesar 1.028 p.u atau 20.56 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Kota Piru sebesar 1 p.u atau 20 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Sakari Outgoing GH Piru

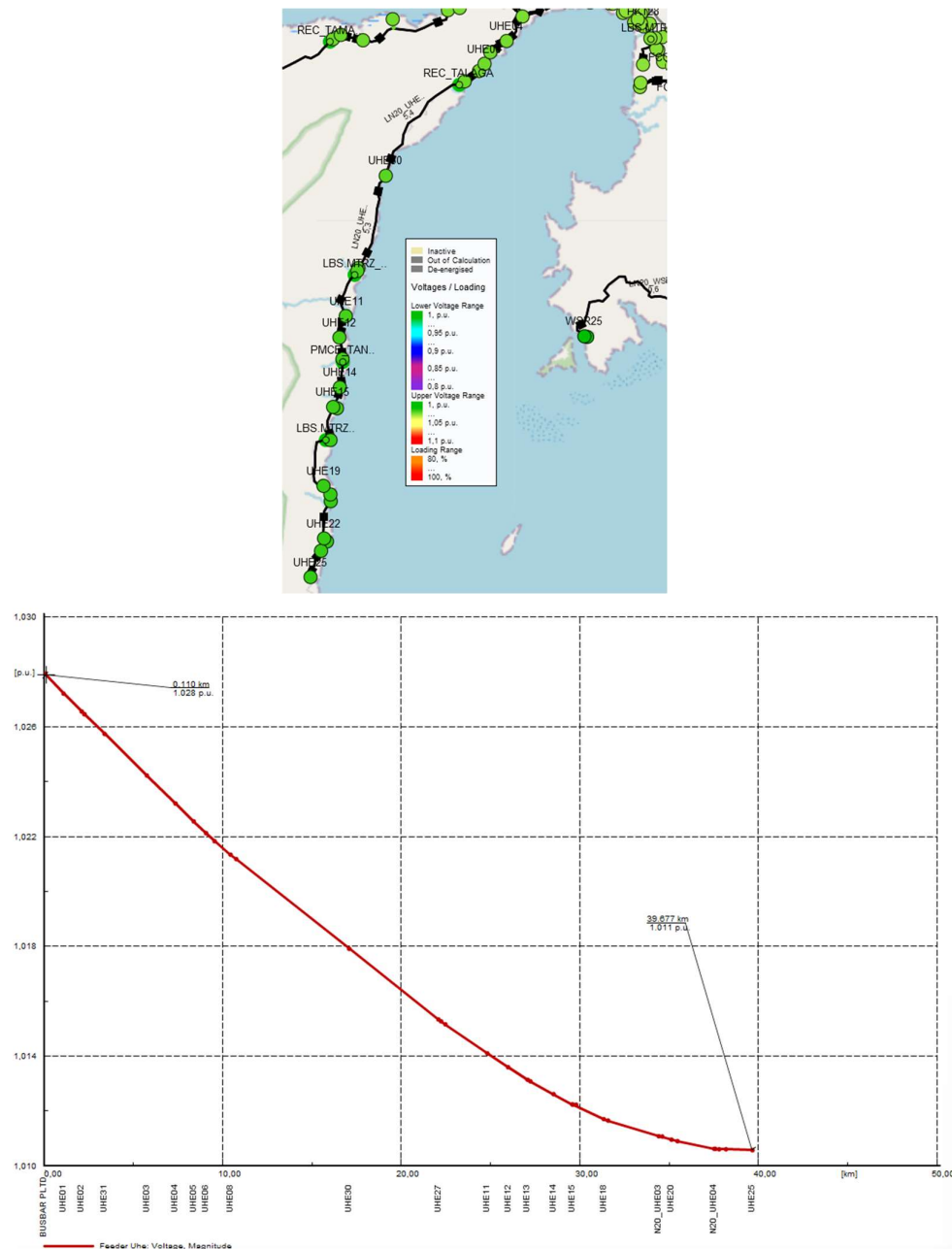


Gambar 4.24 *Voltage Profile* Penyulang Sakari

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Sakari dengan saluran utama sepanjang 13 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Piru sebesar 1.028 p.u atau 20.56 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Sakari sebesar 1.027 p.u atau 20.54 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Uhe Outgoing GH Piru

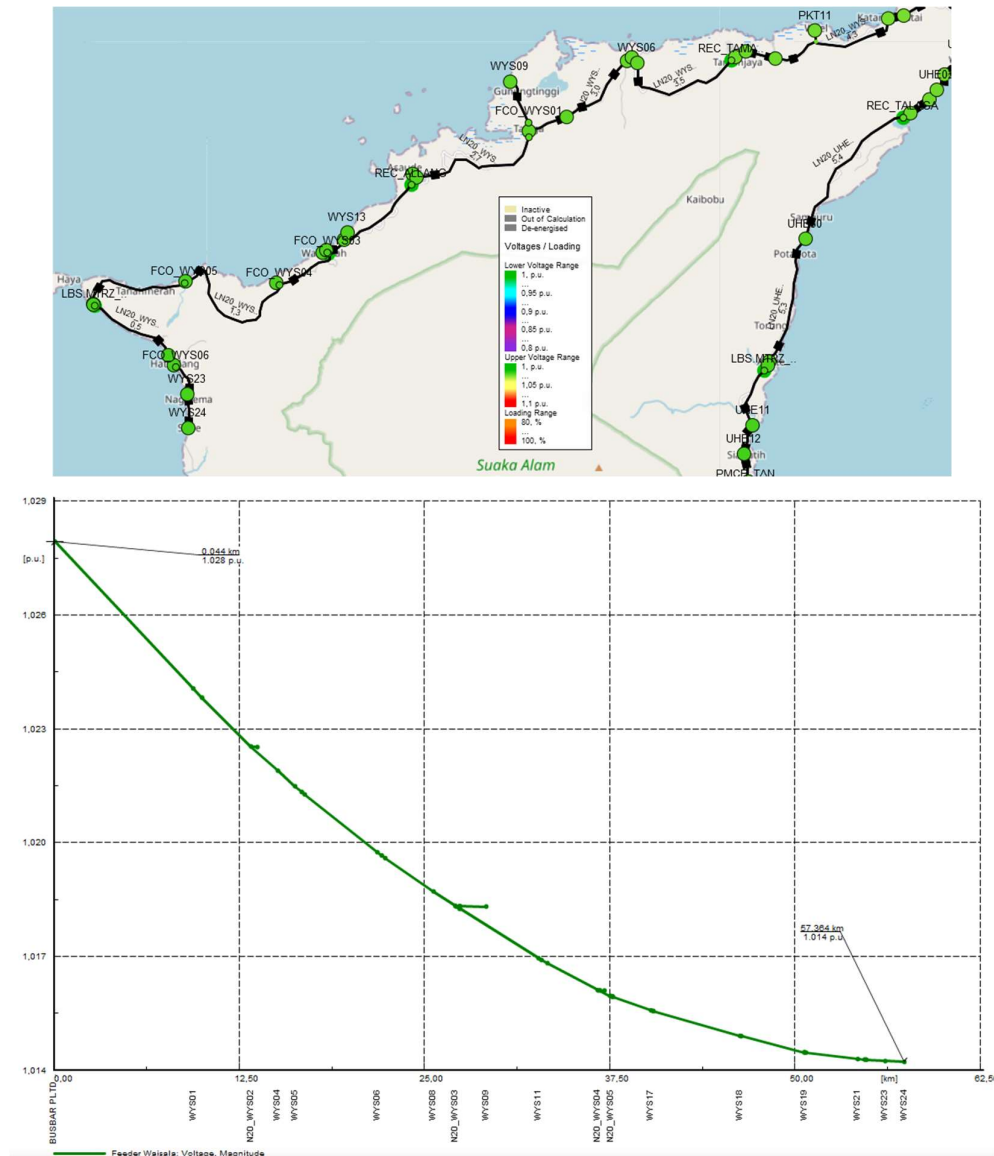


Gambar 4.25 *Voltage Profile* Penyulang Uhe

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Sakari dengan saluran utama sepanjang 40 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Piru sebesar 1.028 p.u atau 20.56 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Uhe sebesar 1.011 p.u atau 20.22 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Waisala Outgoing GH Piru

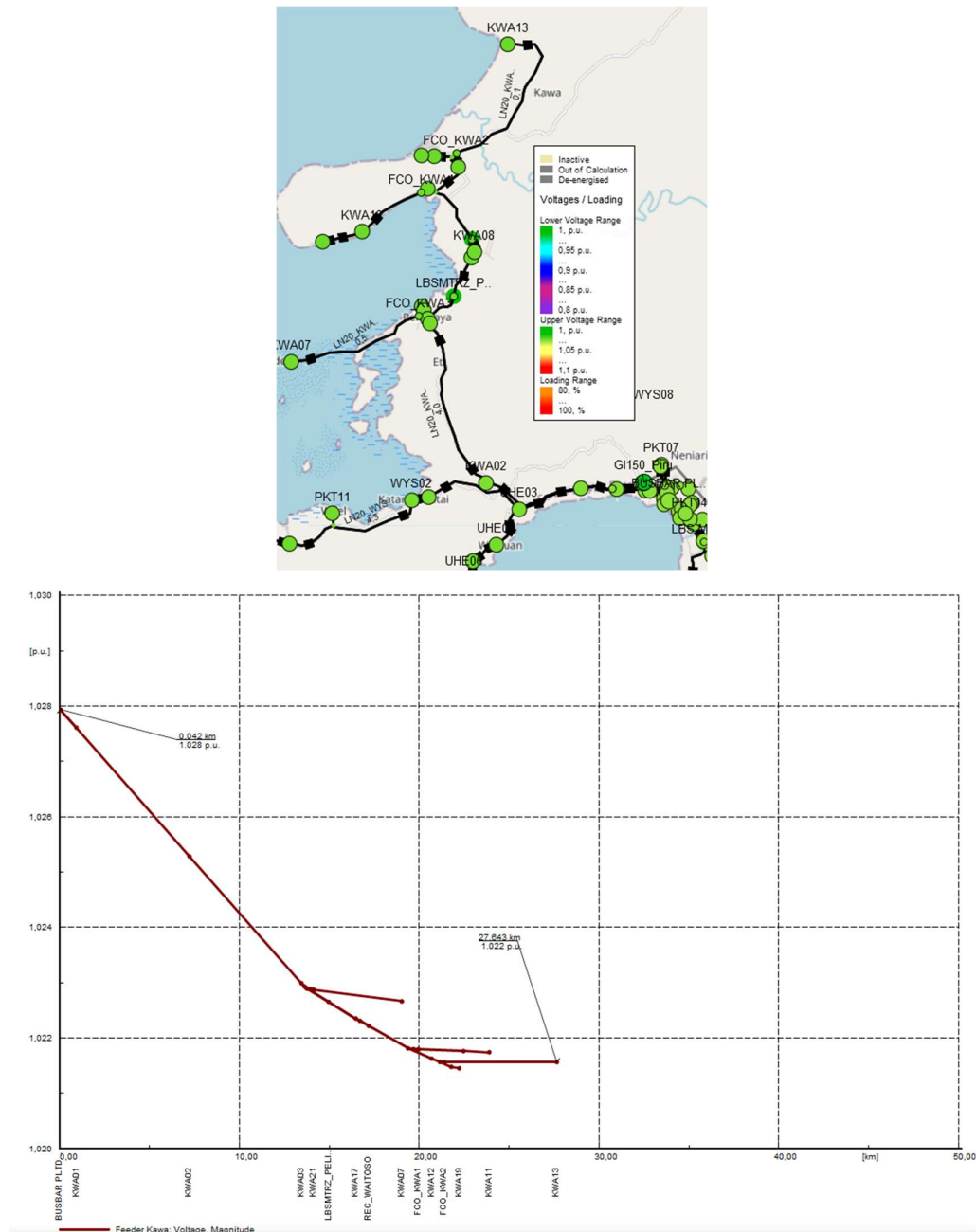


Gambar 4.26 *Voltage Profile* Penyulang Waisala

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Waisala dengan saluran utama sepanjang 57 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Piru sebesar 1.028 p.u atau 20.56 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Waisala sebesar 1.014 p.u atau 20.28 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

Profil tegangan dari hulu ke hilir Penyulang Kawa Outgoing GH Piru



Gambar 4.27 *Voltage Profile* Penyulang Kawa

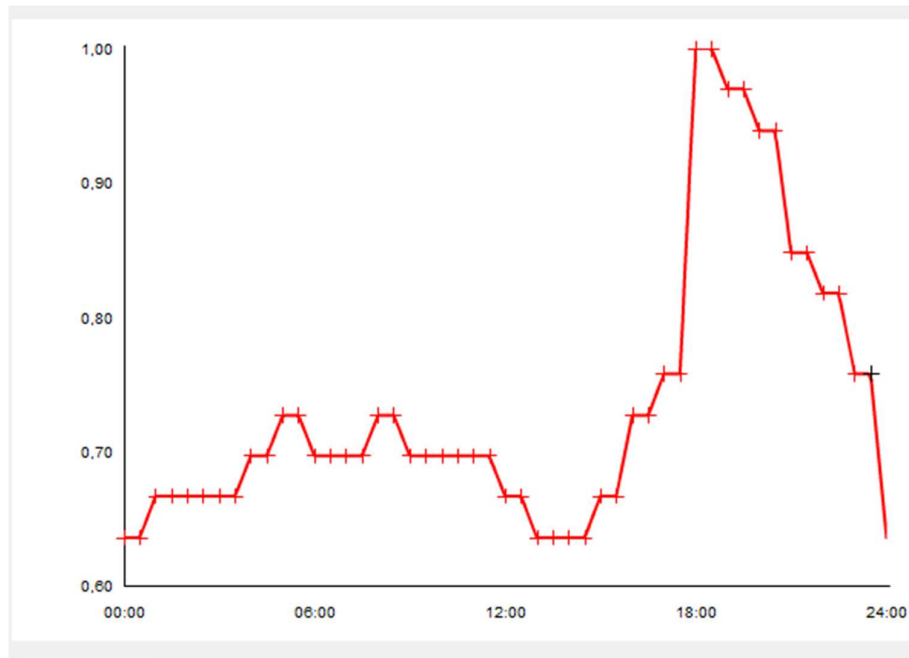
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Pada Penyulang Kawa dengan saluran utama sepanjang 28 KMS memiliki tegangan kirim dari *outgoing* Gardu Hubung Piru sebesar 1.028 p.u atau 20.56 kV dan tegangan hilir yang diterima pada ujung saluran Penyulang Kawa sebesar 1.022 p.u atau 20.44 kV, kondisi ini masih dalam batasan SPLN.

4.4.4. Quasi Dynamic Analysis

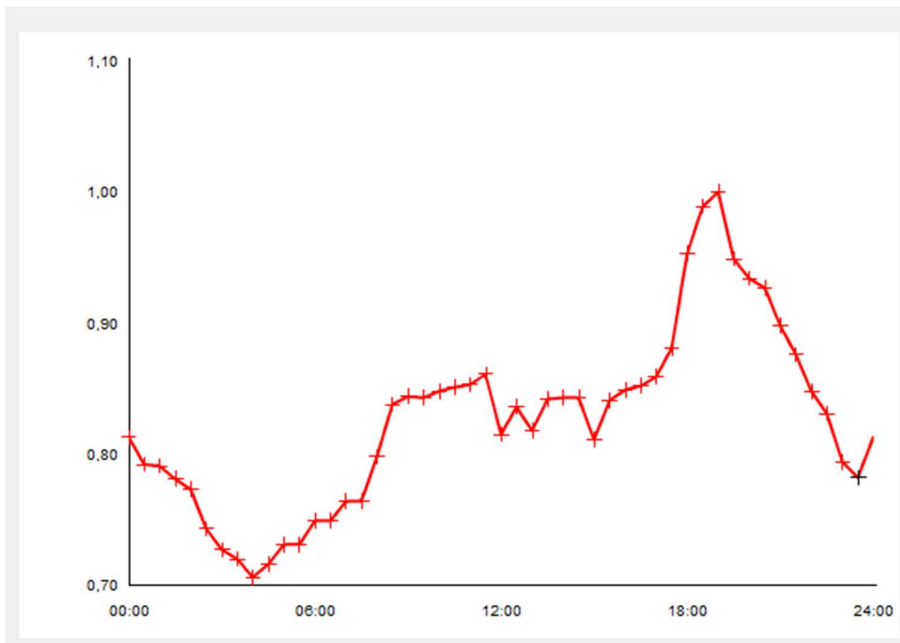
Keadaan ini dapat dinyatakan sebagai analisis *steady state* karena mencerminkan kondisi sistem untuk titik waktu tertentu. Sebagai pendekatan hasil simulasi, diperlukan penentuan perilaku sistem untuk setiap jam dalam sehari, maka 24 aliran beban perlu dilakukan. Pada kondisi ini akan dilakukan *review* diantaranya terhadap *losses calculation* dan *busbar voltage* dengan kejadian waktu dalam satu hari.

