

KOORDINASI WAKTU PENGISIAN DAYA *PLUG-IN ELECTRIC VEHICLE (PEV)* PADA JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK UNTUK MINIMALISASI RUGI-RUGI DAYA DAN DEVIASI TEGANGAN

TESIS

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
MINAT SISTEM TENAGA LISTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



LUTFIR RAHMAN ALIFFIANTO
NIM. 176060300111015

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2021

TESIS

KOORDINASI WAKTU PENGISIAN DAYA *PLUG-IN ELECTRIC VEHICLE (PEV)* PADA JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK UNTUK MINIMALISASI RUGI-RUGI DAYA DAN DEVIASI TEGANGAN

LUTFIR RAHMAN ALIFFIANTO
NIM. 176060300111015

telah dipertahankan di depan penguji
pada Tanggal **23 Juli 2021**
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar **Magister Teknik**

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. Dr. Ir. Harry Soekotjo Dachlan, M.Sc.

Malang, **28 JUL 2021**

Universitas Brawijaya

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro

Pt. Ketua Jurusan Teknik Elektro



M. AZEK MUSHIM, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197412032000121001

JUDUL TESIS :

**KOORDINASI WAKTU PENGISIAN DAYA *PLUG-IN ELECTRIC VEHICLE (PEV)*
PADA JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK UNTUK MINIMALISASI RUGI-RUGI
DAYA DAN DEVIASI TEGANGAN**

Nama Mahasiswa : Lutfir Rahman Aliffianto
NIM : 176060300111015
Program Studi : Program Magister Teknik Elektro
Minat : Sistem Tenaga Listrik

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
Anggota : Dr. Ir. Harry Soekotjo Dachlan, M.Sc.

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.
Dosen Penguji 2 : Ir. Wijono, M.T., Ph.D.
Tanggal Ujian : 23 Juli 2021
SK Penguji : 1238 Tahun 2021

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan Saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran Saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, Saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 27 Juli 2021

Mahasiswa.



Nama : **LUTFIR RAHMAN ALIFFIANTO**

NIM : **176060300111015**

PM : **TEKNIK ELEKTRO**

PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

*Karya ilmiah ini kutujukan kepada
Ayahanda dan Ibunda tercinta,
dan adikku tersayang*

RINGKASAN

Lutfir Rahman Aliffianto, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2021, *Koordinasi Waktu Pengisian Daya Plug-In Electric Vehicle (PEV) Pada Jaringan Distribusi Listrik Untuk Minimalisasi Rugi-Rugi Daya Dan Deviasi Tegangan*, Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T.,M.T.,Ph.D.,IPU.,ASEAN Eng. dan Dr. Ir. Harry Soekotjo Dachlan, M.Sc.

Plug-in Electric Vehicle (PEV) adalah kendaraan dengan penggerak berupa motor listrik dan mendapat sumber energi dari baterai yang dapat diisi ulang. Aktivitas pengisian daya PEV (*grid-to-vehicle*, atau G2V) dapat menimbulkan resiko pada sistem distribusi ketika PEV diinjeksikan pada sistem. Pengisian PEV pada sistem distribusi akan menyebabkan permintaan daya listrik bertambah. Tanpa sistem koordinasi pengisian yang tepat dan optimal pada banyak PEV yang ada pada sistem jaringan distribusi, masalah-masalah teknis berikut akan muncul pada jaringan seperti : terjadinya beban puncak yang tidak biasanya dan tidak diinginkan dalam konsumsi daya, terjadinya *voltage sag*, pembebanan lebih pada transformator atau pada konduktor, serta terjadinya rugi-rugi sistem daya yang tinggi pada sistem distribusi. Dalam penelitian ini membahas tentang optimisasi penjadwalan kooordinasi pengisian daya PEV dalam sistem distribusi dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya dan deviasi tegangan. Pada penelitian ini untuk optimisasi koordinasi pengisian daya PEV menggunakan metode metaheuristik yaitu *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)* dan dibandingkan dengan metode *Binary Grey Wolves Optimization (BGWO)*. Skema ini disimulasikan pada sistem distribusi 20kV Penyulang Pujon di Malang, Indonesia. Hasil simulasi awal saat kasus keadaan beban terbanyak yaitu penetrasi PEV 80 persen, nilai kenaikan rugi-rugi daya sebesar 54,51 persen dan deviasi tegangan sebesar 9,82 persen. Dengan menggunakan metode BPSO kenaikan rugi-rugi daya menjadi sebesar 27,2 persen dan deviasi tegangan sebesar 7,75 persen. Sedangkan dengan menggunakan metode BGWO kenaikan rugi-rugi daya menjadi sebesar 31,09 persen dan deviasi tegangan sebesar 7,98 persen.

Kata Kunci : *plug-in electric vehicle, charging coordination; sistem distribusi, rugi daya listrik*

SUMMARY

Lutfir Rahman Aliffianto, *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2021, Coordination of Charging Time Plug-in Electric Vehicles (PEV) in Electric Distribution Networks to Minimize Power Losses and Voltage Deviations, Academic Supervisor : Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T.,M.T.,Ph.D.,IPU.,ASEAN Eng. and Dr. Ir. Harry Soekotjo Dachlan, M.Sc.*

Plug-in Electric Vehicle (PEV) is a vehicle with a drive in the form of an electric motor and gets its energy source from a rechargeable battery. PEV (grid-to-vehicle, or G2V) charging activity can pose a risk to the distribution system when PEV is injected into the system. Charging PEV in the distribution system will cause the demand for electrical power to increase. Without a proper and optimal charging coordination system for the many PEVs that exist in the distribution network system, the following technical problems will arise in the network such as: occurrence of unusual and unwanted peak loads in power consumption, voltage sag, transformers or conductors overload, as well as the occurrence of high power system losses in the distribution system. This study discusses the optimization of PEV charging coordination scheduling in a distribution system by considering power losses and voltage deviations. To optimize the coordination of PEV charging, this study used a metaheuristic method called the Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) which was then compared with the Binary Gray Wolves Optimization (BGWO) method. This scheme is simulated on the 20kV Pujon Feeder distribution system in Malang, Indonesia. The initial simulation results, at the time when the most loads were presented, showed 80 percent of PEV penetration, increase in power losses of 54.51 percent and voltage deviation of 9.82 percent. By using the BPSO method, the results showed power loss increase of 27.2 percent and voltage deviation of 7.75 percent. Meanwhile, by using the BGWO method the increase in power losses was 31.09 percent and the voltage deviation was 7.98 percent.

Keywords : plug-in electric vehicle, charging coordination, distribution network, power loss

PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Koordinasi Waktu Pengisian Daya *Plug-In Electric Vehicle* (PEV) Pada Jaringan Distribusi Listrik Untuk Minimalisasi Rugi-Rugi Daya Dan Deviasi Tegangan” dengan baik. Tesis ini disusun untuk menyelesaikan Studi Magister di Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penyusunan tesis ini, tidak sedikit hambatan yang dihadapi penulis. Namun penulis menyadari bahwa kelancaran dalam penyusunan tesis ini tidak lain berkat bantuan, dorongan, serta bimbingan orang tua, dosen pembimbing, dan juga berbagai pihak sehingga kendala-kendala yang penulis hadapi dapat teratasi.

Penyusunan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, semua karena keterbatasan wawasan penulis. Penulis menyadari bahwa makalah ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Namun, penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat yang lebih luas bagi para pembaca khususnya bagi yang akan melakukan penelitian lanjutan.

Malang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Electric Vehicle	5
2.2.1 Hybrid Electric Vehicle (HEV)	6
2.2.2 Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV).....	8
2.2.3 Plug-in Electric Vehicle (PEV).....	9
2.3 PEV <i>Charging Stations</i>	9
2.4 Mode Pengisian Daya PEV	11
2.5 Sistem Distribusi Jaringan Listrik	13
2.5.1 Gardu Induk	13
2.5.2 Sistem Distribusi Primer	14
2.5.3 Transformator Distribusi.....	14
2.5.4 Sistem Distribusi Sekunder.....	15
2.6 Analisis Aliran Daya	15
2.6.1 Analisis Aliran Daya Metode Newton Raphson	17
2.7 Algoritma	19
2.7.1 Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	20
2.7.2 Algoritma <i>Grey Wolves Optimization</i>	22
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN	25
3.1 Kerangka Penelitian	25
3.2 Variabel Penelitian	27
3.3 Hipotesis.....	27
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	29
4.1 Metodologi Penelitian	29
4.2 Analisis Aliran Daya	30
4.3 Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV pada Jaringan Distribusi Listrik. 32	
4.3.1 Fungsi Objektif	32
4.3.2 Batasan Dalam Proses Optimisasi (Constraints)	33
4.4 Algoritma <i>Binary Particle Swarm Optimization</i> (BPSO).....	34
4.5 Rancangan Diagram Alir Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV Metode <i>Binary Particle Swarm Optimization</i>	35
4.6 Algoritma <i>Binary Grey Wolves Optimization</i> (BGWO)	38

4.7	Rancangan Diagram Alir Optimisasi Pengisian Daya PEV Metode <i>Binary Grey Wolves Optimization</i>	39
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		43
5.1	Lokasi Penelitian	43
5.2	Data Sistem Distribusi Penyulang Pujon	45
5.3	Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV	47
5.3.1	Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV Dalam Tiga Interval Kondisi Pembebanan.....	48
5.3.2	Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV Dalam Interval Waktu 24 Jam.....	49
5.4	Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV	53
5.5	Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya <i>PEV</i> dengan Algoritma <i>Binary Particle Swarm Optimization</i>	56
5.6	Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya <i>PEV</i> dengan Algoritma <i>Binary Grey Wolf Optimization</i>	60
5.7	Analisis Perbandingan Algoritma BPSO dan BGWO	65
BAB VI PENUTUP.....		69
6.1	Kesimpulan.....	69
6.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA		71

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Mode pengisian daya PEV berdasarkan standard IEC 61851-1.....	11
Tabel 2.2	Mode pengisian daya PEV berdasarkan standard SAE J1772.....	12
Tabel 2.3	Perbedaan model dan teknologi PEV	12
Tabel 4.1	Representasi Algoritma BPSO dalam proses optimisasi koordinasi pengisian daya PEV	35
Tabel 4.2	Representasi Algoritma BGWO dalam proses optimisasi koordinasi pengisian daya PEV.....	38
Tabel 5.1	Perbandingan Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV Dalam 3 Interval Kondisi Pembebanan	48
Tabel 5.2	Nilai Parameter BPSO	57
Tabel 5.3	Nilai Parameter BGWO	61
Tabel 5.4	Hasil Perbandingan Algoritma BPSO dan BGWO	67

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Tipe-tipe Electric Vehicle (EV).....	6
Gambar 2.2	Sistem penggerak HEV Seri	6
Gambar 2.3	Sistem penggerak HEV Paralel.....	7
Gambar 2.4	Sistem penggerak HEV Hybrid (seri-paralel).	7
Gambar 2.5	Sistem penggerak PHEV Seri.....	8
Gambar 2.6	Sistem penggerak PHEV Seri-paralel.....	8
Gambar 2.7	Sistem Penggerak Electric Vehicle	9
Gambar 2.8	<i>Charging stations</i> milik PLN	10
Gambar 2.9	<i>Charging stations</i> milik BPPT	11
Gambar 3.1	Kerangka konsep penelitian	26
Gambar 4.1	Diagram alir metodologi penelitian	29
Gambar 4.2	Diagram alir analisis aliran daya Newton Raphson	42
Gambar 4.3	Diagram alir optimisasi koordinasi pengisian daya PEV metode BPSO.....	36
Gambar 4.4	Diagram alir optimisasi koordinasi pengisian daya PEV metode BGWO.....	40
Gambar 5.1	<i>Single line</i> diagram Gardu Induk Sengkaling	43
Gambar 5.2	<i>Single line</i> diagram Penyulang Pujon	44
Gambar 5.3	Profil tegangan bus dalam tiga kondisi pembebanan	49
Gambar 5.4	Diagram alir proses simulasi beban eksisting dalam interval waktu 24 jam	50
Gambar 5.5	Total rugi-rugi daya pada sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam	52
Gambar 5.6	Total daya pembebanan pada sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam	52
Gambar 5.7	Tegangan pada sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam.	53
Gambar 5.8	Total rugi-rugi daya pada sistem eksisting saat adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam	55
Gambar 5.9	Total daya pembebanan pada sistem eksisting saat adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam	55

Gambar 5.10	Tegangan pada sistem eksisting saat adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam	55
Gambar 5.11	Total rugi-rugi daya dengan algoritma BPSO	57
Gambar 5.12	Total rugi-rugi daya penetrasi 20% dengan algoritma BPSO	58
Gambar 5.13	Total rugi-rugi daya penetrasi 40% dengan algoritma BPSO	58
Gambar 5.14	Total rugi-rugi daya penetrasi 60% dengan algoritma BPSO	58
Gambar 5.15	Total rugi-rugi daya penetrasi 80% dengan algoritma BPSO	59
Gambar 5.16	Total daya Pembebanan dengan algoritma BPSO	59
Gambar 5.17	Tegangan pada sistem dengan algoritma BPSO	59
Gambar 5.18	Total rugi-rugi daya dengan algoritma BGWO	61
Gambar 5.19	Total rugi-rugi daya penetrasi 20% dengan algoritma BGWO	62
Gambar 5.20	Total rugi-rugi daya penetrasi 40% dengan algoritma BGWO	62
Gambar 5.21	Total rugi-rugi daya penetrasi 60% dengan algoritma BGWO	62
Gambar 5.22	Total rugi-rugi daya penetrasi 80% dengan algoritma BGWO	63
Gambar 5.23	Total daya Pembebanan dengan algoritma BGWO	63
Gambar 5.24	Tegangan pada sistem dengan algoritma BGWO	63
Gambar 5.25	Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 20%.	65
Gambar 5.26	Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 40%.	65
Gambar 5.27	Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 60%.	66
Gambar 5.28	Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 80%.	66

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran A.	<i>Single Line Diagram</i>	73
Lampiran A.1	<i>Single Line Diagram</i> Gardu Induk Sengkaling	74
Lampiran A.2	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Pujon	75
Lampiran A.3	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Pujon Menggunakan ETAP 12.6.0.	76
Lampiran B	Karakteristik Saluran dan Data Pembebanan Penyulang Pujon	77
Lampiran B.1	Kapasitas Transformator dan Beban Penyulang Pujon	78
Lampiran B.2	Karakteristik Saluran Penyulang Pujon	80
Lampiran C.	Hasil Perhitungan Karakteristik Saluran dan Hasil Perhitungan Pembebanan Penyulang Pujon dalam per unit	83
Lampiran C.1	Hasil Perhitungan Resistansi dan Reaktansi dalam Satuan per unit	84
Lampiran C.2	Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Reaktif untuk Beban Minimum dalam Satuan per unit	87
Lampiran C.3	Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Reaktif untuk Beban Rata-Rata dalam Satuan per unit	89
Lampiran C.4	Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Reaktif untuk Beban Maksimum dalam Satuan per unit	91
Lampiran D	Hasil Perhitungan Aliran Daya	93
Lampiran D.1	Hasil Perhitungan Aliran Daya untuk beban minimum	94
Lampiran D.2	Hasil Perhitungan Aliran Daya untuk beban rata-rata	97
Lampiran D.3	Hasil Perhitungan Aliran Daya untuk beban maksimum	100
Lampiran D.4	Hasil analisis aliran daya sistem eksisting sebelum penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam	103
Lampiran D.5	Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 20%.	106
Lampiran D.6	Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 40%.	109
Lampiran D.7	Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 60%.	113

Lampiran D.8 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 80%	116
Lampiran D.9 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 20%	119
Lampiran D.10 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 40%	123
Lampiran D.11 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 60%	126
Lampiran D.12 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 80%	130
Lampiran D.13 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 20%	133
Lampiran D.14 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 40%	136
Lampiran D.15 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 60%	140
Lampiran D.16 Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 80%	143
Lampiran E <i>Script</i> MATLAB	149
Lampiran E.1 <i>Script</i> untuk menghitung rugi daya pada kondisi beban maksimum ..	131
Lampiran E.2 <i>Script</i> algoritma BPSO	153
Lampiran E.2 <i>Script</i> algoritma BGWO	167

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plug-in Electric Vehicle (PEV) adalah kendaraan dengan penggerak berupa motor listrik dan mendapat sumber energi dari baterai yang dapat diisi ulang. Oleh karena itu, kendaraan ini dalam pengoperasiannya menghasilkan emisi yang rendah sehingga dapat mengurangi polusi. PEV bisa menjadi pilihan yang lebih menjanjikan sebagai salah satu cara untuk mengurangi emisi *green house gases (GHGs)*. Selain itu, biaya operasional harian PEV yang lebih rendah dibandingkan kendaraan konvensional dengan *internal combustion engine* telah menarik perhatian pengguna kendaraan (Browne et al., 2014, p.2). Pada dekade terakhir ini, kendaraan PEV telah berkembang menjadi industri yang sangat substansial pada negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, dan Eropa. Beberapa merk ternama pembuat kendaraan juga sudah mulai memasarkan secara global beberapa tipe *plug-in electric vehicle (PEV)* kepada masyarakat Indonesia.

Pada dasarnya PEV memanfaatkan kapasitas baterai yang besar dan membutuhkan pengisian daya untuk menyediakan energi yang cukup sebagai sumber energi motor listrik berdaya tinggi. Baterai PEV dapat diisi daya di rumah atau lokasi komersial lainnya melalui *charging stations* di fasilitas umum (Clement-Nyns, 2010, p.5). PEV dianggap sebagai beban listrik tambahan pada sistem distribusi. Aktivitas pengisian daya PEV (*grid-to-vehicle*, atau G2V) dapat menimbulkan resiko pada sistem distribusi ketika PEV diinjeksikan pada sistem. Pengisian PEV pada sistem distribusi akan menyebabkan permintaan daya listrik bertambah. Tanpa sistem koordinasi pengisian yang tepat dan optimal pada banyak PEV yang ada pada sistem jaringan distribusi, masalah-masalah teknis berikut akan muncul pada jaringan seperti : terjadinya beban puncak yang tidak biasanya dan tidak diinginkan dalam konsumsi daya, terjadinya *voltage sag*, pembebanan lebih pada transformator atau pada konduktor, serta terjadinya rugi-rugi sistem daya yang tinggi pada sistem distribusi (Deilami et al., 2011, p.456). Oleh karena itu, sistem koordinasi pengisian daya PEV yang optimal sangat diperlukan untuk menghindari masalah-masalah tersebut.

Untuk mengatasi masalah-masalah ketika PEV diinjeksikan pada sistem distribusi, peningkatan kapasitas pembangkit listrik adalah salah satu solusi yang layak tetapi tidak ekonomis karena terlalu besarnya biaya infrastruktur yang dibutuhkan. Solusi lain yang tersedia adalah penyebaran *smart grid* yang dapat meningkatkan keandalan sistem dengan

mengoordinasikan operasi pengisian PEV. Dalam beberapa penelitian juga telah membahas masalah pengisian daya PEV yang terkoordinasi dengan tujuan yang berbeda seperti berikut: Optimisasi pengisian PEV dengan metode rekonfigurasi jaringan disitribusi eksisting dilakukan oleh Naidu, Muhammad, Mokhlis, Sufyan, dan Amin (2019); Koordinasi pengisian daya PEV untuk minimalisasi rugi-rugi daya dan meningkatkan kestabilan tegangan dengan metode algoritma *Real Time Smart Load Management* yang diteliti oleh Deilami, Masoum, Moses, dan Masoum (2011); Optimisasi penjadwalan pengisian daya PEV menggunakan metode heuristik berupa *genetic algorithm* yang penelitiannya dilaksanakan oleh Alonso, Amaris, Germain, dan Galan (2014). Berdasarkan beberapa literatur di atas, banyak aspek masalah koordinasi PEV dalam sistem distribusi telah dibahas. Namun, hanya beberapa penelitian yang melakukan analisa rugi-rugi daya dan kestabilan tegangan sebagai permasalahan yang dibahas sekaligus. Selain itu, sejauh pengetahuan penulis penelitian tesis ini, belum ada penelitian yang dilakukan untuk analisa rugi-rugi daya sekaligus deviasi tegangan di jaringan distribusi selama pengisian daya PEV dengan mempertimbangkan optimisasi penjadwalan pengisian daya PEV menggunakan metode metaheuristik.

Fokus dalam penelitian ini membahas tentang optimisasi penjadwalan koordinasi pengisian daya PEV dalam sistem distribusi dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya dan deviasi tegangan. Koordinasi pengisian daya PEV ini memanfaatkan pengaturan waktu pengisian daya PEV pada sistem distribusi. Pada penelitian ini untuk optimisasi koordinasi pengisian daya PEV menggunakan metode metaheuristik yaitu *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) dan dibandingkan dengan metode *Binary Grey Wolves Optimization* (BGWO). Kedua metode tersebut termasuk dalam *swarm based algorithms*. Algoritma ini dipilih karena adanya sifat *uncertainty* dalam proses optimisasi waktu penjadwalan pengisian daya PEV yang dilakukan oleh pengguna PEV yang tidak pasti kapan waktu melakukan pengisian daya mobil listriknya. BPSO dipilih dalam penelitian ini karena sifat dari solusi yang diperlukan. BPSO memberikan solusi akhir dalam bentuk biner "1" atau "0", yang masing-masing mengindikasikan kondisi *charging* dan *off-charging* pada proses pengisian daya PEV. Algoritma BGWO dipilih juga dalam penelitian ini karena sifat solusi yang hamper sama disajikan dengan metode BPSO. Pada intinya, penggunaan kedua algoritma ini bertujuan untuk mendapatkan solusi optimal dalam memperbaiki kualitas daya serta diharapkan memberi dampak positif saat adanya penetrasi beban PEV dalam sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan yang dibahas yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penetrasi PEV terhadap performansi jaringan saat ini tanpa adanya koordinasi pengisian daya PEV ?
2. Bagaimana pengaruh penetrasi PEV terhadap rugi-rugi daya dan profil tegangan pada jaringan setelah penerapan metode BPSO untuk optimisasi pengaturan waktu pengisian daya PEV ?
3. Bagaimana pengaruh penetrasi PEV terhadap rugi-rugi daya dan profil tegangan pada jaringan setelah penerapan metode BGWO untuk proses optimisasi pengaturan waktu pengisian daya PEV dalam sistem distribusi ?

1.3 Batasan Masalah

Penyusunan penelitian ini menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem kelistrikan yang digunakan sebagai kasus penyelesaian penelitian ini menggunakan sistem distribusi GI Sengkaling Penyulang Pujon, Malang.
2. Beban jenis kendaraan listrik dianggap sama, yaitu Nissan Leaf dengan spesifikasi kapasitas baterai 40 kWh, daya pengisian maksimum yang dibutuhkan 3,6 kW.
3. Profil beban mode pengisian daya PEV dalam proses pengisian daya diasumsikan sama, yaitu menggunakan Mode 1 pengisian daya PEV berdasarkan standard IEC 61851-1 yaitu dengan tegangan 230 VAC dan arus maksimum 16 A.
4. Perancangan algoritma optimisasi menggunakan *software* MATLAB.
5. Koordinasi proteksi sistem diabaikan.
6. Pada penelitian ini tidak mempertimbangkan tentang analisis biaya.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh penetrasi PEV yang masuk ke dalam sistem distribusi eksisting.
2. Mengetahui rancangan algoritma optimisasi untuk koordinasi pengisian daya PEV dalam sistem distribusi eksisting dengan menggunakan metode BPSO.
3. Mengetahui rancangan algoritma optimisasi untuk koordinasi pengisian daya PEV dalam sistem distribusi eksisting dengan menggunakan metode BGWO.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini mengenai analisis integrasi alat pengisian daya PEV dengan jaringan sistem distribusi listrik yaitu:

1. Mendapatkan strategi yang optimal dalam proses integrasi antara pengisian daya PEV dengan sistem distribusi listrik eksisting.
2. Sebagai sarana untuk mendukung usaha pemerintah khususnya dalam Program Manual Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) tahun 2018 – 2019 yang dilakukan oleh Balai Besar Teknologi Konversi Energi (BBTKE) di bidang Inovasi Teknologi Sistem Charging Mobil Listrik.
3. Sebagai media informasi yang dapat digunakan untuk penelitian yang akan dikembangkan selanjutnya dengan berbagai variasi metode yang dapat diterapkan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Plug-in Electric Vehicle (PEV) mulai diimplementasikan sebagai salah satu solusi untuk mengatasi kondisi lingkungan seperti perubahan iklim ekstrim dimana sering dihubungkan dengan *emisi green house gases (GHGs)* yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Namun demikian, aktivitas pengisian PEV (*grid-to-vehicle*, atau G2V) dapat menimbulkan resiko pada sistem distribusi ketika PEV diinjeksikan pada sistem.

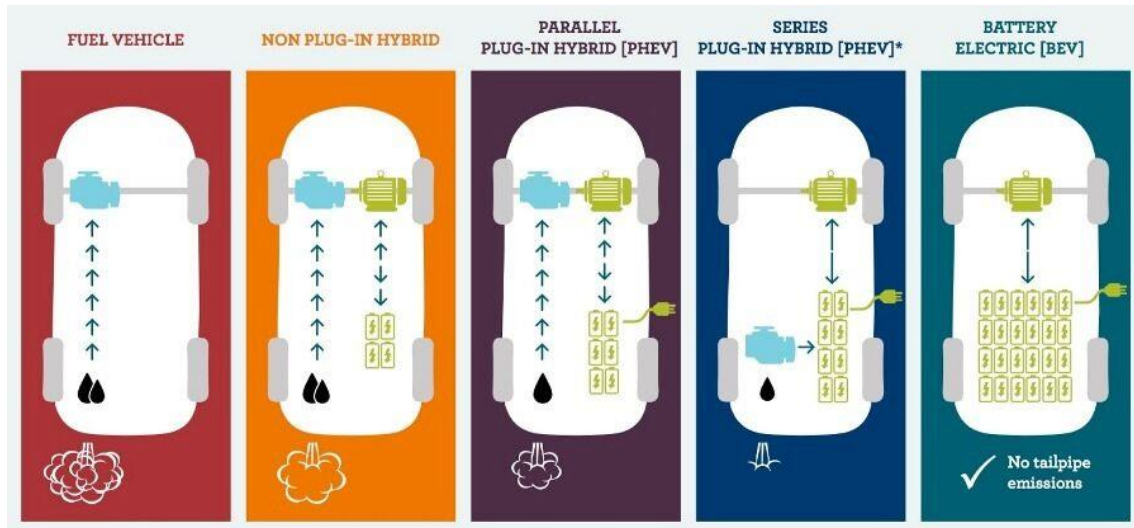
Kongjeen, 2018 melakukan penelitian berkaitan dengan dampak integrasi *PEV* pada sistem distribusi listrik dan mengkonfirmasi bahwa analisis pada model beban *PEV* yang terintegrasi memiliki dampak lebih rendah pada jaringan listrik jika dibandingkan dengan yang tidak terkordinasi.

Saelee, 2016 menjelaskan bahwa *PEV charging station* sedang dibangun untuk menambah jangkauan dan daya tarik transportasi listrik. Jumlah beban elektrik yang berpotensi besar itu juga akan menimbulkan permasalahan tambahan bagi jaringan. Dan penempatan titik *PEV charging station* yang dipertimbangkan dengan baik akan sangat membantu menstabilkan tegangan pada jaringan sistem distribusi.

Deilami, 2011 melakukan penelitian tentang koordinasi pengisian daya PEV dengan metode algoritma *Real Time Smart Load Management* dapat minimalisasi rugi-rugi daya dan meningkatkan kestabilan tegangan. *Real Time Smart Load Management (RT-SLM)* diusulkan untuk meningkatkan kinerja smart grid dengan penetrasi PEV yang tinggi. RT-SLM dirancang untuk koordinasi *real time* dari kedatangan dan keberangkatan PEV secara acak dalam jaringan listrik beban perumahan. RT-SLM mengalokasikan PEV untuk pengisian sesegera mungkin dalam zona waktu pengisian prioritas dengan tujuan utama yaitu mempertahankan profil tegangan.

2.2 Electric Vehicle

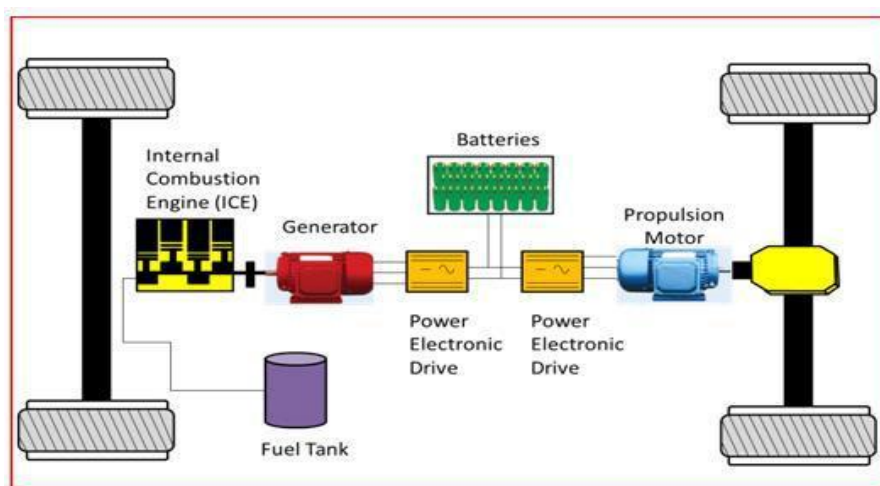
Electric Vehicle (EV) mulai banyak digunakan saat ini karena menghasilkan emisi yang rendah, biaya operasi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil dan lebih hemat energi. *Electric Vehicle (EV)* dapat dikategorikan ke dalam *Hybrid Electric Vehicles (HEVs)*, *Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs)* dan *all-Electric Vehicles (EVs)*. Untuk jenis-jenis *electric vehicle* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tipe-tipe Electric Vehicle (EV).
 Sumber : Kementerian ESDM (2019,p.24).

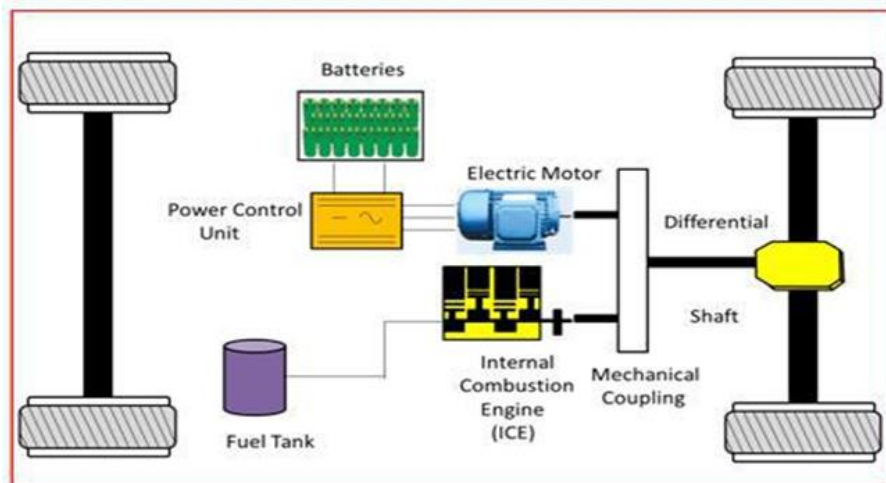
2.2.1 Hybrid Electric Vehicle (HEV)

HEVs secara umum dapat diklasifikasikan sebagai HEV seri, HEV paralel dan HEV hybrid (gabungan seri-paralel) seperti yang ditunjukkan masing-masing pada Gambar 2.2 sampai Gambar 2.4. Di dalam mekanisme HEV, daya traksi diberikan oleh motor listrik, sedangkan *Internal Combustion Engine* (ICE) menggerakkan generator listrik yang menghasilkan daya untuk mengisi baterai dan kemudian menggerakkan motor listrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sistem penggerak HEV Seri.
 Sumber : Gaurav & Manimaran (2015,p.9).

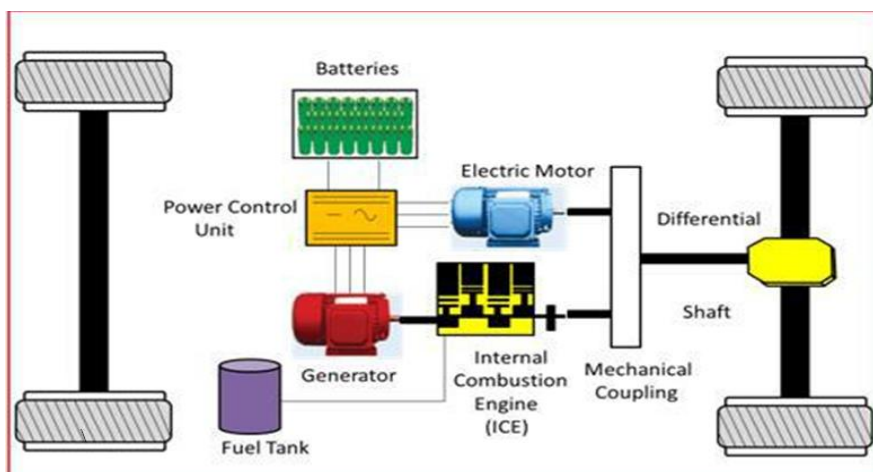
Pada Gambar 2.3 menunjukkan HEV paralel di mana mesin dan motor listrik digabungkan untuk menggerakkan kendaraan yang memungkinkan operasi simultan ICE dan motor untuk kecepatan tinggi.



Gambar 2.3 Sistem penggerak HEV Paralel.

Sumber : Gaurav & Manimaran (2015,p.10).

Pada Gambar 2.4 menunjukkan konfigurasi HEV Hybrid seri-paralel di mana dua mesin listrik digunakan untuk menyediakan jalur paralel dan seri untuk daya. Ini berarti bahwa ICE dapat digunakan untuk menggerakkan kendaraan bersama-sama dengan motor, atau digunakan untuk menghasilkan listrik untuk disimpan dalam baterai, tergantung pada kondisi dan pengaturan.

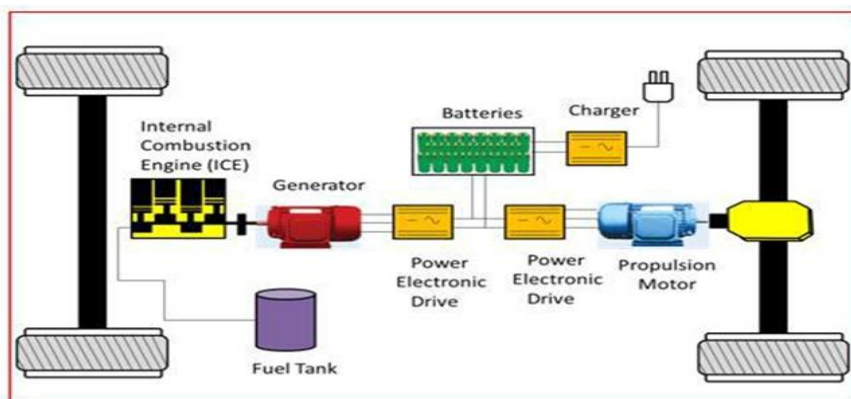


Gambar 2.4 Sistem penggerak HEV Hybrid (seri-paralel).

Sumber : Gaurav & Manimaran (2015,p.10).

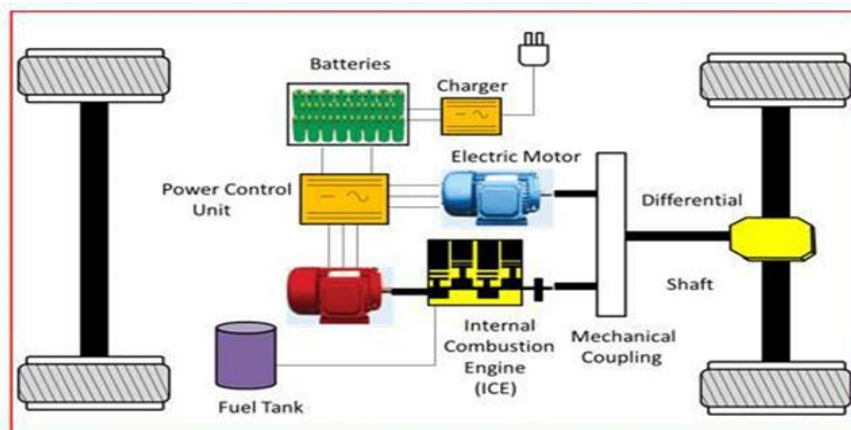
2.2.2 Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV)

Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV) pada dasarnya adalah HEV dengan tambahan fitur untuk mengisi ulang sistem penyimpanan energinya dari jaringan listrik eksisting (Markel dan Simpson, 2006). PHEV memiliki sistem penyimpanan energi yang dapat diisi daya eksternal dan dapat berjalan lebih lama dari HEV biasa hanya dengan mengandalkan motor listrik serta dapat menghasilkan penghematan bahan bakar yang lebih baik. Sama seperti HEV, PHEVs dapat memiliki konfigurasi seri, paralel dan seri-paralel. Pada Gambar 2,5 dan Gambar 2.6 masing-masing menunjukkan PHEV dengan konfigurasi seri dan seri-paralel.



Gambar 2.5 Sistem penggerak PHEV Seri.

Sumber : Gaurav & Manimaran (2015,p.11).

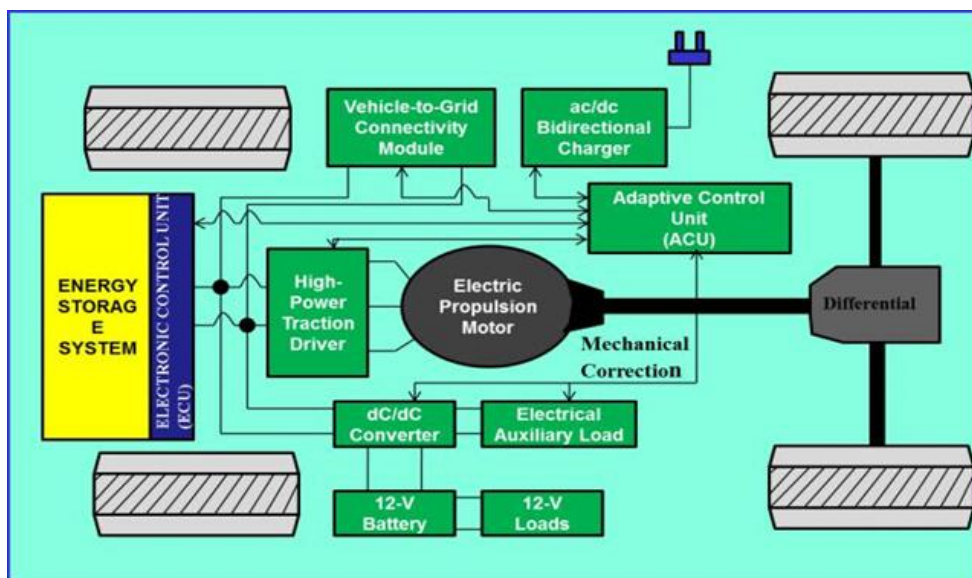


Gambar 2.6 Sistem penggerak PHEV Seri-Paralel.

Sumber : Gaurav & Manimaran (2015,p.12).

2.2.3 Plug-in Electric Vehicle (PEV)

Plug-in Electric Vehicle (PEV) memiliki sistem penggerak yang sepenuhnya berupa peralatan listrik. Sistem penggerak ini ditunjukkan pada Gambar 2.7. Tidak seperti HEV dan PHEV, PEV tidak memiliki ICE untuk memasok daya tambahan. Bahan bakar utama pada EV ini hanya bergantung pada baterai dan energi yang berasal dari jaringan listrik. Dan sistem pengisian daya kendaraan canggih ini diperkirakan akan mempengaruhi jaringan distribusi listrik.



Gambar 2.7 Sistem Penggerak Electric Vehicle.

Sumber : Gaurav & Manimaran (2015,p.12).

Suplai bahan bakar utama untuk PEV ini berupa tegangan dan arus yang kebutuhan energinya tergantung pada ukuran baterai. Informasi spesifikasi teknis tentang PEV berguna untuk menentukan permintaan daya yang diperlukan oleh PEV. Diperkirakan bahwa satu PEV dapat menambah konsumsi listrik rumah tangga sebesar 50%. Beberapa PEV mengkonsumsi daya lebih dari 5 kW yang lebih besar daripada beban perumahan pada umumnya dan konsumsi daya ini terus bertambah hingga 10 jam tergantung pada status pengisian daya baterai PEV. Konsumsi daya ini diperlukan untuk PEV yang diisi menggunakan charger tipe *slow charging*.

2.3 PEV Charging Stations

PEV charging stations adalah perangkat untuk transfer energi listrik dari jaringan sistem distribusi ke kendaraan listrik. Pada saat proses pengisian baterai juga terjadi komunikasi dan pertukaran data informasi yang memungkinkan untuk pengidentifikasian pola pelanggan dan penjadwalan pengisian berdasarkan biaya tarif listrik. Stasiun pengisian

daya dapat dipasang di tempat yang berbeda, namun tempat pertama yang harus dipertimbangkan adalah rumah dan tempat kerja. Lokasi potensial lainnya dengan populasi dengan kepadatan tinggi dapat berupa pusat perbelanjaan, restoran, taman, tempat istirahat, area taman kota, universitas, dan tempat hiburan. (Garcia-Valle. R, 2013).

Untuk perkembangan charging station di Indonesia sudah dilakukan oleh beberapa perusahaan negara yang berhubungan dengan energi dan teknologi. Dengan adanya Peraturan Presiden (PERPRES) No. 55 Tahun 2019 yaitu tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan, maka pihak BUMN seperti PLN dan BPPT akhirnya meluncurkan produk berupa stasiun pengisian daya kendaraan listrik yang dipasang di beberapa tempat dengan fasilitas umum. PLN meluncurkan charging stations pada bulan Oktober 2019 dengan daya 50 kW DC dan 25 kW DC yang tersebar di beberapa lokasi di Jakarta. Peluncuran charging stations milik PLN ini ditandai juga kerja sama PLN dengan perusahaan angkutan umum yaitu taksi Bluebird yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Sedangkan untuk charging stations milik BPPT yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 telah lebih dahulu diluncurkan pada bulan Desember 2018 dengan daya 50 kW yang ditempatkan di BPPT Jakarta dan daya 20 kW di B2TKE-BPPT Puspiptek, Tangerang Selatan.



