

**SIMULASI RENCANA PEMASANGAN GARDU DISTRIBUSI SISIPAN  
DI PENYULANG CUNGKEDIRO DENGAN MENGGUNAKAN  
APLIKASI ETAP 11.0.0**



**LAPORAN AKHIR**

**Disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III  
Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik  
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH :  
SYATRIA RAMALAN  
0611 3031 1454**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2014**

**SIMULASI RENCANA PEMASANGAN GARDU DISTRIBUSI SISIPAN  
DI PENYULANG CUNGKEDIRO DENGAN MENGGUNAKAN  
APLIKASI ETAP 11.0.0**



Oleh :  
**Syatria Ramalan**  
**0611 3031 1454**

**Menyetujui,**

**Pembimbing I**

**Palembang, Juli 2014**  
**Pembimbing II**

**Ir. Ilyas, M.T.**  
**NIP. 19580325 199601 1 001**

**Anton Firmansyah, S.T., M.T.**  
**NIP. 19750924 200812 1 001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan**  
**Teknik Elektro**

**Ketua Program Studi**  
**Teknik Listrik**

**Ir. Ali Nurdin, M.T.**  
**NIP. 19621207 199103 1 001**

**Herman Yani, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 19651001 199003 1 006**

Motto :

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

- *No amount of guilt can change the past an no amount of worrying can change the future*  
(Umar Ibn Al-Khatab)
- Hati yang bersih akan peka terhadap ilmu, apapun yang dilihat, didengar, dirasakan jadi samudera ilmu yang membuatnya kian bijak, arif dan tepat dalam menyikapi hidup  
(Aa' Gym)
- Janganlah melihat ke masa depan dengan mata buta! Masa yang lampau adalah berguna sekali untuk menjadi kaca bengala dari pada masa yang akan datang  
(Ir. Soekarno)
- Banyak Orang takut mengatakan apa yang mereka inginkan. Itulah mengapa mereka tidak mendapatkan apa yang mereka inginkan  
(Madonna)

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT,

Laporan Akhir ini ku persembahkan kepada:

- Ayah dan Ibu tercinta
- Kedua saudara ku, Bang Ais dan Bang Andra
- Semua keluarga besarku
- Dosen pembimbing yang terhormat, Pak Ilyas dan Pak Anton
- Teman-teman seperjuangan Polsri PLN 2011
- Keluarga di IBGPolsri, IBGK Sum-Sel
- Almamaterku, Politeknik Negeri Sriwijaya

# SIMULASI RENCANA PEMASANGAN GARDU DISTRIBUSI SISIPAN DI PENYULANG CUNGKEDIRO DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI ETAP 11.0.0

Oleh :

Syatria Ramalan

0611 3031 1454

Ir. Ilyas, M.T. dan Anton Firmansyah, S.T., M.T.

---

## INTISARI

Energi listrik merupakan salah satu energi yang paling dibutuhkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun industri. Penyaluran energi listrik yang dilakukan akan bekerja secara optimal apabila pelayanan yang diberikan sesuai dengan mutu yang harus dipenuhi PT. PLN (Persero). Namun, jumlah konsumen yang terus bertambah serta pembebanan yang berlebihan pada trafo mengakibatkan mutu dan keoptimalannya berkurang.

Salah satunya gardu distribusi M. 87 yang terdapat di penyulang Cungkediro yang melayani beban perumahan dengan beban terpasang 113,68 kVA, sedangkan kapasitas trafo distribusi yang melayani beban perumahan tersebut adalah 100kVA, dimana pembebanannya lebih dari 90 % atau berada dalam kondisi *overload* yaitu sebesar 23,68 % dari maksimumnya. Kondisi tersebut sudah tidak memenuhi standar yang ditetapkan dalam SPLN 50:1997 tentang spesifikasi transformator distribusi bahwa optimalnya sebuah trafo dibebani 60 % sampai 80% dari kapasitasnya.