Dalam melakukan kondisi ini, dibutuhkan data pembebanan dari masing-masing penyulang dengan *time characteristic* yang merepresentasikan kurva pembebanan selama satu hari bertujuan agar *output* data yang didapatkan relevan dengan kondisi aktualnya. Data *time characteristic* dengan pembebanan dari masing-masing penyulang kemudian diinputkan pada aplikasi dengan data yang didapatkan sebagai berikut.

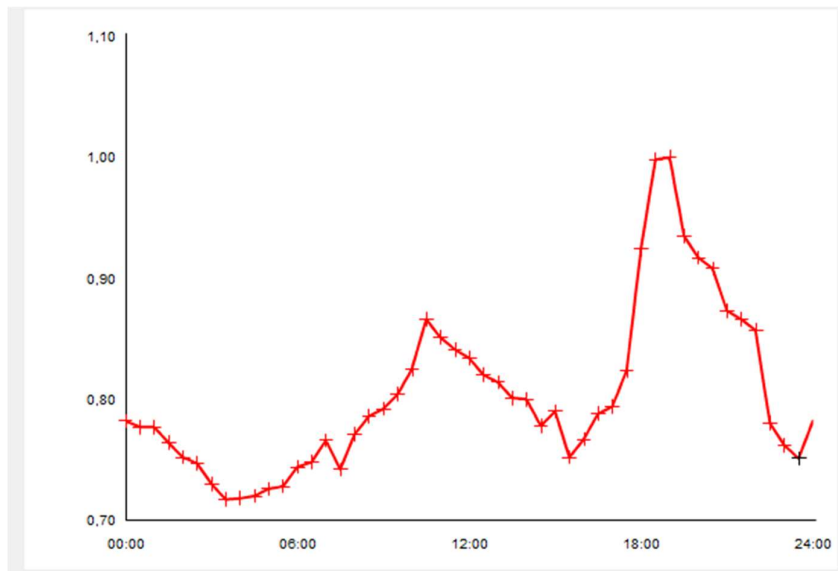


Gambar 4.28 Time Characteristic and Load Profile Penyulang Amahai

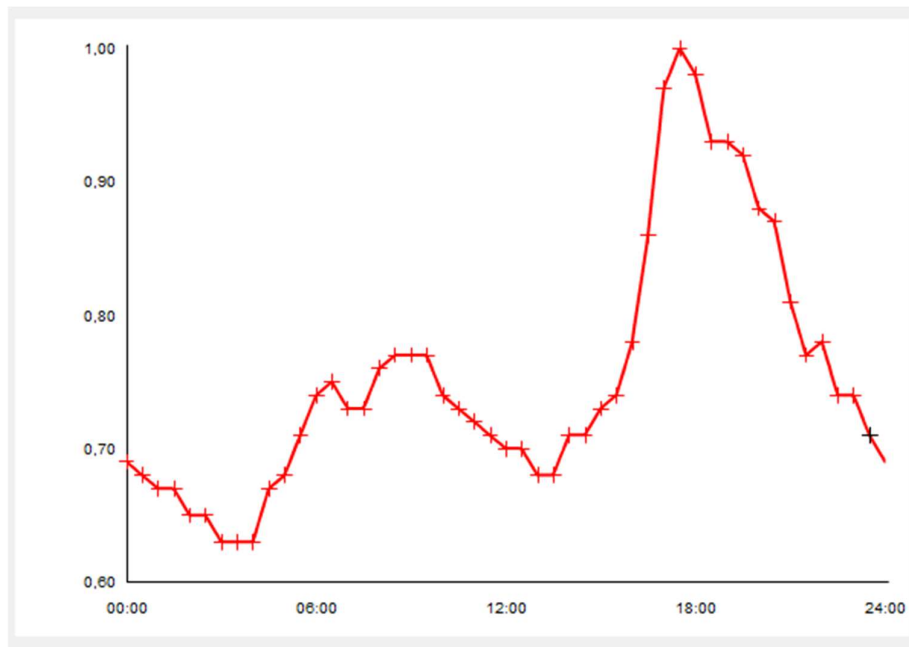
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



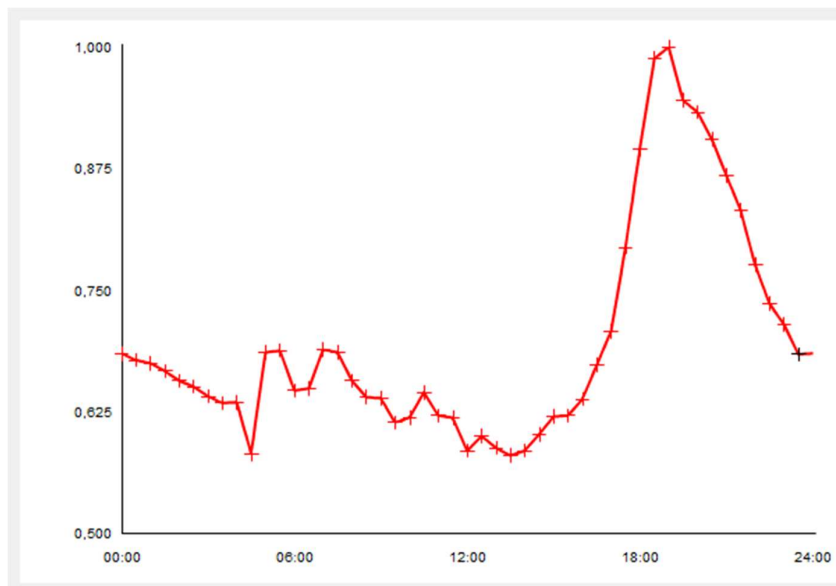
Gambar 4.29 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Kota A
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



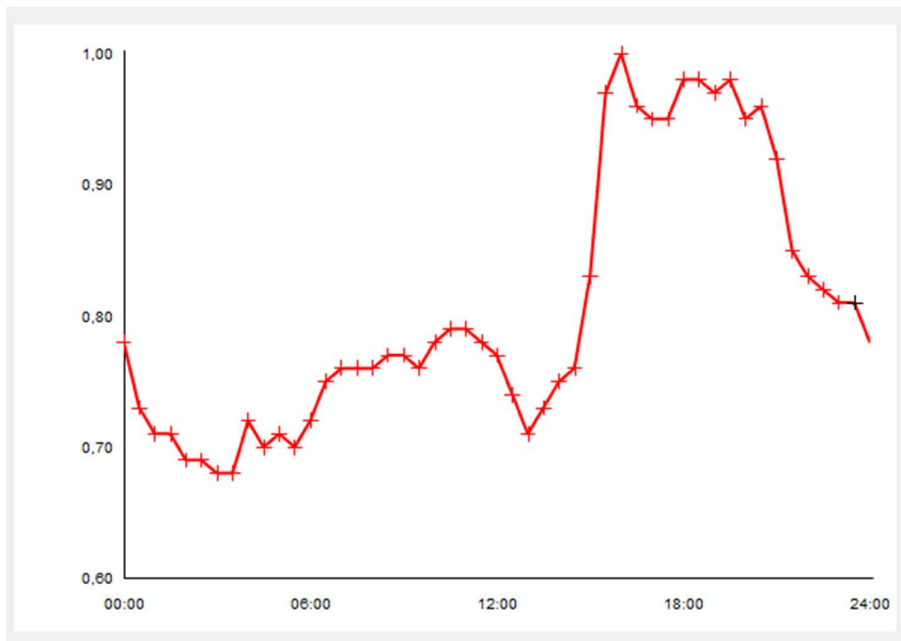
Gambar 4.30 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Kota B
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



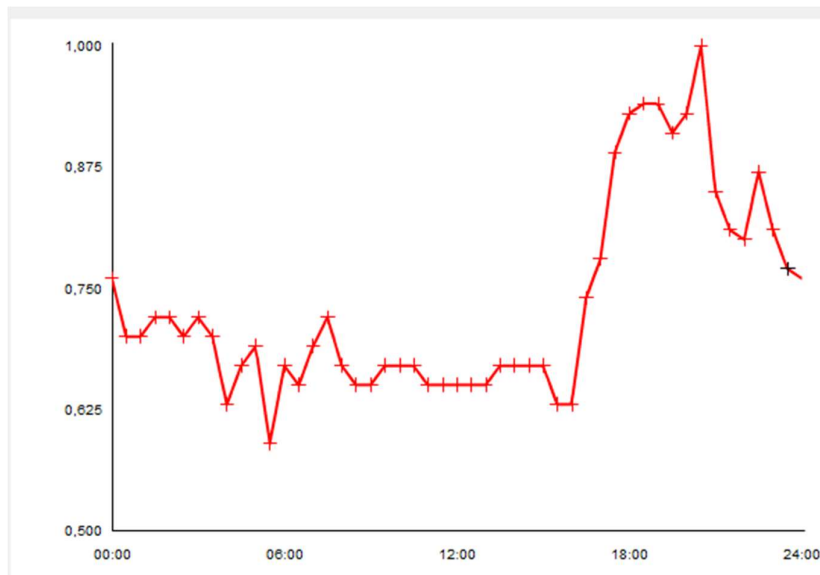
Gambar 4.31 *Time Characteristic and Load Profile* Penyalang Kawa
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



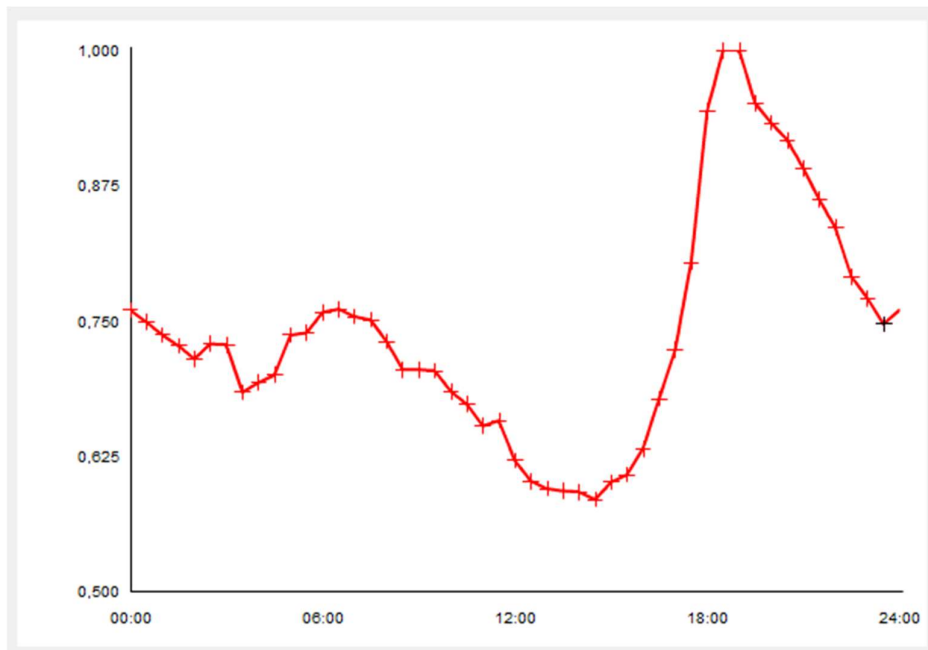
Gambar 4.32 *Time Characteristic and Load Profile* Penyalang Makariki
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



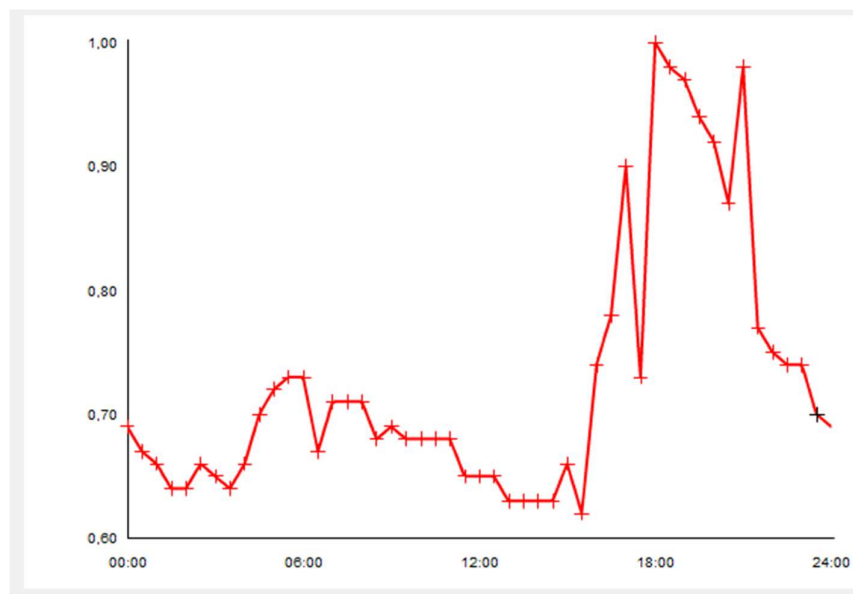
Gambar 4.33 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Piru Kota
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



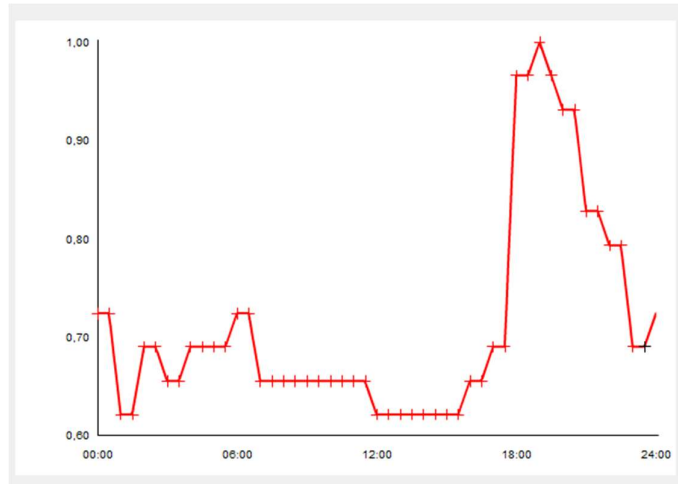
Gambar 4.34 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Sakari
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.35 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Tamilow
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.36 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Uhe
 Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.37 *Time Characteristic and Load Profile* Penyulang Uhe

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data *time characteristic and load profile* pada masing-masing penyulang, maka selanjutnya didapatkan beberapa *output* simulasi diantaranya:

Losses Sistem Seram dalam waktu satu hari

Quasi-Dynamic Simulation AC	TL150_KRT-PRU #2	TL150_MSH-KRT #1
Time in s	Losses in kW	Losses in kW
2022.12.30 00.00.00	1,255,559	11,120,685
2022.12.30 00.30.00	1,151,627	10,655,760
2022.12.30 01.00.00	1,114,646	10,130,552
2022.12.30 01.30.00	1,103,393	10,080,546
2022.12.30 02.00.00	1,062,245	10,082,574
2022.12.30 02.30.00	1,068,469	10,111,084
2022.12.30 03.00.00	1,049,659	10,172,490
2022.12.30 03.30.00	1,034,605	10,102,418
2022.12.30 04.00.00	1,080,488	10,502,503
2022.12.30 04.30.00	1,127,160	10,717,896
2022.12.30 05.00.00	1,177,817	11,302,673
2022.12.30 05.30.00	1,187,428	11,347,543
2022.12.30 06.00.00	1,255,413	11,662,778
2022.12.30 06.30.00	1,243,224	11,606,572
2022.12.30 07.00.00	1,290,553	11,438,879
2022.12.30 07.30.00	1,291,123	11,442,592
2022.12.30 08.00.00	1,290,503	11,622,659
2022.12.30 08.30.00	1,275,708	11,557,044
2022.12.30 09.00.00	1,282,730	11,231,348
2022.12.30 09.30.00	1,270,315	11,176,192
2022.12.30 10.00.00	1,273,208	11,189,021
2022.12.30 10.30.00	1,271,925	11,184,153
2022.12.30 11.00.00	1,258,247	10,951,228
2022.12.30 11.30.00	1,212,832	10,751,614
2022.12.30 12.00.00	1,189,334	10,130,079
2022.12.30 12.30.00	1,142,119	9,925,564
2022.12.30 13.00.00	1,068,299	9,429,579

....(1)

Quasi-Dynamic Simulation AC	TL150_KRT-PRU #2	TL150_MSH-KRT #1
Time in s	Losses in kW	Losses in kW
2022.12.30 13.30.00	1,100,404	9,570,356
2022.12.30 14.00.00	1,137,172	9,730,486
2022.12.30 14.30.00	1,154,478	9,805,807
2022.12.30 15.00.00	1,270,714	10,479,794
2022.12.30 15.30.00	1,424,532	11,125,712
2022.12.30 16.00.00	1,591,882	12,556,891
2022.12.30 16.30.00	1,666,437	12,868,640
2022.12.30 17.00.00	1,831,611	14,353,515
2022.12.30 17.30.00	1,760,758	14,062,647
2022.12.30 18.00.00	2,114,736	20,967,687
2022.12.30 18.30.00	2,102,603	20,919,762
2022.12.30 19.00.00	2,162,333	20,961,860
2022.12.30 19.30.00	2,167,230	20,715,332
2022.12.30 20.00.00	2,033,606	19,570,409
2022.12.30 20.30.00	1,997,289	19,400,688
2022.12.30 21.00.00	1,951,426	17,044,722
2022.12.30 21.30.00	1,588,006	15,407,979
2022.12.30 22.00.00	1,514,402	14,425,497
2022.12.30 22.30.00	1,469,090	14,214,061
2022.12.30 23.00.00	1,406,367	12,525,807
2022.12.30 23.30.00	1,310,056	12,097,976

....(2)

Tabel 4.13 *Losses* SUTT 150 kV Sistem Seram

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Quasi-Dynamic Simulation AC	Summary Grid
Time in s	Losses, P in MW
2022.12.30 00.00.00	1,209,212
2022.12.30 00.30.00	1,210,778
2022.12.30 01.00.00	1,205,078
2022.12.30 01.30.00	1,201,035
2022.12.30 02.00.00	1,199,171
2022.12.30 02.30.00	1,197,257
2022.12.30 03.00.00	1,195,628
2022.12.30 03.30.00	1,190,942
2022.12.30 04.00.00	1,193,261
2022.12.30 04.30.00	1,195,347
2022.12.30 05.00.00	1,212,239
2022.12.30 05.30.00	1,213,769
2022.12.30 06.00.00	1,215,543
2022.12.30 06.30.00	1,203,298
2022.12.30 07.00.00	1,205,766

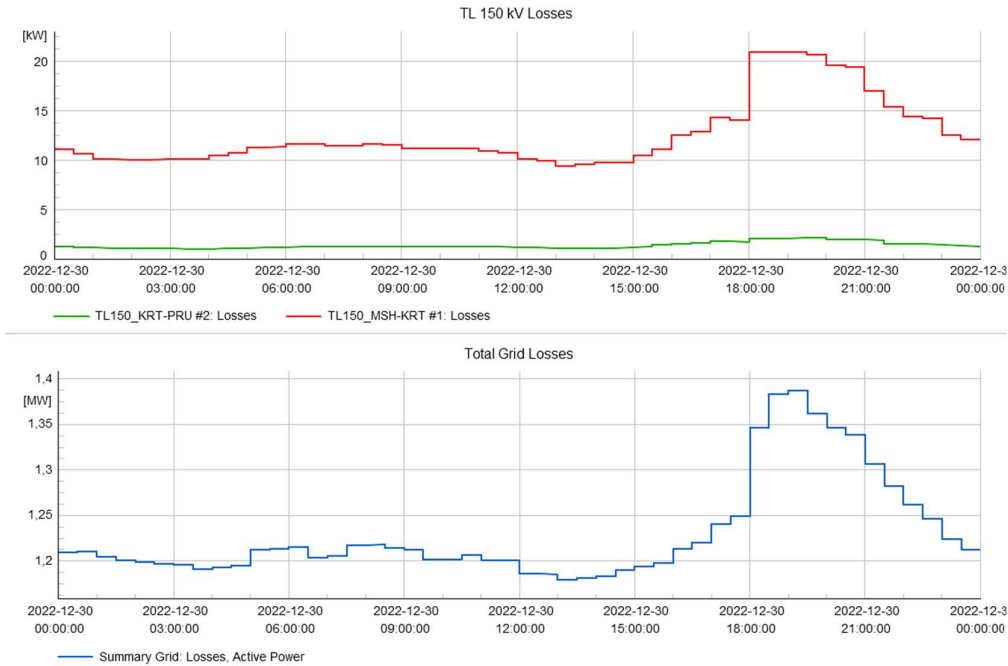
....(1)

Quasi-Dynamic Simulation AC	Summary Grid
Time in s	Losses, P in MW
2022.12.30 07.30.00	1,217,201
2022.12.30 08.00.00	1,218,202
2022.12.30 08.30.00	1,214,711
2022.12.30 09.00.00	1,212,467
2022.12.30 09.30.00	1,202,114
2022.12.30 10.00.00	1,202,031
2022.12.30 10.30.00	1,206,216
2022.12.30 11.00.00	1,200,953
2022.12.30 11.30.00	1,200,677
2022.12.30 12.00.00	1,186,054
2022.12.30 12.30.00	1,185,464
2022.12.30 13.00.00	1,178,989
2022.12.30 13.30.00	1,181,670
2022.12.30 14.00.00	1,182,945
2022.12.30 14.30.00	1,189,857
2022.12.30 15.00.00	1,193,846
2022.12.30 15.30.00	1,198,359
2022.12.30 16.00.00	1,213,499
2022.12.30 16.30.00	1,220,270
2022.12.30 17.00.00	1,240,420
2022.12.30 17.30.00	1,249,676
2022.12.30 18.00.00	1,346,139
2022.12.30 18.30.00	1,383,094
2022.12.30 19.00.00	1,386,912
2022.12.30 19.30.00	1,361,521
2022.12.30 20.00.00	1,346,680
2022.12.30 20.30.00	1,338,685
2022.12.30 21.00.00	1,307,134
2022.12.30 21.30.00	1,282,168
2022.12.30 22.00.00	1,262,261
2022.12.30 22.30.00	1,246,449
2022.12.30 23.00.00	1,224,093
2022.12.30 23.30.00	1,212,076

....(1)

Tabel 4.14 *Total Grid Losses* Sistem Seram

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.38 *Quasi Dynamic Losses Result* pada Grid dan SUTT 150 kV Sistem Seram
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

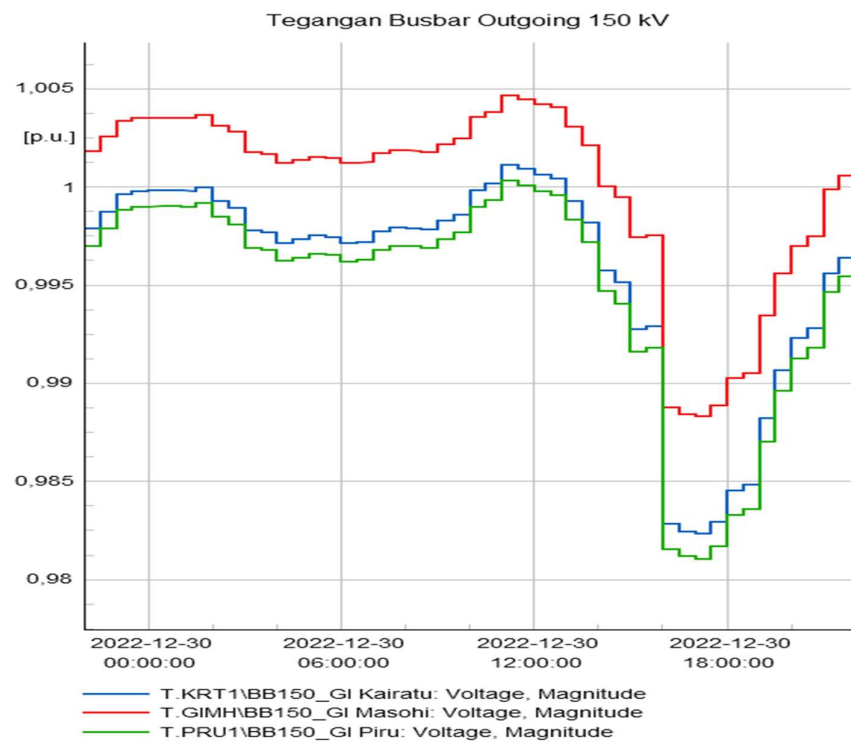
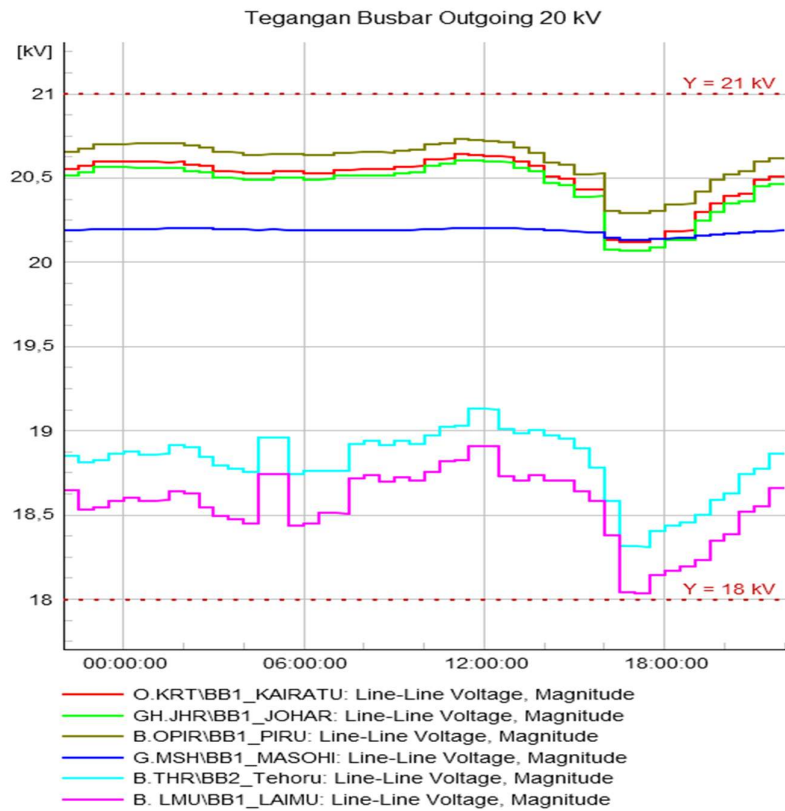
Tegangan busbar Sistem Seram dalam waktu satu hari

Quasi-Dynamic Simulation AC	O.KRT\BB1_KAIRATU	GH.JHR\BB1_JOHAR	B.OPIR\BB1_PIRU	G.MSH\BB1_MASOHI	B.THR\BB2_Tehoru	B.LMU\BB1_LAIMU
Time in s	U _i Magnitude in kV	U _i Magnitude in kV	U _i Magnitude in kV	U _i Magnitude in kV	U _i Magnitude in kV	U _i Magnitude in kV
2022.12.30 00.00.00	20,727,212	20,691,328	20,826,591	20,191,309	18,850,592	18,648,122
2022.12.30 00.30.00	20,739,733	20,703,874	20,844,116	20,193,782	18,815,074	18,533,093
2022.12.30 01.00.00	20,761,453	20,727,733	20,859,701	20,195,894	18,829,190	18,546,317
2022.12.30 01.30.00	20,763,982	20,730,257	20,862,825	20,197,385	18,861,143	18,585,213
2022.12.30 02.00.00	20,760,749	20,725,026	20,865,901	20,198,444	18,876,016	18,600,389
2022.12.30 02.30.00	20,760,940	20,725,215	20,865,770	20,199,315	18,860,866	18,584,898
2022.12.30 03.00.00	20,757,205	20,722,485	20,866,295	20,200,282	18,863,046	18,587,118
2022.12.30 03.30.00	20,760,629	20,725,916	20,870,501	20,202,169	18,915,674	18,640,890
2022.12.30 04.00.00	20,746,574	20,709,956	20,858,212	20,201,048	18,904,034	18,629,002
2022.12.30 04.30.00	20,741,346	20,704,714	20,850,614	20,200,609	18,844,942	18,544,842
2022.12.30 05.00.00	20,715,452	20,677,899	20,829,713	20,194,636	18,795,599	18,494,263
2022.12.30 05.30.00	20,713,830	20,676,271	20,827,620	20,194,085	18,776,707	18,474,940
2022.12.30 06.00.00	20,705,639	20,667,945	20,816,318	20,192,682	18,753,125	18,450,809
2022.12.30 06.30.00	20,708,905	20,671,217	20,820,167	20,194,733	18,958,725	18,741,854
2022.12.30 07.00.00	20,719,317	20,683,656	20,820,401	20,193,627	18,962,009	18,743,796
2022.12.30 07.30.00	20,717,846	20,682,179	20,818,939	20,192,258	18,744,796	18,435,550
2022.12.30 08.00.00	20,709,412	20,672,860	20,814,325	20,191,352	18,763,006	18,452,569
2022.12.30 08.30.00	20,710,177	20,673,625	20,815,808	20,190,706	18,764,891	18,512,091
2022.12.30 09.00.00	20,725,296	20,689,645	20,823,111	20,191,470	18,763,798	18,509,990
2022.12.30 09.30.00	20,728,449	20,692,803	20,826,839	20,193,483	18,918,969	18,718,317
2022.12.30 10.00.00	20,727,955	20,692,308	20,826,226	20,193,235	18,938,559	18,737,640
2022.12.30 10.30.00	20,726,418	20,690,769	20,824,779	20,191,558	18,913,447	18,699,803
2022.12.30 11.00.00	20,737,145	20,701,517	20,832,460	20,193,610	18,938,451	18,725,224
2022.12.30 11.30.00	20,741,975	20,706,357	20,839,470	20,194,114	18,923,991	18,707,416
2022.12.30 12.00.00	20,772,810	20,739,109	20,860,032	20,199,897	18,972,462	18,756,738
2022.12.30 12.30.00	20,777,626	20,743,928	20,867,211	20,200,222	19,022,017	18,816,430
2022.12.30 13.00.00	20,795,846	20,763,078	20,885,255	20,203,226	19,032,993	18,827,545
2022.12.30 13.30.00	20,792,674	20,759,899	20,880,447	20,203,332	19,129,098	18,907,144
2022.12.30 14.00.00	20,788,385	20,755,602	20,874,325	20,202,696	19,128,025	18,905,708
2022.12.30 14.30.00	20,785,331	20,752,542	20,870,424	20,201,355	19,009,201	18,728,851
2022.12.30 15.00.00	20,764,172	20,730,450	20,847,597	20,199,038	18,987,267	18,705,837
2022.12.30 15.30.00	20,747,844	20,714,088	20,824,334	20,196,653	19,006,482	18,738,891
2022.12.30 16.00.00	20,697,026	20,660,461	20,781,355	20,190,408	18,972,575	18,704,281
2022.12.30 16.30.00	20,687,455	20,650,856	20,768,720	20,187,452	18,956,023	18,703,862
2022.12.30 17.00.00	20,636,129	20,597,511	20,726,069	20,180,129	18,896,948	18,643,631
2022.12.30 17.30.00	20,636,885	20,598,260	20,729,777	20,175,507	18,784,883	18,581,729
2022.12.30 18.00.00	20,396,142	20,341,673	20,566,012	20,145,267	18,586,637	18,379,793
2022.12.30 18.30.00	20,388,002	20,333,507	20,558,454	20,136,358	18,319,785	18,045,600
2022.12.30 19.00.00	20,389,588	20,334,970	20,554,193	20,135,059	18,313,299	18,037,643
2022.12.30 19.30.00	20,404,712	20,351,154	20,564,924	20,142,132	18,410,451	18,146,517
2022.12.30 20.00.00	20,436,393	20,384,886	20,593,179	20,146,801	18,436,660	18,173,173
2022.12.30 20.30.00	20,441,175	20,389,675	20,599,324	20,148,828	18,458,015	18,194,969
2022.12.30 21.00.00	20,527,388	20,481,887	20,651,316	20,158,828	18,500,066	18,237,837
2022.12.30 21.30.00	20,564,251	20,518,793	20,703,121	20,166,703	18,591,934	18,347,449
2022.12.30 22.00.00	20,600,421	20,556,964	20,730,461	20,172,919	18,628,869	18,384,964
2022.12.30 22.30.00	20,609,767	20,566,325	20,741,758	20,178,389	18,745,294	18,522,554
2022.12.30 23.00.00	20,678,522	20,640,023	20,785,941	20,186,428	18,776,410	18,554,026
2022.12.30 23.30.00	20,690,683	20,652,176	20,802,723	20,190,319	18,864,969	18,662,892