Gambar 2.8 Charging stations milik PLN.

Sumber : Kompas (2019).



Gambar 2.9 Charging stations milik BPPT.
Sumber : BPPT (2019).

2.4 Mode Pengisian Daya PEV

Skema pengisian daya dan konfigurasinya untuk PEV dijelaskan dalam *International Electrotechnical Commission Standard* (IEC 61851-1) dan *Society of Automotive Engineers standard* (SAE J1772) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2. Mode pengisian daya PEV didefinisikan dalam mode koneksi daya DC dan daya AC berdasarkan alat pengisi daya baterai dan posisi pengisian seperti halnya mode pengisian normal yang digunakan dalam jaringan distribusi perumahan. Oleh karena itu, tingkat daya pengisian standar dari standar IEC 61851-1 dan SAE J1772 dapat digunakan di sektor swasta, lingkungan perumahan, dan area fasilitas publik (K. Yuttana, 2018).

Tabel 2.1
Mode pengisian daya PEV berdasarkan standard IEC 61851-1

<i>Connection Mode</i>	<i>Grid Connection</i>	<i>Voltage</i>	<i>Current</i>	<i>Type of Charge</i>
Mode 1 (AC)	<i>1 phase</i>	230 V	16 A	<i>Slow</i>
	<i>3 phase</i>	400 V	16 A	<i>Slow</i>
Mode 2 (AC)	<i>1 phase</i>	230 V	32 A	<i>Slow</i>
	<i>3 phase</i>	400 V	32 A	<i>Slow</i>
Mode 3 (AC)	<i>1 phase</i>	230 V	32 A	<i>Slow</i>
	<i>3 phase</i>	690 V	250 A	<i>Medium</i>
Mode 4 (DC)	-	600 V	400 A	<i>Fast</i>

Sumber : Kongjeen (2018,p.3).

Tabel 2.2
Mode pengisian daya PEV berdasarkan standard SAE J1772

<i>Type of Charge</i>	<i>Grid Connection</i>	<i>Voltage</i>	<i>Current</i>	<i>Type of Charge</i>
AC level 1	<i>1 phase</i>	120 V	12–16 A	<i>Slow</i>
AC level 2	<i>1 phase</i>	240 V	<80 A	<i>Slow</i>
AC level 3	<i>1, 3 phase</i>	240 V	>80 A	<i>Slow</i>
DC level 1	-	200–450 V	80 A	<i>Slow</i>
DC level 2	-	200–450 V	200 A	<i>Medium</i>
DC level 3	-	200–600 V	400 A	<i>Fast</i>

Sumber : Kongjeen (2018,p.4).

PEV adalah istilah umum untuk semua mobil yang menggunakan penyimpanan energi baterai dan dapat diisi ulang dari jaringan listrik di rumah tangga. PEV terdiri dari *battery electric vehicle* (BEV) dan *plug-in hybrid vehicle* (PHEV). Jarak tempuh mengemudi PEV ditentukan berdasarkan ukuran baterai dalam kilowatt-jam (kWh) dan *range electric* (mil). Misalnya, PEV dapat dicontohkan sebuah Chevrolet Volt *plug-in hybrid electric vehicle* (PHEV) 53 mil dengan baterai 18,4 kWh. Sementara itu, 335 mil BEV telah diperkenalkan, yaitu Tesla Model S 100D dengan baterai 100 kWh, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Perbedaan model dan teknologi PEV

<i>Manufacturer/Model</i>	<i>Type</i>	<i>Battery Size</i> (kWh)	<i>Electric Motor</i> (kW)/Engine (L)	<i>Range Electric</i> (Miles)	<i>Charging Rate</i> (kW) [30,31]
Audi/A3 e-Tron	PHEV	8.8	75/1.4	16	3.3+
BMW/330e iPerformance	PHEV	7.6	65/2.0	22	1.4 */3.5+
BMW/i8 Coupe	PHEV	11.6	105.2/1.5	15	1.2 */3.7+
Chevrolet/Volt	PHEV	18.4	111/1.5	53	1.2 */3.6+
Ford/Fusion Energi SE	PHEV	7.6	88/2.0	21	*/3.3+
Honda/Clarity Plug-In Hybrid	PHEV	17	135.2/1.5	48	*/3.3+
Hyundai/Sonata	PHEV	9.8	50/2.0	27	*/3.3+
Mercedes/C350e	PHEV	6.2	60/2.0	20	3.3+
Toyota/Prius Prime	PHEV	8.8	60/1.8	25	*/3.3+
Porsche/Panamera S E-Hybrid	PHEV	14	101.45/4.0	16	3.3+
Volvo/XC90 T8	PHEV	10.4	65/2.0	19	3.3+
BMW/i3, i3s	BEV	33	126.82/135	114/107	1.2 */7.4+/DC

Chevrolet/Bolt	BEV	60	150	238	7.2+/DC
Fiat/500e	BEV	24	83	84	6.6+/DC
Honda/Clarity Electric	BEV	25,5	120	89	6.6+/DC
Hyundai/Ioniq Electric	BEV	28	88	124	6.6+/DC+
Nissan/Leaf	BEV	40	110	151	6.6+/DC
Smart ED	BEV	17,6	55	68	7.2+
Tesla/Model 3 Standard, Long Range	BEV	50,70	192,46, 202	220,310	*+/DC+
Tesla/Model S 75D,100D and P100D	BEV	75,100,100	N/A	259,335,315	*+/DC+
Tesla/Model X, 75D, 100D and P100D	BEV	75,100,100	N/A	237,295,289	*/11.5–17.2+/DC+
Kia/Soul EV	BEV	30	81.4	111	*+/DC

Keterangan: * = AC level 1, + = AC level 2, DC = DC level 2, DC+ = DC level 3.

Sumber : Kongjeen (2018,p.4).

Pada Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan beberapa jenis dan teknologi PEV dari produsen di seluruh dunia. Dari beberapa pabrikan PEV tersebut didefinisikan berdasarkan jenis PEV, ukuran baterai, motor listrik / mesin, maksimal jarak tempuh mengemudi, dan tingkat pengisian daya. Selain itu, kapasitas baterai PEV juga menjadi acuan maksimal jarak tempuh mengemudi PEV yang menggunakan sumber energi dari baterai. Ukuran motor terbesar dari BEV adalah Tesla Model 3 (202 kW), sedangkan ukuran motor terbesar untuk PHEV adalah Honda dengan model Clarity Plug-In Hybrid (135,2 kW). Ukuran kapasitas baterai terbesar untuk PEV saat ini adalah milik Tesla Model S dan Tesla Model X dengan kapasitas baterai 100 kWh. Sedangkan kapasitas baterai terbesar untuk PHEV adalah Chevrolet Volt sebesar 18,4 kWh.

2.5 Sistem Distribusi Jaringan Listrik

Sistem distribusi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari gardu induk sampai ke konsumen. Di Indonesia saat ini menggunakan SUTM dan SKTM dengan rating tegangan 20 kV untuk distribusi primer (tegangan menengah). Untuk distribusi sekunder (tegangan rendah) rating tegangan yang digunakan adalah 380/220 volt, yaitu SUTR dan SKTR.

2.5.1 Gardu Induk

Gardu induk berperan penting dalam penyaluran tenaga listrik dari saluran transmisi ke jaringan distribusi primer. GI letaknya dekat dengan pusat beban dan berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik yang umumnya sebesar 150 kV diturunkan menjadi 2,4

kV – 33 kV, tergantung kebutuhan beban yang dilayani. Berdasarkan letak pemasangan peralatan, GI dibedakan menjadi tiga yaitu GI pasang luar, GI pasang dalam, dan GI kombinasi pasang luar dan pasang dalam. GI pasang luar (GI konvensional) merupakan gardu induk yang meletakkan sebagian besar komponennya di luar bangunan, kecuali komponen proteksi dan kontrol yang diletakkan dalam sebuah bangunan. GI konvensional menggunakan udara sebagai media isolasi antar peralatan. GI pasang dalam (*Gas Insulated Switchgear*) adalah gardu induk yang hampir semua komponennya diletakkan di dalam bangunan, kecuali transformator daya diluar bangunan. GIS menggunakan gas SF₆ sebagai media isolasi. Pada daerah dengan kerapatan penduduk yang padat umumnya menggunakan GI pasang dalam karena tidak membutuhkan tempat yang luas dalam pengoperasiannya. GI kombinasi pasang dalam dan pasang luar meletakkan sebagian komponen *switchgear* di dalam bangunan dan sebagian lagi di luar bangunan, tetapi transformator tenaga tetap diletakkan di luar bangunan.

2.5.2 Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer adalah sistem yang menyalurkan tenaga listrik dari GI sampai ke trafo distribusi (20 kV/220 V). Struktur jaringan distribusi primer yang akan digunakan, pemilihannya tergantung dari karakteristik beban yang ada pada daerah tersebut. Sistem distribusi primer secara fisik berupa jaringan tegangan menengah 20 kV yang disalurkan melalui kabel saluran udara maupun kabel saluran di bawah tanah. Macam kabel saluran dapat berupa inti alumunim atau tembaga.

2.5.3 Transformator Distribusi

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mentransfer energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Umumnya jarak pembangkit listrik ke beban sangat jauh sehingga sering memunculkan drop tegangan. Oleh karena itu, tegangan perlu dinaikkan atau diturunkan untuk mengurangi drop tegangan. Contohnya, tegangan yang dihasilkan pembangkit sebesar 13,8 kV dinaikkan oleh *step up transformer* menjadi 150 kV kemudian diturunkan sampai menjadi 380 V untuk didistribusikan ke pelanggan.

Transformator distribusi biasanya juga dikenal dengan sebutan gardu distribusi yang terdiri dari perlengkapan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) dan transformator distribusi. Gardu distribusi sesuai konstruksinya terdiri dari gardu portal, gardu beton, gardu kios, dan gardu cantol. Di Indonesia, transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan 20 kV menjadi tegangan rendah 380/220 V yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

2.5.4 Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder adalah sistem jaringan hasil dari penurunan tegangan sistem distribusi primer ke tegangan rendah. Sistem ini dapat melayani beban perumahan, komersial, dan industri. Beban perumahan dirancang menggunakan sistem satu fasa, sedangkan beban komersial dan industri memakai sistem tiga fasa. Jaringan dari gardu distribusi dikenal dengan jaringan tegangan rendah dimulai dari sisi sekunder transformator distribusi sampai ke sambungan rumah (SR). Struktur jaringan tegangan rendah menggunakan *twisted cable* dengan inti penghantar yang terbuat dari aluminium maupun tembaga. Sedangkan untuk sambungan rumah terdiri dari pelayanan pelanggan, serta kWh meter yang ada di pelanggan.

2.6 Analisis Aliran Daya

Penyelesaian analisis aliran beban ditentukan dengan memperhitungkan besarnya tegangan dan sudut fasa pada setiap node dalam jaringan tertentu, dengan asumsi kondisi tiga fasa seimbang. Misalnya di setiap Bus k dalam sistem mempunyai empat variable yaitu : Nilai besaran tegangan (V_k), Sudut fasa (δ_k), Nilai daya aktif (P_k) dan Nilai daya reaktif (Q_k). Di dalam analisis aliran daya, bus-bus dikelompokkan dalam tiga klasifikasi (Grainger dan Stevenson, 1994) yaitu:

a. *Slack bus*

Bus yang dikenal sebagai *slack* atau *swing bus*, yang diambil sebagai referensi dimana besarnya tegangan dan sudut fasa ditentukan. Bus ini membuat perbedaan antara beban yang dijadwalkan dan daya yang dihasilkan, yang disebabkan adanya *losses* di jaringan.

b. *Load buses*

Bus beban dimana pada bus ini daya aktif dan daya reaktif ditentukan, sedangkan besarnya tegangan bus dan sudut fasa tidak diketahui. Bus beban ini dikenal dengan sebutan P-Q bus.

c. *Voltage controlled buses*

Pada bus ini besarnya daya reaktif dan sudut fasa tidak diketahui. Nilai daya aktif dan besarnya tegangan ditentukan sehingga bus ini disebut juga sebagai P-V bus.

Perhitungan analisis aliran daya diawali dengan membuat Bus admitansi (Y_k), dimana merupakan penjumlahan dari semua bus yang saling berhubungan dalam suatu

sistem. Dimulai dengan bus admitansi ini, persamaan akhir aliran daya dapat diturunkan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-8) dan Persamaan (2-9).

$$I = Y_{bus} V \quad (2-1)$$

Keterangan :

$$Y_{bus} = \text{admitansi bus (ohm)}$$

$$V = \text{tegangan (volt)}$$

$$I = \text{arus (ampere)}$$

Dimana di setiap Bus k terdapat I_k dan S_k yang ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini :

$$I_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \quad (2-2)$$

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k I_k^* \quad (2-3)$$

Substitusi Persamaan (2-2) ke dalam Persamaan (2-3) menghasilkan :

$$P_k + jQ_k = V_k \left[\sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \right]^* \quad (2-4)$$

Untuk nilai V_n dan Y_{kn} juga dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$V_n = |V_n| e^{j\delta_n} \quad (2-5)$$

$$Y_{kn} = |Y_{kn}| e^{j\theta_{kn}} \quad (2-6)$$

Sehingga menghasilkan persamaan di bawah ini :

$$P_k + jQ_k = |V_k| \sum_{n=1}^N |Y_{kn}| |V_n| e^{j(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn})} \quad (2-7)$$

Selanjutnya dengan menggunakan rumus Euler, Persamaan (2-7) dapat dijabarkan pada Persamaan (2-8) dan Persamaan (2-9).

$$P_k = |V_k| \sum_{n=1}^N |Y_{kn}| |V_n| \cos(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn})$$

(2-8)

$$Q_k = |V_k| \sum_{n=1}^N |Y_{kn}| |V_n| \sin(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn})$$

(2-9)

Keterangan:

- P_k : Daya aktif pada bus k (watt)
- Q_k : Daya reaktif pada bus k (var)
- I : Nilai vektor arus yang diinjeksikan di setiap bus (ampere)
- Y : Matriks bus admitansi (ohm)
- V : Nilai vektor tegangan dari semua bus (volt)
- δ_k, δ_n : Nilai sudut tegangan di bus k dan bus n
- θ_{kn} : Nilai selisih dari $\delta_k - \delta_n$

2.6.1 Analisis Aliran Daya Metode Newton Raphson

Persamaan aliran daya pada sistem tenaga dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Newton Raphson (NR). NR dinilai cukup efektif untuk memperoleh solusi iterasi yang diperoleh dari penyelesaian perhitungan dalam menerapkan deret *taylor* dan matriks *jacobian*. Pada persamaan tak linear jika suatu variabel x^r diketahui, maka berlaku Persamaan (2-10).

$$f(x^{r+1} + \Delta x) = f(x^r) + \Delta x f'(x^r) + \frac{(\Delta x)^2}{2!} f''(x^r) + \dots \frac{(\Delta x)^n}{n!} \frac{d^n x}{dx^n} \Big|_{x^r} \quad (2-10)$$

Apabila fungsi pada bagian sebelah kiri dianggap bernilai 0 karena sudah konvergen dan variabel bernilai pangkat dua dan seterusnya diabaikan, maka Persamaan (2-10) menjadi Persamaan (2-11).

$$0 = f(x^r) + \Delta x f'(x^r) \quad (2-11)$$

$$\Delta x = -\frac{f(x^r)}{f'(x^r)} \quad (2-12)$$

Dimana Δx adalah perbedaan antara nilai saat ini dan nilai sebelumnya, maka didapatkan Persamaan (2-13).

$$x^{r+1} = x^r - \frac{f(x^r)}{f'(x^r)} \quad (2-13)$$

Jika (x_1, x_2) merupakan penyelesaian perhitungan untuk fungsi $f_1(x_1, x_2)$ dan $f_2(x_1, x_2)$, maka dengan menerapkan deret *taylor* diperoleh Persamaan (2-14) dan Persamaan (2-15).

$$0 = f_1(x_1^r, x_2^r) + \Delta x_1^r \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right|_r + \Delta x_2^r \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|_r + \dots \quad (2-14)$$

$$0 = f_2(x_1^r, x_2^r) + \Delta x_1^r \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right|_r + \Delta x_2^r \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right|_r + \dots \quad (2-15)$$

Apabila turunan kedua dan seterusnya diabaikan, maka diperoleh Persamaan (2-16) sampai Persamaan (2-18).

$$\begin{bmatrix} -f_1(x_1^r, x_2^r) \\ -f_2(x_1^r, x_2^r) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta x_1^r \\ \Delta x_2^r \end{bmatrix} \quad (2-16)$$

$$\begin{bmatrix} -f_1^{(r)} \\ -f_2^{(r)} \end{bmatrix} = J^{(r)} \begin{bmatrix} \Delta x_1^r \\ \Delta x_2^r \end{bmatrix} \quad (2-17)$$

$$\text{dan } x_1^{r+1} = x_1^r + \Delta x_1^r \quad (2-18)$$

Persamaan (2-17) dapat ditulis menjadi Persamaan (2-19)

$$[f]^r = [J]^r [\Delta x]^r \quad (2-19)$$

Dimana,

r : nomor iterasi

J : matriks *jacobian*.

Persamaan NR (2-16) dapat dinyatakan dalam variabel aliran beban sebagai Persamaan (2-20).

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2-20)$$

atau

$$\begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} = [J^{-1}] \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \quad (2-21)$$

Matriks *jacobian* dapat dituliskan dengan variabel seperti pada Persamaan (2-22).

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J' & L' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2-22)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V/V \end{bmatrix} \quad (2-23)$$

Dimana $\Delta V/V$ merupakan perubahan tegangan. Matriks *jacobian* dapat dijabarkan pada Persamaan (2-24) sampai Persamaan (2-33).

$$H_{ii} = \frac{\partial \Delta P_i}{\partial \theta_i} = V_i \sum_{k \in i, k \neq 1} (G_{ik} \sin \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k \approx Q_i^{sp} + V_i^2 B_{ii} \quad (2-24)$$

$$H_{ik} = \frac{\partial \Delta P_i}{\partial \theta_k} = -V_i (G_{ik} \sin \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k \quad (2-25)$$

$$J_{ii} = \frac{\partial \Delta Q_i}{\partial \theta_i} = -V_i \sum_{k \in i, k \neq 1} (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \sin \theta_{ik}) V_k \approx -P_i^{sp} + V_i^2 G_{ii} \quad (2-26)$$

$$J_{ik} = \frac{\partial \Delta Q_i}{\partial \theta_k} = V_i (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \sin \theta_{ik}) V_k \quad (2-27)$$

$$N_{ii} = V_i \frac{\partial \Delta P_i}{\partial V_i} = -V_i \sum_{k \in i} (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \sin \theta_{ik}) V_k - V_i^2 G_{ii} \approx -P_i^{sp} + V_i^2 G_{ii} \quad (2-28)$$

$$N_{ik} = V_k \frac{\partial P_i \Delta_i}{\partial V_k} = -J_{ik} \quad (2-29)$$

$$L_{ii} = V_i \frac{\partial \Delta Q_i}{\partial V_i} = -V_i \sum_{k \in i} (G_{ik} \sin \theta_{ik} + B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k + V_i^2 B_{ii} \approx -Q_i^{sp} + V_i^2 B_{ii} \quad (2-30)$$

$$L_{ik} = V_k \frac{\partial \Delta Q_i}{\partial V_k} = H_{ik} \quad (2-31)$$

$$P_i^{sp} = P_i^{sp} - P_i^d \quad (2-32)$$

$$Q_i^{sp} = Q_i^{sp} - Q_i^d \quad (2-33)$$

2.7 Algoritma

Metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan secara umum adalah metode eksak dan metode pendekatan. Metode eksak menggunakan formulasi matematis untuk mendapatkan hasil yang optimal, sedangkan metode pendekatan biasanya membandingkan dua atau lebih metode penyelesaian untuk mendapatkan solusi terbaik. Metode pendekatan terdiri dari dua macam yaitu :

a. Metode heuristik

Metode heuristik berasal dari bahasa Yunani yaitu “*heuriskein*” yang artinya menemukan dan mendapatkan. Secara umum metode heuristik adalah proses penyelesaian dari titik awal sampai ditemukan solusi yang diinginkan. Metode ini hanya dapat digunakan untuk masalah tertentu, seperti *nearest neighborhood*.

b. Metode metaheuristik

Metode metaheuristik adalah metode lanjut dalam menyelesaikan masalah dengan menggunakan proses iterasi untuk memperbaiki solusi sebelumnya atau mendapatkan solusi yang terbaik dalam optimisasi. Metode ini bisa digunakan untuk berbagai permasalahan.

Penyelesaian masalah menggunakan metode optimisasi berkaitan dengan algoritma yang digunakan. Algoritma merupakan langkah – langkah sistematis untuk menyelesaikan permasalahan sehingga diperoleh hasil solusi yang terbaik dan efisien. Algoritma yang terinspirasi dari alam biasanya berkaitan dengan spesies untuk mempertahankan hidup. Spesies akan melakukan perburuan mangsa dan berpindah tempat untuk mendapatkan tempat yang lebih baik.

2.7.1 Algoritma *Particle Swarm Optimization*

Algoritma *Particle Swarn Optimzation* (PSO) diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995, proses algoritmanya terinspirasi oleh tingkah laku sosial pada kawanan burung yang terbang bersama-sama. Perilaku sosial ini terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu – individu lain dalam suatu kelompok. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan menggunakan kecerdasannya (*intelligency*) sendiri dan juga dipengaruhi kelompok kolektifnya.

Dengan demikian, jika suatu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat (optimal) menuju sumber makanan, maka sisa anggota kelompok yang lainnya juga akan mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka didalam kelompok tersebut tidak saling berdekatan.

Beberapa istilah umum yang digunakan dalam PSO dapat didefinisikan sebagai berikut (Kennedy dan Eberhart, 1995):

- a. *Swarm* : populasi dari suatu algoritma
- b. *Particle* : anggota (individu) pada suatu *swarm*. Setiap *particle* mempresentasikan suatu solusi yang potensial pada permasalahan yang diselesaikan. Posisi dari suatu *particle* adalah representasi solusi saat itu.
- c. *Pbest (Personal Best)* : posisi *Pbest* suatu *particle* yang menunjukkan posisi *particle* yang dipersiapkan untuk mendapatkan suatu solusi yang terbaik.
- d. *Gbest (Global Best)* : posisi terbaik *particle* pada *swarm* atau posisi terbaik antara *Pbest* yang ada.

- e. *Velocity* (kecepatan) : kecepatan atau vektor yang menggerakkan proses optimisasi yang menentukan arah dimana suatu *particle* diperlukan untuk berpindah (move) untuk memperbaiki posisinya semula.
- f. *Inertia Weight* (w) : parameter yang digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya *velocity* yang diberikan oleh suatu *particle*.

Algoritma PSO yang standar dapat dituliskan seperti pada Persamaan (2-34) dan (2-35).

$$V_i(t + 1) = w V_i + c_1 \text{rand}(p_i - x_i(t)) + c_2 \text{rand}(p_g - x_i(t)) \quad (2-34)$$

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + V_i(t + 1) \quad (2-35)$$

Keterangan :

$x_i(t) + V_i(t)$: posisi dan kecepatan partikel saat ini
$x_i(t + 1) + V_i(t + 1)$: posisi dan kecepatan partikel iterasi selanjutnya
c_1 dan c_2	: konstanta <i>cognitive</i> dan <i>social acceleration</i>
<i>rand</i>	: nilai random yang terdistribusi antara 0 dan 1
p_i	: posisi terbaik dari partikel itu sendiri
p_g	: posisi terbaik dari seluruh populasi yang ada

Pada pengembangan dari metode PSO yang juga dijelaskan oleh Kennedy dan Eberhart yaitu dengan ditambahkan *inertia weight* sebagai pengontrol keragaman dari *original* PSO. Dengan w adalah *inertia weight* yang memiliki nilai yang bervariasi setiap iterasinya. Persamaan *inertia weight* yang digunakan seperti pada persamaan (2-36).

$$w_{it} = w_{max} - \frac{(w_{max} - w_{min}) * it}{it_{max}} \quad (2-36)$$

Keterangan :

w_{max}	: koefisien <i>inertia weight</i> maksimal
w_{min}	: koefisien <i>inertia weight</i> minimal
it	: iterasi yang selalu berubah dari 1, 2, ... it_{max}
it_{max}	: nilai maksimal dari iterasi yang digunakan

2.7.2 Algoritma Grey Wolves Optimization

Grey Wolves Optimization (GWO) adalah metode optimisasi metaheuristik yang dikembangkan oleh Mirjalili dan rekan-rekannya pada tahun 2014. Pada dasarnya *grey wolf* hidup dalam kelompok dengan ukuran kelompok 5 sampai 12 serigala. GWO meniru kegiatan perburuan dan mencari karakteristik mangsa *grey wolf* di alam. Dalam GWO, populasi dibagi menjadi alfa, beta, delta, dan omega. Serigala alfa adalah pemimpin utama yang bertanggung jawab untuk pengambilan keputusan. Serigala beta adalah pemimpin kedua yang membantu alfa dalam membuat keputusan atau kegiatan lainnya. Serigala delta didefinisikan sebagai pemimpin ketiga dalam kelompok, yang mendominasi serigala omega. (Mirjalili, M. Mirjalili dan Lewis, 2014).

Secara matematis, tiga solusi terbaik dalam GWO disebut alpha (α), beta (β), dan delta (δ). Sisanya diasumsikan omega (ω). Di GWO, proses berburu dipandu oleh α , β , dan δ , sementara ω mengikuti ketiga pemimpin ini. Perilaku posisi melingkari bagi kawanannya serigala untuk berburu mangsa dapat dinyatakan pada Persamaan (2-37).

$$X(t + 1) = X_p(t) - A \cdot D \quad (2-37)$$

X_p adalah posisi dari mangsa, A adalah vektor koefisien dan D dapat dihitung dengan Persamaan (2-38).

$$D = |C \cdot X_p(t) - X(t)| \quad (2-38)$$

C adalah vektor koefisien, X adalah posisi dari *grey wolf*, dan t adalah jumlah iterasi. Untuk vektor koefisien A dan C dapat ditentukan dengan Persamaan (2-39) dan Persamaan (2-40).

$$A = 2a \cdot r_1 - a \quad (2-39)$$

$$C = 2r_2 \quad (2-40)$$

r_1 dan r_2 adalah dua angka acak independen yang terdistribusi secara seragam antara $[0, 1]$, a adalah koefisien melingkar yang digunakan untuk menyeimbangkan pertukaran antara proses eksplorasi dan eksploitasi. Dalam GWO, parameter a menurun secara linear dari 2 ke 0 ditunjukkan pada Persamaan (2-41).

$$a = 2 - 2 \left(\frac{t}{T} \right) \quad (2-41)$$

t adalah iterasi ke- t dan T adalah jumlah iterasi maksimum. Dalam GWO, serigala pemimpin alfa, beta, dan delta memiliki pengetahuan yang lebih baik tentang posisi potensial mangsa. Dengan demikian para pemimpin membimbing serigala omega untuk bergerak

menuju posisi optimal. Secara matematis, posisi baru serigala diperbarui seperti dalam Persamaan (2-42).

$$X(t + 1) = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} \quad (2-42)$$

Untuk nilai X_1 , X_2 , dan X_3 dapat dihitung masing – masing sesuai dengan Persamaan (2-43) sampai Persamaan (2-45).

$$X_1 = |X_\alpha - A_1 \cdot D_\alpha| \quad (2-43)$$

$$X_2 = |X_\beta - A_2 \cdot D_\beta| \quad (2-44)$$

$$X_3 = |X_\delta - A_3 \cdot D_\delta| \quad (2-45)$$

Untuk X_α , X_β , dan X_δ adalah posisi dari serigala, alfa, beta, dan delta pada iterasi t . Nilai A_1 , A_2 , dan A_3 dapat dihitung dengan Persamaan (2-39).

BAB III

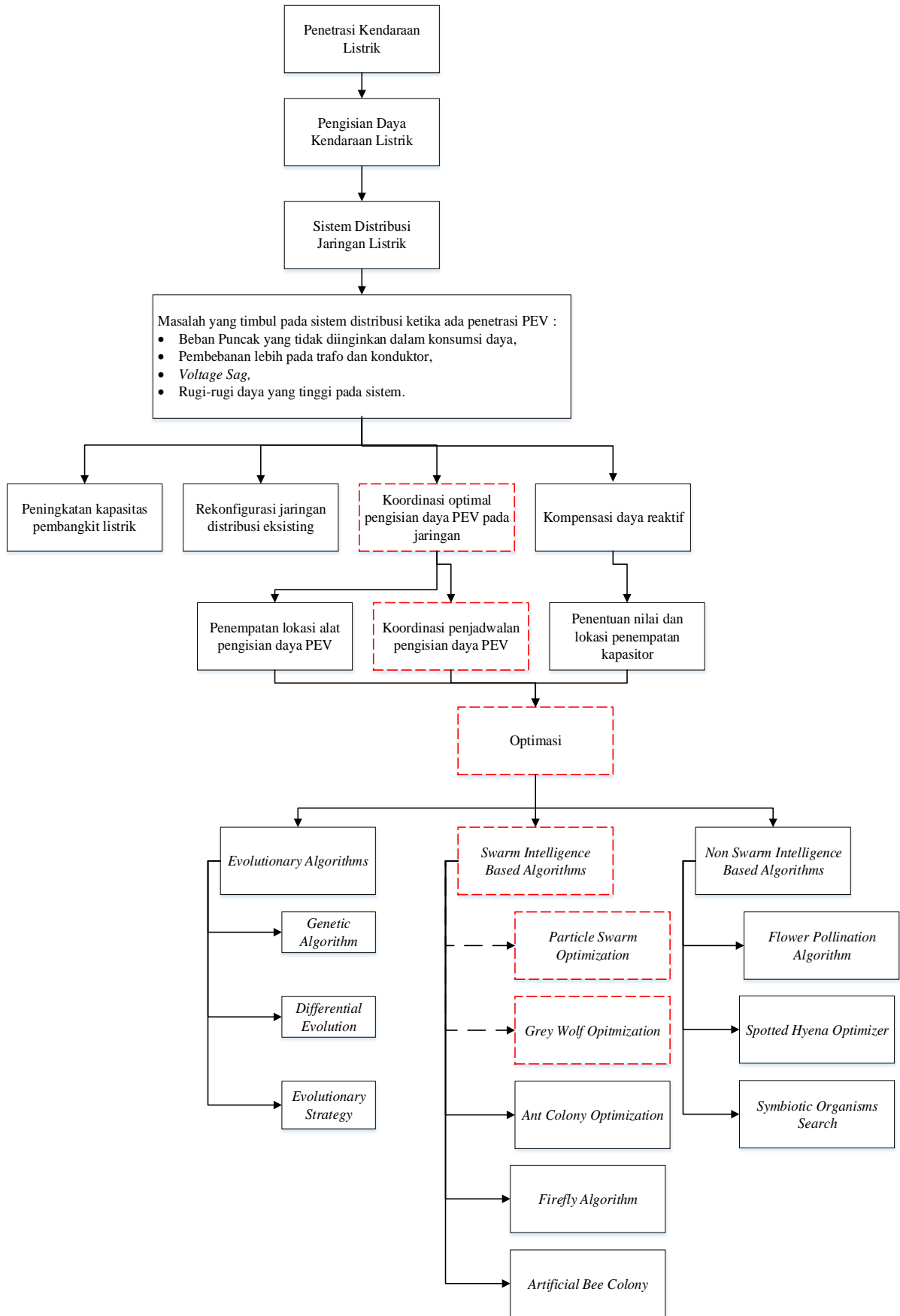
KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penetrasi PEV dianggap sebagai beban listrik tambahan pada sistem distribusi. Aktivitas pengisian daya PEV (*grid-to-vehicle*, atau G2V) dapat menimbulkan resiko pada sistem distribusi ketika PEV diinjeksikan pada sistem. Pengisian PEV pada sistem distribusi akan menyebabkan permintaan daya listrik bertambah. Tanpa sistem koordinasi pengisian yang tepat dan optimal pada banyak PEV yang ada pada sistem jaringan distribusi, masalah-masalah teknis berikut akan muncul pada jaringan seperti : terjadinya beban puncak yang tidak biasanya dan tidak diinginkan dalam konsumsi daya, terjadinya *voltage sag*, pembebanan lebih pada transformator atau pada konduktor, serta terjadinya rugi-rugi sistem daya yang tinggi pada sistem distribusi. Untuk mengatasi masalah-masalah ketika PEV diinjeksikan pada sistem distribusi, peningkatan kapasitas pembangkit listrik adalah salah satu solusi yang layak tetapi tidak ekonomis karena terlalu besarnya biaya infrastruktur yang dibutuhkan. Beberapa solusi lain juga tersedia seperti rekonfigurasi jaringan distribusi eksisting, kompensasi daya reaktif, dan juga meningkatkan keandalan sistem dengan optimisasi koordinasi pengisian daya PEV.

Proses optimisasi pengisian daya PEV dapat dilakukan dengan beberapa metode optimisasi seperti *evolutionary algorithms*, *swarm intelligence based algorithms*, dan *non swarm intelligence based algorithms*. Dalam penelitian ini membahas tentang optimisasi penjadwalan koordinasi pengisian daya PEV dalam sistem distribusi dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya dan deviasi tegangan. Koordinasi pengisian daya PEV ini memanfaatkan pengaturan waktu pengisian daya PEV pada sistem distribusi. Pada penelitian ini untuk optimisasi koordinasi pengisian daya PEV menggunakan metode metaheuristik yaitu *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) dan dibandingkan dengan metode *Binary Grey Wolves Optimization* (BGWO).

Kerangka konsep penelitian Koordinasi Pengisian Daya *Plug-In Electric Vehicle* (PEV) pada Jaringan Distribusi Listrik ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

3.2 Variabel Penelitian

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. *Single line diagram* sistem distribusi jaringan listrik
- b. Data saluran dan data bus yang diperlukan
- c. Penetrasi kendaraan listrik

Pada penelitian ini, ketiga parameter di atas digunakan sebagai acuan untuk analisis koordinasi waktu pengisian daya *plug-in electric vehicle* (PEV) pada jaringan distribusi listrik untuk minimalisasi rugi-rugi daya dan deviasi tegangan

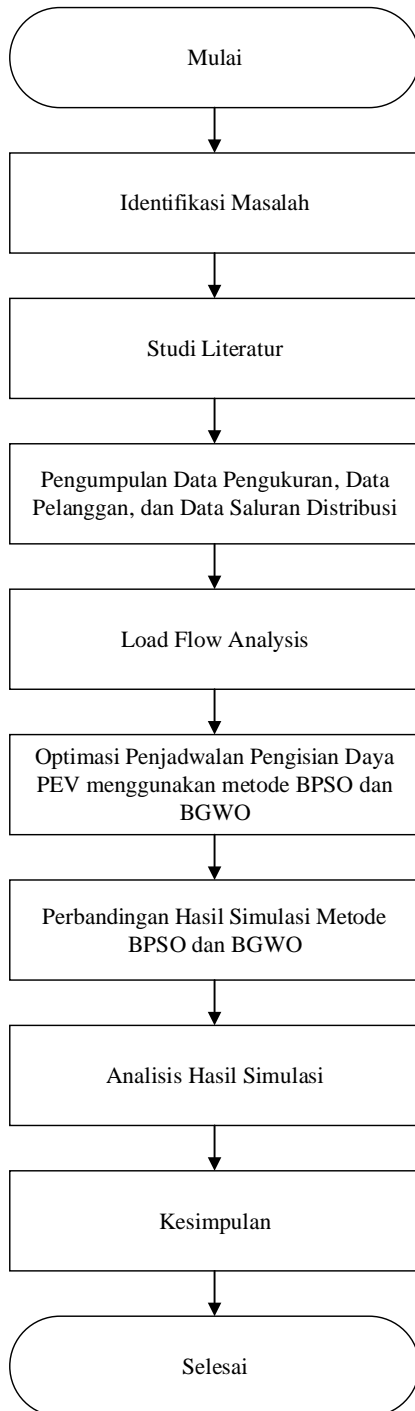
3.3 Hipotesis

Hipotesis yang dapat disusun dari penelitian ini adalah koordinasi penjadwalan pengisian daya PEV pada sistem distribusi dapat mengurangi rugi-rugi daya sekaligus memperkecil deviasi tegangan dalam sistem.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Metodologi Penelitian

Tahap penelitian yang dilakukan ditunjukkan dengan diagram alir pada Gambar 4.1.

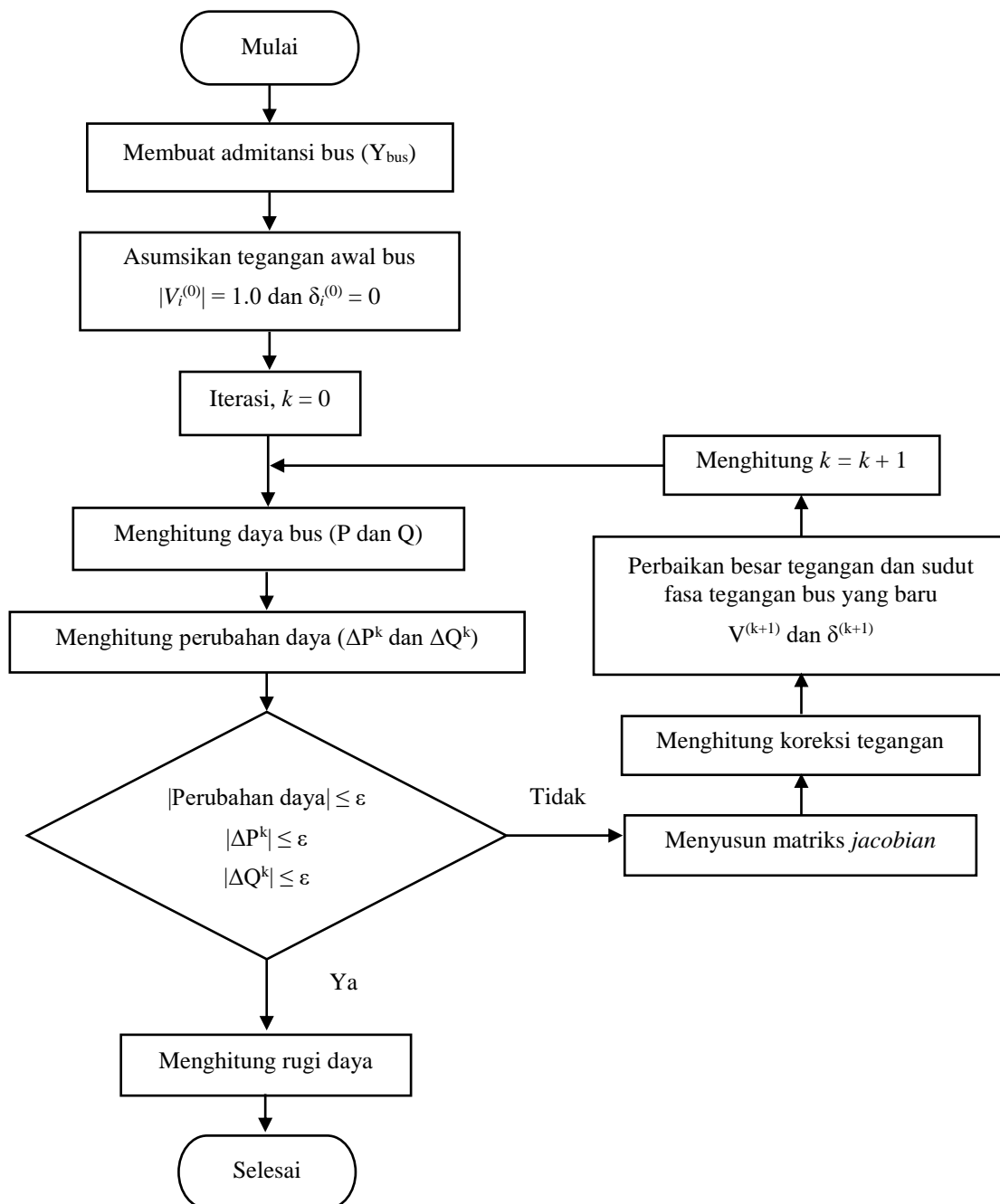


Gambar 4.1 Diagram alir metodologi penelitian

Langkah pertama pada penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah yang menjadi dasar latar belakang penelitian. Selanjutnya studi literatur dengan melakukan studi melalui sumber-sumber terkait baik buku maupun jurnal. *Load flow analysis* dilakukan untuk mengetahui kondisi sistem sebelum dan setelah ada penetrasi PEV. Setelah nilai parameter acuan didapat dari *load flow analysis* maka dapat dilakukan beberapa strategi sebagai usaha untuk memperkecil *power losses* dan *voltage deviation*. Simulasi perbaikan sistem dilakukan dengan optimisasi koordinasi penjadwalan pengisian daya PEV. Dari hasil simulasi dapat dilakukan analisis dengan membandingkan hasil data dan grafik yang disajikan. Hasil dari tahap analisis dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

4.2 Analisis Aliran Daya

Metode yang digunakan untuk menghitung aliran daya sistem distribusi 20 kV adalah metode Newton Raphson. Analisis aliran daya dengan metode Newton Raphson bertujuan untuk mendapatkan besar nilai penurunan tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran. Pada Gambar 4.2 merupakan diagram aliran daya menggunakan metode Newton Raphson.



Gambar 4.2 Diagram alir analisis aliran daya Newton Raphson

Langkah-langkah perhitungan aliran daya dengan Newton Raphson dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Membuat matriks admitansi bus (Y_{bus}).
2. Memberikan nilai awal untuk bus beban, dimana P dan Q diketahui, dengan mengasumsikan tegangan dan sudut fasa bernilai $|V_i^{(0)}| = 1.0$ dan $\delta_i^{(0)} = 0$.
3. Melakukan iterasi pertama.