Melihat kondisi tersebut, perlu adanya solusi untuk mengatasi masalah yang terjadi yaitu beban lebih, drop tegangan dan rugi daya yang terjadi di penghantar setiap jurusan gardu distribusi M. 87. Salah satu caranya adalah dengan memasang gardu distribusi sisipan. Untuk mengetahui hasilnya dilakukan simulasi pada aplikasi ETAP 11.0.0 Lalu didapatkan hasil dari simulasi ETAP 11.0.0, pembebanan pada gardu distribusi M. 87 menjadi 65,69 % dari kapasitasnya, kemudian nilai rugi daya penghantar 0,9 kW untuk jurusan A dan 12,9 kW untuk jurusan C kemudian berkurang menjadi 0,6 kW untuk jurusan A dan 1,4 kW untuk jurusan C dan terjadi juga perbaikan drop tegangan, jurusan A sebesar 3,76 % dan jurusan C sebesar 17,71 % mengalami penurunan menjadi sebesar 2,45 % untuk jurusan A dan 3,34 % untuk jurusan C.

Terlihat bahwa aplikasi ETAP 11.0.0 dapat digunakan untuk membantu menganalisa serta sebagai solusi untuk mengatasi terjadinya beban lebih, rugi daya dan drop tegangan pada gardu distribusi M. 87, kemudian hasil tersebut dapat membuat keoptimalan kerja trafo distribusi tersebut akan menjadi lebih lama.

**Kata kunci:** Gardu Sisipan, Beban Lebih, Rugi Daya, Drop Tegangan

# PLAN SIMULATION OF INSTALLATION ADDITIONAL DISTRIBUTION SUBSTATION AT CUNGKEDIRO FEEDER BY USING ETAP 11.0.0 APPLICATION

By :

Syatria Ramalan

0611 3031 1454

Ir. Ilyas, M.T. dan Anton Firmansyah, S.T., M.T.

---

## ABSTRACT

*Electrical energy is one of the most energy needed by the citizen to meet the needs of households and industry. Distribution of electrical energy that does will work optimally when services are provided in accordance with a quality that must be met by PT. PLN (Persero). However, a growing number of consumers as well as the excessive load on the transformer and the optimal result in reduced quality.*

*One of them M. 87 distribution substations located in Cungkediرو feeders that serve residential loads with a load attached 113.68 kVA, while the capacity of distribution transformers that serve the residential load is 100 kVA, where the assignment of more than 90 % or are in overload conditions amounting to 23,68% of the maximum. These conditions no longer meet the standards set forth in the specification SPLN 50:1997 optimal distribution transformer a transformer that weighed 60 % to 80 % of its capacity.*

*Seeing these conditions, need for a solution to overcome the problems that occur are overload, voltage drop and power losses that occur in every major conductor at distribution substation M. 87. One way is by installing an additional distribution substation. Finding out the results of simulation conducted on the application of ETAP 11.0.0. Then the results obtained from the simulation ETAP11.0.0, loading at distribution substations M. 87 into 65.69 % of its capacity, then the value of the power loss conductor 0,9 kW to majors A and 12,9kW for majors C then reduced to 0.6 kW to 1.4 kW majors for A and C majors and also fixes the voltage drop occurs, amounting to 3.76 % majors A and majors C of 17.71 % was decreased to 2.45 % to majors A and 3.34% to majors C.*

*ETAP 11.0.0 seen that application can be used to help analyze as well as a solution to overload, power losses and voltage drop in distribution substations M.87, then the result can create the optimal work distribution transformers will be longer.*

**Keywords:** *Additional Substation, Overload, Power Losses, Voltage Drop*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir dengan judul “**Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Sisipan di Penyulang Cungkediro dengan menggunakan Aplikasi ETAP 11.0.0**”, selesai tepat pada waktunya.

Pembuatan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat pendidikan Diploma II pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam pelaksanaan penyusunan laporan akhir, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak hingga dapat terselesaikan laporan ini mulai dari pengumpulan data sampai proses penyusunan laporan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, kedua saudaraku serta keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan, motivasi, serta do'a untuk penulis.
2. Bapak RD. Kusumanto, S.T., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Ali Nurdin, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Siswandi, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Bapak Herman Yani, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak Ir. Ilyas, M.T., selaku Pembimbing I Laporan Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Bapak Anton Firmansyah, S.T., M.T., selaku Pembimbing II Laporan Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Bapak Paisal M W, selaku Manager di PT. PLN (Persero) Rayon Mariana.