Tabel 4.15 Tegangan Busbar 20 kV Sistem Seram
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Quasi-Dynamic Simulation AC	T.KRT1\BB150_GI Kairatu	T.GIMH\BB150_GI Masohi	T.PRU1\BB150_GI Piru
Time in s	u, Magnitude in p.u.	u, Magnitude in p.u.	u, Magnitude in p.u.
2022.12.30 00.00.00	1,006,748	1,010,644	1,005,850
2022.12.30 00.30.00	1,007,343	1,011,129	1,006,495
2022.12.30 01.00.00	1,008,003	1,011,659	1,007,172
2022.12.30 01.30.00	1,008,125	1,011,769	1,007,300
2022.12.30 02.00.00	1,008,170	1,011,815	1,007,365
2022.12.30 02.30.00	1,008,179	1,011,832	1,007,372
2022.12.30 03.00.00	1,008,157	1,011,825	1,007,359
2022.12.30 03.30.00	1,008,321	1,011,971	1,007,530
2022.12.30 04.00.00	1,007,846	1,011,593	1,007,032
2022.12.30 04.30.00	1,007,598	1,011,398	1,006,761
2022.12.30 05.00.00	1,006,717	1,010,655	1,005,855
2022.12.30 05.30.00	1,006,641	1,010,591	1,005,774
2022.12.30 06.00.00	1,006,258	1,010,281	1,005,359
2022.12.30 06.30.00	1,006,413	1,010,422	1,005,520
2022.12.30 07.00.00	1,006,534	1,010,504	1,005,619
2022.12.30 07.30.00	1,006,465	1,010,436	1,005,550
2022.12.30 08.00.00	1,006,242	1,010,254	1,005,327
2022.12.30 08.30.00	1,006,278	1,010,275	1,005,370
2022.12.30 09.00.00	1,006,646	1,010,566	1,005,734
2022.12.30 09.30.00	1,006,796	1,010,704	1,005,891
2022.12.30 10.00.00	1,006,773	1,010,684	1,005,866
2022.12.30 10.30.00	1,006,700	1,010,609	1,005,794
2022.12.30 11.00.00	1,007,037	1,010,891	1,006,137
2022.12.30 11.30.00	1,007,267	1,011,073	1,006,389
2022.12.30 12.00.00	1,008,199	1,011,853	1,007,332
2022.12.30 12.30.00	1,008,430	1,012,035	1,007,586
2022.12.30 13.00.00	1,009,113	1,012,593	1,008,306
2022.12.30 13.30.00	1,008,963	1,012,478	1,008,140
2022.12.30 14.00.00	1,008,759	1,012,314	1,007,918
2022.12.30 14.30.00	1,008,614	1,012,188	1,007,764
2022.12.30 15.00.00	1,007,790	1,011,529	1,006,885
2022.12.30 15.30.00	1,007,014	1,010,906	1,006,040
2022.12.30 16.00.00	1,005,303	1,009,522	1,004,258
2022.12.30 16.30.00	1,004,853	1,009,143	1,003,777
2022.12.30 17.00.00	1,003,130	1,007,736	1,001,988
2022.12.30 17.30.00	1,003,171	1,007,718	1,002,056
2022.12.30 18.00.00	0,995974	1,001,837	0,994723
2022.12.30 18.30.00	0,995589	1,001,444	0,994343
2022.12.30 19.00.00	0,995494	1,001,356	0,994225
2022.12.30 19.30.00	0,996018	1,001,837	0,994748
2022.12.30 20.00.00	0,997133	1,002,748	0,995911
2022.12.30 20.30.00	0,997360	1,002,946	0,996153
2022.12.30 21.00.00	0,999774	1,004,918	0,998584
2022.12.30 21.30.00	1,001,540	1,006,365	1,000,495
2022.12.30 22.00.00	1,002,706	1,007,331	1,001,691
2022.12.30 22.30.00	1,003,152	1,007,733	1,002,157
2022.12.30 23.00.00	1,005,136	1,009,350	1,004,169
2022.12.30 23.30.00	1,005,726	1,009,846	1,004,802

Tabel 4.16 Tegangan Busbar 150 kV Sistem Seram
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.39 *Quasi Dynamic Bus Voltage Result* pada Bus 20 kV dan Bus 150 kV Sistem Seram

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

4.5 Stabilitas Transien Sistem Seram

Stabilitas transien merupakan kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk menjaga sinkronisasi ketika terganggu dari suatu gangguan transien yang besar, yang terdiri dari:

- Gangguan pada penghantar, trafo dan bus.
- Trip pembangkitan.
- Lepasnya beban .

Dampak dari gangguan ini menyebabkan penyimpangan dari sudut rotor generator yang sangat dipengaruhi oleh hubungan antar daya output dan sudut rotoryang sifatnya non-linier. Stabilitas transien dipengaruhi oleh kondisi mula dari operasi sistem tenaga dan besar gangguan yang terjadi. Kondisi *steady-state* pascagangguan biasanya berbeda dengan kondisi pra gangguan.

Stabilitas transien sudut rotor adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk menjaga sinkronisasi ketika terganggu dari suatu gangguan transien yang besar yang mengakibatkan respon sistem terkait penyimpangan yang besar pada sudut rotor dan dipengaruhi oleh hubungan antara daya dan sudut rotor yang nonlinier. Stabilitas transien bergantung pada kondisi awal operasi, besarnya gangguan dan kekuatan sistem setelah gangguan.

Untuk dapat mengetahui unjuk kerja kestabilan transien dari Sistem Seram, pada tahapan ini dilakukan simulasi dalam skenario sebagai berikut:

- **Beban Dasar**

A. Gangguan hubung singkat 3 fasa yang terletak pada:

- Saluran Transmisi 150 kV Gardu Induk Masohi – Gardu Induk Kairatu.
- Saluran Transmisi 150 kV Gardu Induk Kairatu – Gardu Induk Piru.
- SUTM Ekspres Gardu Hubung Masohi – Gardu Induk Masohi.

- **Beban Puncak**

B. Gangguan hubung singkat 3 fasa yang terletak pada:

- Saluran Transmisi 150 kV Gardu Induk Masohi – Gardu Induk Kairatu.
- Saluran Transmisi 150 kV Gardu Induk Kairatu – Gardu Induk Piru.
- SUTM Ekspres Gardu Hubung Masohi – Gardu Induk Masohi SUTM 20 kV

Berdasarkan skenario tersebut, maka disimulasikan gangguan hubung singkat 3 fasa pada lokasi yang telah ditentukan dengan hasil nilai – nilai yang ditunjukkan pada tabel 4.17

Nama Saluran	<i>Peak</i>		<i>Light</i>	
	MVA <i>Short Circuit</i>	<i>Short Circuit Current</i> (kA)	MVA <i>Short Circuit</i>	<i>Short Circuit Current</i> (kA)
SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu	58.1	0.224	48	0.185
SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru	54.1	0.208	45	0.173
SUTM 20 kV GH Masohi - GI Masohi	96.6	2.789	75.9	2.19

Tabel 4.17 Data Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran Evakuasi Daya Sistem Seram
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Asumsi *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan *Governor* sebagai *Plant Model* pada Generator Pembangkit menggunakan *library* dari aplikasi Digsilent dengan Parameter sebagai berikut:

	Parameter
Tr Measurement Time Constant [s]	0,01
Tb1 Lag-time constant [s]	1,
Tc1 Lead-time constant [s]	1,
Tb2 Lag-time constant [s]	1,
Tc2 Lead-time constant [s]	1,
Kr Controller Gain [pu]	200,
T1 Controller time constant [s]	0,01
Kc Rectifier loading factor [pu]	0,1
Vrmin Voltage Regulator Minimum Output [pu]	-4,
Vrmax Voltage Regulator Maximum Output [pu]	4,

	Parameter
K Actuator Gain [pu/pu]	15,
T4 Actuator derivative time constant [s]	1,
T5 Actuator first time constant [s]	0,1
T6 Actuator second time constant [s]	0,2
TD Combustion Delay [s]	0,01
Droop [pu]	0,05
TE Time const. Power fdbk [s]	0,1
T1 Electric control box first time constant [s]	0,2
T2 Electric control box second time constant [s]	0,3
T3 Electric control box derivative time constant [s]	0,05
Droop_Control 0=Throttle fdbk, 1=Elec. Power fdbk	0,
TMIN Min. Throttle [pu]	0,
TMAX Max. Throttle [pu]	1,1

Gambar 4.40 Parameter AVR - Governor

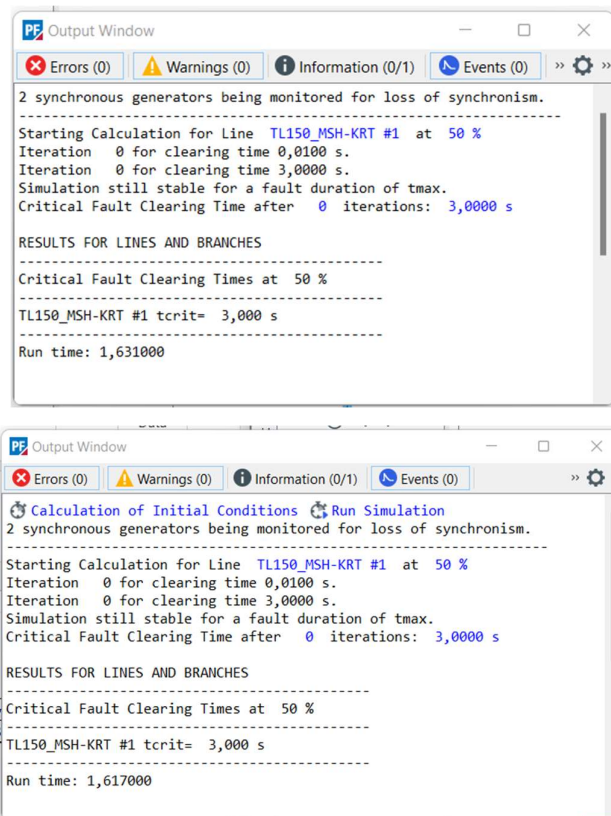
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Parameter kestabilan transien yang disimulasikan meliputi sudut *rotor*, frekuensi, tegangan, dan daya aktif pembangkit untuk scenario lepas pembangkit. Sebelum dilakukan simulasi kestabilan transien, terlebih dulu dilakukan simulasi untuk mengetahui *critical clearing time* (CCT) saluran transmisi 150 kV. *Critical Clearing Time* adalah waktu pemutusan maksimal untuk isolasi gangguan ketika terjadi gangguan hubung singkat pada saluran sehingga sistem dapat kembali pada kondisi stabil setelah gangguan dihilangkan. Hasil simulasi *Critical Clearing Time* dapat ditunjukkan dalam gambar sebagai berikut.

Nama Saluran	<i>Critical Clearing Time</i> (s)	
	Beban Dasar	Beban Puncak
SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu	3	3
SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru	3	3
SUTM Ekspres 20 kV GH Masohi – GI Masohi	1.78	1.75

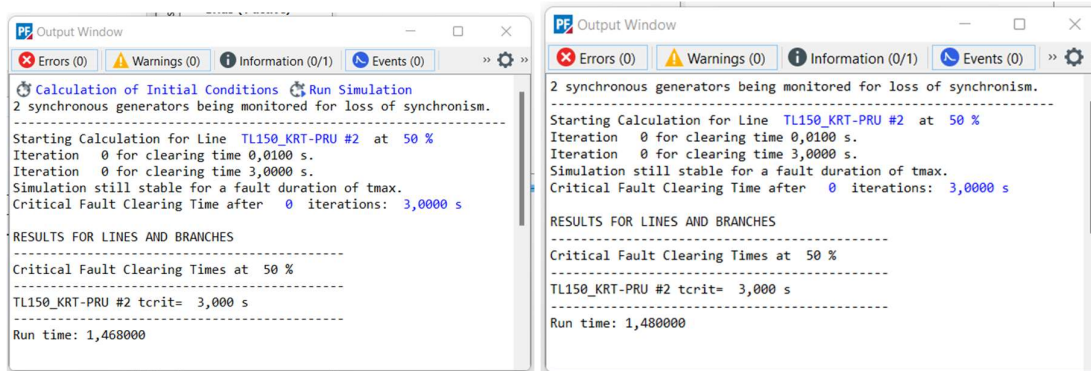
Tabel 4.18 *Critical Clearing Time*

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



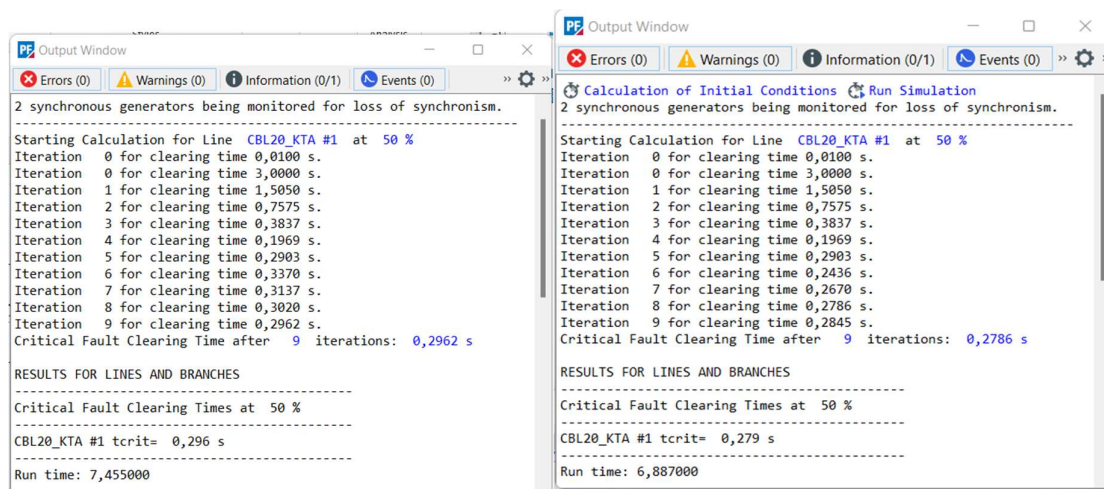
Gambar 4.41 *Critical Fault Calculation Result* SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.42 Critical Fault Calculation Result SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.43 Critical Fault Calculation Result SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