4. Menghitung nilai daya aktif dan daya reaktif.
5. Menghitung perubahan daya aktif (ΔP^k) dan perubahan daya reaktif (ΔQ^k).
6. Besar ΔP^k dan ΔQ^k dibatasi oleh nilai tertentu, jika sudah memenuhi maka dapat dilanjutkan ke langkah 10 dan jika belum memenuhi harus melalui langkah ke 7 terlebih dahulu.
7. Menyusun matriks *Jacobian*.
8. Menghitung koreksi tegangan sehingga diperoleh nilai perbaikan besar tegangan dan sudut fasa tegangan bus yang baru.
9. Menghitung iterasi selanjutnya sampai nilai pada langkah ke 5 mencapai nilai konvergen.
10. Menghitung nilai rugi daya.

4.3 Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV pada Jaringan Distribusi Listrik

Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan jadwal pengisian daya PEV yang optimal dengan tujuan meminimalkan rugi-rugi daya dan deviasi tegangan. Untuk mensimulasikan koordinasi pengisian daya PEV ini, maka pendekatan waktu pengisian daya PEV dilakukan setiap 10 menit (144 *timeslot* dalam 24 jam). Strategi yang direncanakan untuk optimisasi koordinasi pengisian daya PEV ini adalah optimisasi penjadwalan pengisian daya PEV (dalam interval waktu tiap 10 menit).

4.3.1 Fungsi Objektif

Fungsi objektif proses optimisasi untuk melaksanakan metode yang direncanakan ditunjukkan pada Persamaan (4-1).

$$\min f = \sum_h^{24} (P_{loss} + V_d) \quad (4-1)$$

P_{loss} adalah rasio perbandingan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah dilakukan koordinasi pengisian daya PEV. Dan V_d adalah deviasi tegangan maksimum dalam sistem distribusi. Nilai P_{loss} dihitung dari perbandingan total rugi-rugi daya sesudah dan sebelum dilakukan koordinasi seperti ditunjukkan pada Persamaan (4-2).

$$P_{loss} = \frac{P_{loss}^{coord}}{P_{loss}^{uncoord}} \quad (4-2)$$

Persamaan rugi-rugi daya dalam sistem distribusi ditunjukkan pada Persamaan (4-3).

$$P_{loss} = \sum_{t=1}^{timeslot} (I_{j,t}^2 \times R_j) \quad (4-3)$$

Untuk nilai deviasi tegangan (V_d) dapat dihitung dari selisih nilai tegangan nominal dengan tegangan terukur. Semakin kecil nilai deviasi tegangan dari tegangan nominal dalam suatu bus pada jaringan distribusi, maka semakin baik keadaan tegangan pada sistem tersebut. Perhitungan deviasi tegangan dapat ditunjukkan dari Persamaan (4-4).

$$V_d = \text{Max}_{i=2}^m \left(\frac{V_{rated} - V_i}{V_{rated}} \right) \quad (4-4)$$

V_{rated} adalah tegangan nominal dalam sistem yang bernilai 1.0 pu. V_i adalah tegangan pada bus ke- i , dan m adalah total banyaknya bus dalam sistem.

4.3.2 Batasan Dalam Proses Optimisasi (Constraints)

Di dalam keseluruhan proses optimisasi ini, beberapa batasan atau *constraints* pada sistem juga perlu dipertimbangkan. Beberapa *constraints* tersebut yaitu :

1. Beban maksimum

$$P_{demand}^{max} \geq \sum_{i=2}^n (P_{load} + P_{PEV})_i \quad (4-5)$$

Keterangan :

n : banyaknya bus dalam sistem

P_{load} : beban perumahan

P_{PEV} : beban dari PEV

i : bus ke- i

P_{demand}^{max} : beban maksimum pada trafo distribusi selama 24 jam

2. Tegangan bus

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (4-6)$$

Keterangan :

V_{min} dan V_{max} : rentang tegangan minimum dan maksimum yang diperbolehkan dalam sistem

V_i : tegangan pada bus ke- i

Nilai rentang batas tegangan pada penelitian ini diatur $\pm 10\%$ dari tegangan nominal, yaitu 0.9 - 1.1 pu.

4.4 Algoritma *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO)

Pada penelitian ini, *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) diterapkan untuk menyelesaikan metode optimisasi koordinasi pengisian daya PEV. Perbedaan utama antara BPSO dengan PSO hanya dalam persamaan perubahan posisi partikel. Untuk persamaan kecepatan setiap partikel ditunjukkan dalam Persamaan (4-9) dan persamaan perubahan posisi untuk setiap partikel ditunjukkan pada Persamaan (4-10). Semua partikel bergerak dalam ruang dimensi-d.

$$vel_{i,d}^t = w^t vel_{i,d}^{t-1} + c_1 r_1 (pbest_{i,d}^t - x_{i,d}^t) + c_2 r_2 (gbest_{i,d}^t - x_{i,d}^t) \quad (4-9)$$

Keterangan :

$vel_{i,d}^t$: kecepatan dari partikel i dalam dimensi d ketika waktu t

$x_{i,d}^t$: posisi dari partikel i dalam dimensi d ketika waktu t

c_1 dan c_2 : konstanta *cognitive* dan *social acceleration*

r_1 dan r_2 : nilai random yang terdistribusi antara 0 dan 1

$$x_{i,d}^{t+1} = \begin{cases} 0 & rand() \geq sig(vel_{i,d}) \\ 1 & rand() < sig(vel_{i,d}) \end{cases} \quad (4-10)$$

$$sig(vel_{i,d}) = \frac{1}{1 + e^{-vel_{i,d}}} \quad (4-11)$$

Pada Persamaan (4-11), $sig(vel_{i,d})$ merupakan persamaan *logistic function transformation* dan $rand()$ adalah nilai random yang terdistribusi antara “0” dan “1”. BPSO

dipilih dalam penelitian ini karena sifat dari solusi yang diperlukan. BPSO memberikan solusi akhir dalam bentuk biner "1" atau "0", yang masing-masing mengindikasikan kondisi *charging* dan *off-charging* pada proses pengisian daya PEV.

Rancangan algoritma BPSO mempunyai beberapa parameter dalam proses optimisasi yang digunakan pada saat proses optimisasi pengisian daya PEV berlangsung. Reperesentasi parameter optimisasi menggunakan BPSO ditunjukkan pada Tabel 4.1.

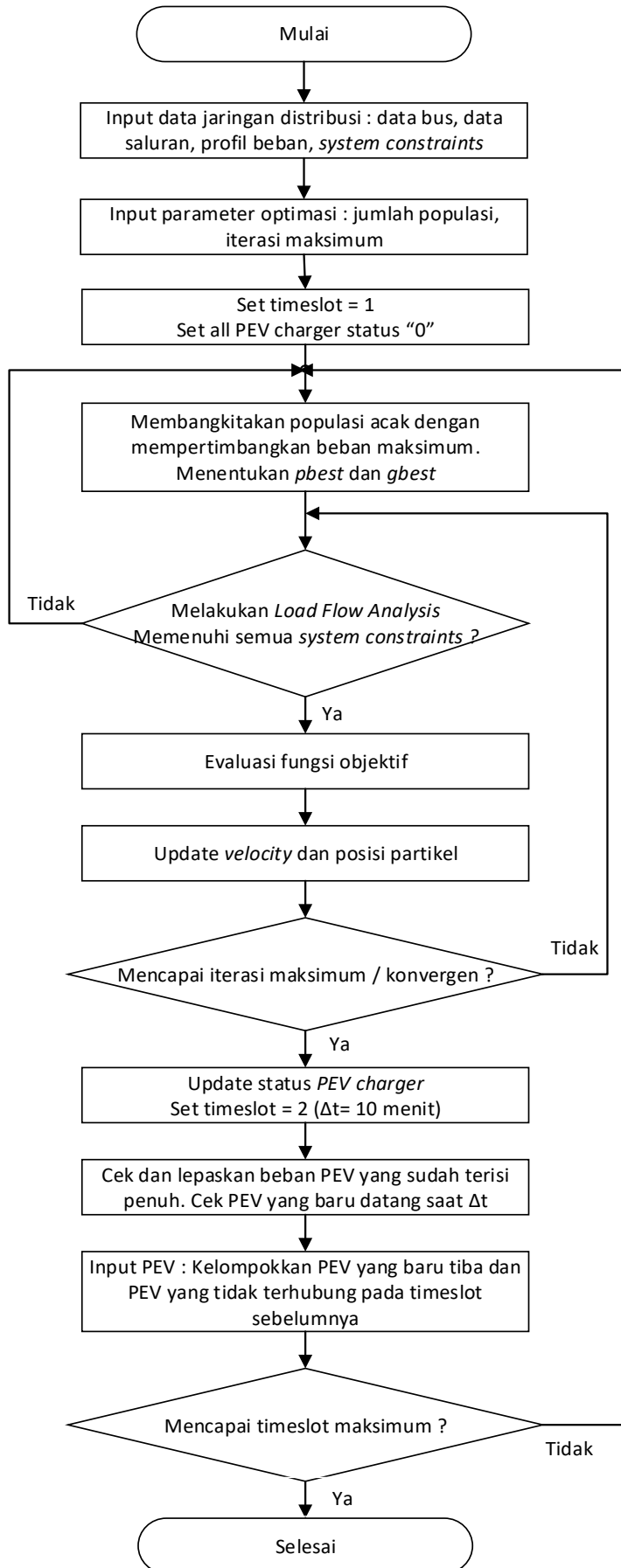
Tabel 4.1

Representasi Algoritma BPSO dalam proses optimisasi koordinasi pengisian daya PEV

Parameter BPSO	Representasi Sistem
Posisi partikel (P_i)	Posisi Bus referensi penetrasi PEV (POS_{ref})
Kecepatan partikel (V_i)	Rentang perubahan posisi bus saat partikel berpindah
<i>Best cost</i>	Nilai rugi-rugi daya terbaik setiap iterasi
Nilai <i>fitness</i> terbaik partikel	Posisi bus penetrasi pev terbaik partikel ($P_{best,i}$)
Posisi terbaik partikel ($P_{best,i}$)	Posisi bus penetrasi pev yang menghasilkan nilai rugi-rugi daya terbaik partikel ($Loss_{best,i}$)
Nilai <i>fitness</i> terbaik global	Posisi bus penetrasi pev terbaik global (P_{Gbest})
Posisi terbaik global (G_{best})	Posisi bus penetrasi pev yang menghasilkan nilai rugi-rugi daya terbaik global ($Loss_{Gbest}$)

4.5 Rancangan Diagram Alir Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV Metode *Binary Particle Swarm Optimization*

Langkah-langkah dalam diagram alir pada Gambar 4.3 dapat digunakan untuk menentukan koordinasi optimal pengisian daya PEV menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization*. Semua *constraints* dalam sistem juga tetap dipertimbangkan dalam tahap ini.



Gambar 4.3 Diagram alir optimisasi koordinasi pengisian daya PEV metode BPSO

Langkah penyelesaian optimisasi koordinasi pengisian daya PEV dijelaskan sebagai berikut.

1. Semua data input dimasukkan ke dalam program. Data-data ini adalah data jaringan, data bus, data saluran, data beban eksisting, dan data PEV.
2. Dalam proses optimisasi, populasi awal ditentukan dengan memilih pengisi daya PEV acak yang akan dioperasikan. Dalam hal ini, hanya PEV yang tiba di titik pengisian yang dipertimbangkan. Populasi menunjukkan status pengisi daya PEV di mana angka "1" sesuai dengan PEV yang sedang diisi sementara angka "0" menunjukkan pengisian belum dimulai atau sudah selesai.
3. Memproses populasi awal, *fitness function* dihitung menggunakan Persamaan (4-1). Dalam *fitness function*, dilakukan analisis aliran daya untuk menentukan rugi-rugi daya dan nilai tegangan.
4. Prosedur optimisasi dilakukan sesuai dengan persamaan update posisi partikel yaitu $vel_{i,d}^t = w^t vel_{i,d}^t + c_1 r_1 (pbest_{i,d}^t - x_{i,d}^t) + c_2 r_2 (gbest_{i,d}^t - x_{i,d}^t)$ untuk memilih kombinasi terbaik dari pengisi daya PEV, yang juga bertujuan untuk menghasilkan rugi-rugi daya minimum dan deviasi tegangan minimum. Proses iterasi ini berlanjut sampai hasil optimal diperoleh.
5. Setelah proses optimisasi telah konvergen atau jumlah iterasi maksimum tercapai, kemudian memperbarui status PEV dan disiapkan untuk slot waktu berikutnya.
6. Di setiap *timeslot* (Δt), algoritma mengambil input PEV yang baru datang ke titik pengisian daya. Algoritma selalu memeriksa untuk PEV yang sudah terisi penuh akan dihilangkan dari antrian proses pengisian. Selanjutnya hanya PEV kedatangan baru dengan status belum penuh dan sisa PEV sebelumnya yang akan yang dipertimbangkan dalam proses optimisasi.
7. Setiap $\Delta t = 10$ menit, data input diperbarui dan algoritma koordinasi dijalankan untuk menemukan jadwal PEV yang baru tiba dan tidak terhubung dalam slot waktu sebelumnya karena batasan rugi daya. Kemudian, status terjadwal sebelumnya diperbarui oleh jadwal baru pada waktu t .
8. Untuk menghindari kelebihan beban pada trafo, maka semua PEV terjadwal akan terputus ketika beban eksisting mencapai maksimum. PEV ini akan dihubungkan lagi ketika beban perumahan berkurang dan ketika transformator siap untuk menghubungkan lebih banyak beban.

4.6 Algoritma *Binary Grey Wolves Optimization* (BGWO)

Algoritma GWO ini dirancang untuk menyelesaikan masalah *continuous optimization*. Untuk masalah optimisasi biner seperti pemilihan fitur, diperlukan versi biner dari GWO. Pada tahun 2016 Emary mengembangkan algoritma *Binary Grey Wolves Optimization* untuk mengatasi masalah pemilihan fitur. Persamaan perubahan posisi di dalam BGWO ditunjukkan pada Persamaan (4-12).

$$X(t + 1) = \text{Crossover}(Y_1, Y_2, Y_3) \quad (4-12)$$

$\text{Crossover}(Y_1, Y_2, Y_3)$ adalah operasi crossover antara solusi-solusi, dan $Y_1, Y_2,$ dan Y_3 adalah vektor biner yang dipengaruhi oleh pergerakan serigala alfa, beta, dan delta. Di dalam BGWO ini nilai $Y_1, Y_2,$ dan Y_3 masing-masing dihitung menggunakan Persamaan (4-13) sampai Persamaan (4-15).

$$Y_1^d = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_\alpha^d + bstep_\alpha^d) \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4-13)$$

$$Y_2^d = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_\beta^d + bstep_\beta^d) \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4-14)$$

$$Y_3^d = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_\delta^d + bstep_\delta^d) \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4-15)$$

Rancangan algoritma BGWO mempunyai beberapa parameter dalam proses optimisasi yang digunakan pada saat proses optimisasi pengisian daya PEV berlangsung. Reperesentasi parameter optimisasi menggunakan BGWO ditunjukkan pada Tabel 4.2.

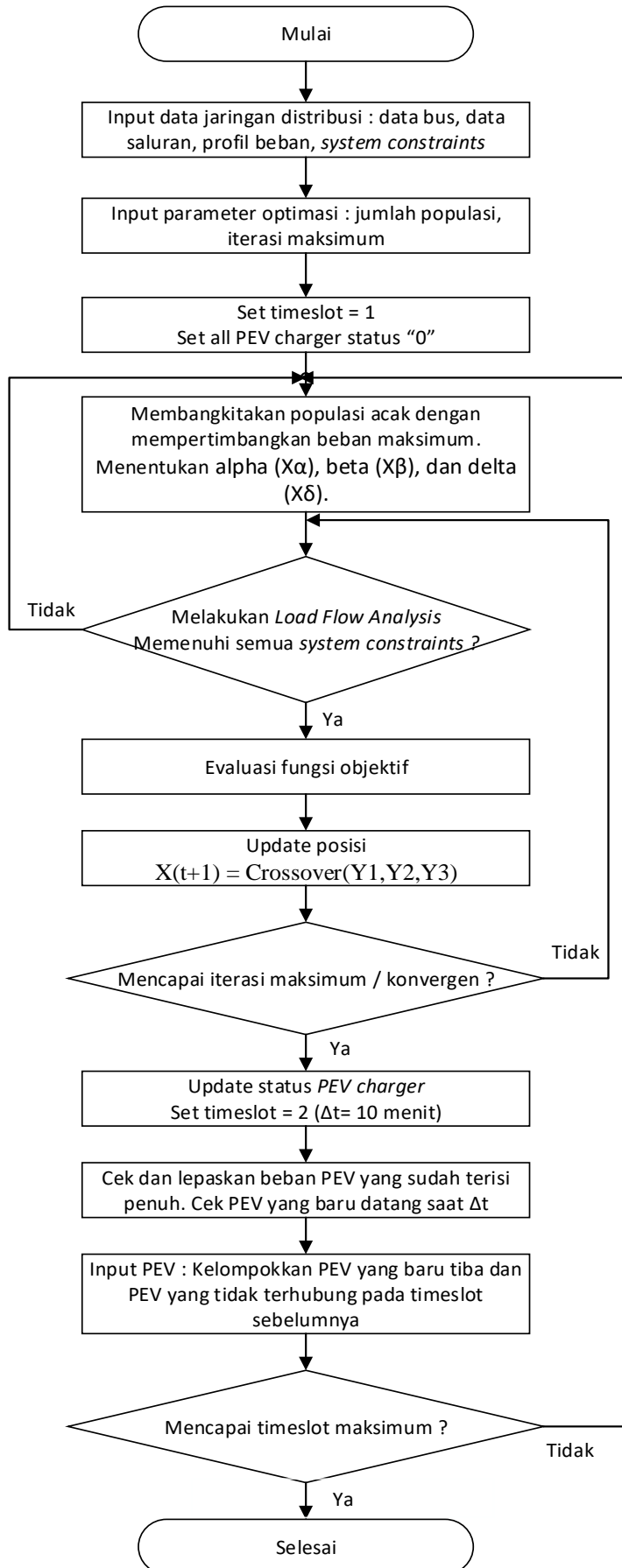
Tabel 4.2

Representasi Algoritma BGWO dalam proses optimisasi koordinasi pengisian daya PEV

Parameter BGWO	Representasi Sistem
Best score	Nilai power losses terbaik
Best position	Kombinasi jumlah pev pada kasus penetrasi PEV
Upper bound	Batas atas distribusi penetrasi PEV
Lower bound	Batas bawah distribusi penetrasi PEV
Dim	Dimmension : jumlah bus/trafo yang dibeani
Search agent	Jumlah serigala (<i>representasi solusi</i>) yang dibangkitkan
Max iteration	Jumlah iterasi maksimum

4.7 Rancangan Diagram Alir Optimisasi Pengisian Daya PEV Metode *Binary Grey Wolves Optimization*

Pada Gambar 4.4 ditunjukkan diagram alir optimisasi pengisian daya PEV menggunakan metode *Binary Grey Wolves Optimization*. Langkah tersebut dapat digunakan untuk menentukan koordinasi optimal pengisian daya PEV dengan tujuan meminimalkan rugi-rugi daya dan deviasi tegangan secara bersamaan. Semua *constraints* dalam sistem juga tetap dipertimbangkan dalam tahap ini.



Gambar 4.4 Diagram alir optimisasi koordinasi pengisian daya PEV metode BGWO

Langkah penyelesaian optimisasi koordinasi pengisian daya PEV dijelaskan sebagai berikut.

1. Semua data input dimasukkan ke dalam program. Data-data ini adalah data jaringan, data bus, data saluran, data beban eksisting, dan data PEV.
2. Dalam proses optimisasi, populasi awal ditentukan dengan memilih pengisi daya PEV acak yang akan dioperasikan. Dalam hal ini, hanya PEV yang tiba di titik pengisian yang dipertimbangkan. Populasi menunjukkan status pengisi daya PEV di mana angka "1" sesuai dengan PEV yang sedang diisi sementara angka "0" menunjukkan pengisian belum dimulai atau sudah selesai.
3. Memproses populasi awal, *fitness function* dihitung menggunakan Persamaan (4-1). Dalam *fitness function*, dilakukan analisis aliran daya untuk menentukan rugi-rugi daya dan nilai tegangan.
4. Prosedur optimisasi memilih kombinasi terbaik dari pengisian daya PEV, yang bertujuan untuk menghasilkan rugi-rugi daya minimum dan deviasi tegangan minimum. Proses iterasi ini berlanjut sampai hasil optimal diperoleh. Proses optimisasi update posisi alfa, beta, dan delta sesuai dengan Persamaan (4-12) yaitu $X(t + 1) = Crossover(Y_1, Y_2, Y_3)$. Kemudian untuk nilai nilai Y_1, Y_2 , dan Y_3 masing-masing dihitung menggunakan Persamaan (4-13) sampai (4-15) yaitu

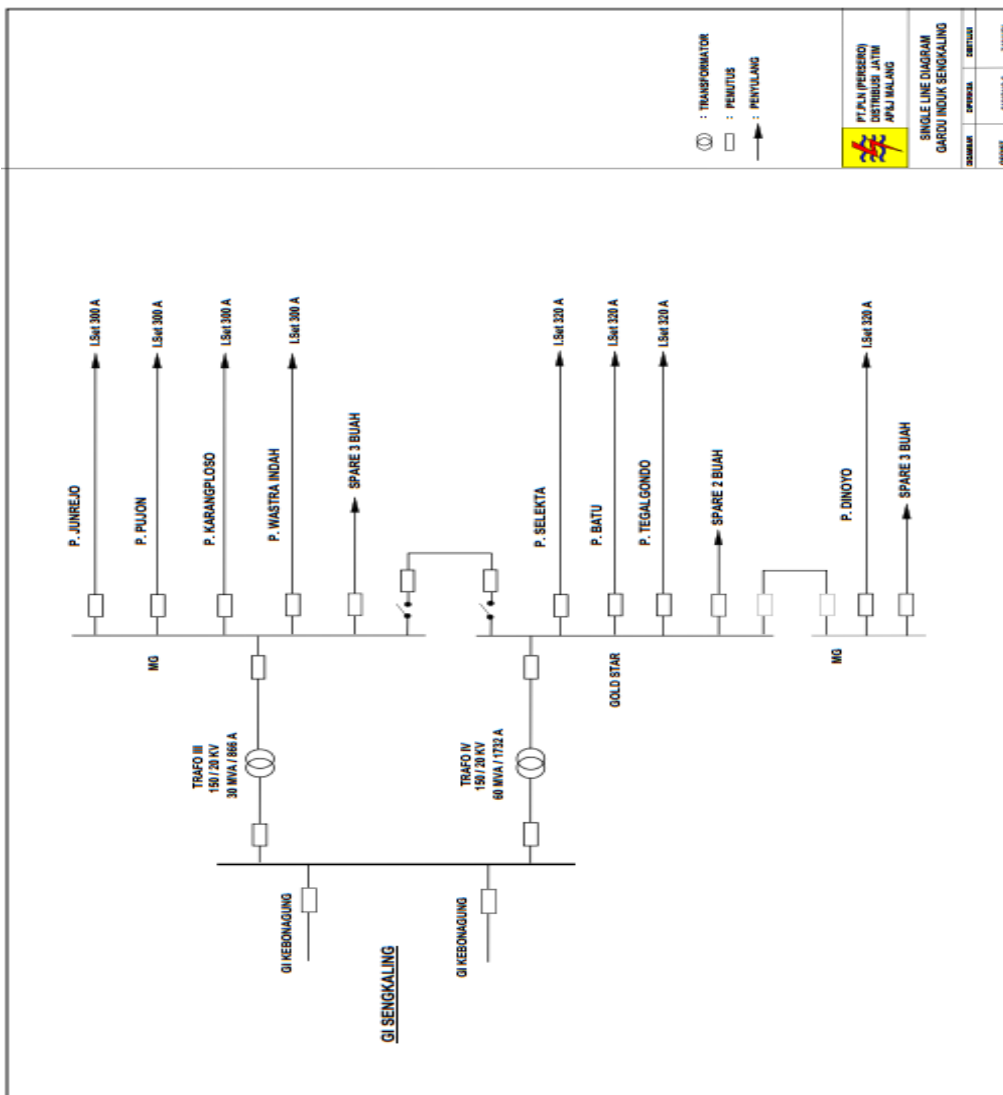
$$Y_1^d = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_\alpha^d \geq 1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad Y_2^d = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_\beta^d \geq 1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad Y_3^d = \begin{cases} 1, & \text{if } (X_\delta^d \geq 1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

5. Setelah proses optimisasi telah konvergen atau jumlah iterasi maksimum tercapai, kemudian memperbarui status PEV dan disiapkan untuk slot waktu berikutnya.
6. Di setiap *timeslot* (Δt), algoritma mengambil input PEV yang baru datang ke titik pengisian daya. Algoritma selalu memeriksa untuk PEV yang sudah terisi penuh akan dihilangkan dari antrian proses pengisian. Selanjutnya hanya PEV kedatangan baru dengan status belum penuh dan sisa PEV sebelumnya yang akan yang dipertimbangkan dalam proses optimisasi.
7. Setiap $\Delta t = 10$ menit, data input diperbarui dan algoritma koordinasi dijalankan untuk menemukan jadwal PEV yang baru tiba dan tidak terhubung dalam slot waktu sebelumnya karena batasan rugi daya. Kemudian, status terjadwal sebelumnya diperbarui oleh jadwal baru pada waktu t . Untuk menghindari kelebihan beban pada trafo, maka semua PEV terjadwal akan terputus ketika beban eksisting mencapai maksimum. PEV ini akan dihubungkan lagi ketika beban perumahan berkurang dan ketika transformator siap untuk menghubungkan lebih banyak beban.

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Lokasi Penelitian

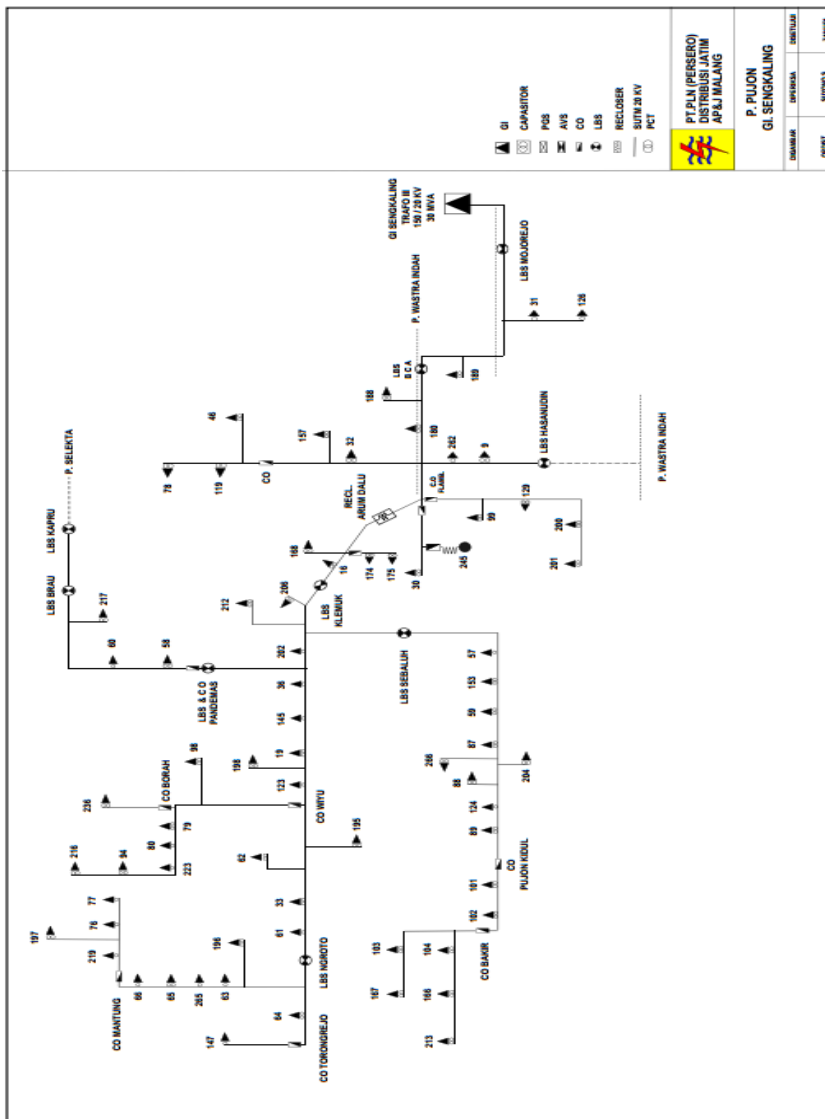
Optimisasi koordinasi pengisian daya *plug-in electric vehicle* (PEV) pada jaringan distribusi listrik ini menggunakan data sistem distribusi 20 kV diperoleh dari PT. PLN APJ Malang Raya yang terdiri dari 11 Gardu Induk (GI) dan 74 penyulang. Penelitian ini menggunakan salah satu area pelayanan APJ Malang Raya yaitu GI Sengkaling Penyulang Pujon. Pada Gambar 5.1 ditunjukkan *single line* diagram GI Sengkaling.



Gambar 5. 1 *Single line* diagram Gardu Induk Sengkaling.
Sumber : PT. PLN APJ Malang.

GI Sengkaling terinterkoneksi dengan GI Kebonagung yang terhubung dengan 2 buah transformator yaitu trafo III 150/20 kV berkapasitas 30 MVA / 866 A dan trafo IV 150/20 kV berkapasitas 60 MVA / 1732 A. Trafo III melayani 4 penyulang antara lain Penyulang Junrejo, Penyulang Pujon, Penyulang Karangploso, dan Penyulang Wastra Indah dengan pembatas arus masing-masing sebesar 300 A. Trafo IV melayani 4 penyulang berbeda yaitu Penyulang Seleкта, Penyulang Batu, Penyulang Tegalondo, dan Penyulang Dinoyo dengan pembatas arus sebesar 320 A.

Pada penyulang Pujon terdapat 71 unit gardu distribusi 20 kV/380 V yang dapat dilihat pada Lampiran B.1. *Single line diagram* penyulang Pujon dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 *Single line diagram* Penyulang Pujon.
Sumber : PT. PLN APJ Malang.

5.2 Data Sistem Distribusi Penyulang Pujon

Penggambaran operasi sistem distribusi penyulang Pujon dapat dilakukan dengan membuat pemodelan sistem dari gambar *single line diagram* pada Gambar 5.2. Pemodelan dibuat menggunakan *software* ETAP 12.6.0, hasil penggambaran dapat dilihat pada Lampiran A.3.

Daya penyulang Pujon disuplai oleh trafo III GI Sengkaling sebesar 6 MVA dengan pembatas arus trafo III sebesar 866 A. Saluran distribusi penyulang Pujon menggunakan penghantar berjenis *All Aluminium Alloy Conductor* (AAAC). Panjang saluran distribusi penyulang Pujon sejauh 59,624 kms dengan total 117 bus. Saluran terpanjang adalah dari GI ke bus 1 sejauh 7,112 km sedangkan saluran terpendek yaitu dari bus 91 ke bus 92 sejauh 0,016 km yang dapat dilihat pada Lampiran B.2.

Setiap saluran tersebut terdapat nilai resistansi dan reaktansi dalam satuan ohm yang harus diganti terlebih dahulu ke dalam satuan per unit (p.u.) untuk memudahkan dalam perhitungan aliran daya. Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan per unit saluran M107 yang menghubungkan bus 10 ke bus 14 sejauh 0,616 km yang menggunakan penghantar berjenis AAAC 3x150 mm².

Jarak saluran : 0,616 km
 V : 20 kV
 KHA : 405 A
 Resistansi : 0,13318 Ω
 Reaktansi : 0,20359 Ω

$$\begin{aligned}
 S_{base} &= V_{base} \times I_{base} & (5-1) \\
 &= 20 \times 405 \\
 &= 8100 \text{ kVA} \\
 &= 8,1 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{base} &= \frac{(kV_{base})^2}{MVA_{base}} & (5-2) \\
 &= \frac{(20)^2}{8,1} \\
 &= 49,38272 \text{ Ω}
 \end{aligned}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z(\Omega)}{Z_{base}} \quad (5-3)$$

$$\begin{aligned} R_{pu} &= \frac{R(\Omega)}{Z_{base}} & (5-4) \\ &= \frac{0,13318}{49,38272} \\ &= 0,00270 \text{ p.u.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{pu} &= \frac{X(\Omega)}{Z_{base}} & (5-5) \\ &= \frac{0,20359}{49,38272} \\ &= 0,00412 \text{ p.u.} \end{aligned}$$

Perhitungan saluran lain dari bus 1 sampai bus 117 dilakukan dengan cara seperti di atas. Hasil perhitungan keseluruhan saluran dapat dilihat pada Lampiran C.1.

Selain nilai resistansi dan reaktansi yang dirubah dalam satuan per unit, nilai beban terpasang yang dilayani oleh penyulang Pujon juga harus dirubah dalam satuan per unit. Penyulang Pujon terdiri dari 71 unit bus gardu distribusi dengan total beban minimum sebesar 1,18221 MW dan 0,73267 MVAR. Total beban rata-rata sebesar 2,67118 MW dan 1,65545 MVAR. Total beban maksimum sebesar 4,15719 MW dan 2,57639 MVAR. Perhitungan dilakukan sesuai dengan masing-masing kapasitas daya dari gardu distribusi. Berikut ini salah satu contoh perhitungan per unit pada bus 5 dengan kode gardu D0189.

Kode Gardu : D0189
 Kapasitas trafo : 160 kVA
 $\cos \varphi$: 0,85
 Beban minimum : 23,1 kVA
 Beban rata-rata : 49,9 kVA
 Beban maksimum : 76,6 kVA

$$P = S \times \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (5-6)$$

Pada beban minimum, nilai daya aktif : $P = 23,1 \times 0,85 = 19,635 \text{ kW}$
 Pada beban rata-rata, nilai daya aktif : $P = 49,9 \times 0,85 = 42,415 \text{ kW}$
 Pada beban maksimum, nilai daya aktif : $P = 76,6 \times 0,85 = 65,11 \text{ kW}$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots (5-7)$$

Pada beban minimum, nilai daya reaktif : $Q = \sqrt{23,1^2 - 19,635^2}$
 $= 12,16868 \text{ kVAR}$

Pada beban rata-rata, nilai daya reaktif : $Q = \sqrt{49,9^2 - 42,415^2}$
 $= 26,28646 \text{ kVAR}$

Pada beban maksimum, nilai daya reaktif : $Q = \sqrt{79,6^2 - 56,11^2}$
 $= 40,35155 \text{ kVAR}$

Beban minimum, nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dalam perhitungan per unit

$$P_{pu} = \frac{19,635}{160} = 0,12272 \text{ pu}$$

$$Q_{pu} = \frac{12,16868}{160} = 0,07605 \text{ pu}$$

Beban rata-rata, nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dalam perhitungan per unit

$$P_{pu} = \frac{42,415}{160} = 0,26509 \text{ pu}$$

$$Q_{pu} = \frac{26,28646}{160} = 0,16429 \text{ pu}$$

Beban maksimum, nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dalam perhitungan per unit

$$P_{pu} = \frac{65,11}{160} = 0,40694 \text{ pu}$$

$$Q_{pu} = \frac{40,35155}{160} = 0,25220 \text{ pu}$$

Perhitungan daya aktif dan reaktif untuk beban minimum, beban rata-rata, dan beban maksimum dari masing-masing gardu dilakukan dengan cara seperti di atas. Hasil perhitungan per unit secara keseluruhan untuk beban minimum dapat dilihat pada Lampiran C.2, beban rata-rata pada Lampiran C.3, dan beban maksimum pada Lampiran C.4.

5.3 Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV

Proses optimisasi koordinasi pengisian daya PEV perlu mempertimbangkan analisis aliran daya sistem eksisting penyulang Pujon dengan menggunakan algoritma Newton Raphson untuk mengetahui nilai parameter pada setiap bus. Parameter yang diperoleh antara lain tegangan, besar sudut fasa, dan daya. Parameter ini menjadi pertimbangan untuk mengetahui koordinasi penjadwalan pengisian daya PEV yang optimal. Analisis aliran daya awalnya dihitung menggunakan tiga macam kondisi data beban dari PLN (beban minimum,

beban rata-rata, dan beban maksimum). Kemudian diperlukan juga analisis aliran daya sistem eksisting dengan simulasi keadaan beban dalam interval waktu 24 jam dengan tujuan menghasilkan data yang lebih presisi untuk dilakukan analisis.

5.3.1 Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV Dalam Tiga Interval Kondisi Pembebanan

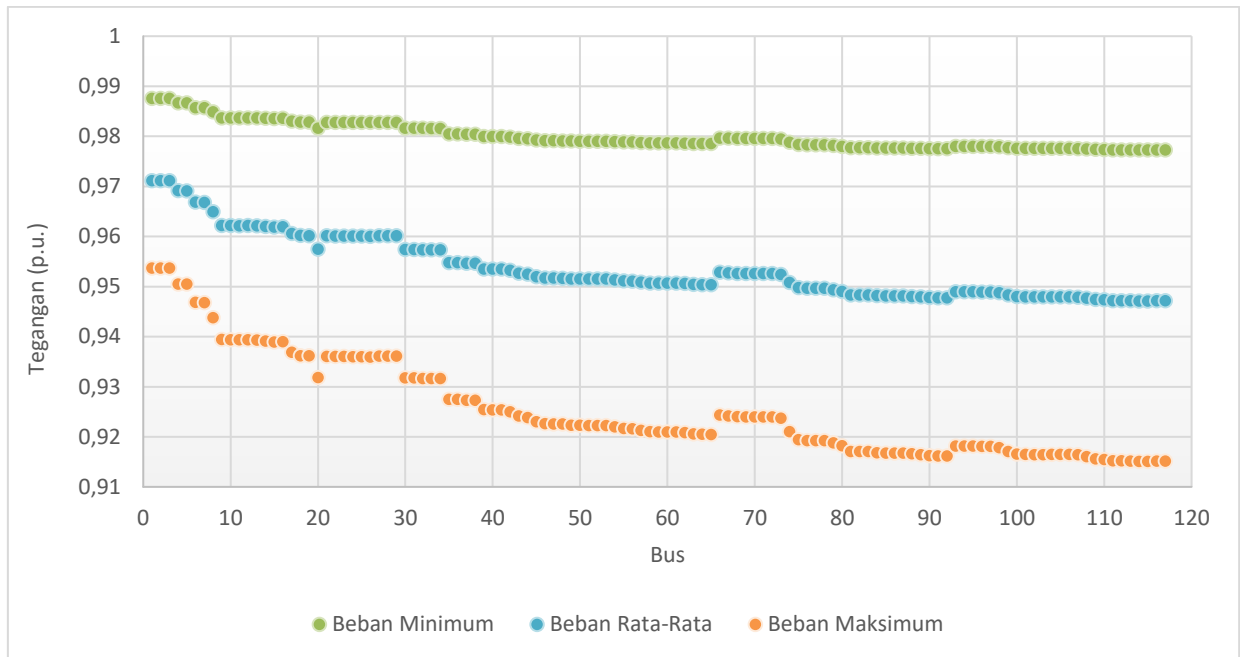
Perhitungan analisis aliran daya dengan tiga kondisi pembebanan sesuai data dari PLN tersebut terdiri dari kondisi beban maksimum, minimum, dan rata-rata. Kondisi beban maksimum terjadi saat pukul 16.00- 24.00. Kondisi beban minimum terjadi saat pukul 24.00-06.00. dan kondisi beban rata-rata terjadi saat pukul 06.00-16.00. Hasil Perhitungan aliran daya dengan tiga kondisi pembebanan sesuai data dari PLN tersebut dapat dilihat pada Lampiran D.1, D.2, dan D.3. Berikut ini merupakan perbandingan hasil perhitungan aliran daya sebelum adanya penetrasi PEV.

Tabel 5.1 Perbandingan Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV Dalam 3 Interval Kondisi Pembebanan.