9. Bapak Joko Biyanto, selaku Supervisor Teknik di PT. PLN (Persero) Rayon Mariana.
10. Bapak Edwin Prahmana, selaku Staff Perencanaan Teknik di PT. PLN (Persero) Rayon Mariana yang telah memberikan bimbingan serta data dalam pembuatan laporan akhir.
11. Bapak Iswandi, selaku Staff Perencanaan Teknik di PT. PLN (Persero) Rayon Mariana telah memberikan bimbingan selama magang.
12. Seluruh Staf dan kepegawaian di PT. PLN (Persero) Rayon Mariana
13. Teman-teman seperjuangan kelas Program Kerjasama D3 PT. PLN (Persero) - Politeknik Negeri Sriwijaya tahun 2011.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Kerja Praktek dan penyusunan laporan.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis guna perbaikan dimasa yang akan datang. Demikianlah, semoga Laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Palembang, Juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>INTISARI</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3.1 Tujuan .....	2
1.3.2 Manfaat .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metode Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	5
2.2 Klasifikasi Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.2.1 Menurut jenis/tipe konduktornyo .....	6
2.2.2 Menurut susunan rangkaiannya .....	7
2.3 Konfigurasi Sistem Distribusi .....	9
2.4 Gardu Distribusi .....	9
2.4.1 Gardu distribusi tipe portal .....	10
2.4.2 Gardu distribusi tipe tiang cantol .....	12
2.4.3 Gardu distribusi sisipan .....	13
2.5 Transformator .....	14
2.5.1 Perhitungan persentase pembebanan transformator .....	16
2.6 Daya Listrik .....	16
2.7 Resistansi Penghantar .....	18
2.8 Model Saluran Distribusi .....	19
2.9 Drop Tegangan .....	20
2.10 Rugi Daya .....	22
2.11 Jaringan Tegangan Rendah .....	22
2.11.1 Jenis konstruksi SUTR .....	23
2.11.2 Kabel twisted saluran udara tegangan rendah .....	25
2.12 Electric Transient and Analysis Program (ETAP) 11.0.0 .....	26



## **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Kelistrikan pada PT. PLN (Persero) Rayon Mariana .....	28
3.2 Tempat dan Waktu Pengambilan Data .....	28
3.3 Gardu Distribusi M. 87 .....	28
3.3.1 Spesifikasi gardu distribusi M. 87 .....	29
3.3.2 Jaringan tegangan rendah gardu distribusi M. 87 .....	31
3.4 Data Beban M. 87 .....	33
3.4.1 Data pengukuran gardu distribusi M. 87 (Pengukuran WBP) .....	33
3.5 Data Pendukung .....	33
3.6 Peralatan yang Digunakan dalam Menyusun Laporan Akhir .....	34
3.7 Prosedur Simulasi dengan ETAP 11.0.0 .....	35
3.8 Prosedur Perhitungan .....	38

## **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Perhitungan Gardu Distribusi M. 87 .....	41
4.1.1 Perhitungan pembebanan setiap jurusan pada M. 87 .....	41
4.1.2 Perhitungan parameter saluran .....	42
4.1.3 Perhitungan drop tegangan dan rugi daya M. 87 .....	42
4.2 Simulasi M. 87 tanpa Gardu Sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	46
4.2.1 <i>Single line diagram</i> jaringan M. 87 pada ETAP 11.0.0 tanpa gardu sisipan .....	46
4.2.2 Pengisian data ETAP 11.0.0 .....	48
4.2.3 Pengoperasian simulasi gardu distribusi M. 87 pada ETAP 11.0.0 .....	52
4.2.4 Analisa perbandingan perhitungan manual dan simulasi ETAP 11.0.0 .....	55
4.3 Simulasi Rencana Pemasangan Gardu Sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	58
4.3.1 Perhitungan pembebanan M. 87 dengan gardu sisipan .....	58
4.3.2 <i>Single line diagram</i> rencana pemasangan gardu sisipan .....	60
4.3.3 Pengoperasian simulasi rencana M. 87 dengan gardu sisipan dengan ETAP 11.0.0 .....	65
4.3.4 Hasil simulasi rencana M. 87 dengan gardu sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	68
4.3.5 Analisa perbandingan rugi daya dan drop tegangan .....	69