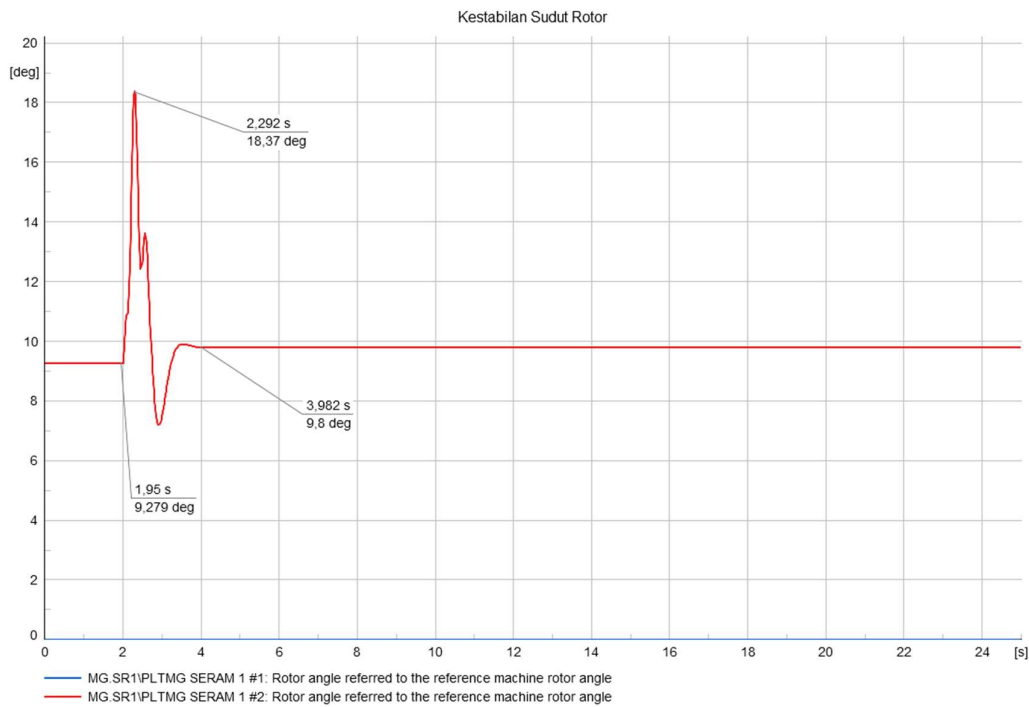
4.5.1. Gangguan Hubung Singkat SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar

- Sudut Rotor Pembangkit

Sudut rotor pembangkit di Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu dengan data hasil simulasi pada tabel 4.19 serta kurva respon yang ditunjukkan di Gambar 4.44, secara umum sudut rotor pembangkit Seram Peaker mengalami peningkatan tetapi dapat kembali ke kondisi stabil dengan durasi 2.032 detik, kondisi ini dapat dikatakan bahwa Sistem Seram stabil dikarenakan durasi respon tidak melebihi *critical clearing time*-nya yang sebesar 3 detik, hal ini dikarenakan adanya *event clearing* berupa *open breaker* saluran dengan durasi 100 mdetik setelah terjadinya *event* gangguan.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon			
			Sudut Rotor			
			δ Awal ($^{\circ}$)	δ Event SC ($^{\circ}$)	δ Event Clearing ($^{\circ}$)	Δt (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu (Beban Dasar)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	9.27	18.37	9.8	2.032
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.19 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



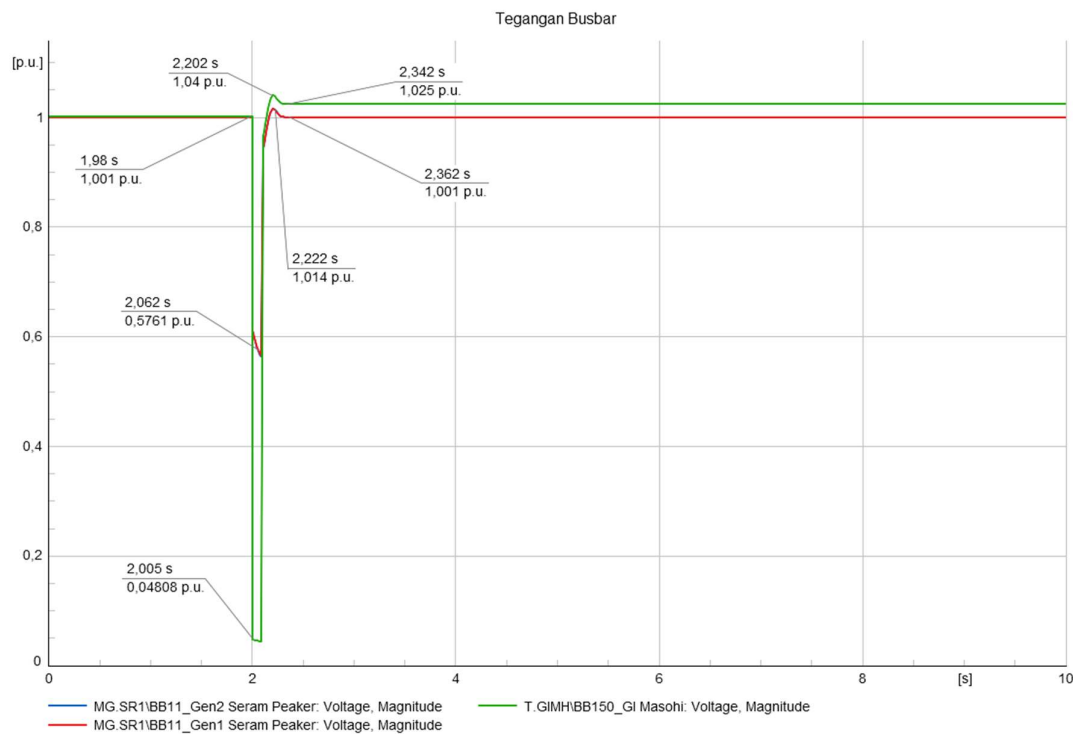
Gambar 4.44 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

- Tegangan pada *Busbar* Pembangkit dan Gardu Induk

Tegangan GI Masohi dan Pembangkit pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu ditunjukkan di Gambar 4.45 dan data hasil simulasi pada tabel 4.20.

Case	BUS	Event	Waktu Event (detik)	Respon			
				Tegangan			
				Vawal (p.u)	Vmin (p.u.)	Vmax (p.u)	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu (Beban Dasar)	PLTMG Seram (11 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.001	0.576	1.014	0.16
		Cleaving Saluran					
	Gardu Induk Masohi (150 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.001	0.04808	1.04	0.197
		Cleaving Saluran					
		Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				
		Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.20 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.45 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

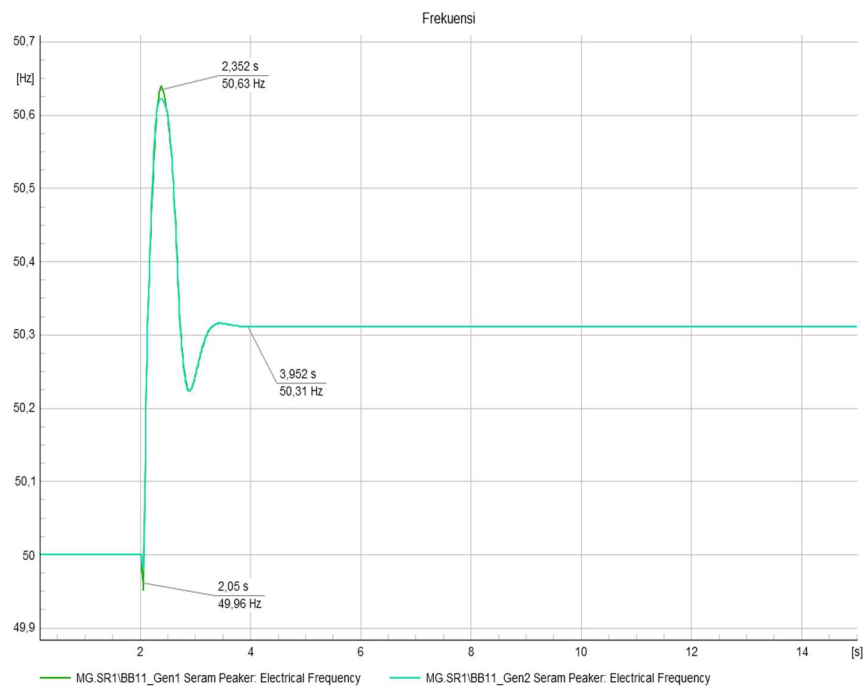
Dari data pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa respon tegangan pada bus 11 kV pembangkit masih dalam batas standar masuk kategori *instaneous dip (sags)*, sedangkan pada bus 150 kV gardu induk masuk kategori *momentary interruption* dalam hal ini dapat memicu bekerjanya rele pengaman yang akan melepaskan saluran.

- Frekuensi Sistem

Frekuensi Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran saluran SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu ditunjukkan pada tabel 4.21 dan Gambar 4.46 sebagai berikut.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Frekuensi			
			Hz Min	Hz Maks	Hz Tunak	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu (Beban Dasar)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1	49.96	50.63	50.31	1.902

Tabel 4.21 Frekuensi saat Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.46 Frekuensi saat Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data hasil simulasi yang didapatkan pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai frekuensi sistem masih dalam ambang batas standar dan kondisi sistem dalam kondisi stabil, serta tidak memicu rele pengaman.

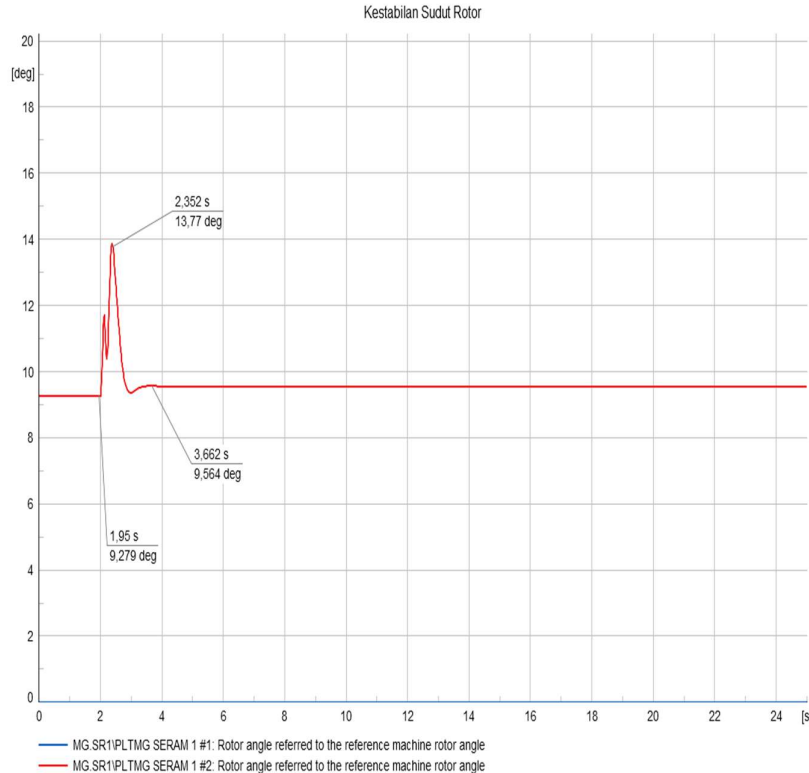
4.5.2. Gangguan Hubung Singkat SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar

- Sudut Rotor Pembangkit

Sudut rotor pembangkit di Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru dengan data hasil simulasi pada tabel 4.22 serta kurva respon yang ditunjukkan di Gambar 4.47, secara umum sudut rotor pembangkit Seram Peaker mengalami peningkatan tetapi dapat kembali ke kondisi stabil dengan durasi 1.712 detik, kondisi ini dapat dikatakan bahwa Sistem Seram stabil dikarenakan durasi respon tidak melebihi *critical clearing time* yang sebesar 3 detik, hal ini dikarenakan adanya *event clearing* berupa *open breaker* saluran dengan durasi 100 mdetik setelah terjadinya event gangguan.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon			
			Sudut Rotor			
			δ Awal ($^{\circ}$)	δ Event SC ($^{\circ}$)	δ Event Clearing ($^{\circ}$)	Δt (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru (Beban Dasar)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
			9.279	13.77	9.564	1.712
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.22 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.47 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru

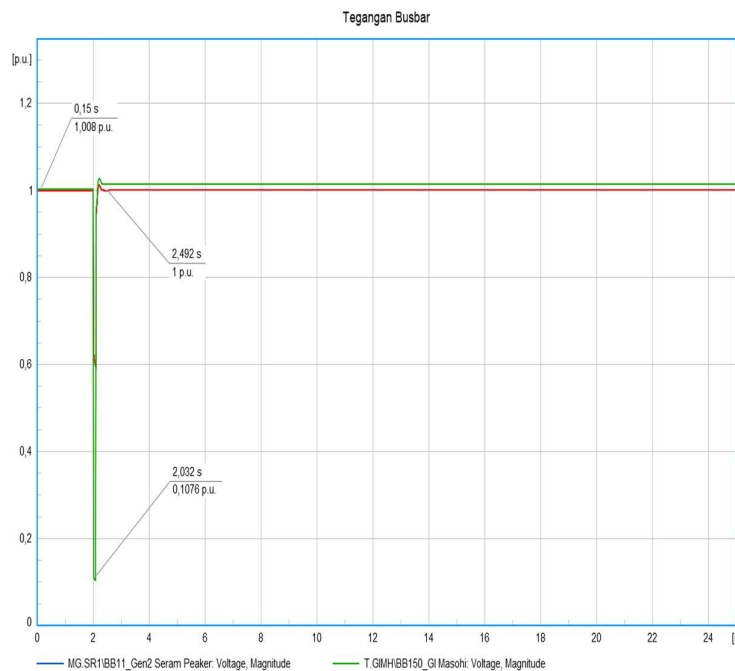
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022 pada Beban Dasar

- **Tegangan pada Busbar Pembangkit dan Gardu Induk**

Tegangan GI Masohi dan Pembangkit pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru ditunjukkan di Gambar 4.48 dan data hasil simulasi pada tabel 4.23.

Case	BUS	Event	Waktu Event (detik)	Respon Tegangan			
				Vawal (p.u.)	Vmin (p.u.)	Vmax (p.u.)	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru (Beban Dasar)	PLTMG Seram (11 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.001	0.6	1.002	0.46
		Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				
	Gardu Induk Masohi (150 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.008	0.1076	1.065	0.4
		Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.23 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.48 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

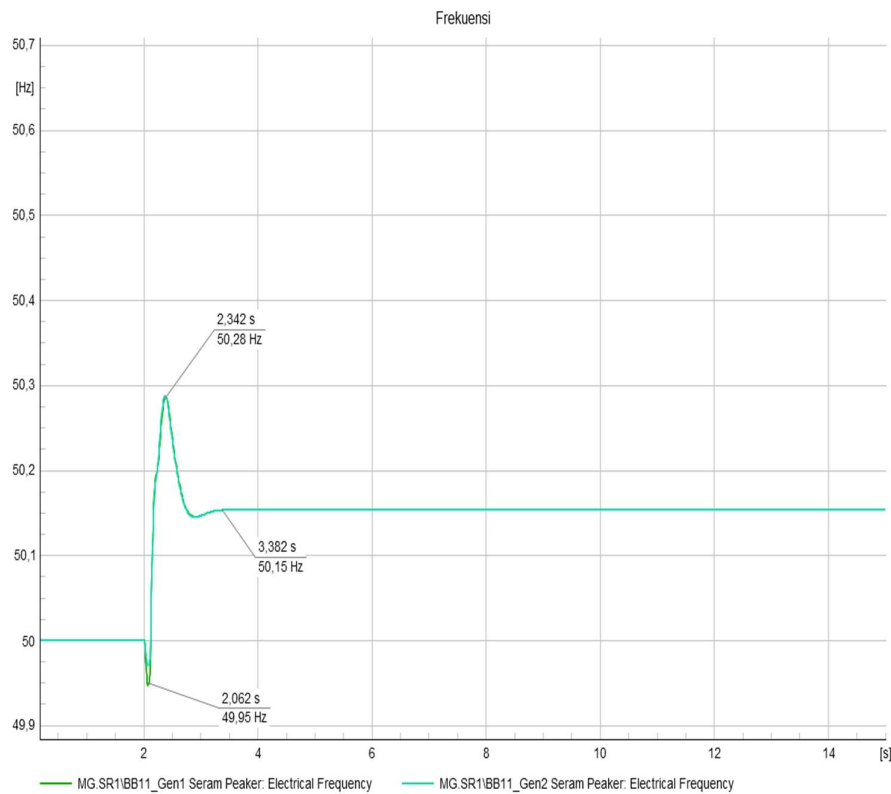
Dari data pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa respon tegangan pada bus 11 kV pembangkit masih dalam batas standar masuk kategori *instaneous dip (sags)*, sedangkan pada bus 150 kV gardu induk masuk kategori *momentary interruption* dalam hal ini dapat memicu bekerjanya rele pengaman yang akan melepaskan saluran.