Kondisi Pembebanan	Pembangkitan		Pembebanan		Rugi-Rugi		% Rugi-Rugi	
	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	P (%)	Q (%)
Beban Minimum	1,205	0,750	1,182	0,733	0,023	0,017	1,91	2,27
Beban Rata-Rata	2,793	1,746	2,671	1,655	0,122	0,091	4,37	5,21
Beban Maksimum	4,471	2,811	4,157	2,576	0,314	0,235	7,02	8,36

Tabel 5.1 menunjukkan pada kondisi beban minimum (pukul 24.00-06.00), daya pembangkitan sebesar 1,205 MW dan 0,750 MVAR. Daya pembebanan yaitu 1,182 MW dan 0,733 MVAR dengan rugi-rugi 0,023 MW (1,91 %) dan 0,017 MVAR (2,27 %). Kondisi pembebanan kedua yaitu beban rata-rata (pukul 06.00-16.00), daya yang dibangkitkan adalah 2,793 MW dan 1,746 MVAR dengan daya pembebanan sebesar 2,671 MW dan 1,655 MVAR. Rugi daya aktif sebesar 0,122 MW dengan prosentase 4,37 % dan rugi daya reaktif 0,091 MVAR (5,21 %). Prosentase rugi daya terbesar terdapat pada kondisi beban maksimum (pukul 16.00-24.00). Rugi daya aktif sebesar 0,314 MW dengan prosentase 7,02%. Rugi daya reaktif sebesar 0,235 dengan prosentase 8,36 %. Daya pembangkitan sebesar 4,471 MW dan 2,811 MVAR, sedangkan daya pembebanan yaitu 4,157 MW dan 2,576 MVAR. Untuk perbandingan profil tegangan sistem eksisting dalam ketiga kondisi beban tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.3. Grafik tegangan menunjukkan pada saat beban

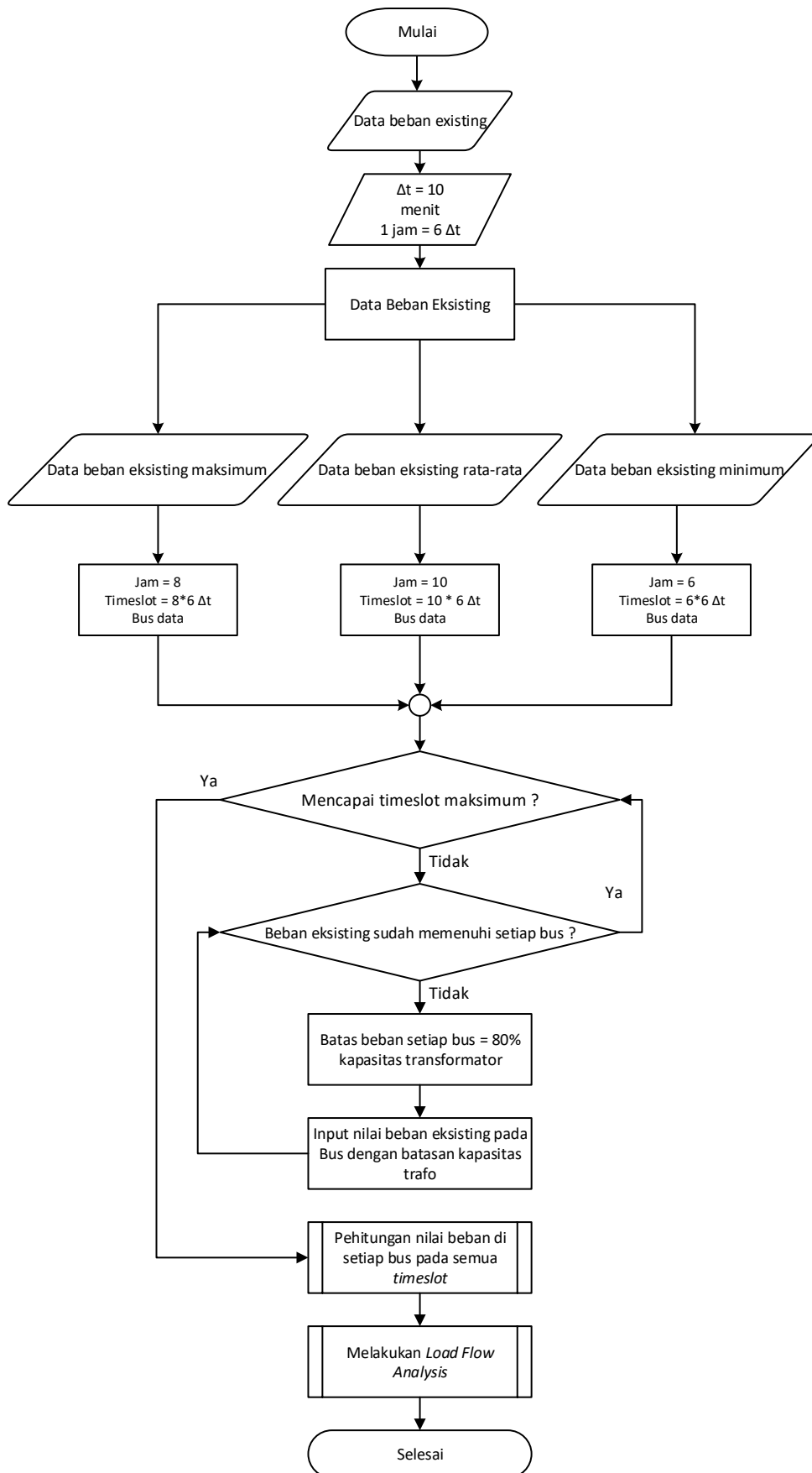
maksimum nilainya di bawah 0,95 pu, dan menjadi nilai paling rendah dibandingkan saat beban minimum dan beban rata-rata. Hal ini terjadi karena saat beban maksimum nilai rugi-rugi daya yang terjadi juga relatif tinggi.



Gambar 5. 3 Profil Tegangan Bus dalam tiga kondisi pembebanan.

5.3.2 Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Penetrasi PEV Dalam Interval Waktu 24 Jam

Analisis aliran daya sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam ini akan dilakukan berdasarkan banyaknya *timeslot* selama 24 jam. Semakin banyak *timeslot* maka akan dapat menampilkan data perubahan beban eksisting yang lebih detail, sehingga data yang akan dianalisis juga bisa lebih presisi. Pendekatan waktu analisis aliran daya yang digunakan adalah setiap 10 menit (144 *timeslot* dalam 24 jam). Data pembebanan dari PLN digunakan sebagai acuan batas beban eksisting yang terjadi dalam interval waktu 24 jam. Untuk nilai beban eksisting minimum digunakan sebagai nilai batas untuk beban yang terjadi pada saat pukul 24.00-06.00. Nilai beban eksisting rata-rata digunakan sebagai nilai batas untuk beban yang terjadi pada saat pukul 06.00-16.00. Dan nilai beban eksisting maksimum digunakan sebagai nilai batas untuk beban yang terjadi pada saat pukul 16.00-24.00. Proses simulasi analisis aliran daya beban eksisting dalam interval 24 jam ini dapat dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 5.4.

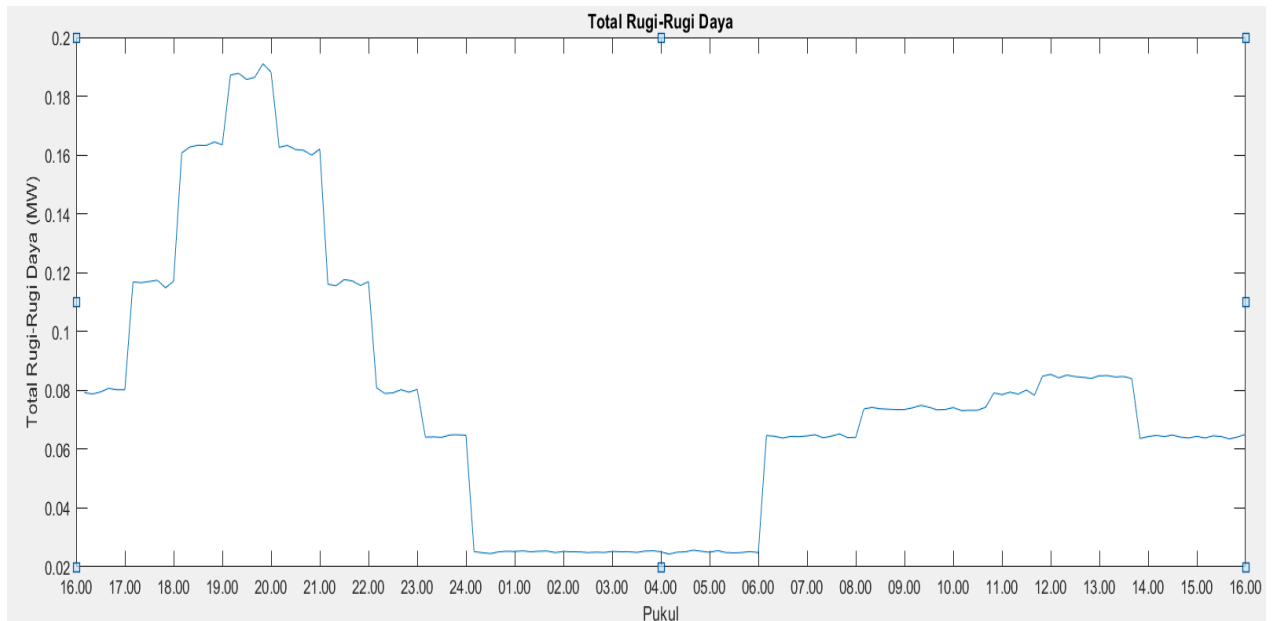


Gambar 5. 4 Diagram alir proses simulasi beban eksisting dalam interval waktu 24 jam.

Proses simulasi beban eksisiting dalam interval waktu 24 jam pada Gambar 5.4 tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

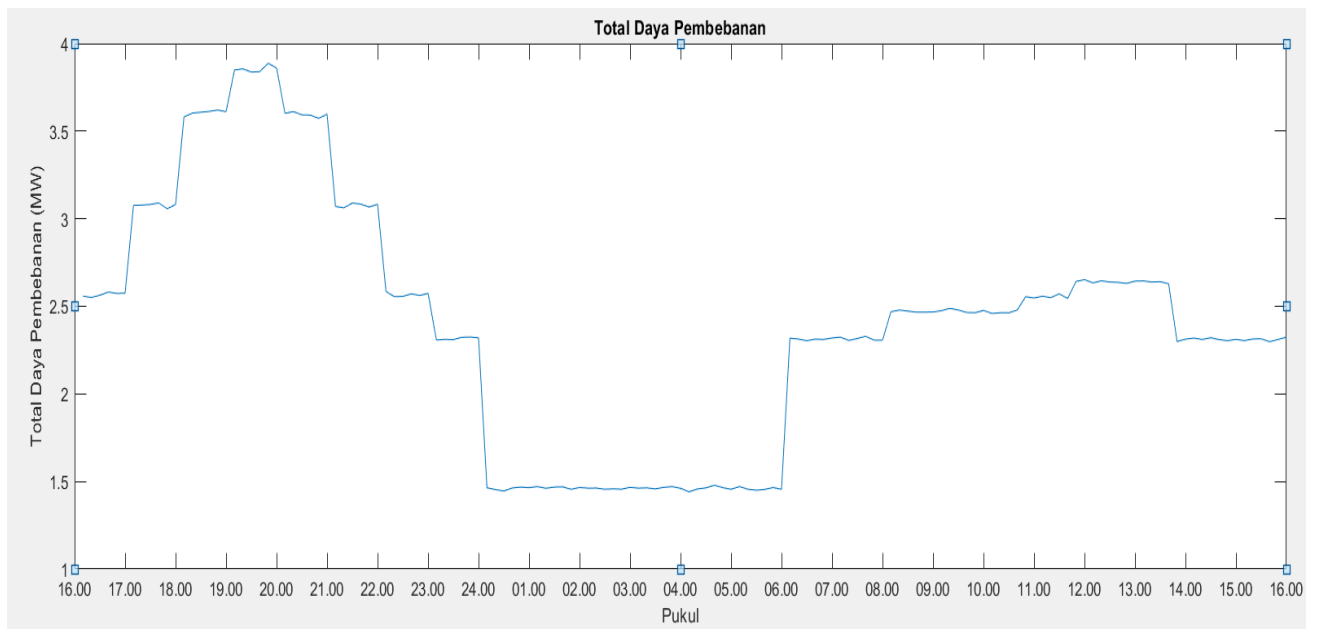
1. Melakukan input data beban eksisiting.
2. Menentukan nilai $\Delta t = 10$ menit sehingga untuk 1 jam ada 6 *timeslot*.
3. Proses pembacaan data beban eksisiting yang kemudian dibagi menjadi tiga macam data beban eksisiting minimum, maksimum, dan rata-rata.
4. Untuk data beban eksisiting maksimum terjadi selama 8 jam yaitu pada pukul 16.00 – 24.00. Data beban eksisiting rata-rata terjadi selama 10 jam yaitu pada pukul 06.00 – 16.00. Dan data beban eksisiting minimum terjadi selama 6 jam yaitu pada pukul 24.00 – 06.00.
5. Proses pengecekan data beban eksisiting untuk seluruh bus dalam satu penyulang pada semua *timeslot*.
6. Data beban untuk setiap bus ditentukan tidak melebihi 80% dari kapasitas transformator sesuai dengan ketentuan SPLN D3 002-1:2007.
7. Jika semua bus sudah terisi nilai beban eksisiting, maka kembali ke langkah 5 kemudian melanjutkan perhitungan nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q).
8. Melakukan analisis aliran daya untuk semua *timeslot*.

Hasil simulasi beban eksisiting tersebut kemudian dilakukan analisis aliran daya untuk setiap *timeslot*. Analisis aliran daya dilakukan sebanyak 144 kali sesuai dengan kondisi beban eksiting di setiap *timeslot*. Hasil analisis aliran daya beban eksisting dalam interval waktu 24 jam menghasilkan data total rugi-rugi daya, data total konsumsi daya, dan data nilai tegangan paling rendah yang terjadi di suatu bus dalam satu penyulang tersebut. Hasil data analisis aliran daya tersebut dapat dilihat pada Lampiran D.4 dan ditampilkan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 sampai dengan Gambar 5.7.



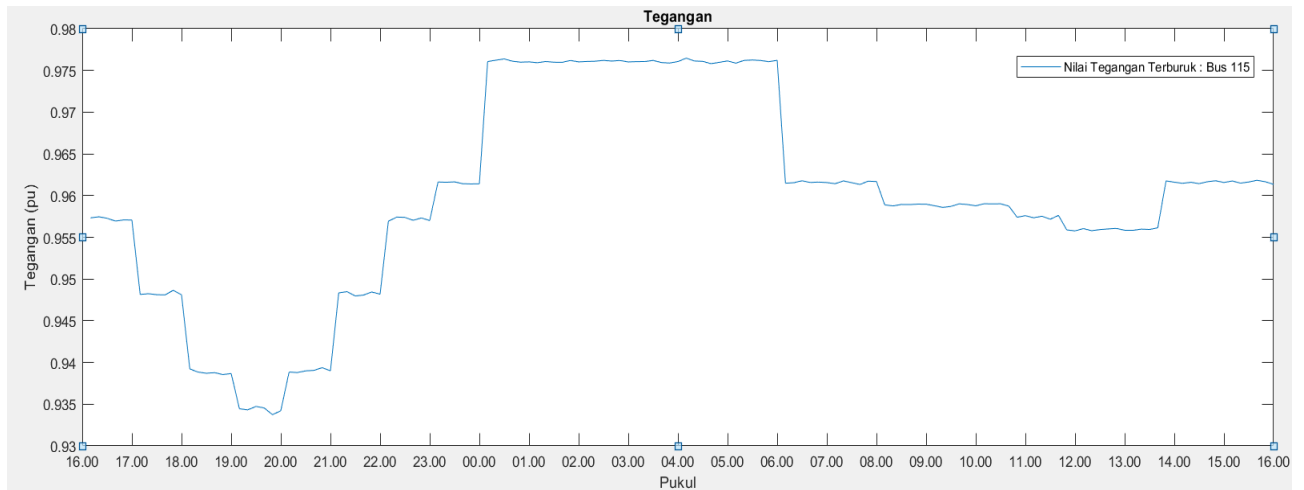
Gambar 5. 5 Total rugi-rugi daya pada sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam.

Pada Gambar 5.5 menunjukkan nilai total rugi-rugi daya dalam interval waktu 24 jam. Nilai rugi-rugi daya relatif tinggi terjadi saat pukul 19.00 sampai dengan pukul 21.00 dengan nilai rugi-rugi daya paling tinggi yaitu 0,19 MW pada pukul 19.40. Nilai rugi-rugi daya relatif rendah terjadi saat pukul 00.00 sampai dengan pukul 06.00 dengan nilai rugi-rugi daya paling rendah yaitu 0,02 MW pada pukul 00.20.



Gambar 5. 6 Total daya pembebanan pada sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam.

Pada Gambar 5.6 menunjukkan nilai total daya pembebanan dalam interval waktu 24 jam. Nilai daya pembebanan paling tinggi yaitu 3,8 MW terjadi pada pukul 19.40. Nilai total daya pembebanan relatif rendah terjadi saat pukul 00.00 sampai dengan pukul 06.00 dengan nilai daya pembebanan paling rendah yaitu 1,44 MW pada pukul 00.20.



Gambar 5. 7 Tegangan pada sistem eksisting dalam interval waktu 24 jam.

Pada Gambar 5.7 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi pada bus dengan nilai tegangan terburuk dalam interval waktu 24 jam. Nilai tegangan terburuk terjadi di bus 115. Nilai tegangan paling tinggi yaitu 0,9765 pu pada pukul 04.00. Nilai tegangan relatif rendah terjadi saat pukul 19.00 sampai dengan pukul 20.00 dengan nilai tegangan paling rendah yaitu 0,9225 pu pada pukul 19.40.

5.4 Analisis Aliran Daya Sistem Eksisting Sebelum Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV

Analisis aliran daya sistem eksisting ini dilakukan ketika sudah ada penetrasi PEV tetapi proses optimisasi koordinasi pengisian daya PEV belum dijalankan. Dalam penelitian ini akan dianalisa dalam 4 kasus penetrasi PEV. Yaitu penetrasi PEV dalam sistem untuk nilai penetrasi sebesar 20%, 40%, 60%, dan 80%. Nilai penetrasi PEV ini berdasarkan dari nilai penambahan total pembebanan dalam penyulang Pujon yang dibebani oleh beban eksisting rumah tangga. Penentuan nilai penambahan kapasitas penetrasi beban PEV sebesar 20%, 40%, 60% dan 80% menggunakan data beban *existing* penyulang pujon sebagai acuan dasar. Pada data beban *existing* penyulang pujon dikategorikan menjadi 3 bagian. Yakni, data beban eksisting minimum (Pukul 00.00 – 05.59 WIB), beban eksisting rata-rata (Pukul 06.00 – 15.59 WIB) dan beban eksisting maksimum (Pukul 16.00 – 23.59 WIB). Adapun formulasi penambahan nilai kapasitas beban PEV ditunjukkan dalam persamaan (5-8) sampai dengan persamaan (5-10).

$$P_{PEVmin} = w_1 \times (P_{extMin} + P_{extAve} + P_{extMax}) \times \frac{n}{100} \quad (5-8)$$

$$P_{PEVave} = w_2 \times (P_{extMin} + P_{extAve} + P_{extMax}) \times \frac{n}{100} \quad (5-9)$$

$$P_{PEVmax} = w_3 \times (P_{extMin} + P_{extAve} + P_{extMax}) \times \frac{n}{100} \quad (5-10)$$

Keterangan:

P_{PEVmin} = Daya Penetrasi PEV pada pukul 00.00 – 05.59

P_{PEVave} = Daya Penetrasi PEV pada pukul 06.00 – 15.59

P_{PEVmax} = Daya Penetrasi PEV pada pukul 16.00 – 23.59

P_{extmin} = Daya beban existing pada pukul 00.00 – 05.59

P_{extmin} = Daya beban existing pada pukul 06.00 – 15.59

P_{PEVmax} = Daya Penetrasi PEV pada pukul 16.00 – 23.59

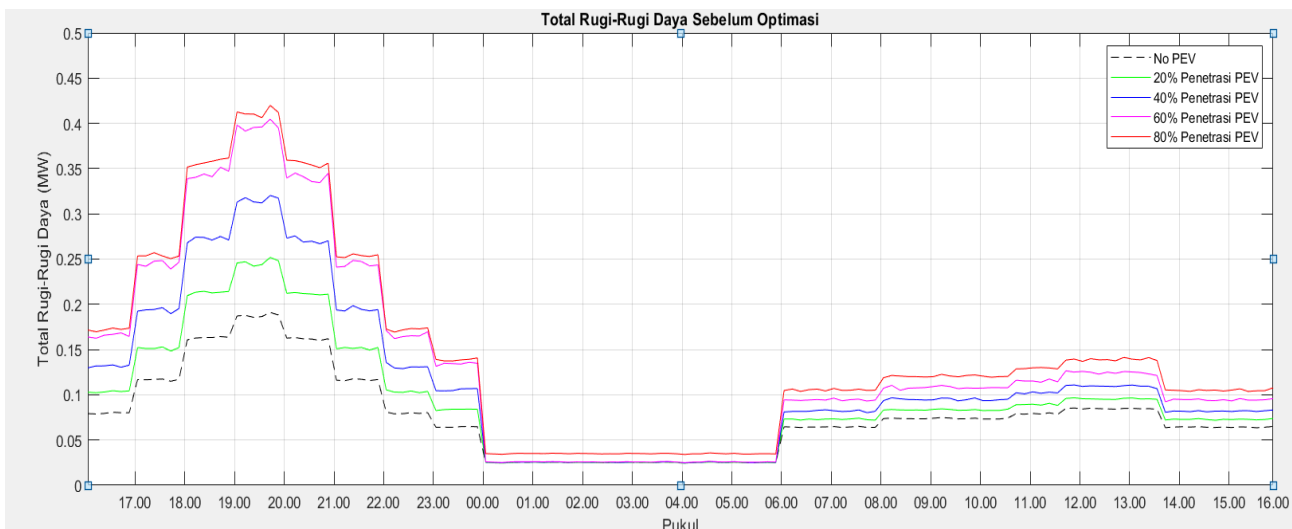
n = Persentase Penetrasi PEV (20, 40, 60, 80)

w_1 = 0.1

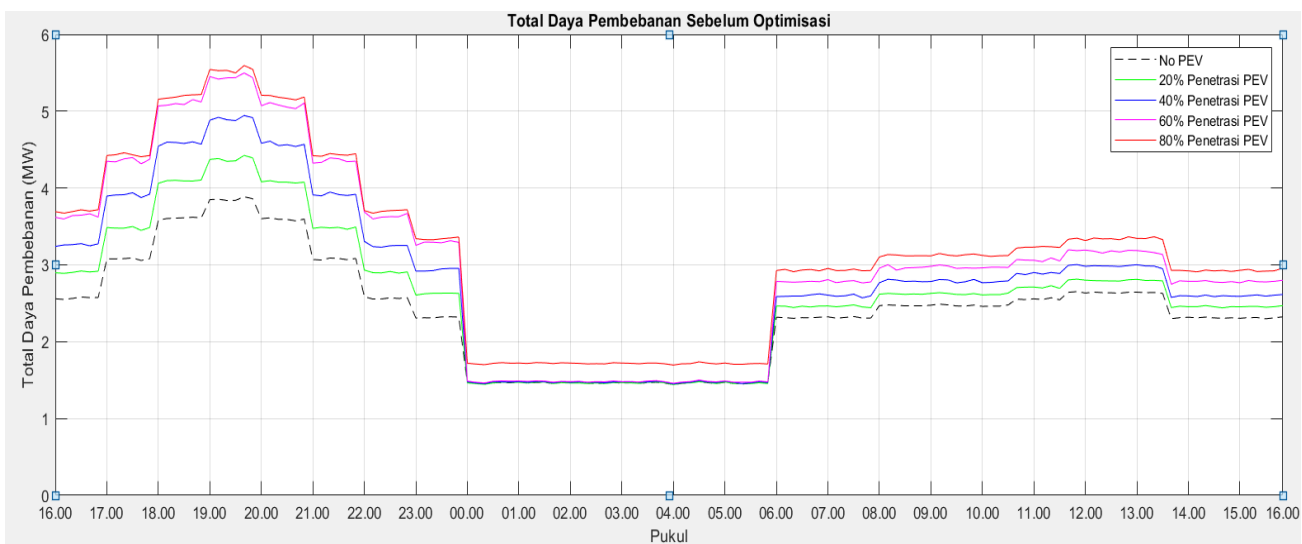
w_2 = 0.3

w_3 = 0.6

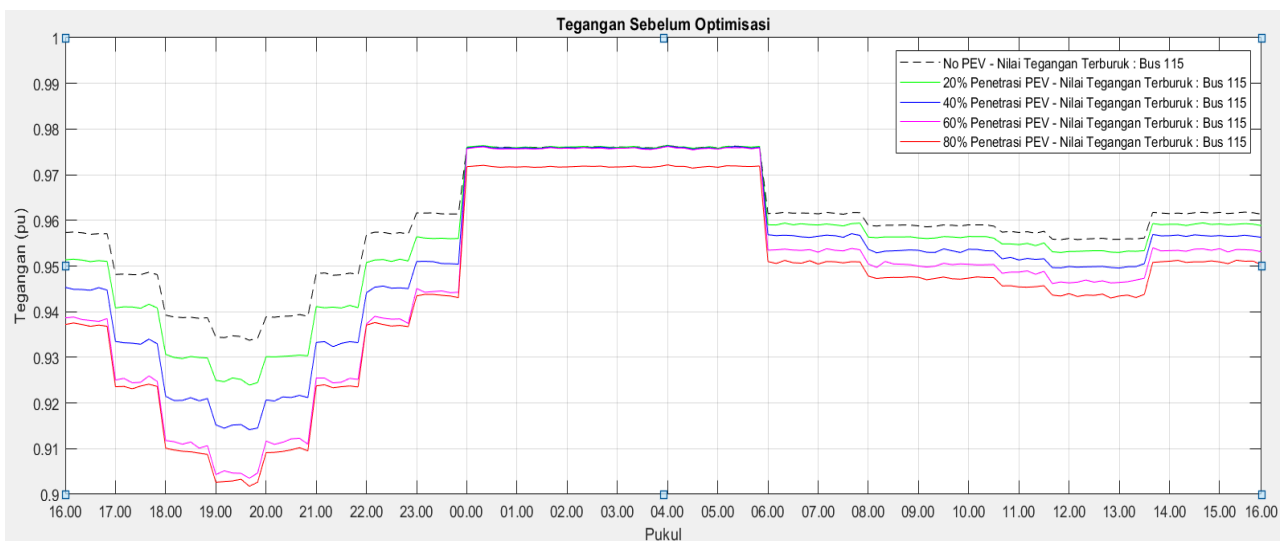
Untuk nilai pembebanan dari 1 unit PEV sesuai dengan batasan masalah penelitian ini yaitu menggunakan Nissan Leaf dengan spesifikasi daya pengisian maksimum yang dibutuhkan 4,4 kVA. PEV akan didistribusikan sesuai dengan bus yang berada di daerah padat penduduk atau bus dengan kapasitas transformator yang masih cukup untuk menampung penambahan beban PEV. Hasil data analisis aliran daya beban eksisting setelah adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam ini dapat dilihat pada Lampiran D.5 sampai dengan Lampiran D.8 dan ditampilkan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.8 sampai dengan Gambar 5.10.



Gambar 5. 8 Total rugi-rugi daya pada sistem eksisting saat adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam.



Gambar 5. 9 Total daya pembebanan pada sistem eksisting saat adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam.



Gambar 5. 10 Tegangan pada sistem eksisting saat adanya penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam.

Dalam skenario ini proses pengisian daya PEV akan langsung dimulai ketika PEV dihubungkan dengan alat pengisian daya. PEV yang terhubung dalam waktu tertentu akan diisi semua secara acak tanpa memperhatikan batasan-batasan dalam sistem distribusi eksisting. Oleh karena itu sistem eksisting menghadapi lebih banyak masalah seperti kelebihan beban dalam sistem distribusi, rugi-rugi daya yang tinggi dan penurunan kualitas tegangan. Nilai total rugi-rugi daya dalam interval waktu 24 jam ditunjukkan pada Gambar 5.8. Ditemukan bahwa proses pengisian daya PEV yang secara acak dan tidak terkoordinasi ini menyebabkan rugi-rugi daya meningkat terutama pada saat jam sibuk beban maksimum yaitu kisaran pada pukul 20.00 sampai dengan pukul 23.00. Dengan nilai rugi-rugi daya paling tinggi yaitu pada penetrasi 80% sebesar 0,42 MW saat pukul 19.40. Pada Gambar 5.9 dapat diamati total daya pembebanan juga meningkat ketika adanya penetrasi PEV. Total daya pembebanan relatif tinggi saat adanya penetrasi PEV. Nilai total daya pembebanan tertinggi terjadi saat penetrasi PEV 80% sebesar 5,6 MW saat pukul 19.40. Pada Gambar 5.10 ditunjukkan saat penetrasi PEV 60% dan 80% nilai tegangan paling rendah yaitu 0,9 pu. Sedangkan saat penetrasi PEV 20% dan 40% nilai tegangan terendah yaitu masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu 0,92 dan 0,91 pu.

Besarnya nilai rugi daya pada kondisi setelah adanya penetrasi beban PEV tersebut dapat dijadikan acuan untuk pertimbangan optimisasi koordinasi penjadwalan pengisian daya PEV. Hal ini dikarenakan ketika adanya penetrasi beban PEV, keadaan pada sistem eksisting menyebabkan kenaikan nilai rugi-rugi daya dan terjadi indikasi profil tegangan yang lebih rendah, rata-rata berkisar di bawah 0,95 p.u. Sedangkan profil tegangan yang diizinkan sesuai SPLN 1 : 1995 memiliki batasan nilai $0,90 \text{ p.u} \leq V_{\text{bus}} \leq 1.1 \text{ p.u}$.

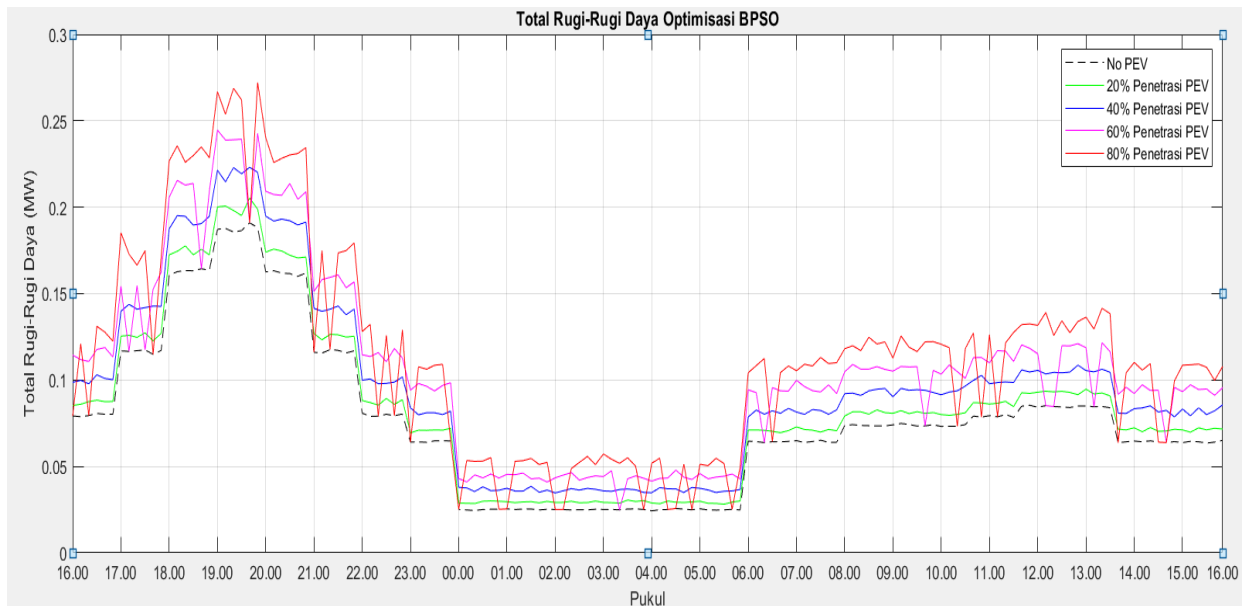
5.5 Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV dengan Algoritma *Binary Particle Swarm Optimization*

Algoritma BPSO merupakan algoritma pertama yang digunakan dalam optimisasi koordinasi pengisian daya PEV. Langkah pertama setelah memasukkan data beban dan data saluran kedalam perhitungan Newton Raphson, yaitu menentukan batas penetrasi PEV yang didistribusikan ke dalam sistem. Langkah kedua, memasukkan parameter awal yang digunakan dalam proses optimisasi menggunakan BPSO. Parameter tersebut dituliskan dalam Tabel 5.2. Langkah ketiga yaitu menjalankan optimisasi dalam 4 kasus penetrasi PEV untuk memperoleh analisis kondisi dalam sistem dalam berbagi kasus penetrasi PEV.

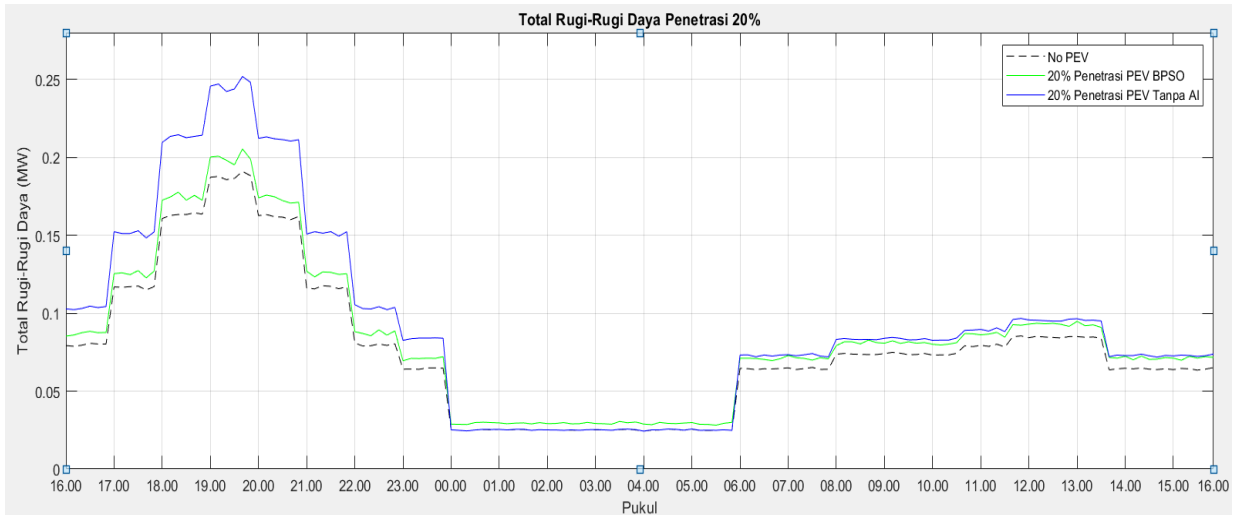
Tabel 5.2 Nilai Parameter BPSO

Parameter	Keterangan	Nilai
nPop	Ukuran populasi	20
Wmax	Batas bobot maksimum	[2 4 6 8]
Wmin	Batas bobot minimum	[0 0 0 0]
MaxIt	Maksimum generasi / iterasi	10
c1	Konstanta personal learning	1,5
c2	Konstanta global learning	2

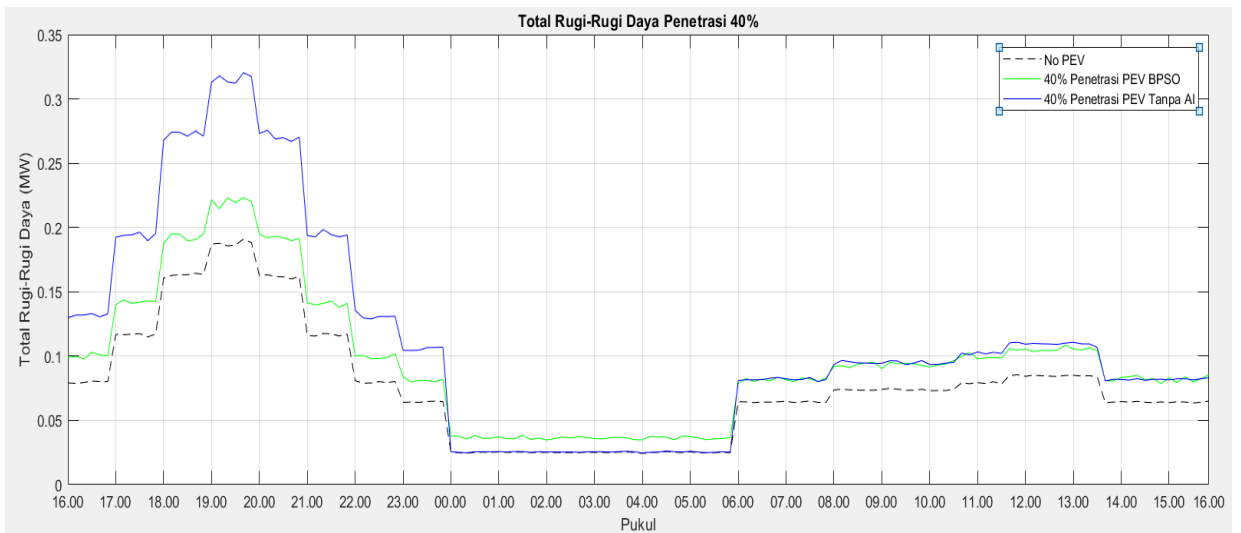
Untuk mengatasi dampak buruk dari pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi pada jaringan distribusi, pendekatan koordinasi pengisian PEV real-time berdasarkan interval 10 menit diusulkan dalam penelitian ini. Ketika PEV disambungkan dengan alat pengisi daya, PEV tidak akan langsung diisi daya selama keputusan pengisian tidak diambil oleh pusat kontrol. Algoritma BPSO yang diimplementasikan secara optimal menjadwalkan PEV yang tiba dan dapat memenuhi semua batasan sistem. Strategi koordinasi ini diharapkan lebih menguntungkan untuk sistem distribusi eksisting dibandingkan dengan kasus pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi.



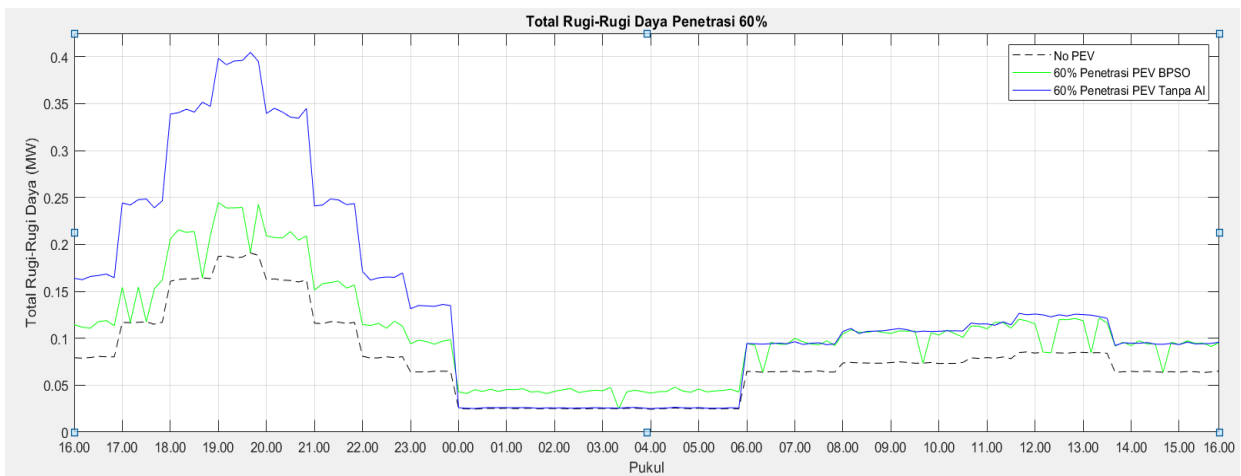
Gambar 5. 11 Total rugi-rugi daya dengan algoritma BPSO.



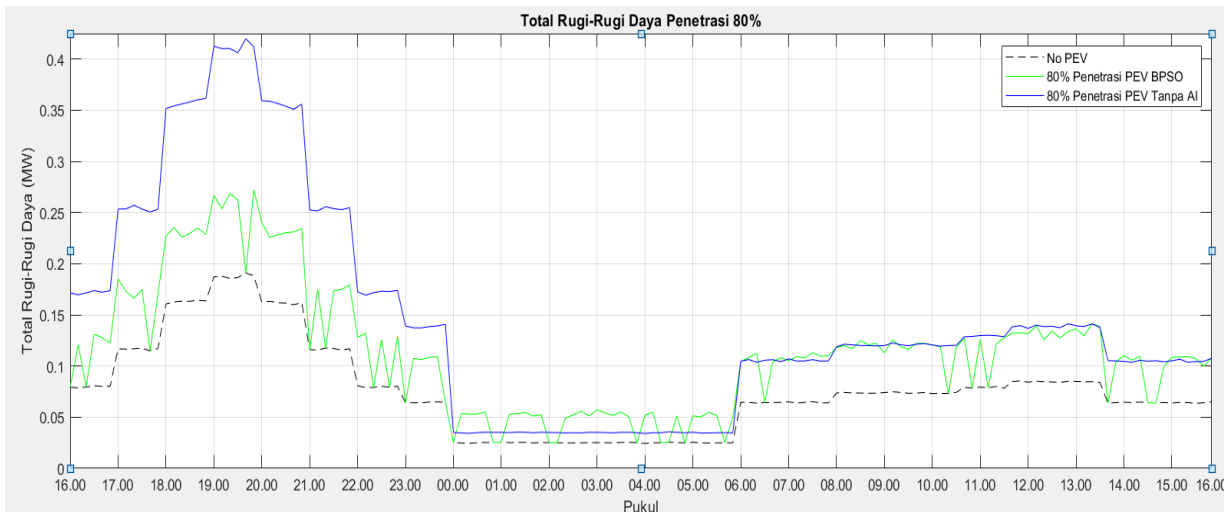
Gambar 5. 12 Total rugi-rugi daya penetrasi 20% dengan algoritma BPSO.



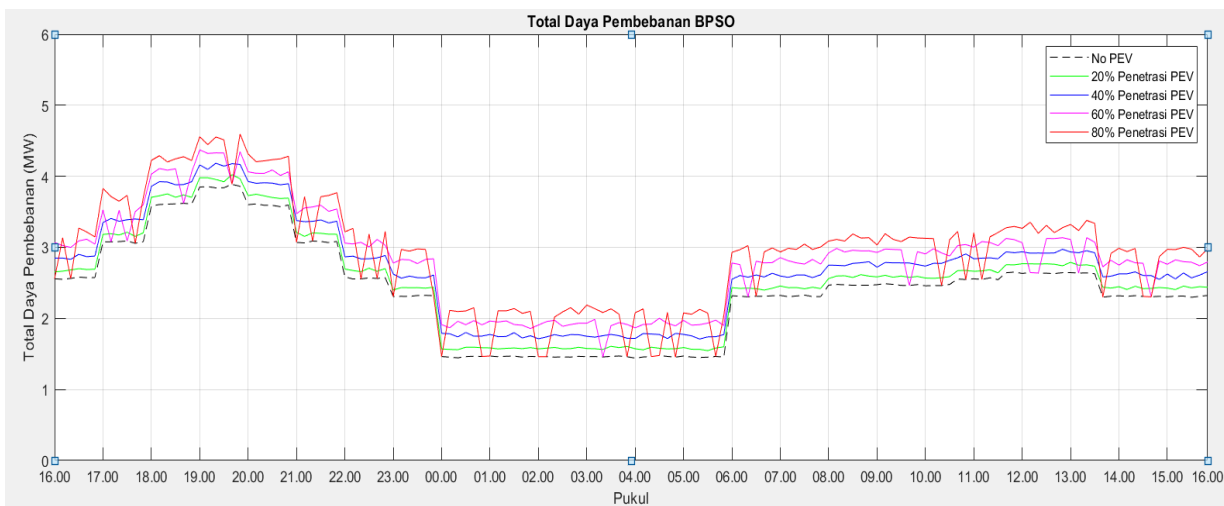
Gambar 5. 13 Total rugi-rugi daya penetrasi 40% dengan algoritma BPSO.