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran .....	73

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Pengelompokan sistem distribusi tenaga listrik .....	6
Gambar 2.2	Bagian-bagian sistem distribusi primer .....	7
Gambar 2.3	Komponen sistem distribusi sekunder .....	8
Gambar 2.4	Pola jaringan distribusi primer .....	9
Gambar 2.5	Skema gardu distribusi .....	10
Gambar 2.6	Gambar tiang portal beserta panel distribusi .....	11
Gambar 2.7	Bagan satu garis gardu distribusi tipe tiang portal .....	12
Gambar 2.8	Gardu distribusi tipe cantol .....	12
Gambar 2.9	Bagan satu garis gardu distribusi tipe tiang cantol .....	13
Gambar 2.10	Gambar fluks magnet transformator .....	15
Gambar 2.11	(a) Transformator tipe inti dan (b) tipe cangkang .....	15
Gambar 2.12	Tegangan AC yang diterapkan pada beban dan diagram fasor (a) Rangkaian R dan X, (b) Diagram Vektor I dan V .....	17
Gambar 2.13	Segitiga daya kompleks .....	17
Gambar 2.14	Rangkaian ekivalen saluran distribusi .....	20
Gambar 2.15	Diagram fasor saluran distribusi .....	21
Gambar 2.16	<i>Single line</i> TR-1 .....	23
Gambar 2.17	Konstruksi tiang penyangga TR-1 .....	23
Gambar 2.18	<i>Single line</i> TR-2 .....	23
Gambar 2.19	Konstruksi tiang sudut TR-2 .....	23
Gambar 2.20	<i>Single line</i> TR-3 di awal (A)/ akhir (B) .....	24
Gambar 2.21	Konstruksi tiang awal/akhir (TR3) .....	24
Gambar 2.22	<i>Single line</i> TR-5 .....	24
Gambar 2.23	Konstruksi tiang penegang TR-5 .....	25
Gambar 3.1	Gardu Distribusi M. 87 .....	29
Gambar 3.2	Lokasi M. 87 di <i>single line</i> penyulang Cungkediro .....	30
Gambar 3.3	Pembagian jurusan JTR pada M. 87 .....	31
Gambar 3.4	Gambar pemetaan penghantar M. 87 di <i>Mapsource</i> .....	32
Gambar 3.5	<i>Flow chart</i> prosedur simulasi dengan menggunakan ETAP 11.0.0 .....	37
Gambar 3.6	<i>Flow chart</i> prosedur perhitungan manual .....	40
Gambar 4.1	<i>Single line diagram</i> jaringan M. 87 pada ETAP 11.0.0 tanpa gardu sisipan .....	47
Gambar 4.2	Pengaturan transmisi pada simulasi .....	48
Gambar 4.3	Pengaturan kapasitas busbar .....	49
Gambar 4.4	Pengaturan kabel (penghantar) .....	50
Gambar 4.5	Pengaturan trafo distribusi M. 87 .....	51
Gambar 4.6	Pengaturan pembebanan jurusan di M. 87 .....	52
Gambar 4.7	Hasil simulasi gardu M. 87 tanpa gardu sisipan .....	53
Gambar 4.8	<i>Alert View</i> simulasi M. 87 tanpa gardu sisipan .....	54
Gambar 4.9	Grafik perbandingan rugi daya (kW) perhitungan dan simulasi ETAP 11.0.0 .....	56
Gambar 4.10	Grafik perbandingan persentase drop tegangan (% V <sub>rugi</sub> ) perhitungan dan simulasi ETAP 11.0.0 .....	57

Gambar 4.11	<i>Single line diagram</i> gardu distribusi M. 87 tanpa gardu sisipan .....	62
Gambar 4.12	<i>Single line diagram</i> gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 70% : 30%) .....	62
Gambar 4.13	<i>Single line diagram</i> gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 60% : 40%) .....	63
Gambar 4.14	<i>Single line diagram</i> gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 50% : 50%) .....	63
Gambar 4.15	<i>Single line diagram</i> gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 40% : 60%) .....	64
Gambar 4.16	<i>Single line diagram</i> gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 30% : 70%) .....	64
Gambar 4.17	<i>Single line diagram</i> M. 87 dengan gardu sisipan di ETAP 11.0.0 .....	66
Gambar 4.18	Simulasi rencana gardu M. 87 dengan gardu sisipan Pada ETAP 11.0.0 .....	67
Gambar 4.19	Grafik perbandingan rugi daya (kW) simulasi tanpa dan Dengan gardu sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	70
Gambar 4.20	Grafik perbandingan drop tegangan (% V <sub>rugi</sub> ) simulasi M. 87 tanpa dan dengan gardu sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	71