- Frekuensi Sistem

Frekuensi Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran saluran SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru ditunjukkan pada tabel 4.24 dan Gambar 4.49 sebagai berikut.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Frekuensi			
			Hz Min	Hz Maks	Hz Tunak	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru (Beban Dasar)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1	49.95	50.28	50.15	1.32

Tabel 4.24 Frekuensi saat Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.49 Frekuensi sistem Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data hasil simulasi yang didapatkan pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai frekuensi sistem masih dalam ambang batas standar dan kondisi sistem dalam kondisi stabil, serta tidak memicu rele pengaman.

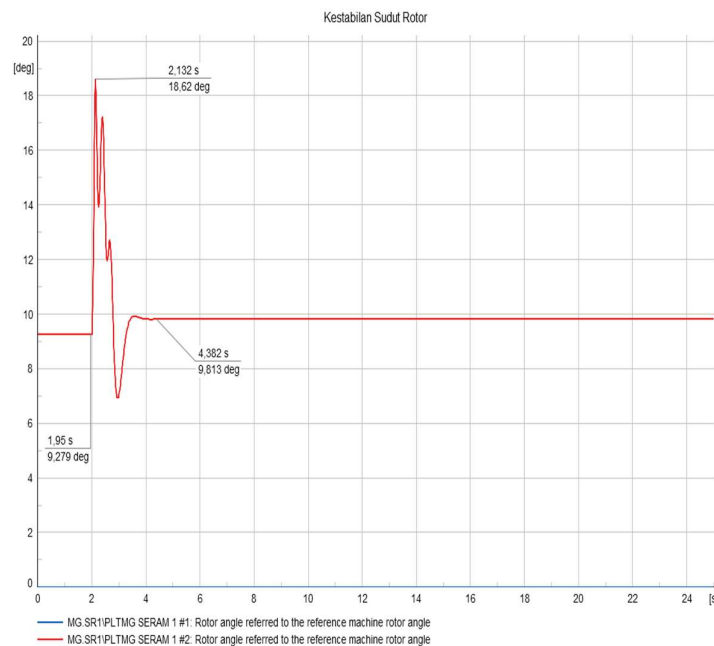
4.5.3. Gangguan Hubung Singkat SUTM 20 kV Ekspres GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar

- Sudut Rotor Pembangkit

Sudut rotor pembangkit di Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi dengan data hasil simulasi pada tabel 4.25 serta kurva respon yang ditunjukkan di Gambar 4.50, secara umum sudut rotor pembangkit Seram Peaker mengalami peningkatan tetapi dapat kembali dengan durasi 2.432 detik, kondisi ini dapat dikatakan bahwa Sistem Seram tidak stabil dikarenakan durasi respon melebihi *critical clearing time* yang sebesar 1.78 detik, hal ini dapat menyebabkan kolaps pada Sistem Seram.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon			
			Sudut Rotor			Δt (detik)
			δ Awal ($^{\circ}$)	δ Event SC ($^{\circ}$)	δ Event Clearing ($^{\circ}$)	
Hubung Singkat 3 Fasa SUTM 20 kV GH Masohi - GI Masohi (Beban Dasar)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	9.279	18.2	9.813	2.432
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.25 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



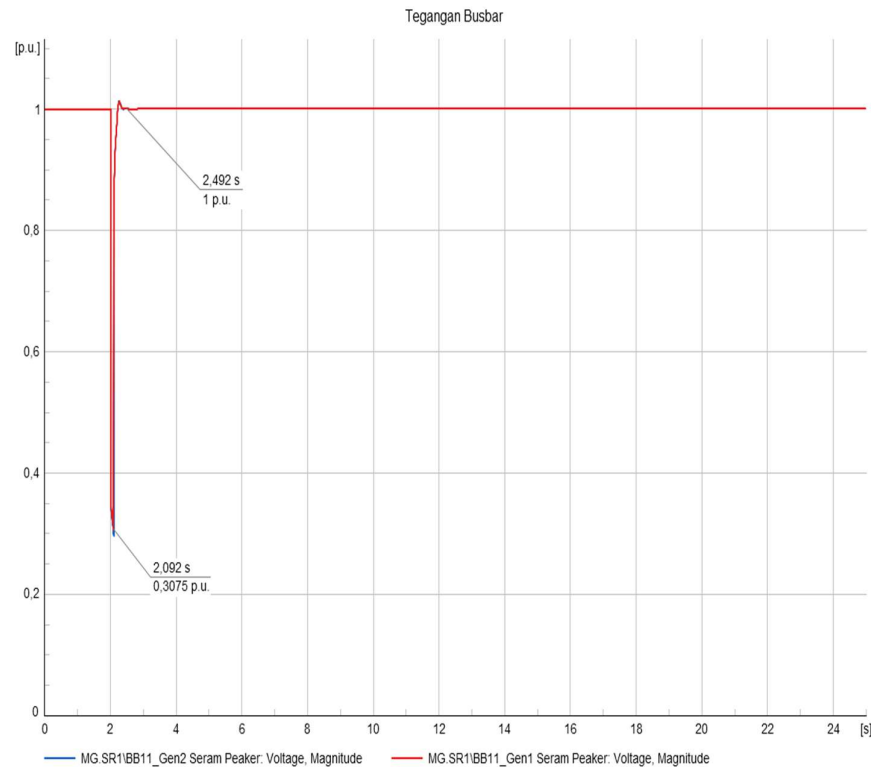
Gambar 4.50 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

- **Tegangan pada Busbar Pembangkit**

Tegangan Pembangkit pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi ditunjukkan di Gambar 4.51 dan data hasil simulasi pada tabel 4.26.

Case	BUS	Event	Waktu Event (detik)	Respon Tegangan			
				Vawal (p.u.)	Vmin (p.u.)	Vmax (p.u.)	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTM 20 kV GH Masohi - GI Masohi (Beban Dasar)	PLTMG Seram (11 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.001	0.3	1	0.3928
		Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.26 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.51 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

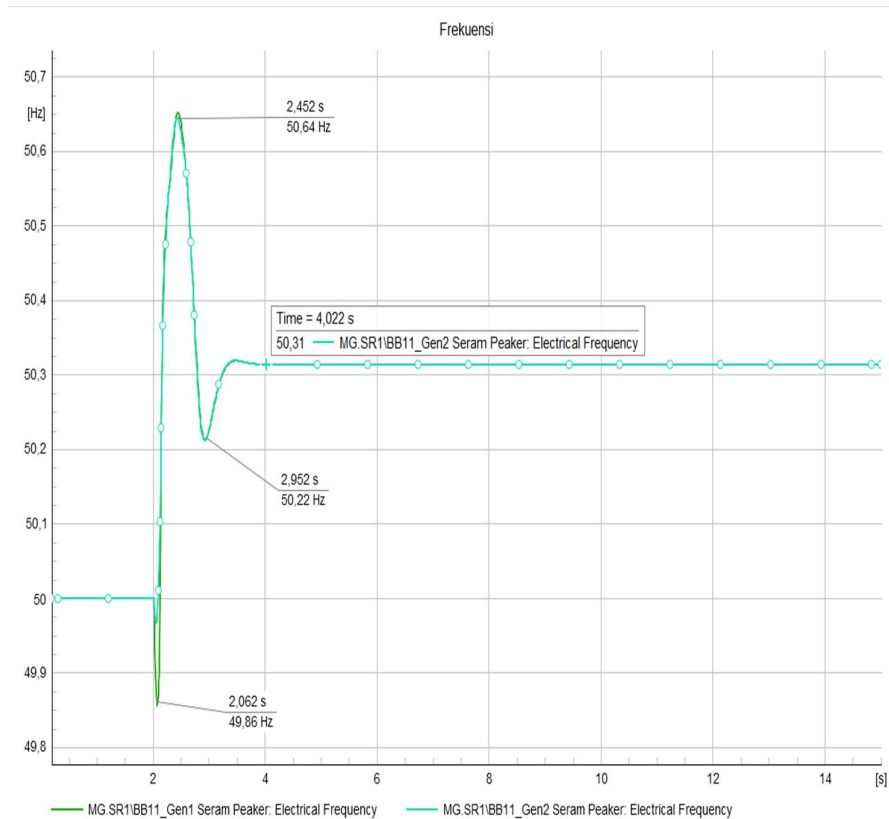
Dari data pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa respon tegangan pada bus 11 kV gardu hubung masuk kategori *momentary interruption* dalam hal ini dapat memicu bekerjanya rele pengaman yang akan melepaskan pembangkit dari sistem.

- Frekuensi Sistem

Frekuensi Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran saluran SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi ditunjukkan pada tabel 4.27 dan Gambar 4.52 sebagai berikut.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Frekuensi			
			Hz Min	Hz Maks	Hz Tunak	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTM 20 kV GH Masohi - GI Masohi (Beban Dasar)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1	49.86	50.64	50.31	1.98

Tabel 4.27 Frekuensi Sistem Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.52 Frekuensi Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data hasil simulasi yang didapatkan pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai frekuensi sistem di luar ambang batas standar yang menyebabkan memicu rele pengaman sehingga pembangkit akan keluar dari sistem.

4.5.4. Gangguan Hubung Singkat SUTT 150 kV GI Masohi– GI Kairatu pada Beban Puncak

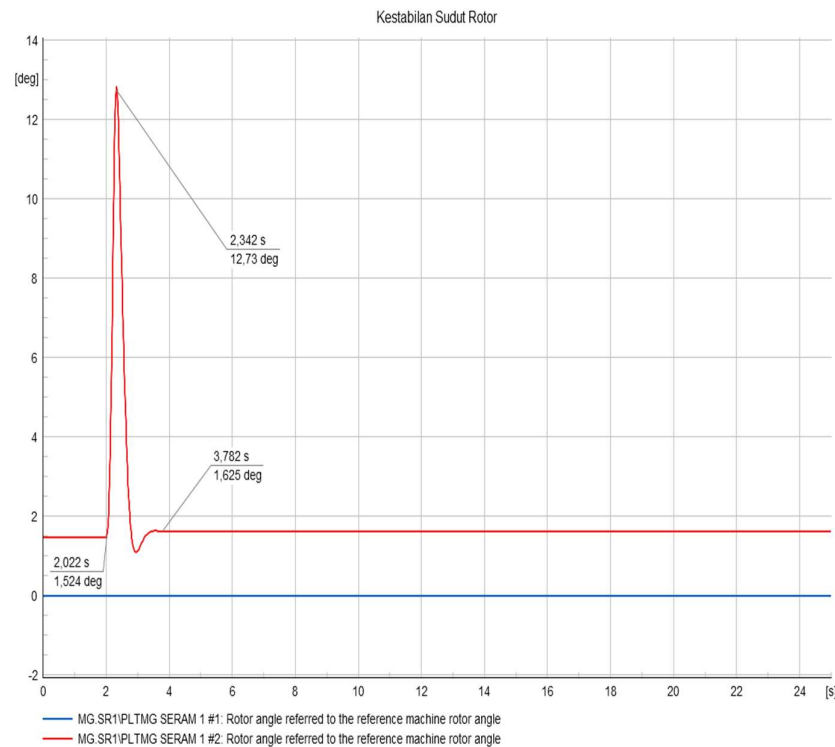
- Sudut Rotor Pembangkit

Sudut rotor pembangkit di Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu dengan data hasil simulasi pada tabel 4.28 serta kurva respon yang ditunjukkan di Gambar 4.53, secara umum sudut rotor pembangkit Seram Peaker mengalami peningkatan tetapi dapat kembali stabil dengan durasi 2.432 detik, kondisi ini dapat dikatakan bahwa Sistem Seram stabil dikarenakan durasi respon tidak melebihi *critical clearing time* yang sebesar 3 detik, hal ini dapat menyebabkan kolaps pada Sistem Seram.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Sudut Rotor			
			δ Awal (°)	δ Event SC (°)	δ Event Clearing (°)	Δt (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu (Beban Puncak)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.524	12.73	1.625	2.258
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.28 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.53 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak

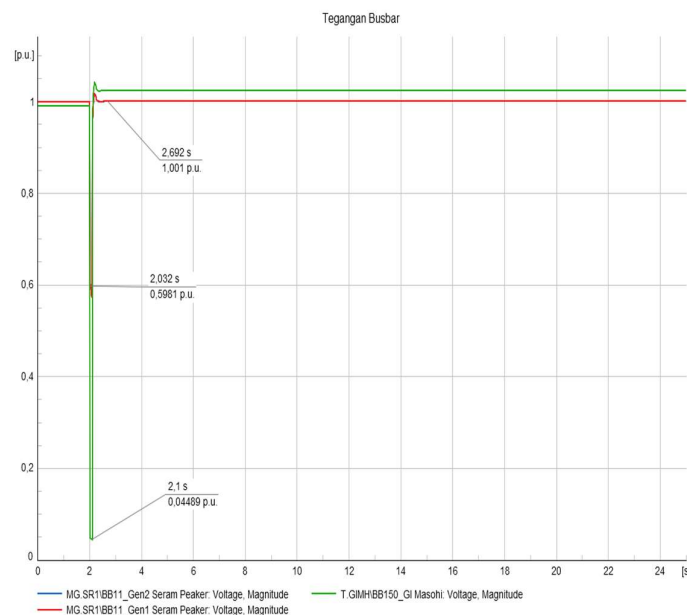
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

- **Tegangan pada Busbar Pembangkit dan Gardu Induk**

Tegangan GI Masohi dan Pembangkit pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu ditunjukkan di Gambar 4.54 dan data hasil simulasi pada tabel 4.29.

Case	BUS	Event	Waktu Event (detik)	Respon Tegangan			
				Vawal (p.u)	Vmin (p.u.)	Vmax (p.u)	durasi (milidetik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu (Beban Puncak)	PLTMG Seram (11 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran <i>clearing</i>	2	1.008	0.5981	1.004	520
		Hubung Singkat (<i>Open</i> Breaker Saluran)	2.1				
	Gardu Induk Masohi (150 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran <i>clearing</i>	2	1.001	0.04489	1.07	592
		Hubung Singkat (<i>Open</i> Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.29 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.54 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

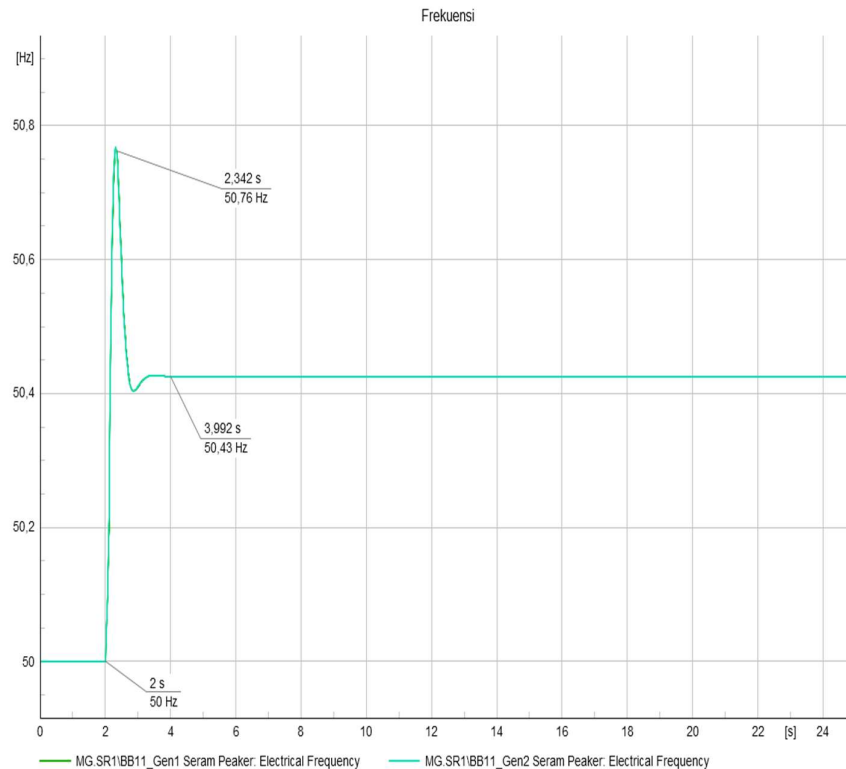
Dari data pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa respon tegangan pada bus 11 kV pembangkit masih dalam batas standar masuk kategori *instaneous dip (sags)*, sedangkan pada bus 150 kV gardu induk masuk kategori *momentary interruption* dalam hal ini dapat memicu bekerjanya rele pengaman yang akan melepaskan saluran.