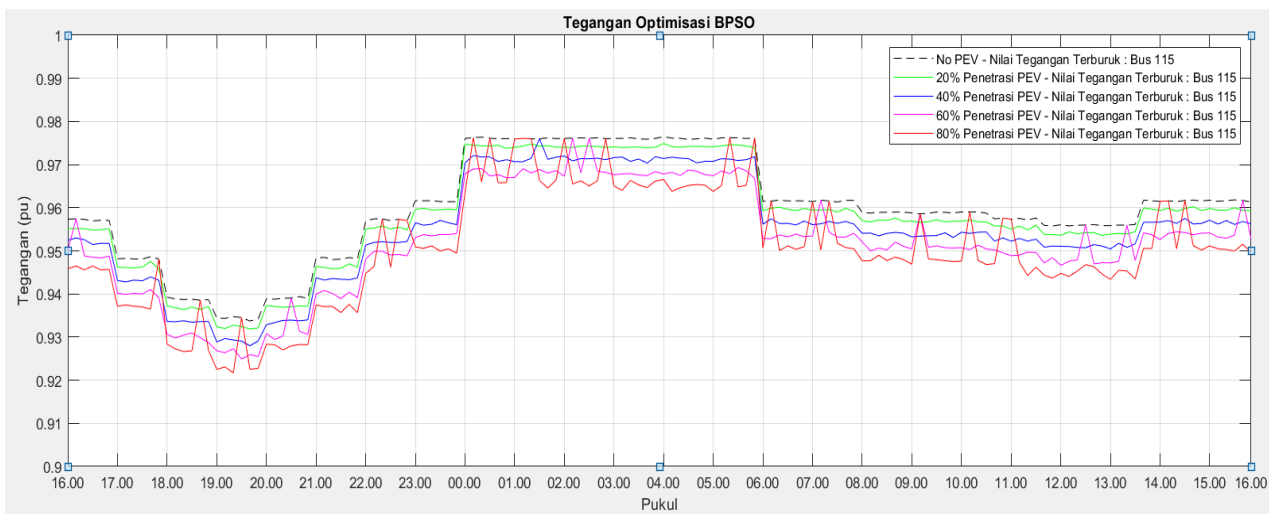
Gambar 5. 14 Total rugi-rugi daya penetrasi 60% dengan algoritma BPSO.



Gambar 5. 15 Total rugi-rugi daya penetrasi 80% dengan algoritma BPSO.



Gambar 5. 16 Total daya Pembebanan dengan algoritma BPSO.



Gambar 5. 17 Tegangan pada sistem dengan algoritma BPSO.

Berdasarkan hasil pengujian koordinasi pengisian daya PEV dengan menggunakan algoritma BPSO yang ditunjukkan pada Gambar 5.11 sampai 5.17 menunjukkan perbaikan rugi-rugi daya dibandingkan dengan pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi tanpa menggunakan metode *artificial intelligent* (AI). Hal ini dapat dilihat pada perbedaan total grafik rugi daya ketika menggunakan algoritma BPSO dan tanpa AI pada waktu pengisian daya PEV dengan beban penetrasi PEV 20%, 40%, 60% dan 80%. Perbandingan total rugi daya antara metode BPSO dan tanpa AI dapat dilihat pada Gambar 5.12 sampai 5.15. Ketika penetrasi PEV 20% nilai total rugi daya tertinggi sebelum optimisasi sebesar 0,25 MW kemudian turun menjadi 0.2 MW setelah adanya penetrasi. Pada penetrasi PEV 40%; 60%; dan 80% juga terjadi penurunan dari sebelumnya nilai total rugi daya tertinggi sebesar 0,32 MW; 0,4 MW; dan 0,42 MW menjadi 0,22 MW; 0,23MW; 0,26 MW. Begitu juga dengan nilai total daya pembebanan dan nilai besaran tegangan pada tiap *timeslot* yang ditunjukkan dalam Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 menunjukkan nilai yang relatif lebih baik dibandingkan koordinasi pengisian daya PEV sebelum proses optimisasi dilakukan. Untuk nilai tegangan yang ditampilkan di grafik adalah nilai tegangan terendah yang terjadi pada suatu bus. Dalam hasil analisis aliran daya ini adalah bus ke-115. Nilai tegangan relatif rendah terjadi saat pukul 19.00 sampai dengan pukul 20.00 dengan nilai tegangan paling rendah pada pukul 19.40 untuk setiap masing-masing kasus penetrasi beban 20%; 40%; 60%; dan 80% yaitu sebesar 0,9239 pu; 0,9142 pu; 0,9035 pu; dan 0,9018 pu. Setelah dilakukan koordinasi pengisian daya menggunakan metode BPSO tegangan terendah menjadi sebesar 0,9319 pu; 0,9280 pu; 0,9259 pu; dan 0,9225 pu untuk setiap kasus beban penetrasi PEV.

Hasil analisis aliran daya yang ditunjukkan pada gambar-gambar diatas, sudah sesuai dengan tujuan dan hipotesa dari penelitian. Dimana penggunaan algoritma *artificial intelligent* (AI) dalam kasus ini BPSO dapat memberikan perbaikan nilai rugi daya, dan besaran tegangan pada setiap *timeslot*. Sehingga diharapkan dengan menggunakan algoritma BPSO ini dapat meminimalisasi rugi daya pada jaringan ketika terjadi penambahan beban penetrasi PEV pada sistem distribusi eksisting.

5.6 Optimisasi Koordinasi Pengisian Daya PEV dengan Algoritma *Binary Grey Wolf Optimization*

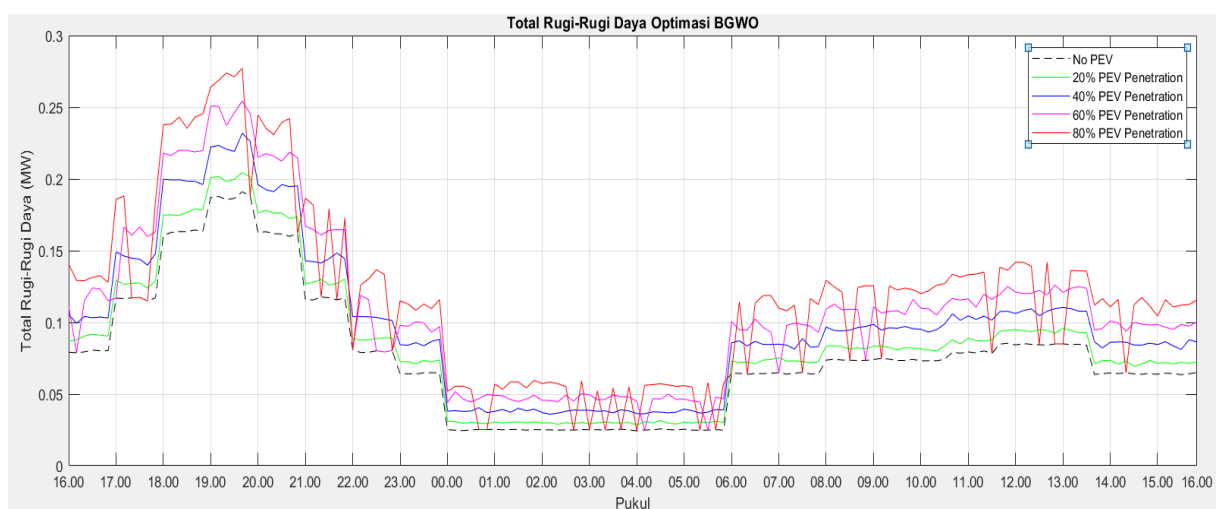
Algoritma BGWO merupakan algoritma kedua yang digunakan dalam optimisasi koordinasi pengisian daya PEV. Langkah pertama setelah memasukkan data beban dan data saluran kedalam perhitungan Newton Raphson, yaitu menentukan batas penetrasi PEV yang

didistribusikan ke dalam sistem. Langkah kedua, memasukkan parameter awal yang digunakan dalam proses optimisasi menggunakan BGWO. Parameter tersebut dituliskan dalam Tabel 5.3. Langkah ketiga yaitu menjalankan optimisasi dalam 4 kasus penetrasi PEV untuk memperoleh analisis kondisi dalam sistem dalam berbagai kasus penetrasi PEV.

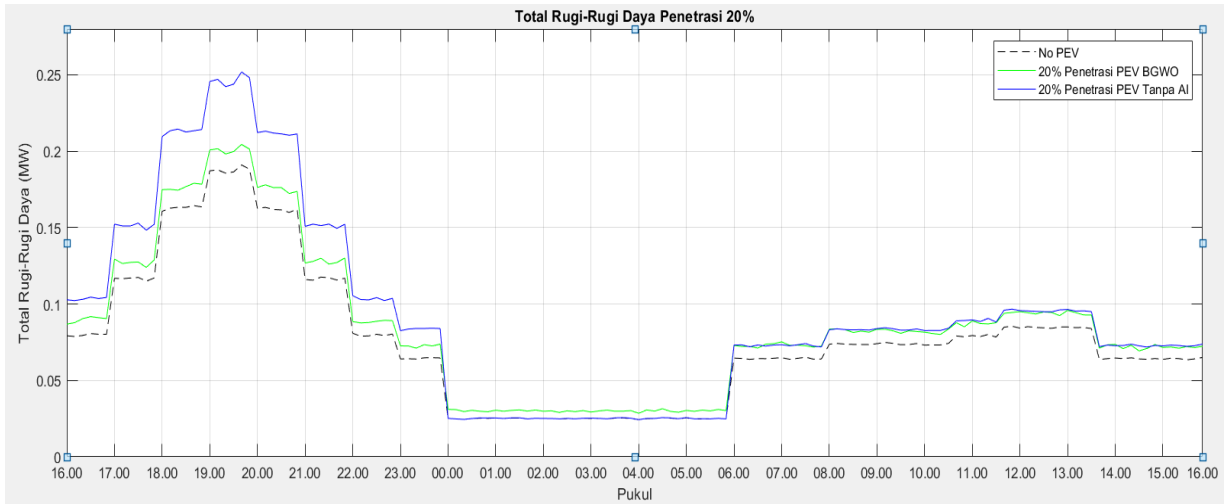
Tabel 5.3 Nilai Parameter BGWO

Parameter	Keterangan	Nilai
<i>MaxIt</i>	Iterasi maksimum	10
<i>Upper Bound</i>	Batas atas distribusi penetrasi PEV	[2 4 6 8]
<i>Lower Bound</i>	Batas bawah distribusi penetrasi PEV	[0 0 0 0]
<i>Search Agent</i>	Maksimum generasi / iterasi	20
<i>Dim</i>	Dimmension	71

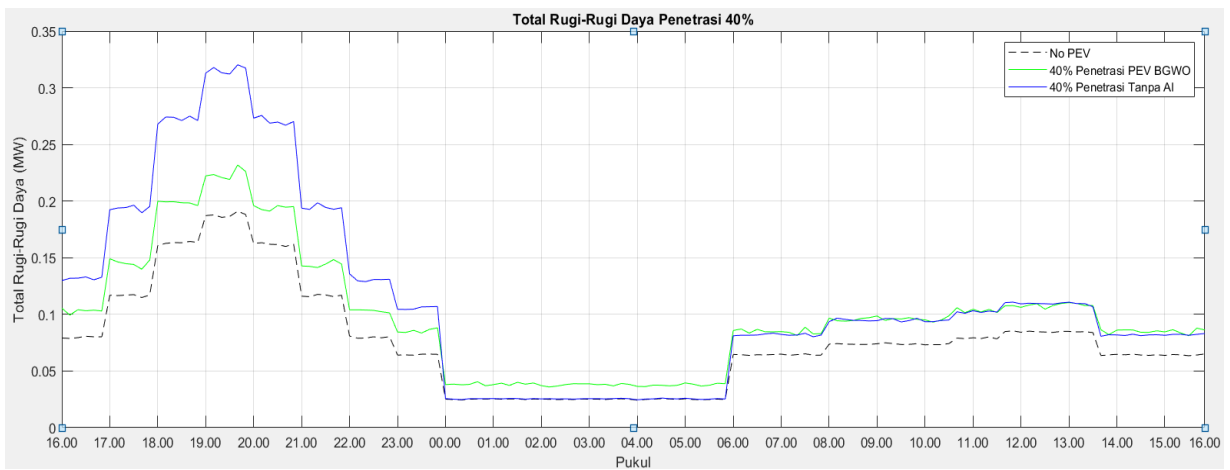
Untuk mengatasi dampak buruk dari pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi pada jaringan distribusi, pendekatan koordinasi pengisian PEV real-time berdasarkan interval 10 menit diusulkan dalam penelitian ini. Ketika PEV disambungkan dengan alat pengisi daya, PEV tidak akan langsung diisi daya selama keputusan pengisian tidak diambil oleh pusat kontrol. Algoritma BGWO yang diimplementasikan secara optimal menjadwalkan PEV yang tiba dan dapat memenuhi semua batasan sistem. Strategi koordinasi ini diharapkan lebih menguntungkan untuk sistem distribusi eksisting dibandingkan dengan kasus pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi.



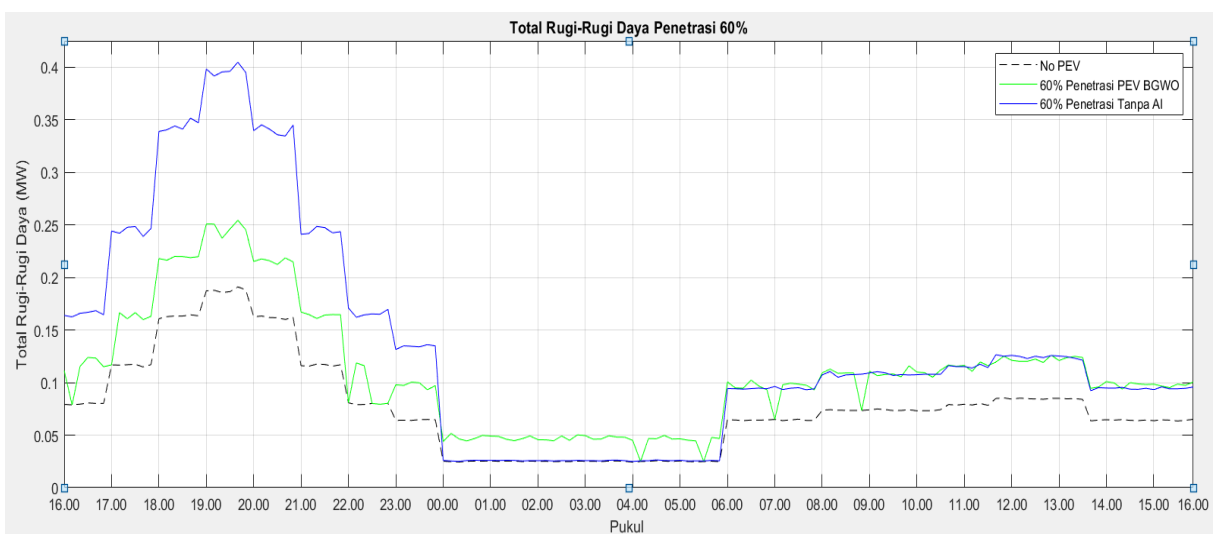
Gambar 5. 18 Total rugi-rugi daya dengan algoritma BGWO.



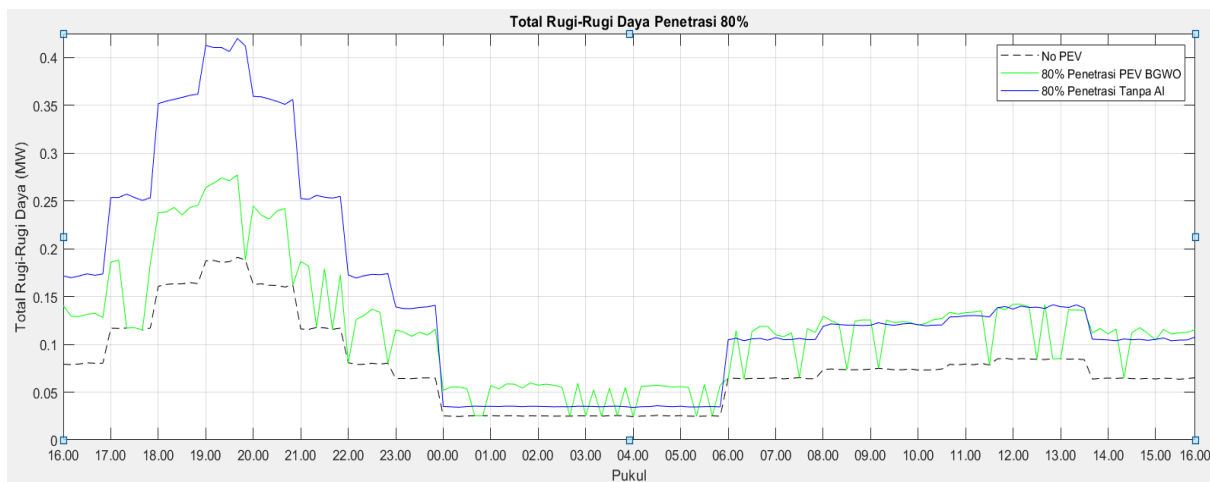
Gambar 5. 19 Total rugi-rugi daya penetrasi 20% dengan algoritma BGWO.



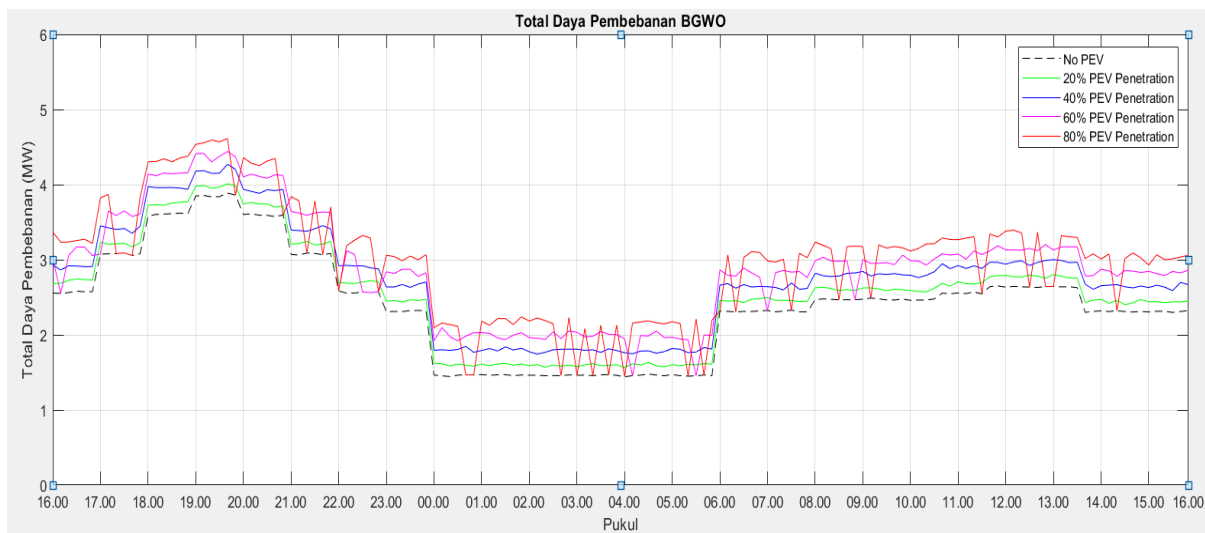
Gambar 5. 20 Total rugi-rugi daya penetrasi 40% dengan algoritma BGWO.



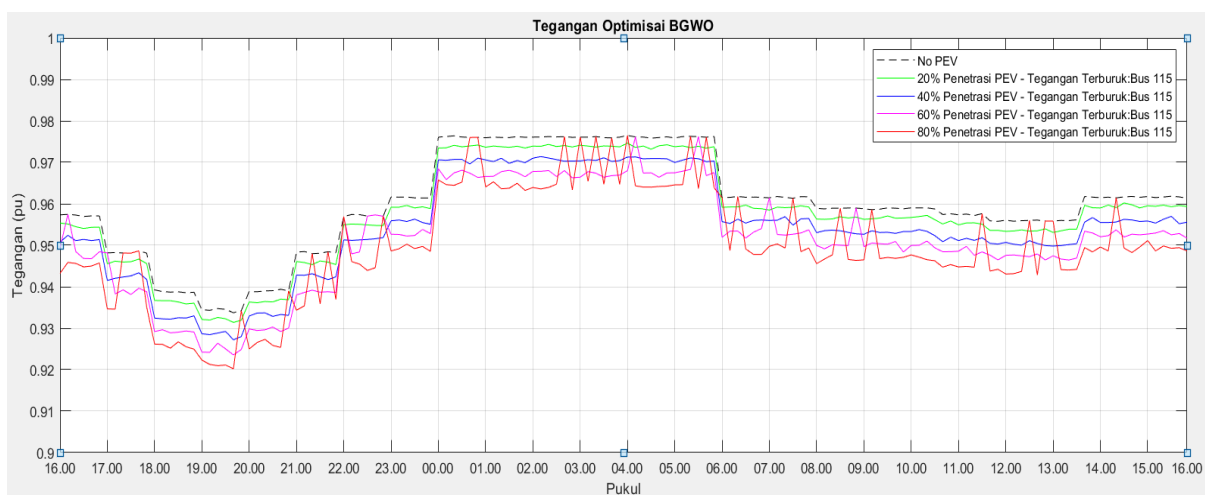
Gambar 5. 21 Total rugi-rugi daya penetrasi 60% dengan algoritma BGWO.



Gambar 5. 22 Total rugi-rugi daya penetrasi 80% dengan algoritma BGWO.



Gambar 5. 23 Total daya Pembebanan dengan algoritma BGWO.



Gambar 5. 24 Tegangan pada sistem dengan algoritma BGWO.

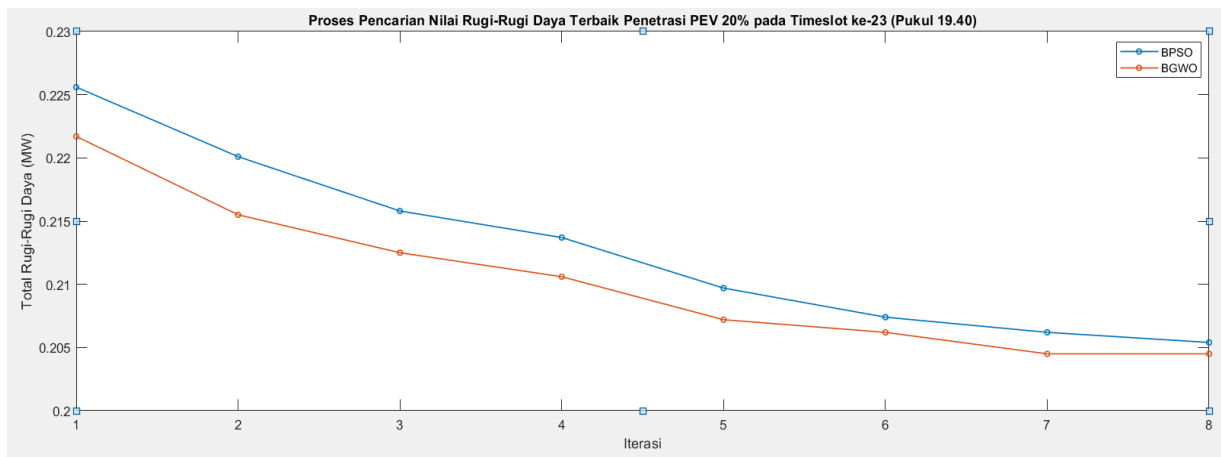
Berdasarkan hasil pengujian koordinasi pengisian daya PEV dengan menggunakan algoritma BGWO yang ditunjukkan pada Gambar 5.18 sampai 5.24 menunjukkan perbaikan rugi-rugi daya dibandingkan dengan pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi tanpa menggunakan metode *artificial intelligent* (AI). Hal ini dapat dilihat pada perbedaan total grafik rugi daya ketika menggunakan algoritma BGWO dan ketika belum dioptimisasi AI pada waktu pengisian daya PEV dengan beban penetrasi PEV 20%, 40%, 60% dan 80%. Perbandingan total rugi daya antara metode BGWO dan tanpa AI dapat dilihat pada Gambar 5.19 sampai 5.22. Ketika penetrasi PEV 20% nilai total rugi daya tertinggi sebelum optimisasi sebesar 0,25 MW kemudian turun menjadi 0,2 MW setelah adanya optimisasi. Pada penetrasi PEV 40%; 60%; dan 80% juga terjadi penurunan dari sebelumnya nilai total rugi daya tertinggi sebesar 0,32 MW; 0,4 MW; dan 0,42 MW menjadi 0,23 MW; 0,25 MW; 0,27 MW. Begitu juga dengan nilai total daya pembebanan dan nilai besaran tegangan pada tiap *timeslot* yang ditunjukkan dalam Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 menunjukkan nilai yang relatif lebih baik dibandingkan koordinasi pengisian daya PEV sebelum proses optimisasi dilakukan. Untuk nilai tegangan yang ditampilkan di grafik adalah nilai tegangan terendah yang terjadi pada suatu bus. Dalam hasil analisis aliran daya ini adalah bus ke-115. Nilai tegangan relatif rendah terjadi saat pukul 19.00 sampai dengan pukul 20.00 dengan nilai tegangan paling rendah pada pukul 19.40 untuk setiap masing-masing kasus penetrasi beban 20%; 40%; 60%; dan 80% yaitu sebesar 0,9239 pu; 0,9142 pu; 0,9035 pu; dan 0,9018 pu. Setelah dilakukan koordinasi pengisian daya menggunakan metode BGWO tegangan terendah menjadi sebesar 0,9314 pu; 0,9272 pu; 0,9235 pu; dan 0,9202 pu untuk setiap kasus beban penetrasi PEV.

Hasil analisis aliran daya yang ditunjukkan pada gambar-gambar diatas, sudah sesuai dengan tujuan dan hipotesa dari penelitian. Dimana penggunaan algoritma *artificial intelligent* (AI) dalam kasus ini BGWO dapat memberikan perbaikan nilai rugi daya, dan besaran tegangan pada setiap *timeslot*. Sehingga diharapkan dengan menggunakan algoritma BGWO ini dapat meminimalisasi rugi daya pada jaringan ketika terjadi penambahan beban penetrasi PEV pada sistem distribusi eksisting.

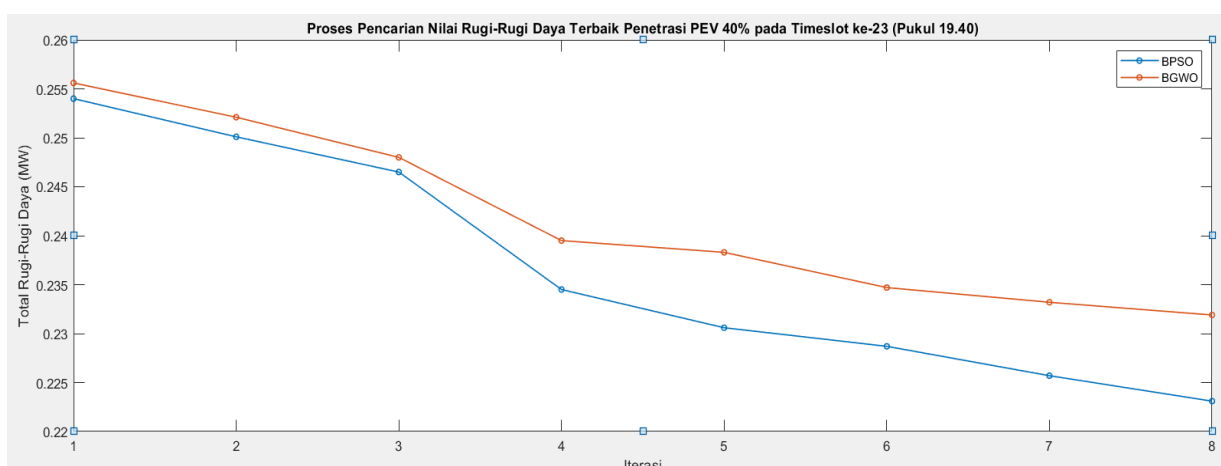
5.7 Analisis Perbandingan Algoritma BPSO dan BGWO

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menerapkan program BPSO dan BGWO yang diaplikasikan pada data Penyulang Pujon ketika ada penambahan beban penetrasi PEV. Penyelesaian awal dilakukan dengan menggunakan algoritma Newton Raphson untuk mengetahui kondisi awal aliran daya sebelum dilakukan optimisasi. Perhitungan aliran daya digunakan dalam beberapa kasus penetrasi PEV yaitu penetrasi PEV 20%, 40%, 60% dan 80%.

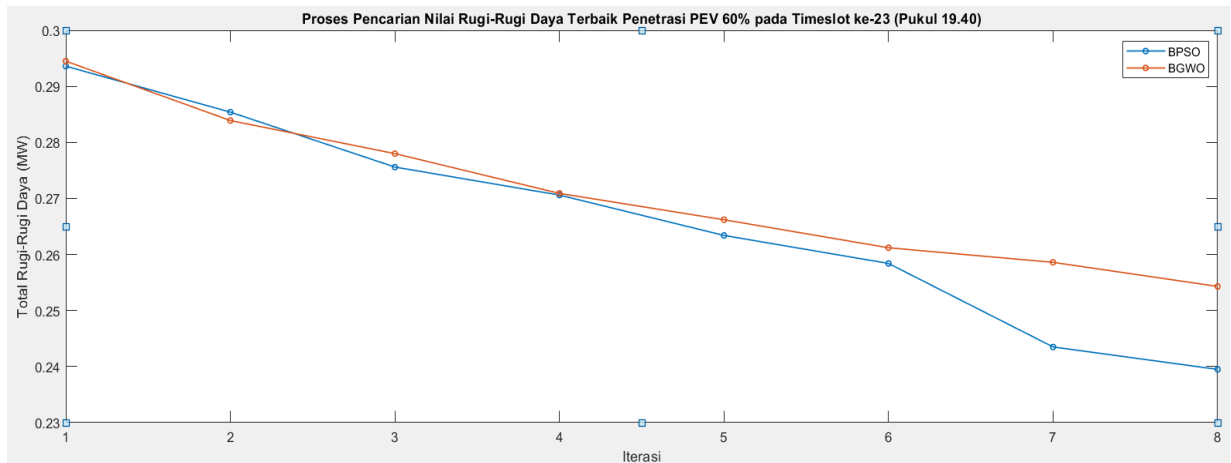
Berdasarkan proses hasil pencarian optimasi nilai rugi-rugi daya terbaik pada algoritma BGWO dan BPSO yang ditunjukkan dalam Gambar 5.25 sampai dengan Gambar 5.28 dapat diketahui bahwa algoritma dapat berfungsi sesuai yang diharapkan. Hal ini terlihat dari kurva nilai total rugi-rugi daya terhadap iterasi yang memiliki tren menurun yaitu meminimalisasi rugi daya.



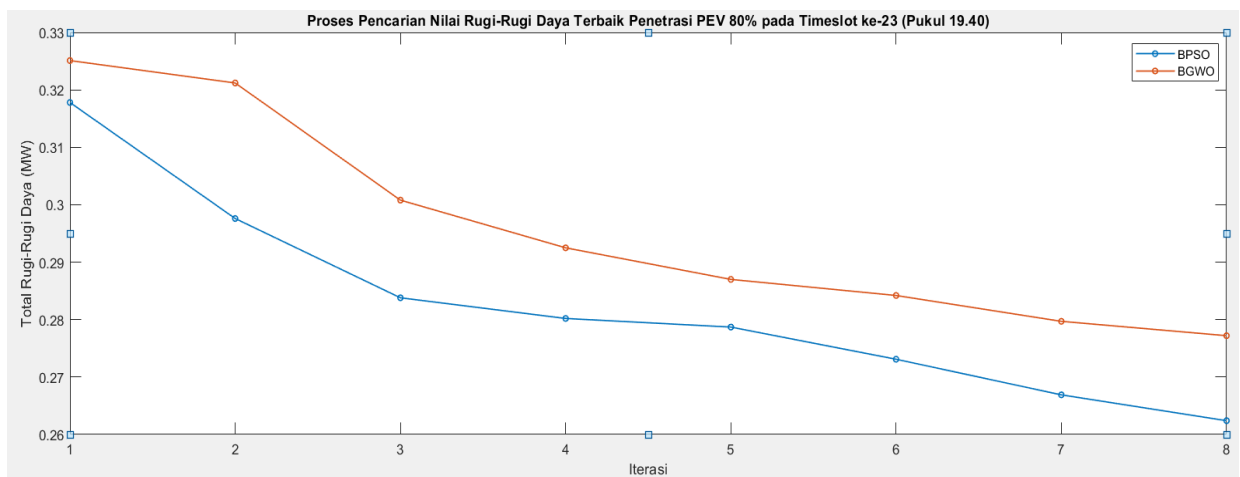
Gambar 5. 25 Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 20%.



Gambar 5. 26 Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 40%.



Gambar 5. 27 Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 60%.



Gambar 5. 28 Grafik proses optimisasi pencaarian nilai rugi-rugi daya terbaik penetrasi 80%.

Algoritma optimisasi yang digunakan yaitu BPSO dan BGWO, kedua algoritma ini dapat digunakan untuk membandingkan metode koordinasi pengisian daya PEV terbaik. Selain itu, profil tegangan juga memiliki nilai yang berbeda ketika menerapkan kedua algoritma tersebut. Di bawah ini dituliskan perbandingan persentase kenaikan *losses* dan persentase nilai deviasi tegangan dari proses optimisasi.

Tabel 5.4
Hasil Perbandingan Algoritma BPSO dan BGWO

Penetration	Uncoordinated Charging		Coordinated Charging			
	ΔV (%)	Increase in loss ^a (%)	BGWO		BPSO	
			ΔV (%)	Increase in loss ^a (%)	ΔV (%)	Increase in loss ^a (%)
No PEV	6,63	0	-	-	-	-
20%	7,61	24,16	6,86	6,58	6,81	5,45
40%	8,58	40,36	7,28	17,62	7,20	15,35
60%	9,65	52,80	7,65	24,89	7,41	20,24
80%	9,82	54,51	7,98	31,09	7,75	27,20

^aIncrease in loss compare to no pev case

Tabel 5.4 menunjukkan adanya perbedaan persentase deviasi tegangan dan persentase kenaikan rugi-rugi daya. Pada kasus penetrasi PEV 20% dengan algoritma BPSO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 5,45% dan deviasi tegangan 6,81%. Algoritma BGWO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 6,58% dan deviasi tegangan 6,86%. Pada kasus penetrasi PEV 40% dengan algoritma BPSO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 15,35% dan deviasi tegangan 7,20%. Algoritma BGWO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 17,62% dan deviasi tegangan 7,28%. Pada kasus penetrasi PEV 60% dengan algoritma BPSO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 20,24% dan deviasi tegangan 7,41%. Algoritma BGWO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 24,89% dan deviasi tegangan 7,65%. Pada kasus penetrasi PEV 80% dengan algoritma BPSO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 27,2% dan deviasi tegangan 7,75%. Algoritma BGWO, persentase kenaikan rugi daya sebesar 31,09% dan deviasi tegangan 7,98%.

Nilai-nilai setelah optimisasi tersebut menunjukkan hasil yang lebih baik daripada sebelum adanya optimisasi koordinasi pengisian daya PEV menggunakan algoritma AI. Dimana penggunaan algoritma *artificial intelligent* (AI) dalam kasus ini BPSO dan BGWO dapat memberikan perbaikan nilai rugi daya, dan besaran tegangan pada setiap *timeslot*. Sehingga diharapkan dengan menggunakan algoritma ini dapat meningkatkan efisiensi pada penyulang ketika terjadi penambahan beban penetrasi PEV pada sistem distribusi eksisting.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkoordinasikan pengisian daya PEV dalam sistem distribusi. Untuk perbandingan dengan metode yang diusulkan, beberapa studi terbaru ditunjukkan pada Tabel 5.5. Dari perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa penelitian sebelumnya tidak mempertimbangkan instrumen sistem tenaga untuk meningkatkan kinerja sistem selama pengisian PEV. Oleh karena itu, dalam metode yang peneliti usulkan ditujukan untuk mengurangi nilai rugi-rugi daya dan meningkatkan profil tegangan pada sistem distribusi eksisting sesuai dengan beban yang terjadi di lapangan secara nyata.

Tabel 5.5

Perbandingan metode yang diusulkan atas metode penelitian yang serupa

Penulis Penelitian	Algoritma yang digunakan	Fungsi Objektif	System Testing
Deilami S, Masoum AS, Moses PS, dan Masoum MAS	<i>Maximum Sensitivities Selective Optimization</i>	<i>Minimize Energy Cost</i>	IEEE 31 bus
Alonso M, Amaris H, Germain J dan Galan J.	<i>Genetic Algorithm</i>	<i>Minimize Substation Load Deviation</i>	<i>Low voltage distribution networks from a Spanish electricity distribution company (Unión Fenosa)</i>
Pada tesis penelitian ini	Binary Particle Swarm Optimization dan Binary Grey Wolves Optimization	Nilai rugi-rugi daya dan deviasi tegangan	Sistem GI Sengkaling Penyulang Pujong dengan total 117 bus

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang koordinasi pengisian daya *Plug-in Electric Vehicle* (PEV) pada jaringan distribusi listrik untuk meminimalisasi rugi-rugi daya dan deviasi tegangan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Di dalam sistem distribusi, aktivitas pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi dan acak menimbulkan pembebanan berlebih pada transformator distribusi, deviasi tegangan, dan rugi-rugi daya sistem yang meningkat secara signifikan. Hal ini ditunjukkan ketika adanya penambahan beban PEV dalam sistem eksisting pada beberapa kasus penetrasi PEV. Untuk masing-masing penetrasi PEV dengan kenaikan nilai rugi-rugi daya dan deviasi tegangan pada penetrasi PEV 20% sebesar 24,16% dan 7,61%; PEV 40% sebesar 40,36% dan 8,58%; PEV 60% sebesar 52,8% dan 9,65%; dan PEV 80% sebesar 54,51% dan 9,82%.
2. Algoritma BPSO yang diimplementasikan secara optimal menjadwalkan PEV yang tiba dan dapat memenuhi semua batasan sistem. Strategi koordinasi ini menunjukkan lebih menguntungkan untuk sistem distribusi eksisting dibandingkan dengan kasus pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi. Ditunjukkan bahwa nilai rugi-rugi daya tertinggi terjadi saat penetrasi PEV 80% dapat dikurangi dari sebelumnya sebesar 0,42 MW menjadi 0,26 MW dan perbaikan nilai tegangan dari 0,9 pu menjadi 0,92 pu.
3. Algoritma BGWO dapat memberikan perbaikan nilai rugi-rugi daya, dan besaran tegangan pada setiap *timeslot*. Strategi koordinasi ini juga menunjukkan hasil yang lebih menguntungkan untuk sistem distribusi eksisting dibandingkan dengan kasus pengisian daya PEV yang tidak terkoordinasi. Ditunjukkan bahwa nilai rugi-rugi daya tertinggi terjadi saat penetrasi PEV 80% dapat dikurangi dari sebelumnya sebesar 0,42 MW menjadi 0,27 MW dan perbaikan nilai tegangan dari 0,9 pu menjadi 0,92 pu.

6.2 Saran

Proses koordinasi pengisian daya PEV pada penelitian ini, khususnya dengan menggunakan algoritma BPSO menghasilkan perbaikan rugi-rugi daya dan profil tegangan sedikit lebih baik dibandingkan algoritma BGWO. Oleh karena itu, pada penelitian

selanjutnya diharapkan bisa menerapkan algoritma optimisasi pengembangan dari BPSO dan BGWO untuk membuat perencanaan koordinasi pengisian daya PEV untuk rentang waktu lebih dari 1 hari dan perencanaan optimisasi penempatan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Sehingga bisa dihasilkan analisis koordinasi penetrasi PEV dalam sistem distribusi yang lebih komprehensif.