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data panjang penghantar jurusan di M. 87 .....	31
Tabel 3.2 Data hasil pengukuran arus saat waktu beban puncak (WBP) pada gardu distribusi M. 87 .....	33
Tabel 3.3 Data hasil pengukuran tegangan saat waktu beban puncak (WBP) pada gardu distribusi M. 87 .....	33
Tabel 3.4 Data resistansi dan reaktansi kabel penghantar yang digunakan (berdasarkan SPLN 42-10:1993) .....	34
Tabel 3.5 KHA kabel pilin udara pada suhu keliling maksimum 30° C (Berdasarkan PUIL 2000) .....	34
Tabel 4.1 Hasil perhitungan pada gardu distribusi M. 87 .....	45
Tabel 4.2 Data hasil <i>P<sub>loss</sub></i> dan drop tegangan M.87 di simulasi ETAP 11.0.0 .....	54
Tabel 4.3 Data persentase pembebanan perhitungan dan simulasi ETAP 11.0.0 .....	55
Tabel 4.4 Data rugi daya perhitungan dan simulasi ETAP 11.0.0 .....	56
Tabel 4.5 Data persentase drop tegangan perhitungan dan simulasi ETAP 11.0.0 .....	57
Tabel 4.6 Data perbandingan persentase pembebanan gardu sisipan dan persentase pembebanan M. 87 setelah dialihkan .....	60
Tabel 4.7 Data hasil simulasi rugi daya dan drop tegangan di M. 87 tanpa dan dengan gardu sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	68
Tabel 4.8 Data rugi daya simulasi M. 87 tanpa dan dengan gardu sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	69
Tabel 4.9 Data persentase drop tegangan simulasi M. 87 tanpa dan dengan gardu sisipan pada ETAP 11.0.0 .....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Lembar Kesepakatan Bimbingan Laporan Akhir
- Lampiran 2 : Lembar Konsultasi
- Lampiran 3 : Lembar Rekomendasi Ujian Laporan Akhir
- Lampiran 4 : Surat Pemberitahuan Magang ke-2
- Lampiran 5 : Surat Pernyataan Magang dan Pengambilan Data
- Lampiran 6 : Data Gardu Distribusi M. 87
- Lampiran 7 : Data Pengukuran Beban Trafo Gardu Distribusi
- Lampiran 8 : *Single Line* Penyulang Cungkediro
- Lampiran 9 : Mapsource JTR Gardu Distribusi M. 87
- Lampiran 10 : *Single Line* Gardu Distribusi M. 87 (pada visio)
- Lampiran 11 : Gambar lembar kerja simulasi gardu distribusi M. 87 pada ETAP 11.0.0
- Lampiran 12 : Hasil pada ETAP 11.0.0 tentang simulasi gardu distribusi M. 87
- Lampiran 13 : Gambar lembar kerja simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 70% : 30%) pada ETAP 11.0.0
- Lampiran 14 : Hasil pada ETAP 11.0.0 tentang simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 70% : 30%) di ETAP 11.0.0
- Lampiran 15 : Gambar lembar kerja simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 60% : 40%) pada ETAP 11.0.0
- Lampiran 16 : Hasil pada ETAP 11.0.0 tentang simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 60% : 40%) di ETAP 11.0.0
- Lampiran 17 : Gambar lembar kerja simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 50% : 50%) pada ETAP 11.0.0
- Lampiran 18 : Hasil pada ETAP 11.0.0 tentang simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 50% : 50%) di ETAP 11.0.0
- Lampiran 19 : Gambar lembar kerja simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 40% : 60%) pada ETAP 11.0.0
- Lampiran 20 : Hasil pada ETAP 11.0.0 tentang simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 40% : 60%) di ETAP 11.0.0
- Lampiran 21 : Gambar lembar kerja simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 30% : 70%) pada ETAP 11.0.0
- Lampiran 22 : Hasil pada ETAP 11.0.0 tentang simulasi gardu distribusi M. 87 dengan gardu sisipan (perbandingan 30% : 70%) di ETAP 11.0.0