- Frekuensi Sistem

Frekuensi Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran saluran SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu saat beban puncak ditunjukkan pada tabel 4.30 dan Gambar 4.55 sebagai berikut.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Frekuensi			
			Hz Min	Hz Maks	Hz Tunak	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Masohi - GI Kairatu (Beban Puncak)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	50	50.76	50.43	1.65
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.30 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.55 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu pada Beban Dasar
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data hasil simulasi yang didapatkan pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai frekuensi sistem di luar ambang batas standar yang menyebabkan memicu rele pengaman sehingga pembangkit akan keluar dari sistem.

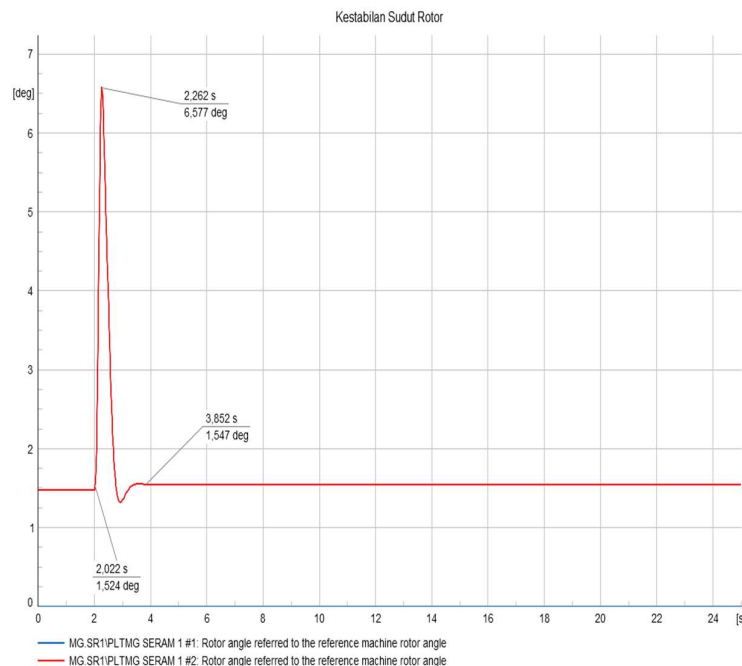
4.5.5. Gangguan Hubung Singkat SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak

- Sudut Rotor Pembangkit

Sudut rotor pembangkit di Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru kondisi beban puncak dengan data hasil simulasi pada tabel 4.31 serta kurva respon yang ditunjukkan di Gambar 4.56, secara umum sudut rotor pembangkit Seram Peaker mengalami peningkatan tetapi dapat kembali stabil dengan durasi 2.328 detik, kondisi ini dapat dikatakan bahwa Sistem Seram stabil dikarenakan durasi respon tidak melebihi *critical clearing time* yang sebesar 3 detik, hal ini dapat menyebabkan kolaps pada Sistem Seram

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon			
			Sudut Rotor			
			δ Awal (°)	δ Event SC (°)	δ Event Clearing (°)	Δt (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru (Beban Puncak)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
			1.524	6.577	1.547	2.328
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.31 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.56 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

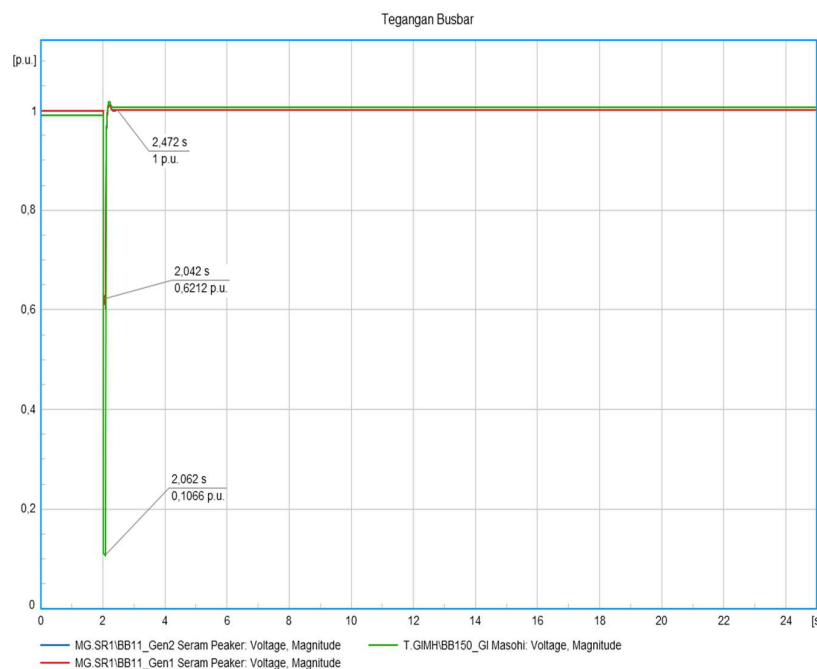
- **Tegangan pada Busbar Pembangkit dan Gardu Induk**

Tegangan GI Masohi dan Pembangkit pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru ditunjukkan di Gambar 4.57 dan data hasil simulasi pada tabel 4.32.

Case	BUS	Event	Waktu Event (detik)	Respon Tegangan			
				Vawal (p.u)	Vmin (p.u.)	Vmax (p.u)	durasi (mildetik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru (Beban Puncak)	PLTMG Seram (11 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.008	0.6212	1.01	430
		Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				
	Gardu Induk Masohi (150 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1.001	0.1066	1.07	410
		Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.32 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.57 Tegangan Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

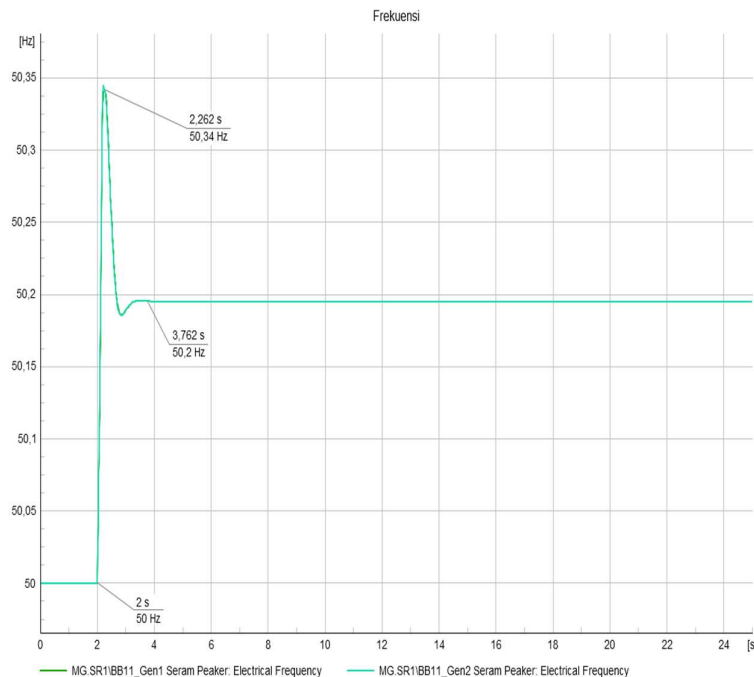
Dari data pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa respon tegangan pada bus 11 kV pembangkit masih dalam batas standar masuk kategori *instaneous dip (sags)*, sedangkan pada bus 150 kV gardu induk masuk kategori *momentary interruption* dalam hal ini dapat memicu bekerjanya rele pengaman yang akan melepaskan saluran.

- Frekuensi Sistem

Frekuensi Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran saluran SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu saat beban puncak ditunjukkan pada tabel 4.33 dan Gambar 4.58 sebagai berikut.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon			
			Frekuensi			
			Hz Min	Hz Maks	Hz Tunak	durasi (detik)
Hubung Singkat 3 Fasa SUTT 150 kV GI Kairatu - GI Piru (Beban Puncak)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
	Clearing Hubung Singkat (<i>Open</i> Breaker Saluran)	2.1	50	50.76	50.34	1.5

Tabel 4.33 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.58 Frekuensi Busbar Gangguan SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data hasil simulasi yang didapatkan pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai frekuensi sistem dalam ambang batas standar yang diijinkan.

4.5.6. Gangguan Hubung Singkat SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak

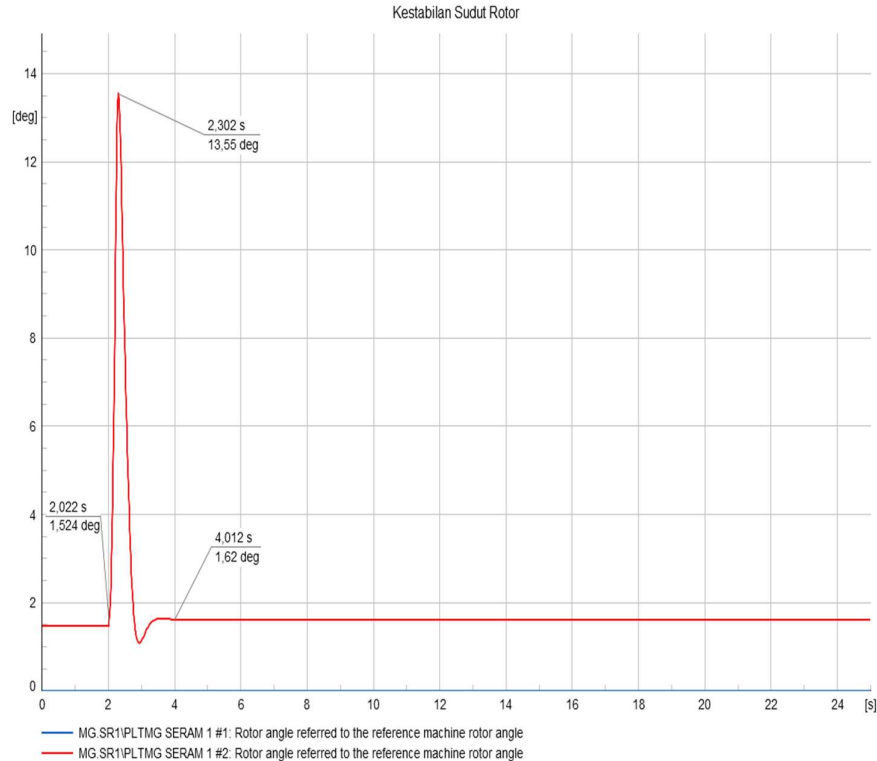
- Sudut Rotor Pembangkit

Sudut rotor pembangkit di Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi kondisi beban puncak dengan data hasil simulasi pada tabel 4.34 serta kurva respon yang ditunjukkan di Gambar 4.59, secara umum sudut rotor pembangkit Seram Peaker mengalami peningkatan tetapi dapat kembali stabil dengan durasi 2.488 detik, kondisi ini dapat dikatakan bahwa Sistem Seram tidak stabil dikarenakan durasi respon melebihi *critical clearing time* yang sebesar 1.75 detik, hal ini dapat menyebabkan kolaps pada Sistem Seram

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Sudut Rotor			
			δ Awal (°)	δ Event SC (°)	δ Event Clearing (°)	Δt (detik)
Gangguan Hubung Singkat SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2				
			1.524	13.55	1.62	2.488
	Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.34 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.59 Kestabilan Sudut Rotor Gangguan SUTM Ekspres 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak

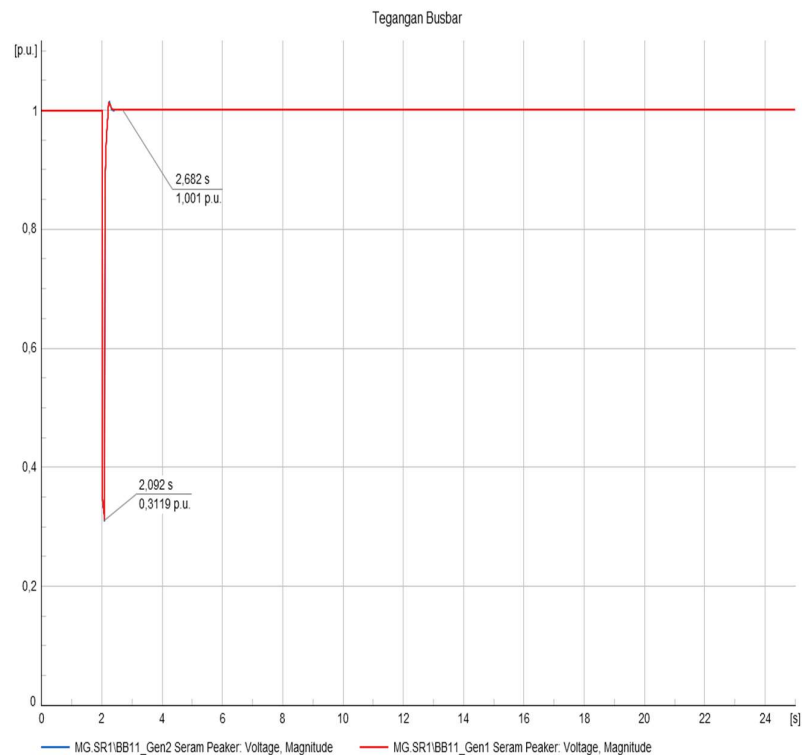
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

- **Tegangan pada Busbar Pembangkit dan Gardu Induk**

Tegangan GI Masohi dan Pembangkit pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi ditunjukkan di Gambar 4.60 dan data hasil simulasi pada tabel 4.35.

Case	BUS	Event	Waktu Event (detik)	Respon Tegangan			
				Vawal (p.u.)	Vmin (p.u.)	Vmax (p.u.)	durasi (mildetik)
Gangguan Hubung Singkat SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak	PLTMG Seram (11 kV)	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	1	0.3119	1.005	610
		Clearing Hubung Singkat (Open Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.35 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.60 Tegangan Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak
Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa respon tegangan pada bus 11 kV pembangkit masuk kategori *momentary interruption* dalam hal ini dapat memicu bekerjanya rele pengaman yang akan melepaskan pembangkit dari sistem.

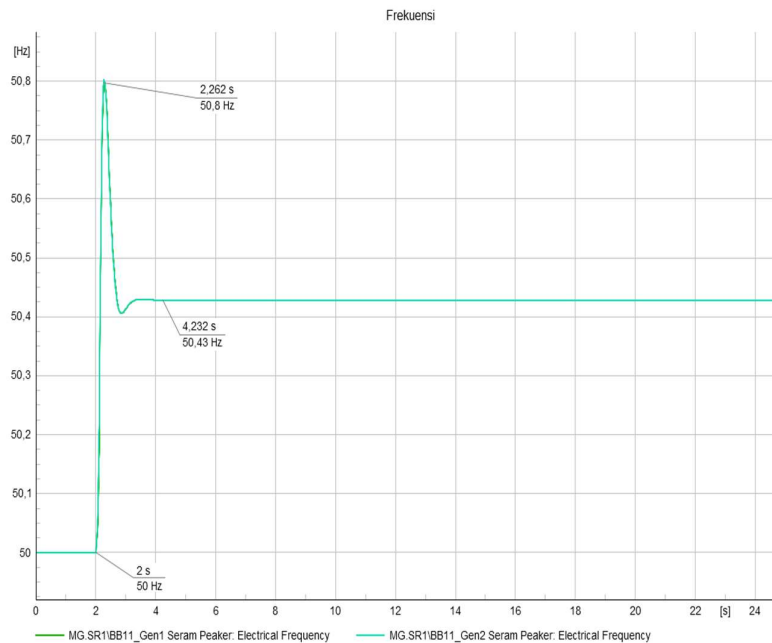
- Frekuensi Sistem

Frekuensi Sistem Seram pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa di saluran saluran SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi saat beban puncak ditunjukkan pada tabel 4.36 dan Gambar 4.61 sebagai berikut.