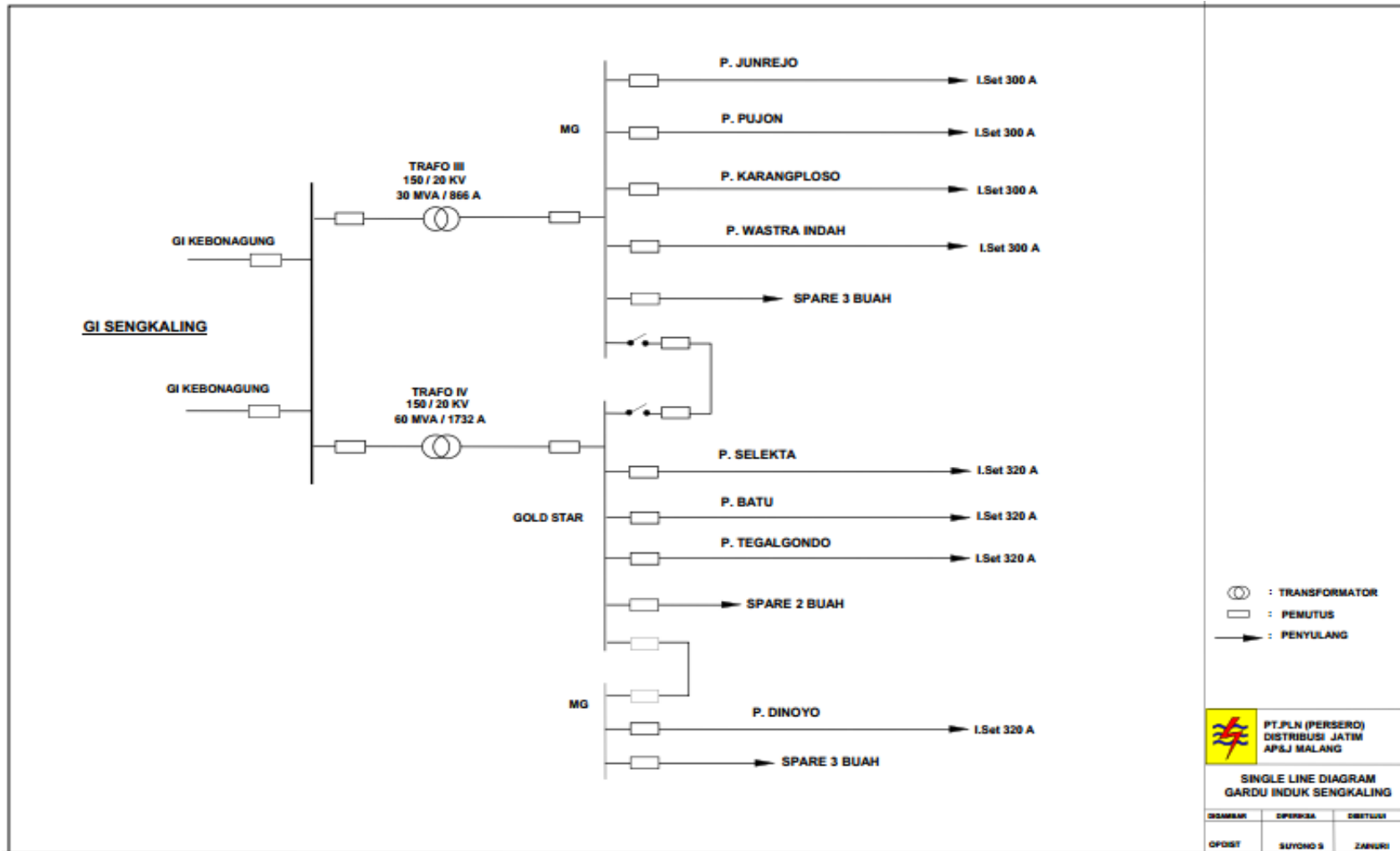
DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M.; Amaris, H.; Germain, J.; and Galan, J. 2014. *Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms*. *Energies*, 7, 2449.
- BPPT. 2019. Fast Charging Station, Inovasi BPPT untuk Dorong Kesiapan Infrastruktur Kendaraan Berbasis Listrik. Jakarta, Indonesia. <https://www.bppt.go.id/teknologi-informasi-energi-dan-material/3654-fast-charging-station-inovasi-bppt-untuk-dorong-kesiapan-infrastruktur-kendaraan-berbasis-listrik>. (diakses : 26 Februari 2020)
- Browne D, O'Mahony M, Caulfield B. 2012. *How should barriers to alternative fuels and vehicles be classified and potential policies to promote innovative technologies be evaluated?* *Journal of Cleaner Production*, 35:140–151.
- Clement-Nyns, Kristien . 2010. *Impact of Plug-in Hybrid Electric Vehicles on the Electricity System*. Belgium : Katholieke Universiteit Leuven, Departement Elektrotechniek
- Deilami S, Masoum AS, Moses PS, Masoum MAS. 2011. *Real-time coordination of plug-in electric vehicle charging in smart grids to minimize power losses and improve voltage profile*. *IEEE Transactions on Smart Grid*; 2(3):456–467.
- E. Emary, Hossam M. Zawbaa, Aboul Ella Hassanien. 2015. *Binary Gray Wolf Optimization Approaches for Feature Selection*. Elsevier Neurocomputing International Journal.
- Garcia-Valle, R. and Lopes, J. P. 2013. *Electric Vehicle Integration into Modern Networks*. Springer. pp. 24-28. 63-64.
- Gaurav, D. and Manimaran, H. 2015. *Impact of EV Charging Station on The Electric Distribution Grid*. Milan, Italia : Politecnico Di Milano, School of Industrial and Information Engineering.
- J. Kennedy and R. Eberhart. 1995. *Particle Swarm Optimization*. IEEE Int. Conf on Neural Networks, Perth, Australia, 1942-1948.
- K. Naidu , M. A. Muhammad, H. Mokhlis, M. Sufyan, and A. Amin. 2019. *Optimal coordination of EV charging with network reconfiguration*. Jawa Barat, Indonesia : AIP Conference Proceedings 2129.
- Kementrian ESDM. 2019. Kesiapan Dan Kecukupan Pasokan Listrik Untuk Mendukung Pengembangan Kendaraan Bermotor Listrik. Jakarta, Indonesia : *Focus Group Discussion (FGD) Menyongsong Era Kendaraan Listrik di Indonesia di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)*.
- Knezovic, Katarina. 2016. *Phase-wise enhanced voltage support from electric vehicles in a Danish low-voltage distribution grid*. Denmark : Center For Electric Power and Energy, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark.
- Kompas. 2019. PLN Siapkan 3 Model Cas Kendaraan Listrik. Jakarta, Indonesia : Kompas Media Group. <https://otomotif.kompas.com/read/2019/09/12/100200215/pln-siapkan-tiga-model-cas-kendaraan-listrik>. (diakses : 26 Februari 2020)
- Kongjeen, Yuttana and Bhumkittipich, Krischonme. 2018. *Impact of Plug-in Electric Vehicles Integrated into Power Distribution System Based on Voltage-Dependent Power Flow Analysis*. Thailand : Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology.

- Markel, T. and Simpson, A. 2006. *Plug-in hybrid electric vehicle energy storage system design*. In: 6th Advanced Automotive Battery Conference. Baltimore, MD.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S.M., and Lewis, A. 2014. *Grey Wolf Optimizer*. Advance Engineering Software: 69. Elsevier.
- Saelee, S. 2016. Optimal Placement of Ev Charging Station Considering The Road Traffic Volume And Ev Running Distance. Thailand : Sirindhorn International Institute Of Technology.
- Stevenson, William D., Granger, John J., 1994. Power System Analysis, McGraw-Hill International Edition., New York.
- R. D. Zimmermann , C.E. Murillo-Sánchez , R. J. Thomas. 2011. MATPOWER: Steady-State Operations, Planning and Analysis Tools for Power Systems Research and Education. Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 26, no. 1, pp. 12-19.
- Tann, K. M., Ramachandaramurthy, V. K. and Yong, J. Y. 2015. Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. Malaysia : Department of Electrical Engineering, Universiti Tenaga Nasional Malaysia.
- Yuttana, K.; Wannawit, J.; Krischonme, B.; Nadarajah, M. 2018. Estimation of the Quick Charging Station for Electric Vehicles based on Location and Population Density. International Journal of Intelligent Engineering & Systems.

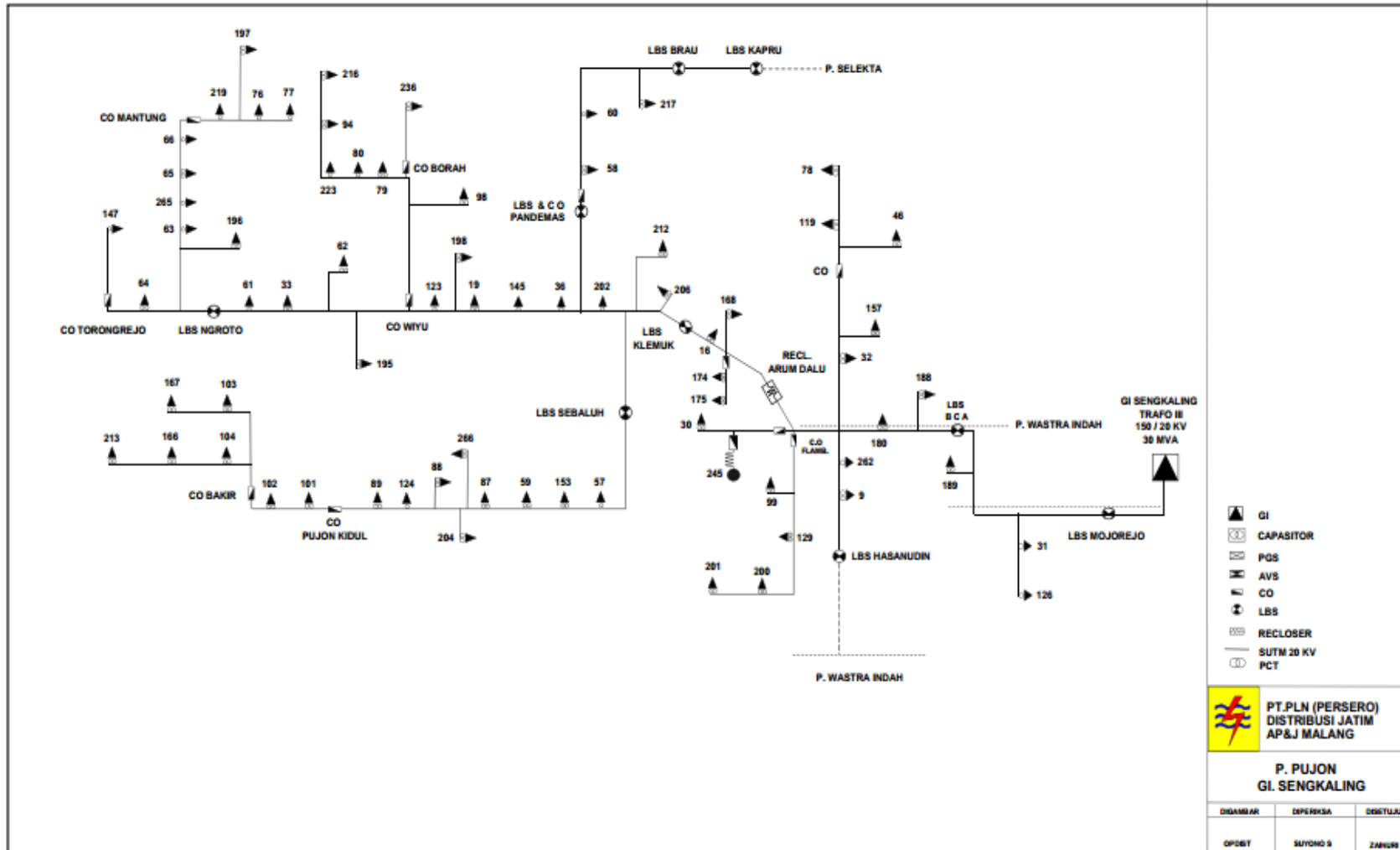
LAMPIRAN A
Single Line Diagram

Lampiran A.1



Gambar A.1 Single Line Diagram Gardu Induk Sengkaling.
Sumber : PT. PLN APJ Malang.

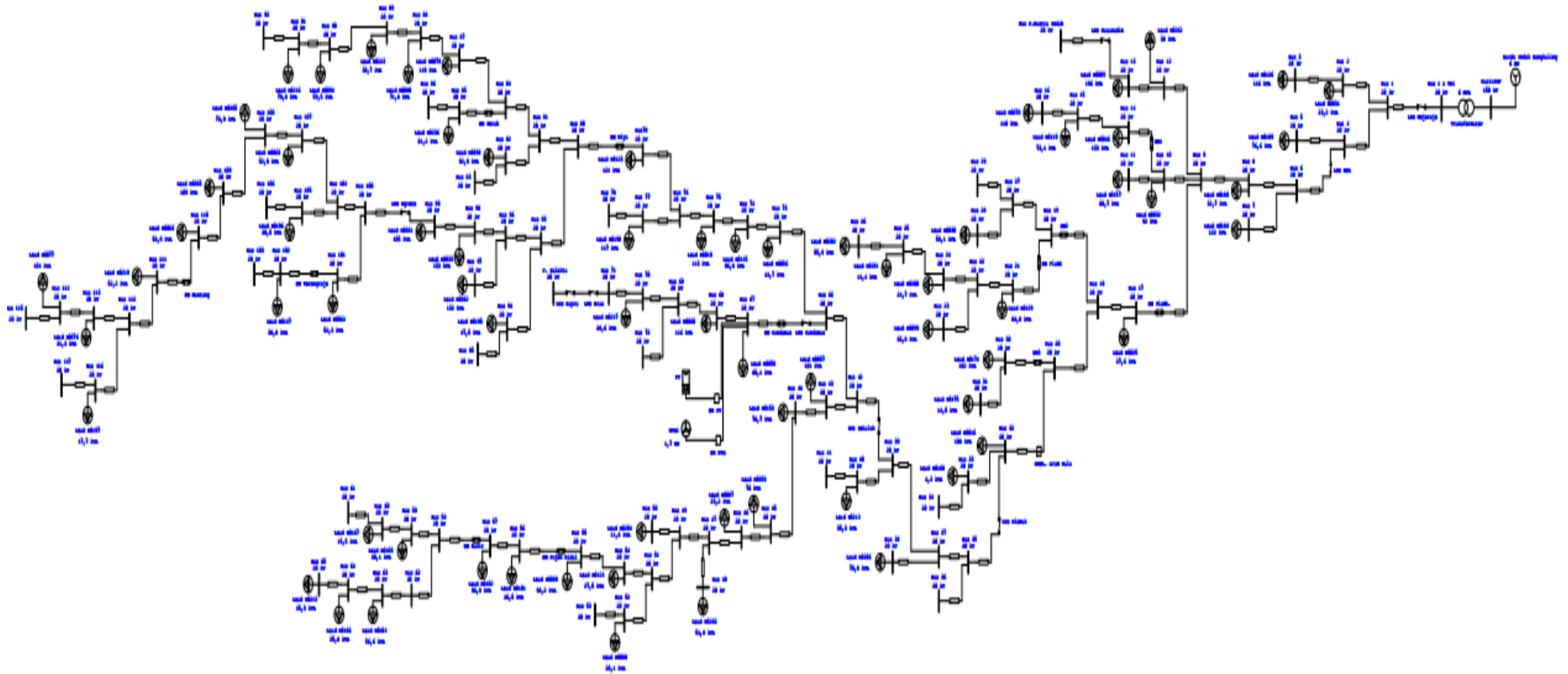
Lampiran A.2



Gambar A.2 Single Line Diagram Penyulang Pujon.

Sumber : PT. PLN APJ Malang

Lampiran A.3



Gambar A.3 Single Line Diagram Penyulang Pujon Menggunakan ETAP 12.6.0.

LAMPIRAN B
Karakteristik Saluran dan Data
Pembebanan Penyulang Pujon

Lampiran B.1

Tabel B.1 Kapasitas Transformator dan Beban Penyulang Pujon

No.	No. Bus	Kode Gardu	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban		
				Minimum (kVA)	Rata-Rata (kVA)	Maksimum (kVA)
1.	Bus 2	D0031	75	10,8	17	23,2
2.	Bus 3	D0126	150	21,7	68,95	116,2
3.	Bus 5	D0189	160	23,1	49,9	76,6
4.	Bus 7	D0188	160	23,1	72,7	122,2
5.	Bus 8	D0180	100	14,4	23,6	32,7
6.	Bus 10	D0032	200	28,9	60,5	92
7.	Bus 11	D0157	200	51,5	60,1	68,7
8.	Bus 12	D0262	100	12,6	25,3	38,03
9.	Bus 13	D0009	250	36,1	116,1	196,04
10.	Bus 14	D0046	200	28,9	80,9	132,9
11.	Bus 15	D0119	150	24,1	48,6	73,1
12.	Bus 16	D0078	160	23,1	66,3	109,5
13.	Bus 17	D0025	75	10,8	19,2	27,6
14.	Bus 21	D0129	160	23,1	53,95	84,8
15.	Bus 23	D0099	100	14,4	40,6	66,8
16.	Bus 24	D0200	50	7,2	15,95	24,7
17.	Bus 25	D0201	100	1,8	8,1	14,4
18.	Bus 26	D0202	100	14,4	35,3	55,9
19.	Bus 28	D0030	160	23,1	41,1	59,1
20.	Bus 30	D0174	160	23,1	62,3	101,5
21.	Bus 31	D0175	100	14,4	14,5	14,5
22.	Bus 32	D0016	200	28,9	68,6	108,3
23.	Bus 33	D0168	25	3,6	3,95	4,3
24.	Bus 38	D0206	200	28,9	49,9	70,8
25.	Bus 40	D0212	50	7,2	21,3	35,3
26.	Bus 43	D0057	150	21,7	61,3	100,8
27.	Bus 44	D0153	160	23,1	50,9	78,7
28.	Bus 45	D0059	160	23,1	49,6	76
29.	Bus 46	D0087	100	14,4	18,8	23,2
30.	Bus 48	D0266	200	28,9	41,9	54,8
31.	Bus 50	D0204	50	7,2	9,5	11,8
32.	Bus 52	D0088	100	5,03	12,6	20,1
33.	Bus 54	D0124	50	7,2	17,4	27,5
34.	Bus 55	D0089	160	23,1	60,7	98,2
35.	Bus 56	D0101	100	14,4	30,5	46,5
36.	Bus 57	D0102	160	23,1	60	96,9
37.	Bus 59	D0103	100	14,4	27,3	40,1
38.	Bus 60	D0167	50	7,2	11,4	15,5
39.	Bus 63	D0104	100	14,4	35,5	56,6
40.	Bus 64	D0166	50	7,2	16,5	25,8
41.	Bus 65	D0213	100	14,4	29,9	45,3
42.	Bus 67	D0058	100	14,4	37,3	60,1
43.	Bus 68	D0060	160	23,1	69,6	116,04
44.	Bus 70	D0217	50	7,2	17,9	28,6
45.	Bus 73	D0036	75	10,8	27,8	44,7
46.	Bus 74	D0145	160	23,1	59,95	96,8
47.	Bus 75	D0019	160	23,1	68,3	113,4

No.	No. Bus	Kode Gardu	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban		
				Minimum (kVA)	Rata-Rata (kVA)	Maksimum (kVA)
48.	Bus 77	D0198	160	23,1	69,8	116,6
49.	Bus 79	D0123	150	21,7	72,9	124,1
50.	Bus 82	D0098	160	23,1	58,01	92,9
51.	Bus 85	D0236	160	23,1	52,2	81,2
52.	Bus 87	D0079	200	28,9	88,8	148,6
53.	Bus 88	D0080	150	23,7	47,8	71,8
54.	Bus 89	D0223	50	7,2	18,95	30,7
55.	Bus 90	D0094	100	14,4	36,95	59,5
56.	Bus 91	D0216	160	23,1	51,5	79,8
57.	Bus 94	D0195	160	23,1	35,3	47,5
58.	Bus 97	D0062	200	98,9	115,4	131,9
59.	Bus 98	D0033	250	50,7	101,9	153,2
60.	Bus 99	D0061	160	23,1	64,2	105,2
61.	Bus 101	D0064	100	14,4	33,4	52,3
62.	Bus 102	D0147	50	7,2	23	38,8
63.	Bus 105	D0196	50	7,2	13,9	20,5
64.	Bus 107	D0063	100	14,4	33,7	52,9
65.	Bus 108	D0265	100	24,4	49,2	73,9
66.	Bus 109	D0065	160	23,1	66	108,9
67.	Bus 110	D0066	100	14,4	36,7	58,9
68.	Bus 111	D0219	100	14,4	33,3	52,2
69.	Bus 113	D0076	75	10,8	26,1	41,3
70.	Bus 114	D0077	160	23,1	63,5	103,8
71.	Bus 116	D0197	25	3,6	10,7	17,7
JUMLAH				1,39083 MVA	3,14256 MVA	4,89081 MVA

Sumber : PT. PLN APJ Malang

Lampiran B.2

Tabel B.2 Karakteristik Saluran Penyulang Pujon

No.	Dari	Ke	Kode Saluran	Jenis Penghantar (mm ²)	Jarak Saluran (km)	KHA (A)	Resistansi (Ω)	Reaktansi (Ω)
1.	GI	Bus 1	M104	AAAC 3x70	7,112	255	3,27721	2,54041
2.	Bus 1	Bus 2	M104	AAAC 3x70	0,026	255	0,01198	0,00929
3.	Bus 1	Bus 4	M103	AAAC 3x55	0,513	215	0,29087	0,18868
4.	Bus 2	Bus 3	M104	AAAC 3x70	0,03	255	0,01382	0,01072
5.	Bus 4	Bus 5	M104	AAAC 3x70	0,43	255	0,19814	0,15360
6.	Bus 4	Bus 6	M103	AAAC 3x55	0,604	215	0,34247	0,22215
7.	Bus 6	Bus 7	M104	AAAC 3x70	0,304	255	0,14008	0,10859
8.	Bus 6	Bus 8	M103	AAAC 3x55	0,513	215	0,29087	0,18868
9.	Bus 8	Bus 9	M103	AAAC 3x55	0,733	215	0,41561	0,26960
10.	Bus 9	Bus 10	M107	AAAC 3x150	0,11	405	0,02378	0,03636
11.	Bus 9	Bus 12	M104	AAAC 3x70	0,183	255	0,08433	0,06537
12.	Bus 9	Bus 17	M103	AAAC 3x55	0,507	215	0,28747	0,18648
13.	Bus 10	Bus 11	M106	AAAC 3x110	0,097	325	0,02607	0,03275
14.	Bus 10	Bus 14	M107	AAAC 3x150	0,616	405	0,13318	0,20359
15.	Bus 12	Bus 13	M104	AAAC 3x70	0,234	255	0,10783	0,08359
16.	Bus 14	Bus 15	M107	AAAC 3x150	0,553	405	0,11956	0,18277
17.	Bus 15	Bus 16	M107	AAAC 3x150	0,774	405	0,16734	0,25581
18.	Bus 17	Bus 18	M103	AAAC 3x55	0,138	215	0,07825	0,05076
19.	Bus 18	Bus 19	M103	AAAC 3x55	0,067	215	0,03799	0,02464
20.	Bus 18	Bus 20	M104	AAAC 3x70	0,936	255	0,43131	0,33434
21.	Bus 19	Bus 21	M104	AAAC 3x70	0,305	255	0,14054	0,10895
22.	Bus 19	Bus 27	M104	AAAC 3x70	0,708	255	0,32625	0,25290
23.	Bus 20	Bus 30	M104	AAAC 3x70	0,581	255	0,26773	0,20753
24.	Bus 20	Bus 32	M104	AAAC 3x70	0,048	255	0,02212	0,01715
25.	Bus 21	Bus 22	M104	AAAC 3x70	0,038	255	0,01751	0,01357
26.	Bus 22	Bus 23	M104	AAAC 3x70	0,133	255	0,06129	0,04751
27.	Bus 22	Bus 24	M104	AAAC 3x70	0,623	255	0,28708	0,22254
28.	Bus 24	Bus 25	M104	AAAC 3x70	0,233	255	0,10737	0,08323
29.	Bus 25	Bus 26	M104	AAAC 3x70	0,252	255	0,11612	0,09001
30.	Bus 27	Bus 28	M104	AAAC 3x70	0,039	255	0,01797	0,01393
31.	Bus 27	Bus 29	M104	AAAC 3x70	0,295	255	0,13594	0,10537
32.	Bus 30	Bus 31	M104	AAAC 3x70	0,101	255	0,04654	0,03608
33.	Bus 32	Bus 33	M107	AAAC 3x150	0,308	405	0,06659	0,10179
34.	Bus 32	Bus 35	M104	AAAC 3x70	0,951	255	0,43822	0,33970
35.	Bus 33	Bus 34	M107	AAAC 3x150	0,066	405	0,01427	0,02181
36.	Bus 35	Bus 36	M107	AAAC 3x150	0,145	405	0,03135	0,04792
37.	Bus 35	Bus 37	M104	AAAC 3x70	0,047	255	0,02166	0,01679
38.	Bus 37	Bus 38	M104	AAAC 3x70	0,044	255	0,02028	0,01572
39.	Bus 37	Bus 39	M104	AAAC 3x70	0,434	255	0,19999	0,15503
40.	Bus 39	Bus 40	M104	AAAC 3x70	0,395	255	0,18202	0,14109
41.	Bus 39	Bus 42	M104	AAAC 3x70	0,1	255	0,04608	0,03572
42.	Bus 40	Bus 41	M104	AAAC 3x70	0,039	255	0,01797	0,01393

No.	Dari	Ke	Kode Saluran	Jenis Penghantar (mm ²)	Jarak Saluran (km)	KHA (A)	Resistansi (Ω)	Reaktansi (Ω)
43.	Bus 42	Bus 43	M104	AAAC 3x70	0,767	255	0,35343	0,27397
44.	Bus 42	Bus 66	M104	AAAC 3x70	0,198	255	0,09124	0,07073
45.	Bus 43	Bus 44	M104	AAAC 3x70	0,341	255	0,15713	0,12181
46.	Bus 44	Bus 45	M104	AAAC 3x70	0,947	255	0,43638	0,33827
47.	Bus 45	Bus 46	M104	AAAC 3x70	0,571	255	0,26312	0,20396
48.	Bus 46	Bus 47	M104	AAAC 3x70	0,03	255	0,01382	0,01072
49.	Bus 47	Bus 48	M104	AAAC 3x70	0,448	255	0,20644	0,16003
50.	Bus 47	Bus 49	M104	AAAC 3x70	0,4	255	0,18432	0,14288
51.	Bus 49	Bus 50	M104	AAAC 3x70	0,806	255	0,37141	0,28790
52.	Bus 49	Bus 51	M104	AAAC 3x70	0,076	255	0,03502	0,02715
53.	Bus 51	Bus 52	M104	AAAC 3x70	0,128	255	0,05898	0,04572
54.	Bus 51	Bus 54	M104	AAAC 3x70	0,498	255	0,22948	0,17789
55.	Bus 54	Bus 55	M104	AAAC 3x70	0,468	255	0,21565	0,16717
56.	Bus 52	Bus 53	M104	AAAC 3x70	0,047	255	0,02166	0,01679
57.	Bus 55	Bus 56	M104	AAAC 3x70	1,689	255	0,77829	0,60331
58.	Bus 56	Bus 57	M104	AAAC 3x70	1,085	255	0,49997	0,38756
59.	Bus 57	Bus 58	M104	AAAC 3x70	1,163	255	0,53591	0,41542
60.	Bus 58	Bus 59	M102	AAAC 3x50	0,527	195	0,34002	0,19383
61.	Bus 58	Bus 62	M104	AAAC 3x70	0,909	255	0,41887	0,32470
62.	Bus 59	Bus 60	M102	AAAC 3x50	0,294	195	0,18969	0,10813
63.	Bus 60	Bus 61	M102	AAAC 3x50	0,145	195	0,09355	0,05333
64.	Bus 62	Bus 63	M104	AAAC 3x70	1,405	255	0,64742	0,50187
65.	Bus 63	Bus 64	M104	AAAC 3x70	1,205	255	0,55526	0,43043
66.	Bus 64	Bus 65	M104	AAAC 3x70	0,769	255	0,35436	0,27469
67.	Bus 66	Bus 67	M104	AAAC 3x70	0,7	255	0,32256	0,25004
68.	Bus 66	Bus 73	M104	AAAC 3x70	0,238	255	0,10967	0,08501
69.	Bus 67	Bus 68	M104	AAAC 3x70	0,912	255	0,42025	0,32577
70.	Bus 68	Bus 69	M104	AAAC 3x70	0,684	255	0,31519	0,24433
71.	Bus 69	Bus 70	M104	AAAC 3x70	0,13	255	0,05990	0,04644
72.	Bus 69	Bus 72	M104	AAAC 3x70	2,203	255	1,01514	0,78691
73.	Bus 70	Bus 71	M104	AAAC 3x70	0,052	255	0,02396	0,01857
74.	Bus 73	Bus 74	M104	AAAC 3x70	0,949	255	0,43730	0,33898
75.	Bus 74	Bus 75	M104	AAAC 3x70	0,618	255	0,28477	0,22075
76.	Bus 75	Bus 76	M104	AAAC 3x70	0,059	255	0,02719	0,02108
77.	Bus 76	Bus 77	M107	AAAC 3x150	0,286	405	0,06183	0,09452
78.	Bus 76	Bus 79	M104	AAAC 3x70	0,204	255	0,09400	0,07287
79.	Bus 77	Bus 78	M107	AAAC 3x150	0,024	405	0,00519	0,00793
80.	Bus 79	Bus 80	M104	AAAC 3x70	0,247	255	0,11382	0,08823
81.	Bus 80	Bus 81	M107	AAAC 3x150	1,56	405	0,33727	0,51558
82.	Bus 80	Bus 93	M104	AAAC 3x70	0,057	255	0,02627	0,02036
83.	Bus 81	Bus 82	M107	AAAC 3x150	0,39	405	0,08432	0,12890
84.	Bus 81	Bus 84	M107	AAAC 3x150	0,398	405	0,08605	0,13154
85.	Bus 82	Bus 83	M107	AAAC 3x150	0,039	405	0,00843	0,01289
86.	Bus 84	Bus 85	M104	AAAC 3x70	0,727	255	0,33500	0,25968
87.	Bus 85	Bus 86	M104	AAAC 3x70	1,004	255	0,46264	0,35863
88.	Bus 84	Bus 87	M107	AAAC 3x150	0,136	405	0,02940	0,04495
89.	Bus 87	Bus 88	M107	AAAC 3x150	0,502	405	0,10853	0,16591
90.	Bus 88	Bus 89	M107	AAAC 3x150	0,889	405	0,19220	0,29382
91.	Bus 89	Bus 90	M107	AAAC 3x150	0,913	405	0,19739	0,30175
92.	Bus 90	Bus 91	M107	AAAC 3x150	0,558	405	0,12064	0,18442
93.	Bus 91	Bus 92	M107	AAAC 3x150	0,016	405	0,00346	0,00529

No.	Dari	Ke	Kode Saluran	Jenis Penghantar (mm ²)	Jarak Saluran (km)	KHA (A)	Resistansi (Ω)	Reaktansi (Ω)
94.	Bus 93	Bus 94	M102	AAAC 3x50	0,245	195	0,15807	0,09011
95.	Bus 93	Bus 96	M104	AAAC 3x70	0,057	255	0,02627	0,02036
96.	Bus 94	Bus 95	M102	AAAC 3x50	0,028	195	0,01807	0,01030
97.	Bus 96	Bus 97	M102	AAAC 3x50	0,027	195	0,01742	0,00993
98.	Bus 96	Bus 98	M104	AAAC 3x70	0,204	255	0,09400	0,07287
99.	Bus 98	Bus 99	M104	AAAC 3x70	0,774	255	0,35666	0,27647
100.	Bus 99	Bus 100	M104	AAAC 3x70	0,653	255	0,30090	0,23325
101.	Bus 100	Bus 101	M103	AAAC 3x55	0,411	215	0,23304	0,15117
102.	Bus 100	Bus 104	M103	AAAC 3x55	0,079	215	0,04479	0,02906
103.	Bus 101	Bus 102	M104	AAAC 3x70	1,244	255	0,57324	0,44436
104.	Bus 102	Bus 103	M104	AAAC 3x70	0,024	255	0,01106	0,00857
105.	Bus 104	Bus 105	M103	AAAC 3x55	0,282	215	0,15989	0,10372
106.	Bus 104	Bus 107	M103	AAAC 3x55	0,144	215	0,08165	0,05296
107.	Bus 105	Bus 106	M103	AAAC 3x55	0,035	215	0,01985	0,01287
108.	Bus 107	Bus 108	M103	AAAC 3x55	0,586	215	0,33226	0,21553
109.	Bus 108	Bus 109	M103	AAAC 3x55	0,898	215	0,50917	0,33028
110.	Bus 109	Bus 110	M103	AAAC 3x55	0,296	215	0,16783	0,10887
111.	Bus 110	Bus 111	M104	AAAC 3x70	0,965	255	0,44467	0,34470
112.	Bus 111	Bus 112	M104	AAAC 3x70	0,089	255	0,04101	0,03179
113.	Bus 112	Bus 113	M104	AAAC 3x70	0,049	255	0,02258	0,01750
114.	Bus 112	Bus 116	M104	AAAC 3x70	2,042	255	0,94095	0,72940
115.	Bus 113	Bus 114	M104	AAAC 3x70	0,603	255	0,27786	0,21539
116.	Bus 114	Bus 115	M104	AAAC 3x70	0,097	255	0,04470	0,03465
117.	Bus 116	Bus 117	M104	AAAC 3x70	0,046	255	0,02120	0,01643
JUMLAH					59,624			

Sumber : PT. PLN APJ Malang

LAMPIRAN C
Hasil Perhitungan Karakteristik Saluran
dan Hasil Perhitungan Pembebanan
Penyulang Pujon dalam per unit

Lampiran C.1

Tabel C.1 Hasil Perhitungan Resistansi dan Reaktansi dalam Satuan per unit

No.	Dari	Ke	S _{base} (MVA)	Z _{base} (Ω)	Resistansi		Reaktansi	
					(Ω)	(p.u)	(Ω)	(p.u)
1.	GI	Bus 1	5,1	78,43137	3,27721	0,04178	2,54041	0,03239
2.	Bus 1	Bus 2	5,1	78,43137	0,01198	0,00015	0,00929	0,00012
3.	Bus 1	Bus 4	4,3	93,02326	0,29087	0,00313	0,18868	0,00203
4.	Bus 2	Bus 3	5,1	78,43137	0,01382	0,00018	0,01072	0,00014
5.	Bus 4	Bus 5	5,1	78,43137	0,19814	0,00253	0,15360	0,00196
6.	Bus 4	Bus 6	4,3	93,02326	0,34247	0,00368	0,22215	0,00239
7.	Bus 6	Bus 7	5,1	78,43137	0,14008	0,00179	0,10859	0,00138
8.	Bus 6	Bus 8	4,3	93,02326	0,29087	0,00313	0,18868	0,00203
9.	Bus 8	Bus 9	4,3	93,02326	0,41561	0,00447	0,26960	0,00290
10.	Bus 9	Bus 10	8,1	49,38272	0,02378	0,00048	0,03636	0,00074
11.	Bus 9	Bus 12	5,1	78,43137	0,08433	0,00108	0,06537	0,00083
12.	Bus 9	Bus 17	4,3	93,02326	0,28747	0,00309	0,18648	0,00200
13.	Bus 10	Bus 11	6,5	61,53846	0,02607	0,00042	0,03275	0,00053
14.	Bus 10	Bus 14	8,1	49,38272	0,13318	0,00270	0,20359	0,00412
15.	Bus 12	Bus 13	5,1	78,43137	0,10783	0,00137	0,08359	0,00107
16.	Bus 14	Bus 16	8,1	49,38272	0,11956	0,00242	0,18277	0,00370
17.	Bus 15	Bus 16	8,1	49,38272	0,16734	0,00339	0,25581	0,00518
18.	Bus 17	Bus 18	4,3	93,02326	0,07825	0,00084	0,05076	0,00055
19.	Bus 18	Bus 19	4,3	93,02326	0,03799	0,00041	0,02464	0,00026
20.	Bus 18	Bus 20	5,1	78,43137	0,43131	0,00550	0,33434	0,00426
21.	Bus 19	Bus 21	5,1	78,43137	0,14054	0,00179	0,10895	0,00139
22.	Bus 19	Bus 27	5,1	78,43137	0,32625	0,00416	0,25290	0,00322
23.	Bus 20	Bus 30	5,1	78,43137	0,26773	0,00341	0,20753	0,00265
24.	Bus 20	Bus 32	5,1	78,43137	0,02212	0,00028	0,01715	0,00022
25.	Bus 21	Bus 22	5,1	78,43137	0,01751	0,00022	0,01357	0,00017
26.	Bus 22	Bus 23	5,1	78,43137	0,06129	0,00078	0,04751	0,00061
27.	Bus 22	Bus 24	5,1	78,43137	0,28708	0,00366	0,22254	0,00284
28.	Bus 24	Bus 25	5,1	78,43137	0,10737	0,00137	0,08323	0,00106
29.	Bus 25	Bus 26	5,1	78,43137	0,11612	0,00148	0,09001	0,00115
30.	Bus 27	Bus 28	5,1	78,43137	0,01797	0,00023	0,01393	0,00018
31.	Bus 27	Bus 29	5,1	78,43137	0,13594	0,00173	0,10537	0,00134
32.	Bus 30	Bus 31	5,1	78,43137	0,04654	0,00059	0,03608	0,00046
33.	Bus 32	Bus 33	8,1	49,38272	0,06659	0,00135	0,10179	0,00206
34.	Bus 32	Bus 35	5,1	78,43137	0,43822	0,00559	0,33970	0,00433
35.	Bus 33	Bus 34	8,1	49,38272	0,01427	0,00029	0,02181	0,00044
36.	Bus 35	Bus 36	8,1	49,38272	0,03135	0,00063	0,04792	0,00097
37.	Bus 35	Bus 37	5,1	78,43137	0,02166	0,00028	0,01679	0,00021
38.	Bus 37	Bus 38	5,1	78,43137	0,02028	0,00026	0,01572	0,00020
39.	Bus 37	Bus 39	5,1	78,43137	0,19999	0,00255	0,15503	0,00198
40.	Bus 39	Bus 40	5,1	78,43137	0,18202	0,00232	0,14109	0,00180
41.	Bus 39	Bus 42	5,1	78,43137	0,04608	0,00059	0,03572	0,00046
42.	Bus 40	Bus 41	5,1	78,43137	0,01797	0,00023	0,01393	0,00018
43.	Bus 42	Bus 43	5,1	78,43137	0,35343	0,00451	0,27397	0,00349
44.	Bus 42	Bus 66	5,1	78,43137	0,09124	0,00116	0,07073	0,00090
45.	Bus 43	Bus 44	5,1	78,43137	0,15713	0,00200	0,12181	0,00155
46.	Bus 44	Bus 45	5,1	78,43137	0,43638	0,00556	0,33827	0,00431
47.	Bus 45	Bus 46	5,1	78,43137	0,26312	0,00335	0,20396	0,00260
48.	Bus 46	Bus 47	5,1	78,43137	0,01382	0,00018	0,01072	0,00014

No.	Dari	Ke	S _{base} (MVA)	Z _{base} (Ω)	Resistansi		Reaktansi	
					(Ω)	(p.u)	(Ω)	(p.u)
49.	Bus 47	Bus 48	5,1	78,43137	0,20644	0,00263	0,16003	0,00204
50.	Bus 47	Bus 49	5,1	78,43137	0,18432	0,00235	0,14288	0,00182
51.	Bus 49	Bus 50	5,1	78,43137	0,37141	0,00474	0,28790	0,00367
52.	Bus 49	Bus 51	5,1	78,43137	0,03502	0,00045	0,02715	0,00035
53.	Bus 51	Bus 52	5,1	78,43137	0,05898	0,00075	0,04572	0,00058
54.	Bus 51	Bus 54	5,1	78,43137	0,22948	0,00293	0,17789	0,00227
55.	Bus 54	Bus 55	5,1	78,43137	0,21565	0,00275	0,16717	0,00213
56.	Bus 52	Bus 53	5,1	78,43137	0,02166	0,00028	0,01679	0,00021
57.	Bus 55	Bus 56	5,1	78,43137	0,77829	0,00992	0,60331	0,00769
58.	Bus 56	Bus 57	5,1	78,43137	0,49997	0,00637	0,38756	0,00494
59.	Bus 57	Bus 58	5,1	78,43137	0,53591	0,00683	0,41542	0,00530
60.	Bus 58	Bus 59	3,9	102,56410	0,34002	0,00332	0,19383	0,00189
61.	Bus 58	Bus 62	5,1	78,43137	0,41887	0,00534	0,32470	0,00414
62.	Bus 59	Bus 60	3,9	102,56410	0,18969	0,00185	0,10813	0,00105
63.	Bus 60	Bus 61	3,9	102,56410	0,09355	0,00091	0,05333	0,00052
64.	Bus 62	Bus 63	5,1	78,43137	0,64742	0,00825	0,50187	0,00640
65.	Bus 63	Bus 64	5,1	78,43137	0,55526	0,00708	0,43043	0,00549
66.	Bus 64	Bus 65	5,1	78,43137	0,35436	0,00452	0,27469	0,00350
67.	Bus 66	Bus 67	5,1	78,43137	0,32256	0,00411	0,25004	0,00319
68.	Bus 66	Bus 73	5,1	78,43137	0,10967	0,00140	0,08501	0,00108
69.	Bus 67	Bus 68	5,1	78,43137	0,42025	0,00536	0,32577	0,00415
70.	Bus 68	Bus 69	5,1	78,43137	0,31519	0,00402	0,24433	0,00312
71.	Bus 69	Bus 70	5,1	78,43137	0,05990	0,00076	0,04644	0,00059
72.	Bus 69	Bus 72	5,1	78,43137	1,01514	0,01294	0,78691	0,01003
73.	Bus 70	Bus 71	5,1	78,43137	0,02396	0,00031	0,01857	0,00024
74.	Bus 73	Bus 74	5,1	78,43137	0,43730	0,00558	0,33898	0,00432
75.	Bus 74	Bus 75	5,1	78,43137	0,28477	0,00363	0,22075	0,00281
76.	Bus 75	Bus 76	5,1	78,43137	0,02719	0,00035	0,02108	0,00027
77.	Bus 76	Bus 77	8,1	49,38272	0,06183	0,00125	0,09452	0,00191
78.	Bus 76	Bus 79	5,1	78,43137	0,09400	0,00120	0,07287	0,00093
79.	Bus 77	Bus 78	8,1	49,38272	0,00519	0,00011	0,00793	0,00016
80.	Bus 79	Bus 80	5,1	78,43137	0,11382	0,00145	0,08823	0,00112
81.	Bus 80	Bus 81	8,1	49,38272	0,33727	0,00683	0,51558	0,01044
82.	Bus 80	Bus 93	5,1	78,43137	0,02627	0,00033	0,02036	0,00026
83.	Bus 81	Bus 82	8,1	49,38272	0,08432	0,00171	0,12890	0,00261
84.	Bus 81	Bus 84	8,1	49,38272	0,08605	0,00174	0,13154	0,00266
85.	Bus 82	Bus 83	8,1	49,38272	0,00843	0,00017	0,01289	0,00026
86.	Bus 84	Bus 85	5,1	78,43137	0,33500	0,00427	0,25968	0,00331
87.	Bus 85	Bus 86	5,1	78,43137	0,46264	0,00590	0,35863	0,00457
88.	Bus 84	Bus 87	8,1	49,38272	0,02940	0,00060	0,04495	0,00091
89.	Bus 87	Bus 88	8,1	49,38272	0,10853	0,00220	0,16591	0,00336
90.	Bus 88	Bus 89	8,1	49,38272	0,19220	0,00389	0,29382	0,00595
91.	Bus 89	Bus 90	8,1	49,38272	0,19739	0,00400	0,30175	0,00611
92.	Bus 90	Bus 91	8,1	49,38272	0,12064	0,00244	0,18442	0,00373
93.	Bus 91	Bus 92	8,1	49,38272	0,00346	0,00007	0,00529	0,00011
94.	Bus 93	Bus 94	3,9	102,56410	0,15807	0,00154	0,09011	0,00088
95.	Bus 93	Bus 96	5,1	78,43137	0,02627	0,00033	0,02036	0,00026
96.	Bus 94	Bus 95	3,9	102,56410	0,01807	0,00018	0,01030	0,00010
97.	Bus 96	Bus 97	3,9	102,56410	0,01742	0,00017	0,00993	0,00010
98.	Bus 96	Bus 98	5,1	78,43137	0,09400	0,00120	0,07287	0,00093
99.	Bus 98	Bus 99	5,1	78,43137	0,35666	0,00455	0,27647	0,00353
100.	Bus 99	Bus 100	5,1	78,43137	0,30090	0,00384	0,23325	0,00297