Case	Event	Waktu Event (detik)	Respon Frekuensi			
			Hz Min	Hz Maks	Hz Tunak	durasi (detik)
Gangguan Hubung Singkat SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak	Hubung Singkat 3 Fasa pada Saluran	2	50	50.8	50.43	2.232
	Clearing Hubung Singkat (<i>Open</i> Breaker Saluran)	2.1				

Tabel 4.36 Frekuensi Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022



Gambar 4.61 Frekuensi Busbar Gangguan SUTM 20 kV GH Masohi – GI Masohi pada Beban Puncak

Sumber: Hasil Simulasi Aplikasi Digsilent PowerFactory 2022

Dari data hasil simulasi yang didapatkan pada tabel dan gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai frekuensi sistem di luar ambang batas standar yang menyebabkan memicu rele pengaman sehingga pembangkit akan keluar dari sistem.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Dari simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, ada beberapa poin-poin yang dapat menjadi simpulan, diantaranya:

1. Pada simulasi *Loadflow* Sistem Seram memperlihatkan jaringan 150 kV, 20 kV dan 11 kV dalam kondisi baik, setiap bus yang terhubung pada sistem bekerja dengan baik menyalurkan energi listrik sesuai permintaan pembebanan tiap bus dengan Daya yang dibangkitkan oleh Generator pada PLTMG Seram sebesar 12.92 MW dan beban sebesar 11.79 MW serta memiliki total *Grid Losses* sebesar 1.38 MW.
2. Ditinjau dari analisis aliran daya, pasokan dari PLTD pada Unit Layanan Piru dan PLTD pada Unit Layanan Kairatu dapat dinonaktifkan, mendapat kan suplai dari masing-masing Gardu Induk Piru dan Gardu Induk Kairatu yang terhubung oleh SUTT 150 kV serta terhubung SUTM 20 kV dari PLTMG Masohi ke Gardu Induk Masohi dengan rencana operasi pada tahun 2023.
3. Dengan menggunakan analisis *Quasi Dynamic*, didapatkan profil tegangan berdasarkan *time characteristic load profile* pada tiap bus 150 kV dan 20 kV serta didapatkan *losses profile* di Sistem Seram sehingga dari analisis tersebut dapat menjadi acuan dalam pengoperasian agar mendapatkan pola operasi yang efisien.
4. Dari analisis kestabilan transien yang dilakukan, pengoperasian SUTT 150 kV dan Gardu Induk pada Sistem Seram menstimulasi kestabilan transien berupa kestabilan sudut rotor pada pembangkit PLTMG Masohi dan frekuensi sistem yang cenderung fluktuatif yang dapat memicu rele pengaman dari sensing frekuensi pada bus pembangkit, pada saat terjadi gangguan 3 fasa baik di SUTT 150 kV GI Masohi – GI Kairatu, SUTT 150 kV GI Kairatu – GI Piru, dan SUTM 20 kV yang menghubungkan pembangkit PLTMG Masohi dengan GI Masohi

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Pendataan aset sangat menjadi krusial karena untuk melakukan analisis terhadap kondisi masing-masing sistem memerlukan keakuratan data yang diinputkan, agar *output* yang dihasilkan tidak memiliki *error* yang besar sehingga hasil analisis menjadi tidak relevan terhadap kondisi aktualnya.

2. Meninjau nilai parameter AVR dan Governor sesuai aktual yang terpasang pada pembangkit PLTMG agar mendapatkan respon pembangkit sesuai aktualnya.
3. Analisis yang telah dilakukan ini dapat dijadikan sebagai acuan dasar dalam rencana pengoperasian Sistem Seram.
4. Untuk menjaga kontinuitas penyaluran dan keandalan sistem tenaga listrik, analisis ini dapat di-*review* serta dilakukan perbaruan data sesuai dengan kebutuhan Sistem Seram.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N. (2011). *Perbandingan Metode Gauss-Siedel dan Metode Newton-Raphson Dalam Solusi Aliran Daya*. Palu: Universitas Tadulako.
- Pramono, J. (2010). Makalah Teknik Tenaga Listrik. *Transmisi Tenaga Listrik*, 6.
- PT PLN, (Persero). (2021). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030*. Jakarta: PLN.
- Rezky, P. P., Penangsang, O., & Aryani, N. K. (2016). Studi Analisis Stabilitas Transien Sistem Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500kV Setelah Masuknya Pembangkit Paiton. *Jurnal Teknik ITS*, 7.
- Hariyanto, Nanang., Sasmono, Sudarmono., Rahmani,Rizky. Lumba.Lunetta Safura, Rahmani,Rizky. (2018). Studi Interkoneksi PLTA ISAL #2 3x20 MW di Wahai, Pulau Seram, Kabupaten Maluku Tengah. *Final Report*, Bandung: PT Quadran Energi Rekayasa.
- Nusantara, Damai Bela., Rustanto, Patris Radiant., Bangun,Wiko Prasetyo.(2018). Penyusunan Kajian Masterplan Kelistrikan Sulawesi. Modul Pelatihan, Yogyakarta: Lembaga Kerja Sama Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Saadat, H. (1999). *Power System Analysis*. WCB: McGraw-Hill.
- PERMEN ESDM. *Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik*.
- Marsudi, Djiteng. (2005). *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Marsudi, Djiteng. (2006). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Saini, M., Yunus, M. Y., Akbar, R., & Yasir, M. (2019). Analisis Jatuh Tegangan pada Sistem Kelistrikan Sulserabar Menggunakan Digsilent Powerfactory 15. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 194.
- Francisco M. Gonzalez-Longatt, José Luis Rueda (2014). *PowerFactory Applications for Power System Analysis*. Springer.
- Marwan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.(2015). *Simulasi Sistem Tenaga Listrik Menggunakan DigSILENT*. Andi Publisher.
- DigSILENT Power Factory. (2022). *User Manual*. DigSILENT GmbH, Gomaringen Germany.
- Dessalegn Bitew, Ayodeji Olalekan, Yalwe Gebru.(2020). *Load flow and contingency analysis for transmission line outage*. Department of Electrical/Electronics and Computer Engineering, Afe Babalola University Ado-Ekiti, Nigeria.
- Cekdin, Cekmas., & Barlian, Taufik. (2013). *Transmisi daya listrik*. Padang:Penerbit Andi



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

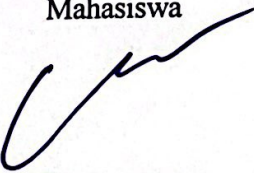
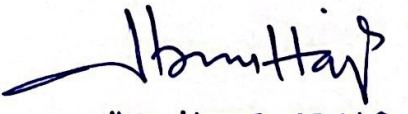
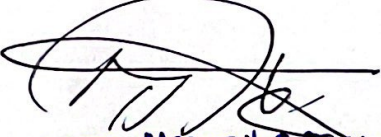
RANGKUMAN DAFTAR PERBAIKAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN

Sidang Skripsi Hari : Jumat, 17 Februari 2023 Jam : 08.00 - 09.00
 Nama Mahasiswa : AJI PAMUNGKAS
 N.I.M : 202011319
 Judul Skripsi : ANALISA ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT
 EVAKUASI DAYA PLTMG 2X10 MW PADA SISTEM PULAU
 SERAM

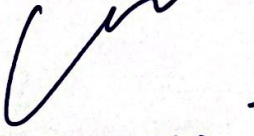
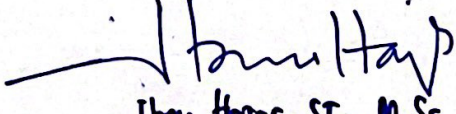
Oleh sidang ditetapkan bahwa mahasiswa y.b.s harus menyempurnakan Skripsi dalam waktu satu minggu, yaitu pada tanggal 24 Februari 2023 dengan perbaikan-perbaikan sbb :

- 1) Lihat Daftar perbaikan Skripsi masing - masing penguji
- 2) Lihat Draft ~~per~~ skripsi masing - masing penguji

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa y.b.s dapat menyelesaikan REVISI harus kembali mengulang mengikuti ujian sidang Skripsi di periode selanjutnya.

Mahasiswa	Dosen Pembimbing Utama	Ketua Penguji
 (...Aji Pamungkas...)	 (...Ibnu Hajar, ST, M.Sc)	 (...Juara Mangapul, T. ST, M. Si)

Skripsi telah diperbaiki sesuai yang ditetapkan, pada hari
Jumat, 24 Februari 2023

Mahasiswa	Dosen Pembimbing Utama	Ketua Penguji
 (...Aji Pamungkas...)	 (...Ibnu Hajar, ST, M.Sc)	 (...Juara Mangapul, T. ST, M. Si)



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

PERBAIKAN SKRIPSI

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN

Sidang Skripsi Hari : Jumat, 17 Februari 2023 Jam : 08.00 - 09.00
 Nama Mahasiswa : AJI PAMUNGKAS
 N.I.M : 202011319
 Judul Skripsi : ANALISA ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT
 EVAKUASI DAYA PLTMG 2X10 MW PADA SISTEM PULAU SERAM

Oleh sidang ditetapkan bahwa mahasiswa y.b.s harus menyempurnakan Skripsi dalam waktu satu minggu, yaitu pada tanggal 24-02-2023 dengan perbaikan-perbaikan sbb :

- 1). Perbesar Gambar² yg saya tandai tadi di skripsi laporan nya !
- 2). Perbaiki abstrak (Sinopsis) sesuai dgn hasil analisis anda yg terdapat di Simpulan ! Gambar
- 3). Buat tabel² dari studi kasus stabilitas transient, respon sudut rotor generator ketika trip, respon frekuensi bus² yg trip, respon tegangan bus yg trip, tabel Data hil. Sinyal 3 fasa busbar dan kondisi operasi beban pemakainya !

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa y.b.s dapat menyelesaikan REVISI harus kembali mengulang mengikuti ujian sidang Skripsi di periode selanjutnya.

Mahasiswa

Penguji

(...AJI Pamungkas...)

(...Sultra M.T...)

Skripsi telah diperbaiki sesuai yang ditetapkan, pada hari

Jumat, 24-02-2023

Mahasiswa

Penguji

(...AJI Pamungkas...)

(...Sultra M.T...)



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

PERBAIKAN SKRIPSI**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO****FAKULTAS KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN**

Sidang Skripsi Hari : Jumat, 17 Februari 2023
 Nama Mahasiswa : AJI PAMUNGKAS
 N.I.M : 202011319
 Judul Skripsi : ANALISA ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT
 EVAKUASI DAYA PLTMG 2X10 MW PADA SISTEM PULAU SERAM

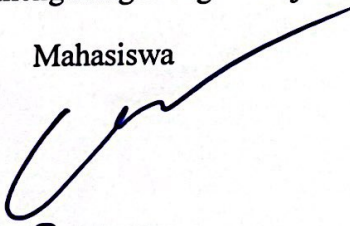
Jam : 08.00 - 09.00

Oleh sidang ditetapkan bahwa mahasiswa y.b.s harus menyempurnakan Skripsi dalam waktu satu minggu, yaitu pada tanggal 24 Februari 2023 dengan perbaikan-perbaikan sbb :

- 1.) Latar belakang masalah perbaiki
- 2.) Tambahkan Perhitungan dengan rumus yg digunakan pd Bab II
- 3.) flowchart perbaiki
- 4.) Tambahkan SLD kondisi Eksisting
- 5.) Buat data beban ~~da~~ Masohi, Kairatu, dan Pru dalam satu tabel saja.
- 6.) cet draft skripsi masih banyak typo

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa y.b.s dapat menyelesaikan REVISI harus kembali mengulang mengikuti ujian sidang Skripsi di periode selanjutnya.

Mahasiswa

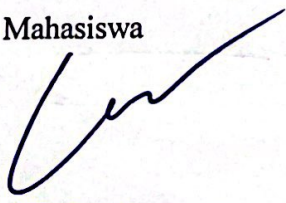

 (...Aji Pamungkas...)

Penguji


 (...Kartika Tresya M.)

Skripsi telah diperbaiki sesuai yang ditetapkan, pada hari
Jumat, 24 Februari 2023

Mahasiswa


 (...Aji Pamungkas...)

Penguji


 (...Kartika Tresya M.)



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

PERBAIKAN SKRIPSI**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO****FAKULTAS KETENAGALISTRIKAN DAN ENERGI TERBARUKAN**

Sidang Skripsi Hari : Jumat, 17 Februari 2023 Jam : 08.00 - 09.00
 Nama Mahasiswa : AJI PAMUNGKAS
 N.I.M : 202011319
 Judul Skripsi : ANALISA ALIRAN DAYA DAN STABILITAS TRANSIENT
 EVAKUASI DAYA PLTMG 2X10 MW PADA SISTEM PULAU SERAM

Oleh sidang ditetapkan bahwa mahasiswa y.b.s harus menyempurnakan Skripsi dalam waktu satu minggu, yaitu pada tanggal 29 Februari 2023 dengan perbaikan-perbaikan sbb :

Ukurl catata pada buku skripsi

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa y.b.s dapat menyelesaikan REVISI harus kembali mengulang mengikuti ujian sidang Skripsi di periode selanjutnya.

Mahasiswa

Penguji

Aji Pamungkas
(.....)

Reno A.D.
(.....)

Skripsi telah diperbaiki sesuai yang ditetapkan, pada hari
Jumat, 24 Februari 2023

Mahasiswa

Penguji

Aji Pamungkas
(.....)

Reno Atta D
(.....)



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Aji Pamungkas
 NIM : 202011319
 Program Studi : S1 Teknik Elektro
 Jenjang : Sarjana
 Fakultas : Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
 Pembimbing : Ibnu Hajar., ST., M.Sc
 Judul Skripsi : Analisis Aliran Daya dan Stabilitas Transient Evakuasi Daya
 PLTMG 2 x 10 MW pada Sistem Seram

Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Pembimbing
22/09/2022	Konsultasi seputar topik pembahasan untuk judul skripsi	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.09.22 16:07:01+07'00'
28/09/2022	Konsultasi bab 1	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.09.28 20:01:22+07'00'
30/09/2022	Konsultasi bab 2	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.09.30 17:00:22+07'00'
02/10/2022	Konsultasi Bab 1,2, dan 3 untuk seminar proposal	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.10.2 10:01:11+07'00'
05/10/2022	Revisi dan tandatangan persetujuan untuk seminar proposal	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.10.05 14:01:02+07'00'
15/10/2022	Sidang Proposal Skripsi	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.10.15 18:06:05+07'00'
25/10/2022	Revisi proposal	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.10.25 09:10:22+07'00'
23/10/2022	Revisi dan tandatangan setelah sidang proposal skripsi	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2022.10.23 15:01:09+07'00'

02/01/2023	Konsultasi bab 4	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2023.01.02 15:01:09+07'00'
03/01/2023	Lanjutan Konsultasi bab 4	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2023.01.03 20:01:22+07'00'
24/01/2023	Konsultasi bab 4 dan 5	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2023.01.24 17:00:22+07'00'
25/01/2023	Revisi dan konsultasi bab 4 dan 5	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2023.01.25 10:01:11+07'00'
26/01/2023	Pengecekan akhir penulisan dan isi skripsi	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2023.01.26 14:01:02+07'00'
27/01/2023	Pengesahan skripsi	Ibnu Hajar Ibnu Hajar Jakarta 2023.01.27 20:01:22+07'00'