No.	Dari	Ke	S _{base} (MVA)	Z _{base} (Ω)	Resistansi		Reaktansi	
					(Ω)	(p.u)	(Ω)	(p.u)
101.	Bus 100	Bus 101	4,3	93,02326	0,23304	0,00251	0,15117	0,00163
102.	Bus 100	Bus 104	4,3	93,02326	0,04479	0,00048	0,02906	0,00031
103.	Bus 101	Bus 102	5,1	78,43137	0,57324	0,00731	0,44436	0,00567
104.	Bus 102	Bus 103	5,1	78,43137	0,01106	0,00014	0,00857	0,00011
105.	Bus 104	Bus 105	4,3	93,02326	0,15989	0,00172	0,10372	0,00111
106.	Bus 104	Bus 107	4,3	93,02326	0,08165	0,00088	0,05296	0,00057
107.	Bus 105	Bus 106	4,3	93,02326	0,01985	0,00021	0,01287	0,00014
108.	Bus 107	Bus 108	4,3	93,02326	0,33226	0,00357	0,21553	0,00232
109.	Bus 108	Bus 109	4,3	93,02326	0,50917	0,00547	0,33028	0,00355
110.	Bus 109	Bus 110	4,3	93,02326	0,16783	0,00180	0,10887	0,00117
111.	Bus 110	Bus 111	5,1	78,43137	0,44467	0,00567	0,34470	0,00439
112.	Bus 111	Bus 112	5,1	78,43137	0,04101	0,00052	0,03179	0,00041
113.	Bus 112	Bus 113	5,1	78,43137	0,02258	0,00029	0,01750	0,00022
114.	Bus 112	Bus 116	5,1	78,43137	0,94095	0,01200	0,72940	0,00930
115.	Bus 113	Bus 114	5,1	78,43137	0,27786	0,00354	0,21539	0,00275
116.	Bus 114	Bus 115	5,1	78,43137	0,04470	0,00057	0,03465	0,00044
117.	Bus 116	Bus 117	5,1	78,43137	0,02120	0,00027	0,01643	0,00021

Lampiran C.2

Tabel C.2 Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Reaktif untuk Beban Minimum dalam Satuan per unit

No.	Bus	Kode Beban	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Minimum				
				S (kVA)	P (kW)	P (p.u)	Q (kVAR)	Q (p.u)
1.	Bus 2	D0031	75	10,8	9,18000	0,12240	5,68925	0,07586
2.	Bus 3	D0126	150	21,7	18,44500	0,12297	11,43118	0,07621
3.	Bus 5	D0189	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
4.	Bus 7	D0188	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
5.	Bus 8	D0180	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
6.	Bus 10	D0032	200	28,9	24,56500	0,12283	15,22402	0,07612
7.	Bus 11	D0157	200	51,5	43,77500	0,21888	27,12931	0,13565
8.	Bus 12	D0262	100	12,6	10,71000	0,10710	6,63746	0,06637
9.	Bus 13	D0009	250	36,1	30,68500	0,12274	19,01686	0,07607
10.	Bus 14	D0046	200	28,9	24,56500	0,12283	15,22402	0,07612
11.	Bus 15	D0119	150	24,1	20,48500	0,13657	12,69546	0,08464
12.	Bus 16	D0078	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
13.	Bus 17	D0025	75	10,8	9,18000	0,12240	5,68925	0,07586
14.	Bus 21	D0129	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
15.	Bus 23	D0099	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
16.	Bus 24	D0200	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
17.	Bus 25	D0201	100	1,8	1,53000	0,01530	0,94821	0,00948
18.	Bus 26	D0202	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
19.	Bus 28	D0030	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
20.	Bus 30	D0174	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
21.	Bus 31	D0175	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
22.	Bus 32	D0016	200	28,9	24,56500	0,12283	15,22402	0,07612
23.	Bus 33	D0168	25	3,6	3,06000	0,12240	1,89642	0,07586
24.	Bus 38	D0206	200	28,9	24,56500	0,12283	15,22402	0,07612
25.	Bus 40	D0212	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
26.	Bus 43	D0057	150	21,7	18,44500	0,12297	11,43118	0,07621
27.	Bus 44	D0153	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
28.	Bus 45	D0059	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
29.	Bus 46	D0087	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
30.	Bus 48	D0266	200	28,9	24,56500	0,12283	15,22402	0,07612
31.	Bus 50	D0204	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
32.	Bus 52	D0088	100	5,03	4,27550	0,04276	2,64972	0,02650
33.	Bus 54	D0124	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
34.	Bus 55	D0089	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
35.	Bus 56	D0101	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
36.	Bus 57	D0102	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
37.	Bus 59	D0103	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
38.	Bus 60	D0167	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
39.	Bus 63	D0104	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
40.	Bus 64	D0166	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
41.	Bus 65	D0213	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
42.	Bus 67	D0058	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
43.	Bus 68	D0060	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
44.	Bus 70	D0217	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586

No.	Bus	Kode Beban	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Minimum				
				S (kVA)	P (kW)	P (p.u)	Q (kVAR)	Q (p.u)
45.	Bus 73	D0036	75	10,8	9,18000	0,12240	5,68925	0,07586
46.	Bus 74	D0145	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
47.	Bus 75	D0019	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
48.	Bus 77	D0198	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
49.	Bus 79	D0123	150	21,7	18,44500	0,12297	11,43118	0,07621
50.	Bus 82	D0098	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
51.	Bus 85	D0236	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
52.	Bus 87	D0079	200	28,9	24,56500	0,12283	15,22402	0,07612
53.	Bus 88	D0080	150	23,7	20,14500	0,13430	12,48475	0,08323
54.	Bus 89	D0223	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
55.	Bus 90	D0094	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
56.	Bus 91	D0216	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
57.	Bus 94	D0195	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
58.	Bus 97	D0062	200	98,9	84,06500	0,42033	52,09881	0,26049
59.	Bus 98	D0033	250	50,7	43,09500	0,17238	26,70788	0,10683
60.	Bus 99	D0061	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
61.	Bus 101	D0064	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
62.	Bus 102	D0147	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
63.	Bus 105	D0196	50	7,2	6,12000	0,12240	3,79284	0,07586
64.	Bus 107	D0063	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
65.	Bus 108	D0265	100	24,4	20,74000	0,20740	12,85350	0,12853
66.	Bus 109	D0065	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
67.	Bus 110	D0066	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
68.	Bus 111	D0219	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
69.	Bus 113	D0076	75	10,8	9,18000	0,12240	5,68925	0,07586
70.	Bus 114	D0077	160	23,1	19,63500	0,12272	12,16868	0,07605
71.	Bus 116	D0197	25	3,6	3,06000	0,12240	1,89642	0,07586
		JUMLAH		1,39083	1,18221		0,73267	
				MVA	MW		MVAR	

Lampiran C.3

Tabel C.3 Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Reaktif untuk Beban Rata-Rata dalam Satuan per unit

No.	Bus	Kode Beban	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Rata-Rata				
				S (kVA)	P (kW)	P (p.u)	Q (kVAR)	Q (p.u)
1.	Bus 2	D0031	75	17	14,45000	0,19267	8,95531	0,11940
2.	Bus 3	D0126	150	68,95	58,60750	0,39072	36,32167	0,24214
3.	Bus 5	D0189	160	49,9	42,41500	0,26509	26,28646	0,16429
4.	Bus 7	D0188	160	72,7	61,79500	0,38622	38,29710	0,23936
5.	Bus 8	D0180	100	23,6	20,06000	0,20060	12,43207	0,12432
6.	Bus 10	D0032	200	60,5	51,42500	0,25713	31,87035	0,15935
7.	Bus 11	D0157	200	60,1	51,08500	0,25543	31,65964	0,15830
8.	Bus 12	D0262	100	25,3	21,50500	0,21505	13,32760	0,13328
9.	Bus 13	D0009	250	116,1	98,68500	0,39474	61,15947	0,24464
10.	Bus 14	D0046	200	80,9	68,76500	0,34383	42,61672	0,21308
11.	Bus 15	D0119	150	48,6	41,31000	0,27540	25,60164	0,17068
12.	Bus 16	D0078	160	66,3	56,35500	0,35222	34,92569	0,21829
13.	Bus 17	D0025	75	19,2	16,32000	0,21760	10,11423	0,13486
14.	Bus 21	D0129	160	53,95	45,85750	0,28661	28,41993	0,17762
15.	Bus 23	D0099	100	40,6	34,51000	0,34510	21,38738	0,21387
16.	Bus 24	D0200	50	15,95	13,55750	0,27115	8,40218	0,16804
17.	Bus 25	D0201	100	8,1	6,88500	0,06885	4,26694	0,04267
18.	Bus 26	D0202	100	35,3	30,00500	0,30005	18,59543	0,18595
19.	Bus 28	D0030	160	41,1	34,93500	0,21834	21,65077	0,13532
20.	Bus 30	D0174	160	62,3	52,95500	0,33097	32,81856	0,20512
21.	Bus 31	D0175	100	14,5	12,32500	0,12325	7,63835	0,07638
22.	Bus 32	D0016	200	68,6	58,31000	0,29155	36,13729	0,18069
23.	Bus 33	D0168	25	3,95	3,35750	0,13430	2,08079	0,08323
24.	Bus 38	D0206	200	49,9	42,41500	0,21208	26,28646	0,13143
25.	Bus 40	D0212	50	21,3	18,10500	0,36210	11,22047	0,22441
26.	Bus 43	D0057	150	61,3	52,10500	0,34737	32,29178	0,21528
27.	Bus 44	D0153	160	50,9	43,26500	0,27041	26,81324	0,16758
28.	Bus 45	D0059	160	49,6	42,16000	0,26350	26,12842	0,16330
29.	Bus 46	D0087	100	18,8	15,98000	0,15980	9,90351	0,09904
30.	Bus 48	D0266	200	41,9	35,61500	0,17808	22,07219	0,11036
31.	Bus 50	D0204	50	9,5	8,07500	0,16150	5,00444	0,10009
32.	Bus 52	D0088	100	12,6	10,71000	0,10710	6,63746	0,06637
33.	Bus 54	D0124	50	17,4	14,79000	0,29580	9,16602	0,18332
34.	Bus 55	D0089	160	60,7	51,59500	0,32247	31,97571	0,19985
35.	Bus 56	D0101	100	30,5	25,92500	0,25925	16,06687	0,16067
36.	Bus 57	D0102	160	60	51,00000	0,31875	31,60696	0,19754
37.	Bus 59	D0103	100	27,3	23,20500	0,23205	14,38117	0,14381
38.	Bus 60	D0167	50	11,4	9,69000	0,19380	6,00532	0,12011
39.	Bus 63	D0104	100	35,5	30,17500	0,30175	18,70079	0,18701
40.	Bus 64	D0166	50	16,5	14,02500	0,28050	8,69191	0,17384
41.	Bus 65	D0213	100	29,9	25,41500	0,25415	15,75080	0,15751
42.	Bus 67	D0058	100	37,3	31,70500	0,31705	19,64899	0,19649
43.	Bus 68	D0060	160	69,6	59,16000	0,36975	36,66408	0,22915
44.	Bus 70	D0217	50	17,9	15,21500	0,30430	9,42941	0,18859
45.	Bus 73	D0036	75	27,8	23,63000	0,31507	14,64456	0,19526

No.	Bus	Kode Beban	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Rata-Rata				
				S (kVA)	P (kW)	P (p.u)	Q (kVAR)	Q (p.u)
46.	Bus 74	D0145	160	59,95	50,95750	0,31848	31,58062	0,19738
47.	Bus 75	D0019	160	68,3	58,05500	0,36284	35,97926	0,22487
48.	Bus 77	D0198	160	69,8	59,33000	0,37081	36,76943	0,22981
49.	Bus 79	D0123	150	72,9	61,96500	0,41310	38,40246	0,25602
50.	Bus 82	D0098	160	58,01	49,30850	0,30818	30,55866	0,19099
51.	Bus 85	D0236	160	52,2	44,37000	0,27731	27,49806	0,17186
52.	Bus 87	D0079	200	88,8	75,48000	0,37740	46,77830	0,23389
53.	Bus 88	D0080	150	47,8	40,63000	0,27087	25,18021	0,16787
54.	Bus 89	D0223	50	18,95	16,10750	0,32215	9,98253	0,19965
55.	Bus 90	D0094	100	36,95	31,40750	0,31408	19,46462	0,19465
56.	Bus 91	D0216	160	51,5	43,77500	0,27359	27,12931	0,16956
57.	Bus 94	D0195	160	35,3	30,00500	0,18753	18,59543	0,11622
58.	Bus 97	D0062	200	115,4	98,09000	0,49045	60,79072	0,30395
59.	Bus 98	D0033	250	101,9	86,61500	0,34646	53,67916	0,21472
60.	Bus 99	D0061	160	64,2	54,57000	0,34106	33,81945	0,21137
61.	Bus 101	D0064	100	33,4	28,39000	0,28390	17,59454	0,17595
62.	Bus 102	D0147	50	23	19,55000	0,39100	12,11600	0,24232
63.	Bus 105	D0196	50	13,9	11,81500	0,23630	7,32228	0,14645
64.	Bus 107	D0063	100	33,7	28,64500	0,28645	17,75258	0,17753
65.	Bus 108	D0265	100	49,2	41,82000	0,41820	25,91771	0,25918
66.	Bus 109	D0065	160	66	56,10000	0,35063	34,76766	0,21730
67.	Bus 110	D0066	100	36,7	31,19500	0,31195	19,33292	0,19333
68.	Bus 111	D0219	100	33,3	28,30500	0,28305	17,54186	0,17542
69.	Bus 113	D0076	75	26,1	22,18500	0,29580	13,74903	0,18332
70.	Bus 114	D0077	160	63,5	53,97500	0,33734	33,45070	0,20907
71.	Bus 116	D0197	25	10,7	9,09500	0,36380	5,63657	0,22546
JUMLAH				3,14256	2,67118		1,65545	
				MVA	MW		MVAR	

Lampiran C.4

Tabel C.4 Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Reaktif untuk Beban Maksimum dalam Satuan per unit

No.	Bus	Kode Beban	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Maksimum				
				S (kVA)	P (kW)	P (p.u)	Q (kVAR)	Q (p.u)
1.	Bus 2	D0031	75	23,2	19,72000	0,26293	12,22136	0,16295
2.	Bus 3	D0126	150	116,2	98,77000	0,65847	61,21215	0,40808
3.	Bus 5	D0189	160	76,6	65,11000	0,40694	40,35155	0,25220
4.	Bus 7	D0188	160	122,2	103,87000	0,64919	64,37284	0,40233
5.	Bus 8	D0180	100	32,7	27,79500	0,27795	17,22579	0,17226
6.	Bus 10	D0032	200	92	78,20000	0,39100	48,46401	0,24232
7.	Bus 11	D0157	200	68,7	58,39500	0,29198	36,18997	0,18095
8.	Bus 12	D0262	100	38,03	32,32550	0,32326	20,03355	0,20034
9.	Bus 13	D0009	250	196,04	166,63400	0,66654	103,27048	0,41308
10.	Bus 14	D0046	200	132,9	112,96500	0,56483	70,00942	0,35005
11.	Bus 15	D0119	150	73,1	62,13500	0,41423	38,50781	0,25672
12.	Bus 16	D0078	160	109,5	93,07500	0,58172	57,68270	0,36052
13.	Bus 17	D0025	75	27,6	23,46000	0,31280	14,53920	0,19386
14.	Bus 21	D0129	160	84,8	72,08000	0,45050	44,67117	0,27919
15.	Bus 23	D0099	100	66,8	56,78000	0,56780	35,18908	0,35189
16.	Bus 24	D0200	50	24,7	20,99500	0,41990	13,01153	0,26023
17.	Bus 25	D0201	100	14,4	12,24000	0,12240	7,58567	0,07586
18.	Bus 26	D0202	100	55,9	47,51500	0,47515	29,44715	0,29447
19.	Bus 28	D0030	160	59,1	50,23500	0,31397	31,13286	0,19458
20.	Bus 30	D0174	160	101,5	86,27500	0,53922	53,46844	0,33418
21.	Bus 31	D0175	100	14,5	12,32500	0,12325	7,63835	0,07638
22.	Bus 32	D0016	200	108,3	92,05500	0,46028	57,05057	0,28525
23.	Bus 33	D0168	25	4,3	3,65500	0,14620	2,26517	0,09061
24.	Bus 38	D0206	200	70,8	60,18000	0,30090	37,29621	0,18648
25.	Bus 40	D0212	50	35,3	30,00500	0,60010	18,59543	0,37191
26.	Bus 43	D0057	150	100,8	85,68000	0,57120	53,09969	0,35400
27.	Bus 44	D0153	160	78,7	66,89500	0,41809	41,45780	0,25911
28.	Bus 45	D0059	160	76	64,60000	0,40375	40,03548	0,25022
29.	Bus 46	D0087	100	23,2	19,72000	0,19720	12,22136	0,12221
30.	Bus 48	D0266	200	54,8	46,58000	0,23290	28,86769	0,14434
31.	Bus 50	D0204	50	11,8	10,03000	0,20060	6,21604	0,12432
32.	Bus 52	D0088	100	20,1	17,08500	0,17085	10,58833	0,10588
33.	Bus 54	D0124	50	27,5	23,37500	0,46750	14,48652	0,28973
34.	Bus 55	D0089	160	98,2	83,47000	0,52169	51,73006	0,32331
35.	Bus 56	D0101	100	46,5	39,52500	0,39525	24,49539	0,24495
36.	Bus 57	D0102	160	96,9	82,36500	0,51478	51,04524	0,31903
37.	Bus 59	D0103	100	40,1	34,08500	0,34085	21,12399	0,21124
38.	Bus 60	D0167	50	15,5	13,17500	0,26350	8,16513	0,16330
39.	Bus 63	D0104	100	56,6	48,11000	0,48110	29,81590	0,29816
40.	Bus 64	D0166	50	25,8	21,93000	0,43860	13,59099	0,27182
41.	Bus 65	D0213	100	45,3	38,50500	0,38505	23,86326	0,23863
42.	Bus 67	D0058	100	60,1	51,08500	0,51085	31,65964	0,31660
43.	Bus 68	D0060	160	116,04	98,63400	0,61646	61,12786	0,38205
44.	Bus 70	D0217	50	28,6	24,31000	0,48620	15,06598	0,30132
45.	Bus 73	D0036	75	44,7	37,99500	0,50660	23,54719	0,31396

No.	Bus	Kode Beban	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Maksimum				
				S (kVA)	P (kW)	P (p.u)	Q (kVAR)	Q (p.u)
46.	Bus 74	D0145	160	96,8	82,28000	0,51425	50,99256	0,31870
47.	Bus 75	D0019	160	113,4	96,39000	0,60244	59,73716	0,37336
48.	Bus 77	D0198	160	116,6	99,11000	0,61944	61,42286	0,38389
49.	Bus 79	D0123	150	124,1	105,48500	0,70323	65,37373	0,43582
50.	Bus 82	D0098	160	92,9	78,96500	0,49353	48,93811	0,30586
51.	Bus 85	D0236	160	81,2	69,02000	0,43138	42,77475	0,26734
52.	Bus 87	D0079	200	148,6	126,31000	0,63155	78,27991	0,39140
53.	Bus 88	D0080	150	71,8	61,03000	0,40687	37,82300	0,25215
54.	Bus 89	D0223	50	30,7	26,09500	0,52190	16,17223	0,32344
55.	Bus 90	D0094	100	59,5	50,57500	0,50575	31,34357	0,31344
56.	Bus 91	D0216	160	79,8	67,83000	0,42394	42,03726	0,26273
57.	Bus 94	D0195	160	47,5	40,37500	0,25234	25,02218	0,15639
58.	Bus 97	D0062	200	131,9	112,11500	0,56058	69,48264	0,34741
59.	Bus 98	D0033	250	153,2	130,22000	0,52088	80,70311	0,32281
60.	Bus 99	D0061	160	105,2	89,42000	0,55888	55,41754	0,34636
61.	Bus 101	D0064	100	52,3	44,45500	0,44455	27,55073	0,27551
62.	Bus 102	D0147	50	38,8	32,98000	0,65960	20,43917	0,40878
63.	Bus 105	D0196	50	20,5	17,42500	0,34850	10,79905	0,21598
64.	Bus 107	D0063	100	52,9	44,96500	0,44965	27,86680	0,27867
65.	Bus 108	D0265	100	73,9	62,81500	0,62815	38,92924	0,38929
66.	Bus 109	D0065	160	108,9	92,56500	0,57853	57,36663	0,35854
67.	Bus 110	D0066	100	58,9	50,06500	0,50065	31,02750	0,31028
68.	Bus 111	D0219	100	52,2	44,37000	0,44370	27,49806	0,27498
69.	Bus 113	D0076	75	41,3	35,10500	0,46807	21,75612	0,29008
70.	Bus 114	D0077	160	103,8	88,23000	0,55144	54,68004	0,34175
71.	Bus 116	D0197	25	17,7	15,04500	0,60180	9,32405	0,37296
JUMLAH				4,89081	4,15719		2,57639	
				MVA	MW		MVAR	

LAMPIRAN D
Hasil Perhitungan Aliran Daya

Lampiran D.1

Hasil Perhitungan Aliran Daya untuk Beban Minimum

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
 Maximum Power Mismatch = 0.000291482
 No. of Iterations = 2

Bus No.	Voltage		Angle Degree	-----Load-----		---Generation---		Injected	
	Mag.			MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar	
1	1.000		0.000	0.000	0.000	1.205	0.750	0.000	
2	0.988		-0.075	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3	0.988		-0.075	0.009	0.006	0.000	0.000	0.000	
4	0.988		-0.075	0.018	0.011	0.000	0.000	0.000	
5	0.987		-0.076	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
6	0.987		-0.076	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
7	0.986		-0.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	0.986		-0.077	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
9	0.985		-0.078	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	
10	0.984		-0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
11	0.984		-0.080	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000	
12	0.984		-0.080	0.044	0.027	0.000	0.000	0.000	
13	0.984		-0.079	0.011	0.007	0.000	0.000	0.000	
14	0.984		-0.079	0.031	0.019	0.000	0.000	0.000	
15	0.984		-0.081	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000	
16	0.984		-0.083	0.020	0.013	0.000	0.000	0.000	
17	0.984		-0.082	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
18	0.983		-0.080	0.009	0.006	0.000	0.000	0.000	
19	0.983		-0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	0.983		-0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
21	0.982		-0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
22	0.983		-0.080	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
23	0.983		-0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
24	0.983		-0.080	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	
25	0.983		-0.081	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000	
26	0.983		-0.081	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	
27	0.983		-0.081	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	
28	0.983		-0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
29	0.983		-0.080	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
30	0.983		-0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
31	0.982		-0.088	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
32	0.982		-0.088	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	
33	0.982		-0.088	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000	
34	0.982		-0.088	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	
35	0.982		-0.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
36	0.980		-0.095	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
37	0.980		-0.095	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
38	0.980		-0.095	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
39	0.980		-0.095	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000	
40	0.980		-0.098	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
41	0.980		-0.098	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000	
42	0.980		-0.098	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
43	0.980		-0.099	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
44	0.980		-0.100	0.018	0.011	0.000	0.000	0.000	
45	0.979		-0.101	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
46	0.979		-0.102	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	

47	0.979	-0.103	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
48	0.979	-0.103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.979	-0.103	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000
50	0.979	-0.103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	0.979	-0.104	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
52	0.979	-0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	0.979	-0.104	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000
54	0.979	-0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55	0.979	-0.104	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
56	0.979	-0.104	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
57	0.979	-0.105	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
58	0.979	-0.105	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
59	0.979	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.979	-0.106	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
61	0.979	-0.106	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
62	0.979	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63	0.979	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	0.979	-0.106	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
65	0.979	-0.106	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
66	0.979	-0.107	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
67	0.980	-0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.980	-0.100	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
69	0.980	-0.100	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
70	0.980	-0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	0.980	-0.100	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
72	0.980	-0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73	0.980	-0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74	0.979	-0.101	0.009	0.006	0.000	0.000	0.000
75	0.979	-0.105	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
76	0.978	-0.108	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
77	0.978	-0.108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78	0.978	-0.108	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
79	0.978	-0.108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.978	-0.109	0.018	0.011	0.000	0.000	0.000
81	0.978	-0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82	0.978	-0.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83	0.978	-0.118	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
84	0.978	-0.118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
85	0.978	-0.119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
86	0.978	-0.119	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
87	0.978	-0.119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
88	0.978	-0.119	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000
89	0.978	-0.121	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
90	0.978	-0.122	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
91	0.978	-0.123	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
92	0.978	-0.123	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
93	0.978	-0.123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
94	0.978	-0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95	0.978	-0.110	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
96	0.978	-0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97	0.978	-0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
98	0.978	-0.110	0.084	0.052	0.000	0.000	0.000
99	0.978	-0.110	0.043	0.027	0.000	0.000	0.000
100	0.978	-0.112	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
101	0.978	-0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
102	0.978	-0.112	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
103	0.978	-0.112	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
104	0.978	-0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
105	0.978	-0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
106	0.978	-0.112	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000

107	0.978	-0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
108	0.978	-0.112	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
109	0.977	-0.112	0.021	0.013	0.000	0.000	0.000
110	0.977	-0.113	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
111	0.977	-0.113	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
112	0.977	-0.113	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000
113	0.977	-0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
114	0.977	-0.113	0.009	0.006	0.000	0.000	0.000
115	0.977	-0.113	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
116	0.977	-0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
117	0.977	-0.113	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
118	0.977	-0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total			1.182	0.733	1.205	0.750	0.000
Total loss			0.023	0.017			

Lampiran D.2

Hasil Perhitungan Aliran Daya untuk Beban Rata-Rata

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
 Maximum Power Mismatch = 0.000921725
 No. of Iterations = 2

Bus No.	Voltage		Angle	-----Load-----		---Generation---		Injected	
	Mag.	Degree		MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar	
1	1.000		0.000	0.000	0.000	2.793	1.746	0.000	
2	0.971		-0.172	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3	0.971		-0.172	0.014	0.009	0.000	0.000	0.000	
4	0.971		-0.172	0.059	0.036	0.000	0.000	0.000	
5	0.969		-0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
6	0.969		-0.175	0.042	0.026	0.000	0.000	0.000	
7	0.967		-0.177	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	0.967		-0.177	0.062	0.038	0.000	0.000	0.000	
9	0.965		-0.179	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	
10	0.962		-0.183	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
11	0.962		-0.184	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000	
12	0.962		-0.184	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000	
13	0.962		-0.183	0.022	0.013	0.000	0.000	0.000	
14	0.962		-0.183	0.099	0.061	0.000	0.000	0.000	
15	0.962		-0.188	0.069	0.043	0.000	0.000	0.000	
16	0.962		-0.191	0.041	0.026	0.000	0.000	0.000	
17	0.962		-0.190	0.056	0.035	0.000	0.000	0.000	
18	0.961		-0.185	0.016	0.010	0.000	0.000	0.000	
19	0.960		-0.185	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	0.960		-0.185	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
21	0.957		-0.202	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
22	0.960		-0.186	0.046	0.028	0.000	0.000	0.000	
23	0.960		-0.186	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
24	0.960		-0.186	0.035	0.021	0.000	0.000	0.000	
25	0.960		-0.186	0.014	0.008	0.000	0.000	0.000	
26	0.960		-0.186	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000	
27	0.960		-0.186	0.030	0.019	0.000	0.000	0.000	
28	0.960		-0.185	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
29	0.960		-0.185	0.035	0.022	0.000	0.000	0.000	
30	0.960		-0.185	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
31	0.957		-0.202	0.053	0.033	0.000	0.000	0.000	
32	0.957		-0.202	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	
33	0.957		-0.203	0.058	0.036	0.000	0.000	0.000	
34	0.957		-0.203	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	
35	0.957		-0.203	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
36	0.955		-0.219	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
37	0.955		-0.219	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
38	0.955		-0.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
39	0.955		-0.220	0.042	0.026	0.000	0.000	0.000	
40	0.953		-0.227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
41	0.953		-0.227	0.018	0.011	0.000	0.000	0.000	
42	0.953		-0.227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
43	0.953		-0.229	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
44	0.953		-0.232	0.052	0.032	0.000	0.000	0.000	
45	0.952		-0.233	0.043	0.027	0.000	0.000	0.000	
46	0.952		-0.236	0.042	0.026	0.000	0.000	0.000	
47	0.952		-0.238	0.016	0.010	0.000	0.000	0.000	
48	0.952		-0.238	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

49	0.952	-0.238	0.036	0.022	0.000	0.000	0.000
50	0.952	-0.239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	0.952	-0.239	0.008	0.005	0.000	0.000	0.000
52	0.951	-0.239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	0.951	-0.240	0.011	0.007	0.000	0.000	0.000
54	0.951	-0.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55	0.951	-0.241	0.015	0.009	0.000	0.000	0.000
56	0.951	-0.242	0.052	0.032	0.000	0.000	0.000
57	0.951	-0.242	0.026	0.016	0.000	0.000	0.000
58	0.951	-0.243	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000
59	0.951	-0.244	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.951	-0.244	0.023	0.014	0.000	0.000	0.000
61	0.951	-0.244	0.010	0.006	0.000	0.000	0.000
62	0.951	-0.244	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63	0.951	-0.245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	0.950	-0.246	0.030	0.019	0.000	0.000	0.000
65	0.950	-0.246	0.014	0.009	0.000	0.000	0.000
66	0.950	-0.247	0.025	0.016	0.000	0.000	0.000
67	0.953	-0.231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.953	-0.232	0.032	0.020	0.000	0.000	0.000
69	0.953	-0.232	0.059	0.037	0.000	0.000	0.000
70	0.953	-0.232	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	0.953	-0.232	0.015	0.009	0.000	0.000	0.000
72	0.953	-0.232	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73	0.953	-0.232	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74	0.952	-0.233	0.024	0.015	0.000	0.000	0.000
75	0.951	-0.244	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000
76	0.950	-0.250	0.058	0.036	0.000	0.000	0.000
77	0.950	-0.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78	0.950	-0.252	0.059	0.037	0.000	0.000	0.000
79	0.950	-0.252	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.949	-0.253	0.062	0.038	0.000	0.000	0.000
81	0.949	-0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82	0.948	-0.275	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83	0.948	-0.276	0.049	0.031	0.000	0.000	0.000
84	0.948	-0.276	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
85	0.948	-0.279	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
86	0.948	-0.279	0.044	0.027	0.000	0.000	0.000
87	0.948	-0.279	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
88	0.948	-0.280	0.075	0.047	0.000	0.000	0.000
89	0.948	-0.283	0.041	0.025	0.000	0.000	0.000
90	0.948	-0.286	0.016	0.010	0.000	0.000	0.000
91	0.948	-0.289	0.031	0.019	0.000	0.000	0.000
92	0.948	-0.290	0.044	0.027	0.000	0.000	0.000
93	0.948	-0.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
94	0.949	-0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95	0.949	-0.255	0.030	0.019	0.000	0.000	0.000
96	0.949	-0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97	0.949	-0.256	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
98	0.949	-0.256	0.098	0.061	0.000	0.000	0.000
99	0.949	-0.257	0.087	0.054	0.000	0.000	0.000
100	0.948	-0.260	0.055	0.034	0.000	0.000	0.000
101	0.948	-0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
102	0.948	-0.262	0.028	0.018	0.000	0.000	0.000
103	0.948	-0.262	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000
104	0.948	-0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
105	0.948	-0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
106	0.948	-0.262	0.012	0.007	0.000	0.000	0.000
107	0.948	-0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
108	0.948	-0.262	0.029	0.018	0.000	0.000	0.000

109	0.948	-0.262	0.042	0.026	0.000	0.000	0.000
110	0.947	-0.262	0.056	0.035	0.000	0.000	0.000
111	0.947	-0.262	0.031	0.019	0.000	0.000	0.000
112	0.947	-0.263	0.028	0.018	0.000	0.000	0.000
113	0.947	-0.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
114	0.947	-0.264	0.022	0.014	0.000	0.000	0.000
115	0.947	-0.264	0.054	0.033	0.000	0.000	0.000
116	0.947	-0.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
117	0.947	-0.264	0.009	0.006	0.000	0.000	0.000
118	0.947	-0.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total			2.671	1.655	2.793	1.746	0.000
Total loss			0.122	0.091			

Lampiran D.3

Hasil Perhitungan Aliran Daya untuk Beban Maksimum

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 4.3215e-05

No. of Iterations = 3

Bus No.	Voltage		Angle Degree	MW	-----Load-----		---Generation---		Injected Mvar
	Mag.	Degree			Mvar	Mvar	MW	Mvar	
1	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000	4.471	2.811	0.000
2	0.954		-0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.954		-0.274	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.954		-0.274	0.099	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.951		-0.278	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.950		-0.278	0.065	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.947		-0.282	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.947		-0.282	0.104	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.944		-0.286	0.028	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.939		-0.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.939		-0.293	0.078	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.939		-0.293	0.058	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.939		-0.291	0.032	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.939		-0.291	0.167	0.103	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.939		-0.300	0.113	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.939		-0.305	0.062	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.939		-0.303	0.093	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.937		-0.294	0.023	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.936		-0.295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.936		-0.295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.932		-0.322	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.936		-0.295	0.072	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.936		-0.295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.936		-0.296	0.057	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.936		-0.296	0.021	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.936		-0.296	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.936		-0.296	0.048	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.936		-0.295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.936		-0.295	0.050	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.936		-0.295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.932		-0.323	0.086	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.932		-0.323	0.012	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.932		-0.324	0.092	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.932		-0.324	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.932		-0.324	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.927		-0.350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.927		-0.350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.927		-0.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.927		-0.351	0.060	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.925		-0.363	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.925		-0.363	0.030	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.925		-0.363	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.925		-0.366	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.924		-0.371	0.086	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.924		-0.374	0.067	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.923		-0.379	0.065	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.923		-0.382	0.020	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.923		-0.382	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

49	0.923	-0.382	0.047	0.029	0.000	0.000	0.000
50	0.922	-0.383	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	0.922	-0.384	0.010	0.006	0.000	0.000	0.000
52	0.922	-0.384	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	0.922	-0.384	0.017	0.011	0.000	0.000	0.000
54	0.922	-0.384	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55	0.922	-0.386	0.023	0.014	0.000	0.000	0.000
56	0.922	-0.387	0.083	0.052	0.000	0.000	0.000
57	0.922	-0.388	0.040	0.025	0.000	0.000	0.000
58	0.921	-0.390	0.082	0.051	0.000	0.000	0.000
59	0.921	-0.392	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.921	-0.392	0.034	0.021	0.000	0.000	0.000
61	0.921	-0.392	0.013	0.008	0.000	0.000	0.000
62	0.921	-0.392	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63	0.921	-0.393	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	0.921	-0.395	0.048	0.030	0.000	0.000	0.000
65	0.920	-0.395	0.022	0.014	0.000	0.000	0.000
66	0.920	-0.396	0.039	0.024	0.000	0.000	0.000
67	0.924	-0.370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68	0.924	-0.371	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000
69	0.924	-0.372	0.099	0.061	0.000	0.000	0.000
70	0.924	-0.373	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	0.924	-0.373	0.024	0.015	0.000	0.000	0.000
72	0.924	-0.373	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73	0.924	-0.373	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74	0.924	-0.374	0.038	0.024	0.000	0.000	0.000
75	0.921	-0.391	0.082	0.051	0.000	0.000	0.000
76	0.919	-0.402	0.096	0.060	0.000	0.000	0.000
77	0.919	-0.403	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78	0.919	-0.404	0.099	0.061	0.000	0.000	0.000
79	0.919	-0.404	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.919	-0.406	0.105	0.065	0.000	0.000	0.000
81	0.918	-0.410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82	0.917	-0.444	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83	0.917	-0.445	0.079	0.049	0.000	0.000	0.000
84	0.917	-0.445	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
85	0.917	-0.451	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
86	0.917	-0.451	0.069	0.043	0.000	0.000	0.000
87	0.917	-0.451	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
88	0.917	-0.453	0.126	0.078	0.000	0.000	0.000
89	0.917	-0.457	0.061	0.038	0.000	0.000	0.000
90	0.916	-0.463	0.026	0.016	0.000	0.000	0.000
91	0.916	-0.468	0.051	0.031	0.000	0.000	0.000
92	0.916	-0.470	0.068	0.042	0.000	0.000	0.000
93	0.916	-0.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
94	0.918	-0.410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95	0.918	-0.410	0.040	0.025	0.000	0.000	0.000
96	0.918	-0.410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97	0.918	-0.411	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
98	0.918	-0.411	0.112	0.069	0.000	0.000	0.000
99	0.918	-0.413	0.130	0.081	0.000	0.000	0.000
100	0.917	-0.417	0.089	0.055	0.000	0.000	0.000
101	0.917	-0.421	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
102	0.916	-0.421	0.044	0.028	0.000	0.000	0.000
103	0.916	-0.422	0.033	0.020	0.000	0.000	0.000
104	0.916	-0.422	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
105	0.916	-0.421	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
106	0.916	-0.421	0.017	0.011	0.000	0.000	0.000
107	0.916	-0.421	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
108	0.916	-0.421	0.045	0.028	0.000	0.000	0.000

109	0.916	-0.422	0.063	0.039	0.000	0.000	0.000
110	0.916	-0.422	0.093	0.057	0.000	0.000	0.000
111	0.915	-0.422	0.050	0.031	0.000	0.000	0.000
112	0.915	-0.424	0.044	0.028	0.000	0.000	0.000
113	0.915	-0.424	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
114	0.915	-0.424	0.035	0.022	0.000	0.000	0.000
115	0.915	-0.425	0.088	0.055	0.000	0.000	0.000
116	0.915	-0.425	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
117	0.915	-0.425	0.015	0.009	0.000	0.000	0.000
118	0.915	-0.425	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total			4.157	2.576	4.471	2.811	0.000
Total loss			0.314	0.235			

Lampiran D.4

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting sebelum penetrasi PEV dalam interval waktu 24 jam.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1854	0,9349	3,2653
16.10	0,1766	0,9364	3,1863
16.20	0,1782	0,9360	3,1863
16.30	0,1770	0,9363	3,1837
16.40	0,1773	0,9362	3,1914
16.50	0,1763	0,9365	3,1769
17.00	0,1783	0,9361	3,2016
17.10	0,1799	0,9358	3,2135
17.20	0,1876	0,9345	3,2764
17.30	0,1693	0,9377	3,1149
17.40	0,1710	0,9374	3,1429
17.50	0,1749	0,9368	3,1718
18.00	0,1685	0,9378	3,1140
18.10	0,1797	0,9358	3,2050
18.20	0,1810	0,9358	3,2271
18.30	0,1798	0,9361	3,2228
18.40	0,1851	0,9349	3,2534
18.50	0,1798	0,9357	3,2067
19.00	0,1901	0,9341	3,2993
19.10	0,1808	0,9356	3,2101
19.20	0,1805	0,9357	3,2177
19.30	0,1711	0,9372	3,1259
19.40	0,1767	0,9363	3,1710
19.50	0,1821	0,9354	3,2177
20.00	0,1800	0,9358	3,2058
20.10	0,1769	0,9365	3,1948
20.20	0,1820	0,9355	3,2228
20.30	0,1819	0,9354	3,2330
20.40	0,1853	0,9349	3,2551
20.50	0,1881	0,9345	3,2832
21.00	0,2338	0,9267	3,6344
21.10	0,2314	0,9269	3,6072
21.20	0,2370	0,9262	3,6548
21.30	0,2396	0,9258	3,6667
21.40	0,2367	0,9261	3,6472
21.50	0,3136	0,9151	4,1572
22.00	0,2281	0,9276	3,5843
22.10	0,2291	0,9274	3,5979

22.20	0,2287	0,9275	3,5962
22.30	0,2349	0,9263	3,6370
22.40	0,2279	0,9276	3,5953
22.50	0,2307	0,9272	3,6030
23.00	0,1839	0,9353	3,2492
23.10	0,1788	0,9360	3,2024
23.20	0,1760	0,9366	3,1812
23.30	0,1793	0,9358	3,2033
23.40	0,1758	0,9367	3,1820
23.50	0,1888	0,9343	3,2840
00.00	0,0759	0,9583	2,1272
00.10	0,0772	0,9578	2,1442
00.20	0,0746	0,9586	2,1119
00.30	0,0741	0,9587	2,1000
00.40	0,0775	0,9578	2,1493
00.50	0,0738	0,9587	2,0932
01.00	0,0767	0,9581	2,1433
01.10	0,0779	0,9577	2,1535
01.20	0,0719	0,9593	2,0787
01.30	0,0776	0,9577	2,1552
01.40	0,0783	0,9575	2,1535
01.50	0,0775	0,9577	2,1467
02.00	0,0770	0,9578	2,1399
02.10	0,0796	0,9570	2,1637
02.20	0,0791	0,9571	2,1501
02.30	0,0753	0,9584	2,1255
02.40	0,0778	0,9576	2,1552
02.50	0,0779	0,9576	2,1484
03.00	0,0510	0,9659	1,7517
03.10	0,0500	0,9663	1,7398
03.20	0,0487	0,9669	1,7211
03.30	0,0491	0,9666	1,7245
03.40	0,0466	0,9674	1,6863
03.50	0,0227	0,9773	1,1822
04.00	0,0491	0,9668	1,7364
04.10	0,0495	0,9665	1,7296
04.20	0,0488	0,9669	1,7211
04.30	0,0502	0,9663	1,7492
04.40	0,0479	0,9669	1,7075
04.50	0,0459	0,9676	1,6625
05.00	0,0767	0,9579	2,1229
05.10	0,0814	0,9568	2,2028
05.20	0,0769	0,9579	2,1416
05.30	0,0812	0,9568	2,1969
05.40	0,0741	0,9588	2,1042
05.50	0,0811	0,9569	2,1969

06.00	0,1220	0,9471	2,6712
06.10	0,1498	0,9414	2,9466
06.20	0,1479	0,9418	2,9241
06.30	0,1476	0,9419	2,9287
06.40	0,1461	0,9422	2,9071
06.50	0,1487	0,9417	2,9360
07.00	0,1488	0,9417	2,9406
07.10	0,1491	0,9416	2,9402
07.20	0,1496	0,9415	2,9440
07.30	0,1487	0,9417	2,9351
07.40	0,1451	0,9423	2,9015
07.50	0,1531	0,9408	2,9734
08.00	0,1525	0,9409	2,9687
08.10	0,1507	0,9412	2,9564
08.20	0,1472	0,9419	2,9215
08.30	0,1509	0,9412	2,9538
08.40	0,1473	0,9419	2,9253
08.50	0,1790	0,9361	3,2033
09.00	0,1775	0,9365	3,1914
09.10	0,1777	0,9363	3,1990
09.20	0,1780	0,9363	3,1965
09.30	0,1730	0,9372	3,1557
09.40	0,1731	0,9370	3,1548
09.50	0,1783	0,9363	3,2007
10.00	0,1768	0,9364	3,1905
10.10	0,1835	0,9352	3,2356
10.20	0,1832	0,9352	3,2339
10.30	0,1778	0,9361	3,1931
10.40	0,1787	0,9360	3,1931
10.50	0,1852	0,9349	3,2483
11.00	0,1752	0,9368	3,1769
11.10	0,1756	0,9365	3,1803
11.20	0,1835	0,9353	3,2458
11.30	0,1806	0,9357	3,2135
11.40	0,1725	0,9372	3,1480
11.50	0,1772	0,9362	3,1829
12.00	0,1766	0,9364	3,1727
12.10	0,1717	0,9372	3,1370
12.20	0,1808	0,9357	3,2203
12.30	0,1756	0,9367	3,1795
12.40	0,1795	0,9359	3,2160
12.50	0,1776	0,9362	3,1922
13.00	0,1690	0,9378	3,1183
13.10	0,1808	0,9357	3,2152

13.20	0,1788	0,9359	3,1914
13.30	0,1756	0,9367	3,1795
13.40	0,1827	0,9355	3,2356
13.50	0,1760	0,9364	3,1650
14.00	0,1792	0,9359	3,1931
14.10	0,1753	0,9366	3,1710
14.20	0,1836	0,9352	3,2407
14.30	0,1823	0,9354	3,2356
14.40	0,1777	0,9363	3,1956
14.50	0,1762	0,9367	3,1888
15.00	0,1823	0,9353	3,2220
15.10	0,1887	0,9343	3,2781
15.20	0,1847	0,9352	3,2483
15.30	0,1814	0,9355	3,2135
15.40	0,1727	0,9371	3,1421
15.50	0,1725	0,9372	3,1480

Lampiran D.5

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 20%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1028	0,9514	2,8968
16.10	0,1023	0,9515	2,8895
16.20	0,1031	0,9513	2,9021
16.30	0,1045	0,9510	2,9204
16.40	0,1036	0,9512	2,9082
16.50	0,1043	0,9510	2,9179
17.00	0,1523	0,9408	3,4859
17.10	0,1511	0,9411	3,4782
17.20	0,1511	0,9410	3,4775
17.30	0,1530	0,9408	3,4994
17.40	0,1483	0,9416	3,4486
17.50	0,1522	0,9408	3,4860
18.00	0,2096	0,9307	4,0614
18.10	0,2134	0,9300	4,0963
18.20	0,2145	0,9297	4,1005
18.30	0,2126	0,9302	4,0924
18.40	0,2134	0,9300	4,0914
18.50	0,2142	0,9299	4,1041
19.00	0,2457	0,9250	4,3724
19.10	0,2470	0,9247	4,3839
19.20	0,2422	0,9255	4,3475
19.30	0,2439	0,9252	4,3545
19.40	0,2519	0,9239	4,4246

19.50	0,2481	0,9245	4,3924
20.00	0,2122	0,9301	4,0812
20.10	0,2131	0,9301	4,0956
20.20	0,2119	0,9302	4,0770
20.30	0,2114	0,9303	4,0758
20.40	0,2104	0,9305	4,0657
20.50	0,2113	0,9303	4,0765
21.00	0,1508	0,9411	3,4749
21.10	0,1523	0,9409	3,4892
21.20	0,1513	0,9410	3,4811
21.30	0,1523	0,9408	3,4883
21.40	0,1495	0,9414	3,4630
21.50	0,1523	0,9409	3,4923
22.00	0,1054	0,9508	2,9325
22.10	0,1030	0,9513	2,8984
22.20	0,1027	0,9514	2,8954
22.30	0,1042	0,9510	2,9144
22.40	0,1023	0,9515	2,8922
22.50	0,1037	0,9511	2,9083
23.00	0,0826	0,9564	2,6068
23.10	0,0836	0,9561	2,6238
23.20	0,0840	0,9560	2,6306
23.30	0,0840	0,9561	2,6312
23.40	0,0842	0,9560	2,6328
23.50	0,0840	0,9560	2,6285
00.00	0,0252	0,9761	1,4641
00.10	0,0248	0,9762	1,4541
00.20	0,0245	0,9764	1,4454
00.30	0,0251	0,9761	1,4631
00.40	0,0255	0,9759	1,4725
00.50	0,0254	0,9759	1,4695
01.00	0,0255	0,9759	1,4711
01.10	0,0251	0,9761	1,4614
01.20	0,0255	0,9759	1,4729
01.30	0,0256	0,9759	1,4743
01.40	0,0249	0,9762	1,4555
01.50	0,0252	0,9760	1,4659
02.00	0,0251	0,9761	1,4622
02.10	0,0251	0,9761	1,4627
02.20	0,0249	0,9762	1,4557
02.30	0,0252	0,9760	1,4626
02.40	0,0249	0,9762	1,4560
02.50	0,0253	0,9760	1,4668
03.00	0,0253	0,9760	1,4667

03.10	0,0252	0,9761	1,4638
03.20	0,0249	0,9762	1,4577
03.30	0,0255	0,9759	1,4713
03.40	0,0257	0,9758	1,4755
03.50	0,0253	0,9760	1,4658
04.00	0,0244	0,9765	1,4411
04.10	0,0252	0,9760	1,4618
04.20	0,0251	0,9761	1,4634
04.30	0,0257	0,9758	1,4788
04.40	0,0255	0,9759	1,4699
04.50	0,0250	0,9761	1,4554
05.00	0,0257	0,9758	1,4758
05.10	0,0249	0,9762	1,4560
05.20	0,0249	0,9762	1,4548
05.30	0,0249	0,9762	1,4546
05.40	0,0252	0,9760	1,4657
05.50	0,0248	0,9762	1,4553
06.00	0,0732	0,9590	2,4638
06.10	0,0733	0,9590	2,4626
06.20	0,0720	0,9594	2,4444
06.30	0,0732	0,9590	2,4624
06.40	0,0725	0,9593	2,4518
06.50	0,0732	0,9591	2,4644
07.00	0,0734	0,9590	2,4650
07.10	0,0727	0,9592	2,4549
07.20	0,0733	0,9590	2,4656
07.30	0,0741	0,9588	2,4788
07.40	0,0725	0,9593	2,4521
07.50	0,0719	0,9594	2,4427
08.00	0,0832	0,9563	2,6184
08.10	0,0838	0,9562	2,6283
08.20	0,0832	0,9564	2,6227
08.30	0,0831	0,9564	2,6165
08.40	0,0832	0,9564	2,6209
08.50	0,0830	0,9564	2,6173
09.00	0,0839	0,9562	2,6291
09.10	0,0845	0,9560	2,6382
09.20	0,0838	0,9561	2,6286
09.30	0,0829	0,9565	2,6146
09.40	0,0830	0,9564	2,6131
09.50	0,0837	0,9562	2,6265
10.00	0,0826	0,9565	2,6087
10.10	0,0827	0,9564	2,6129
10.20	0,0827	0,9565	2,6127
10.30	0,0841	0,9561	2,6326
10.40	0,0890	0,9548	2,7043

10.50	0,0892	0,9548	2,7102
11.00	0,0896	0,9547	2,7118
11.10	0,0886	0,9550	2,6989
11.20	0,0906	0,9545	2,7298
11.30	0,0882	0,9551	2,6943
11.40	0,0960	0,9531	2,8049
11.50	0,0967	0,9530	2,8150
12.00	0,0957	0,9532	2,8010
12.10	0,0955	0,9532	2,7951
12.20	0,0952	0,9533	2,7926
12.30	0,0950	0,9534	2,7907
12.40	0,0949	0,9534	2,7895
12.50	0,0962	0,9530	2,8066
13.00	0,0965	0,9530	2,8122
13.10	0,0954	0,9533	2,7969
13.20	0,0956	0,9532	2,7989
13.30	0,0950	0,9534	2,7915
13.40	0,0722	0,9593	2,4439
13.50	0,0731	0,9591	2,4622
14.00	0,0728	0,9591	2,4553
14.10	0,0728	0,9591	2,4559
14.20	0,0737	0,9589	2,4705
14.30	0,0727	0,9592	2,4549
14.40	0,0718	0,9594	2,4404
14.50	0,0729	0,9591	2,4566
15.00	0,0726	0,9592	2,4538
15.10	0,0731	0,9590	2,4588
15.20	0,0729	0,9592	2,4598
15.30	0,0723	0,9593	2,4478
15.40	0,0727	0,9592	2,4557
15.50	0,0738	0,9589	2,4698

Lampiran D.6

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 40%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1299	0,9453	3,2400
16.10	0,1318	0,9449	3,2591
16.20	0,1320	0,9449	3,2629
16.30	0,1331	0,9447	3,2768
16.40	0,1305	0,9453	3,2470
16.50	0,1329	0,9447	3,2743

17.00	0,1924	0,9335	3,8951
17.10	0,1939	0,9332	3,9094
17.20	0,1943	0,9331	3,9131
17.30	0,1963	0,9329	3,9394
17.40	0,1897	0,9340	3,8754
17.50	0,1953	0,9330	3,9216
18.00	0,2679	0,9215	4,5454
18.10	0,2742	0,9205	4,5979
18.20	0,2740	0,9206	4,5933
18.30	0,2710	0,9212	4,5808
18.40	0,2750	0,9205	4,6018
18.50	0,2710	0,9210	4,5705
19.00	0,3130	0,9152	4,8828
19.10	0,3179	0,9145	4,9207
19.20	0,3132	0,9152	4,8887
19.30	0,3121	0,9153	4,8781
19.40	0,3203	0,9142	4,9438
19.50	0,3174	0,9145	4,9160
20.00	0,2732	0,9207	4,5828
20.10	0,2756	0,9204	4,6104
20.20	0,2688	0,9213	4,5522
20.30	0,2698	0,9212	4,5642
20.40	0,2669	0,9217	4,5409
20.50	0,2703	0,9212	4,5693
21.00	0,1938	0,9333	3,9105
21.10	0,1927	0,9335	3,8984
21.20	0,1985	0,9323	3,9475
21.30	0,1944	0,9331	3,9151
21.40	0,1928	0,9334	3,9030
21.50	0,1941	0,9332	3,9191
22.00	0,1357	0,9442	3,3065
22.10	0,1297	0,9454	3,2372
22.20	0,1289	0,9456	3,2298
22.30	0,1308	0,9451	3,2488
22.40	0,1307	0,9452	3,2530
22.50	0,1310	0,9451	3,2515
23.00	0,1045	0,9510	2,9192
23.10	0,1044	0,9510	2,9186
23.20	0,1046	0,9510	2,9254
23.30	0,1066	0,9505	2,9480
23.40	0,1068	0,9505	2,9540
23.50	0,1069	0,9504	2,9541
00.00	0,0257	0,9758	1,4773
00.10	0,0252	0,9761	1,4629
00.20	0,0248	0,9762	1,4542
00.30	0,0256	0,9759	1,4763

00.40	0,0256	0,9759	1,4769
00.50	0,0256	0,9759	1,4739
01.00	0,0258	0,9758	1,4799
01.10	0,0255	0,9759	1,4702
01.20	0,0258	0,9758	1,4817
01.30	0,0257	0,9758	1,4787
01.40	0,0252	0,9761	1,4643
01.50	0,0257	0,9758	1,4791
02.00	0,0254	0,9759	1,4710
02.10	0,0256	0,9759	1,4759
02.20	0,0253	0,9760	1,4689
02.30	0,0255	0,9759	1,4714
02.40	0,0252	0,9761	1,4648
02.50	0,0256	0,9759	1,4756
03.00	0,0256	0,9758	1,4755
03.10	0,0256	0,9758	1,4770
03.20	0,0254	0,9760	1,4709
03.30	0,0257	0,9758	1,4757
03.40	0,0260	0,9757	1,4843
03.50	0,0256	0,9758	1,4746
04.00	0,0246	0,9763	1,4499
04.10	0,0253	0,9760	1,4662
04.20	0,0254	0,9760	1,4722
04.30	0,0262	0,9756	1,4920
04.40	0,0257	0,9758	1,4743
04.50	0,0254	0,9759	1,4686
05.00	0,0260	0,9756	1,4846
05.10	0,0254	0,9760	1,4692
05.20	0,0249	0,9762	1,4548
05.30	0,0252	0,9761	1,4634
05.40	0,0257	0,9758	1,4789
05.50	0,0253	0,9760	1,4685
06.00	0,0811	0,9569	2,5870
06.10	0,0816	0,9567	2,5902
06.20	0,0816	0,9567	2,5940
06.30	0,0818	0,9567	2,5944
06.40	0,0828	0,9564	2,6102
06.50	0,0834	0,9563	2,6228
07.00	0,0824	0,9565	2,6058
07.10	0,0815	0,9568	2,5913
07.20	0,0818	0,9566	2,5976
07.30	0,0833	0,9563	2,6196
07.40	0,0802	0,9571	2,5709
07.50	0,0818	0,9567	2,5967

08.00	0,0936	0,9537	2,7680
08.10	0,0967	0,9529	2,8131
08.20	0,0956	0,9533	2,8031
08.30	0,0947	0,9533	2,7837
08.40	0,0947	0,9534	2,7881
08.50	0,0942	0,9535	2,7801
09.00	0,0944	0,9534	2,7831
09.10	0,0964	0,9530	2,8098
09.20	0,0962	0,9530	2,8046
09.30	0,0933	0,9538	2,7642
09.40	0,0945	0,9534	2,7803
09.50	0,0965	0,9530	2,8113
10.00	0,0935	0,9537	2,7671
10.10	0,0936	0,9536	2,7713
10.20	0,0946	0,9534	2,7843
10.30	0,0951	0,9533	2,7910
10.40	0,1023	0,9516	2,8891
10.50	0,1010	0,9519	2,8730
11.00	0,1032	0,9513	2,9010
11.10	0,1017	0,9517	2,8793
11.20	0,1029	0,9515	2,9014
11.30	0,1021	0,9516	2,8879
11.40	0,1103	0,9497	2,9941
11.50	0,1109	0,9496	3,0042
12.00	0,1093	0,9499	2,9814
12.10	0,1099	0,9498	2,9887
12.20	0,1096	0,9498	2,9862
12.30	0,1094	0,9499	2,9843
12.40	0,1091	0,9499	2,9787
12.50	0,1101	0,9497	2,9914
13.00	0,1108	0,9496	3,0014
13.10	0,1095	0,9499	2,9861
13.20	0,1095	0,9499	2,9837
13.30	0,1068	0,9505	2,9499
13.40	0,0807	0,9569	2,5759
13.50	0,0820	0,9566	2,5986
14.00	0,0819	0,9566	2,5961
14.10	0,0813	0,9568	2,5879
14.20	0,0825	0,9565	2,6069
14.30	0,0812	0,9568	2,5869
14.40	0,0819	0,9567	2,5988
14.50	0,0820	0,9566	2,5930
15.00	0,0815	0,9567	2,5902
15.10	0,0824	0,9565	2,5996
15.20	0,0825	0,9565	2,6094
15.30	0,0815	0,9568	2,5930

15.40	0,0824	0,9565	2,6053
15.50	0,0831	0,9563	2,6150

Lampiran D.7

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 60%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1639	0,9386	3,6184
16.10	0,1625	0,9388	3,5979
16.20	0,1659	0,9383	3,6413
16.30	0,1669	0,9381	3,6464
16.40	0,1684	0,9379	3,6650
16.50	0,1645	0,9385	3,6219
17.00	0,2442	0,9250	4,3483
17.10	0,2420	0,9254	4,3406
17.20	0,2477	0,9244	4,3795
17.30	0,2484	0,9245	4,3970
17.40	0,2390	0,9259	4,3154
17.50	0,2466	0,9247	4,3748
18.00	0,3389	0,9118	5,0690
18.10	0,3404	0,9115	5,0775
18.20	0,3440	0,9110	5,0993
18.30	0,3410	0,9115	5,0868
18.40	0,3515	0,9101	5,1518
18.50	0,3471	0,9106	5,1205
19.00	0,3982	0,9043	5,4504
19.10	0,3915	0,9052	5,4179
19.20	0,3955	0,9047	5,4343
19.30	0,3961	0,9046	5,4369
19.40	0,4047	0,9035	5,4982
19.50	0,3950	0,9047	5,4352
20.00	0,3395	0,9117	5,0712
20.10	0,3451	0,9109	5,1120
20.20	0,3411	0,9114	5,0802
20.30	0,3357	0,9122	5,0526
20.40	0,3345	0,9123	5,0337
20.50	0,3449	0,9110	5,1061
21.00	0,2410	0,9255	4,3241
21.10	0,2419	0,9255	4,3340
21.20	0,2485	0,9244	4,3919
21.30	0,2474	0,9245	4,3815
21.40	0,2424	0,9254	4,3430
21.50	0,2435	0,9252	4,3503

22.00	0,1711	0,9373	3,6893
22.10	0,1621	0,9390	3,5980
22.20	0,1644	0,9386	3,6214
22.30	0,1653	0,9384	3,6272
22.40	0,1650	0,9384	3,6270
22.50	0,1697	0,9374	3,6695
23.00	0,1315	0,9451	3,2536
23.10	0,1349	0,9442	3,2970
23.20	0,1345	0,9444	3,2950
23.30	0,1340	0,9445	3,2868
23.40	0,1361	0,9442	3,3148
23.50	0,1349	0,9443	3,2929
00.00	0,0260	0,9757	1,4861
00.10	0,0254	0,9760	1,4717
00.20	0,0251	0,9761	1,4630
00.30	0,0259	0,9757	1,4851
00.40	0,0261	0,9756	1,4901
00.50	0,0260	0,9757	1,4871
01.00	0,0261	0,9756	1,4887
01.10	0,0259	0,9757	1,4834
01.20	0,0261	0,9756	1,4905
01.30	0,0260	0,9757	1,4875
01.40	0,0255	0,9759	1,4731
01.50	0,0258	0,9757	1,4835
02.00	0,0257	0,9758	1,4798
02.10	0,0259	0,9757	1,4847
02.20	0,0255	0,9759	1,4733
02.30	0,0258	0,9758	1,4802
02.40	0,0257	0,9758	1,4780
02.50	0,0260	0,9757	1,4888
03.00	0,0258	0,9758	1,4799
03.10	0,0258	0,9758	1,4814
03.20	0,0255	0,9759	1,4753
03.30	0,0261	0,9756	1,4889
03.40	0,0263	0,9755	1,4931
03.50	0,0257	0,9758	1,4790
04.00	0,0249	0,9762	1,4587
04.10	0,0256	0,9759	1,4750
04.20	0,0257	0,9758	1,4810
04.30	0,0265	0,9754	1,5008
04.40	0,0259	0,9757	1,4831
04.50	0,0257	0,9758	1,4774
05.00	0,0261	0,9756	1,4890
05.10	0,0255	0,9759	1,4736
05.20	0,0255	0,9759	1,4724
05.30	0,0255	0,9759	1,4722

05.40	0,0260	0,9757	1,4877
05.50	0,0256	0,9759	1,4773
06.00	0,0944	0,9535	2,7850
06.10	0,0941	0,9536	2,7794
06.20	0,0937	0,9537	2,7744
06.30	0,0943	0,9535	2,7792
06.40	0,0947	0,9534	2,7862
06.50	0,0942	0,9536	2,7812
07.00	0,0963	0,9530	2,8082
07.10	0,0933	0,9538	2,7673
07.20	0,0946	0,9534	2,7868
07.30	0,0952	0,9533	2,7956
07.40	0,0931	0,9538	2,7645
07.50	0,0941	0,9536	2,7771
08.00	0,1073	0,9504	2,9572
08.10	0,1105	0,9497	3,0023
08.20	0,1050	0,9510	2,9307
08.30	0,1073	0,9505	2,9597
08.40	0,1077	0,9504	2,9641
08.50	0,1080	0,9503	2,9693
09.00	0,1091	0,9500	2,9811
09.10	0,1103	0,9498	2,9990
09.20	0,1092	0,9500	2,9850
09.30	0,1068	0,9506	2,9534
09.40	0,1076	0,9503	2,9607
09.50	0,1072	0,9505	2,9565
10.00	0,1075	0,9504	2,9607
10.10	0,1080	0,9503	2,9693
10.20	0,1079	0,9503	2,9691
10.30	0,1079	0,9503	2,9670
10.40	0,1161	0,9484	3,0695
10.50	0,1152	0,9487	3,0622
11.00	0,1152	0,9487	3,0594
11.10	0,1138	0,9489	3,0421
11.20	0,1175	0,9482	3,0906
11.30	0,1143	0,9489	3,0507
11.40	0,1265	0,9462	3,1965
11.50	0,1251	0,9465	3,1846
12.00	0,1259	0,9463	3,1926
12.10	0,1249	0,9465	3,1779
12.20	0,1228	0,9469	3,1534
12.30	0,1250	0,9465	3,1823
12.40	0,1237	0,9468	3,1679
12.50	0,1257	0,9463	3,1894

13.00	0,1252	0,9464	3,1862
13.10	0,1246	0,9466	3,1753
13.20	0,1231	0,9469	3,1597
13.30	0,1213	0,9473	3,1347
13.40	0,0922	0,9540	2,7475
13.50	0,0952	0,9533	2,7922
14.00	0,0948	0,9534	2,7853
14.10	0,0947	0,9534	2,7859
14.20	0,0954	0,9532	2,7961
14.30	0,0937	0,9537	2,7761
14.40	0,0935	0,9538	2,7704
14.50	0,0946	0,9534	2,7822
15.00	0,0932	0,9538	2,7662
15.10	0,0959	0,9531	2,7976
15.20	0,0940	0,9536	2,7810
15.30	0,0941	0,9536	2,7778
15.40	0,0945	0,9535	2,7857
15.50	0,0958	0,9531	2,7998

Lampiran D.8

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting ketika beban penetrasi PEV 80%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1715	0,9372	3,6932
16.10	0,1697	0,9375	3,6727
16.20	0,1716	0,9372	3,6941
16.30	0,1737	0,9368	3,7168
16.40	0,1722	0,9371	3,7002
16.50	0,1737	0,9368	3,7187
17.00	0,2535	0,9236	4,4231
17.10	0,2536	0,9236	4,4330
17.20	0,2571	0,9231	4,4587
17.30	0,2535	0,9237	4,4322
17.40	0,2505	0,9241	4,4078
17.50	0,2534	0,9236	4,4232
18.00	0,3517	0,9101	5,1570
18.10	0,3543	0,9097	5,1699
18.20	0,3562	0,9094	5,1829
18.30	0,3582	0,9093	5,2056
18.40	0,3604	0,9090	5,2134
18.50	0,3617	0,9087	5,2173
19.00	0,4126	0,9026	5,5428
19.10	0,4103	0,9028	5,5279
19.20	0,4103	0,9029	5,5311
19.30	0,4062	0,9033	5,4985

19.40	0,4199	0,9018	5,5950
19.50	0,4120	0,9027	5,5452
20.00	0,3593	0,9091	5,2076
20.10	0,3588	0,9092	5,2044
20.20	0,3567	0,9094	5,1814
20.30	0,3540	0,9097	5,1670
20.40	0,3510	0,9102	5,1481
20.50	0,3561	0,9095	5,1853
21.00	0,2525	0,9238	4,4209
21.10	0,2516	0,9240	4,4132
21.20	0,2558	0,9233	4,4491
21.30	0,2538	0,9236	4,4343
21.40	0,2529	0,9237	4,4266
21.50	0,2548	0,9235	4,4471
22.00	0,1726	0,9371	3,7069
22.10	0,1693	0,9376	3,6728
22.20	0,1718	0,9372	3,6962
22.30	0,1732	0,9368	3,7064
22.40	0,1728	0,9370	3,7106
22.50	0,1739	0,9367	3,7179
23.00	0,1391	0,9435	3,3416
23.10	0,1374	0,9438	3,3278
23.20	0,1374	0,9438	3,3258
23.30	0,1386	0,9436	3,3396
23.40	0,1392	0,9434	3,3500
23.50	0,1408	0,9431	3,3633
00.00	0,0350	0,9718	1,7193
00.10	0,0346	0,9719	1,7093
00.20	0,0342	0,9721	1,7006
00.30	0,0349	0,9718	1,7183
00.40	0,0354	0,9716	1,7277
00.50	0,0351	0,9717	1,7203
01.00	0,0352	0,9717	1,7219
01.10	0,0350	0,9718	1,7166
01.20	0,0354	0,9716	1,7281
01.30	0,0353	0,9717	1,7251
01.40	0,0348	0,9718	1,7151
01.50	0,0353	0,9717	1,7255
02.00	0,0351	0,9717	1,7218
02.10	0,0349	0,9718	1,7179
02.20	0,0347	0,9719	1,7109
02.30	0,0348	0,9718	1,7134
02.40	0,0347	0,9719	1,7112
02.50	0,0353	0,9717	1,7264

03.00	0,0352	0,9717	1,7219
03.10	0,0350	0,9718	1,7190
03.20	0,0347	0,9719	1,7129
03.30	0,0352	0,9716	1,7221
03.40	0,0353	0,9716	1,7219
03.50	0,0348	0,9718	1,7122
04.00	0,0341	0,9722	1,6963
04.10	0,0348	0,9718	1,7126
04.20	0,0348	0,9718	1,7142
04.30	0,0358	0,9714	1,7384
04.40	0,0352	0,9717	1,7207
04.50	0,0348	0,9718	1,7106
05.00	0,0353	0,9716	1,7222
05.10	0,0345	0,9720	1,7068
05.20	0,0345	0,9719	1,7056
05.30	0,0348	0,9718	1,7142
05.40	0,0349	0,9718	1,7165
05.50	0,0346	0,9719	1,7105
06.00	0,1048	0,9510	2,9258
06.10	0,1064	0,9506	2,9422
06.20	0,1038	0,9512	2,9108
06.30	0,1057	0,9507	2,9332
06.40	0,1063	0,9506	2,9402
06.50	0,1043	0,9512	2,9220
07.00	0,1071	0,9504	2,9534
07.10	0,1049	0,9510	2,9257
07.20	0,1050	0,9509	2,9276
07.30	0,1063	0,9507	2,9452
07.40	0,1049	0,9510	2,9229
07.50	0,1050	0,9509	2,9267
08.00	0,1188	0,9478	3,1024
08.10	0,1214	0,9473	3,1343
08.20	0,1207	0,9475	3,1287
08.30	0,1201	0,9475	3,1181
08.40	0,1200	0,9475	3,1181
08.50	0,1197	0,9477	3,1189
09.00	0,1200	0,9475	3,1175
09.10	0,1226	0,9470	3,1486
09.20	0,1208	0,9473	3,1258
09.30	0,1199	0,9476	3,1162
09.40	0,1214	0,9472	3,1323
09.50	0,1219	0,9471	3,1413
10.00	0,1206	0,9474	3,1235
10.10	0,1194	0,9476	3,1101
10.20	0,1201	0,9475	3,1187
10.30	0,1203	0,9475	3,1210

10.40	0,1286	0,9457	3,2191
10.50	0,1289	0,9457	3,2294
11.00	0,1298	0,9454	3,2310
11.10	0,1302	0,9454	3,2401
11.20	0,1297	0,9455	3,2358
11.30	0,1286	0,9457	3,2267
11.40	0,1383	0,9436	3,3329
11.50	0,1395	0,9434	3,3474
12.00	0,1369	0,9440	3,3158
12.10	0,1399	0,9433	3,3495
12.20	0,1386	0,9436	3,3382
12.30	0,1389	0,9436	3,3407
12.40	0,1375	0,9438	3,3263
12.50	0,1414	0,9430	3,3654
13.00	0,1394	0,9434	3,3446
13.10	0,1386	0,9436	3,3425
13.20	0,1412	0,9431	3,3665
13.30	0,1378	0,9438	3,3283
13.40	0,1054	0,9508	2,9279
13.50	0,1050	0,9509	2,9286
14.00	0,1046	0,9510	2,9217
14.10	0,1038	0,9512	2,9091
14.20	0,1056	0,9508	2,9325
14.30	0,1048	0,9509	2,9213
14.40	0,1052	0,9509	2,9288
14.50	0,1042	0,9511	2,9142
15.00	0,1052	0,9509	2,9290
15.10	0,1066	0,9505	2,9428
15.20	0,1037	0,9513	2,9130
15.30	0,1044	0,9511	2,9186
15.40	0,1046	0,9511	2,9221
15.50	0,1077	0,9503	2,9582

Lampiran D.9

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 20%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,0853	0,9552	2,6548
16.10	0,0860	0,9552	2,6651
16.20	0,0875	0,9552	2,6821
16.30	0,0884	0,9548	2,7004
16.40	0,0875	0,9549	2,6882

16.50	0,0876	0,9551	2,6935
17.00	0,1254	0,9462	3,1823
17.10	0,1259	0,9461	3,1922
17.20	0,1247	0,9461	3,1739
17.30	0,1274	0,9462	3,2134
17.40	0,1226	0,9476	3,1538
17.50	0,1270	0,9458	3,2044
18.00	0,1725	0,9372	3,7050
18.10	0,1745	0,9368	3,7267
18.20	0,1776	0,9364	3,7529
18.30	0,1725	0,9369	3,7052
18.40	0,1756	0,9364	3,7394
18.50	0,1725	0,9371	3,7037
19.00	0,2002	0,9324	3,9808
19.10	0,2007	0,9320	3,9791
19.20	0,1981	0,9328	3,9559
19.30	0,1952	0,9325	3,9233
19.40	0,2054	0,9319	4,0242
19.50	0,1989	0,9321	3,9656
20.00	0,1740	0,9373	3,7292
20.10	0,1758	0,9371	3,7480
20.20	0,1747	0,9369	3,7250
20.30	0,1722	0,9370	3,7018
20.40	0,1706	0,9372	3,6873
20.50	0,1712	0,9371	3,6937
21.00	0,1269	0,9464	3,2109
21.10	0,1233	0,9462	3,1548
21.20	0,1265	0,9458	3,2039
21.30	0,1262	0,9460	3,1979
21.40	0,1249	0,9470	3,1858
21.50	0,1254	0,9462	3,1843
22.00	0,0882	0,9551	2,6949
22.10	0,0870	0,9553	2,6740
22.20	0,0855	0,9558	2,6578
22.30	0,0894	0,9551	2,7076
22.40	0,0859	0,9555	2,6634
22.50	0,0886	0,9549	2,7015
23.00	0,0695	0,9596	2,4000
23.10	0,0710	0,9599	2,4346
23.20	0,0709	0,9595	2,4326
23.30	0,0711	0,9595	2,4332
23.40	0,0710	0,9597	2,4260
23.50	0,0721	0,9595	2,4393
00.00	0,0288	0,9748	1,5697
00.10	0,0287	0,9745	1,5641
00.20	0,0286	0,9744	1,5598

00.30	0,0299	0,9743	1,5951
00.40	0,0301	0,9745	1,5957
00.50	0,0299	0,9738	1,5883
01.00	0,0296	0,9740	1,5855
01.10	0,0291	0,9743	1,5714
01.20	0,0295	0,9748	1,5785
01.30	0,0296	0,9742	1,5843
01.40	0,0290	0,9744	1,5743
01.50	0,0298	0,9740	1,5891
02.00	0,0291	0,9740	1,5722
02.10	0,0292	0,9739	1,5815
02.20	0,0299	0,9743	1,5921
02.30	0,0290	0,9743	1,5726
02.40	0,0291	0,9742	1,5748
02.50	0,0300	0,9740	1,5944
03.00	0,0292	0,9741	1,5767
03.10	0,0291	0,9739	1,5738
03.20	0,0288	0,9740	1,5633
03.30	0,0306	0,9741	1,6077
03.40	0,0297	0,9739	1,5899
03.50	0,0302	0,9740	1,6066
04.00	0,0289	0,9749	1,5731
04.10	0,0285	0,9741	1,5586
04.20	0,0300	0,9740	1,5954
04.30	0,0293	0,9742	1,5800
04.40	0,0291	0,9742	1,5711
04.50	0,0295	0,9742	1,5742
05.00	0,0299	0,9741	1,5902
05.10	0,0287	0,9743	1,5660
05.20	0,0286	0,9746	1,5648
05.30	0,0282	0,9746	1,5470
05.40	0,0294	0,9743	1,5845
05.50	0,0300	0,9739	1,6005
06.00	0,0711	0,9593	2,4330
06.10	0,0711	0,9599	2,4230
06.20	0,0709	0,9601	2,4268
06.30	0,0703	0,9596	2,4184
06.40	0,0696	0,9593	2,3990
06.50	0,0708	0,9598	2,4248
07.00	0,0729	0,9595	2,4562
07.10	0,0714	0,9595	2,4329
07.20	0,0710	0,9596	2,4348
07.30	0,0699	0,9590	2,4172
07.40	0,0714	0,9598	2,4389

07.50	0,0707	0,9592	2,4207
08.00	0,0792	0,9570	2,5612
08.10	0,0817	0,9567	2,5975
08.20	0,0817	0,9572	2,6007
08.30	0,0803	0,9571	2,5769
08.40	0,0828	0,9576	2,6165
08.50	0,0812	0,9568	2,5953
09.00	0,0808	0,9569	2,5851
09.10	0,0823	0,9566	2,6074
09.20	0,0806	0,9568	2,5802
09.30	0,0817	0,9572	2,5970
09.40	0,0808	0,9567	2,5779
09.50	0,0812	0,9569	2,5913
10.00	0,0801	0,9569	2,5691
10.10	0,0796	0,9571	2,5645
10.20	0,0802	0,9568	2,5731
10.30	0,0811	0,9567	2,5886
10.40	0,0869	0,9558	2,6735
10.50	0,0868	0,9558	2,6750
11.00	0,0861	0,9551	2,6634
11.10	0,0866	0,9557	2,6681
11.20	0,0877	0,9549	2,6858
11.30	0,0846	0,9559	2,6415
11.40	0,0927	0,9538	2,7565
11.50	0,0923	0,9537	2,7534
12.00	0,0930	0,9536	2,7702
12.10	0,0935	0,9544	2,7687
12.20	0,0932	0,9539	2,7662
12.30	0,0935	0,9542	2,7687
12.40	0,0929	0,9542	2,7631
12.50	0,0916	0,9536	2,7406
13.00	0,0948	0,9539	2,7902
13.10	0,0919	0,9541	2,7485
13.20	0,0925	0,9539	2,7549
13.30	0,0909	0,9544	2,7343
13.40	0,0716	0,9600	2,4395
13.50	0,0712	0,9597	2,4270
14.00	0,0724	0,9594	2,4465
14.10	0,0701	0,9599	2,4075
14.20	0,0725	0,9592	2,4529
14.30	0,0703	0,9598	2,4197
14.40	0,0705	0,9602	2,4228
14.50	0,0716	0,9593	2,4346
15.00	0,0711	0,9598	2,4274
15.10	0,0698	0,9594	2,4060
15.20	0,0724	0,9594	2,4554

15.30	0,0712	0,9600	2,4302
15.40	0,0721	0,9594	2,4469
15.50	0,0716	0,9593	2,4390

Lampiran D.10

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 40%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,0987	0,9525	2,8484
16.10	0,0998	0,9530	2,8499
16.20	0,0978	0,9526	2,8317
16.30	0,1030	0,9515	2,9028
16.40	0,1009	0,9517	2,8686
16.50	0,1002	0,9517	2,8783
17.00	0,1398	0,9431	3,3495
17.10	0,1438	0,9428	3,4078
17.20	0,1410	0,9432	3,3675
17.30	0,1419	0,9431	3,3894
17.40	0,1428	0,9439	3,4002
17.50	0,1426	0,9432	3,3892
18.00	0,1875	0,9336	3,8590
18.10	0,1952	0,9336	3,9247
18.20	0,1948	0,9338	3,9201
18.30	0,1897	0,9335	3,8812
18.40	0,1905	0,9336	3,8846
18.50	0,1948	0,9336	3,9237
19.00	0,2215	0,9289	4,1612
19.10	0,2146	0,9297	4,0979
19.20	0,2229	0,9293	4,1847
19.30	0,2193	0,9291	4,1433
19.40	0,2231	0,9280	4,1782
19.50	0,2202	0,9291	4,1680
20.00	0,1949	0,9329	3,9272
20.10	0,1920	0,9334	3,9020
20.20	0,1932	0,9339	3,9098
20.30	0,1922	0,9339	3,9042
20.40	0,1897	0,9338	3,8809
20.50	0,1914	0,9340	3,8961
21.00	0,1415	0,9438	3,3781
21.10	0,1398	0,9432	3,3616
21.20	0,1410	0,9436	3,3667
21.30	0,1429	0,9434	3,3871

21.40	0,1378	0,9433	3,3442
21.50	0,1411	0,9437	3,3691
22.00	0,0999	0,9513	2,8665
22.10	0,1006	0,9519	2,8764
22.20	0,0979	0,9521	2,8382
22.30	0,0981	0,9519	2,8396
22.40	0,0988	0,9519	2,8526
22.50	0,1018	0,9522	2,8863
23.00	0,0839	0,9565	2,6244
23.10	0,0799	0,9559	2,5666
23.20	0,0811	0,9562	2,5954
23.30	0,0811	0,9571	2,5740
23.40	0,0800	0,9565	2,5712
23.50	0,0820	0,9561	2,6109
00.00	0,0379	0,9704	1,7897
00.10	0,0376	0,9721	1,7841
00.20	0,0355	0,9718	1,7402
00.30	0,0382	0,9718	1,8019
00.40	0,0360	0,9707	1,7497
00.50	0,0363	0,9711	1,7511
01.00	0,0374	0,9707	1,7747
01.10	0,0358	0,9707	1,7430
01.20	0,0358	0,9715	1,7457
01.30	0,0386	0,9760	1,7999
01.40	0,0351	0,9712	1,7239
01.50	0,0363	0,9717	1,7563
02.00	0,0347	0,9720	1,7130
02.10	0,0359	0,9709	1,7399
02.20	0,0372	0,9714	1,7725
02.30	0,0363	0,9713	1,7486
02.40	0,0373	0,9715	1,7728
02.50	0,0368	0,9711	1,7704
03.00	0,0359	0,9716	1,7483
03.10	0,0356	0,9717	1,7366
03.20	0,0367	0,9707	1,7569
03.30	0,0370	0,9713	1,7749
03.40	0,0365	0,9703	1,7571
03.50	0,0350	0,9718	1,7210
04.00	0,0348	0,9714	1,7183
04.10	0,0378	0,9717	1,7874
04.20	0,0371	0,9715	1,7802
04.30	0,0370	0,9714	1,7736
04.40	0,0350	0,9704	1,7163
04.50	0,0379	0,9708	1,7898
05.00	0,0374	0,9708	1,7750
05.10	0,0364	0,9714	1,7552

05.20	0,0350	0,9713	1,7100
05.30	0,0357	0,9710	1,7406
05.40	0,0358	0,9711	1,7429
05.50	0,0367	0,9719	1,7721
06.00	0,0786	0,9562	2,5518
06.10	0,0826	0,9574	2,6034
06.20	0,0802	0,9563	2,5808
06.30	0,0822	0,9564	2,6120
06.40	0,0808	0,9560	2,5838
06.50	0,0836	0,9569	2,6360
07.00	0,0815	0,9561	2,5970
07.10	0,0801	0,9563	2,5781
07.20	0,0829	0,9568	2,6108
07.30	0,0824	0,9564	2,6108
07.40	0,0802	0,9568	2,5753
07.50	0,0828	0,9562	2,6143
08.00	0,0921	0,9541	2,7504
08.10	0,0925	0,9541	2,7471
08.20	0,0911	0,9535	2,7415
08.30	0,0938	0,9541	2,7749
08.40	0,0947	0,9543	2,7837
08.50	0,0951	0,9541	2,7977
09.00	0,0903	0,9532	2,7215
09.10	0,0952	0,9534	2,7878
09.20	0,0941	0,9535	2,7826
09.30	0,0944	0,9535	2,7818
09.40	0,0941	0,9542	2,7803
09.50	0,0928	0,9531	2,7585
10.00	0,0915	0,9543	2,7363
10.10	0,0931	0,9540	2,7757
10.20	0,0938	0,9543	2,7755
10.30	0,0965	0,9544	2,8174
10.40	0,0998	0,9522	2,8539
10.50	0,1027	0,9530	2,9082
11.00	0,0979	0,9522	2,8394
11.10	0,0986	0,9529	2,8485
11.20	0,0989	0,9523	2,8530
11.30	0,0986	0,9527	2,8395
11.40	0,1059	0,9508	2,9369
11.50	0,1047	0,9511	2,9250
12.00	0,1056	0,9510	2,9374
12.10	0,1035	0,9510	2,9183
12.20	0,1045	0,9508	2,9202
12.30	0,1042	0,9507	2,9183

12.40	0,1046	0,9515	2,9215
12.50	0,1086	0,9511	2,9738
13.00	0,1055	0,9504	2,9354
13.10	0,1047	0,9518	2,9245
13.20	0,1063	0,9508	2,9529
13.30	0,1045	0,9517	2,9235
13.40	0,0809	0,9566	2,5847
13.50	0,0807	0,9566	2,5942
14.00	0,0834	0,9567	2,6269
14.10	0,0839	0,9570	2,6275
14.20	0,0851	0,9564	2,6553
14.30	0,0815	0,9575	2,6045
14.40	0,0825	0,9562	2,6032
14.50	0,0787	0,9564	2,5490
15.00	0,0832	0,9571	2,6254
15.10	0,0793	0,9562	2,5556
15.20	0,0839	0,9570	2,6402
15.30	0,0800	0,9561	2,5710
15.40	0,0822	0,9568	2,6097
15.50	0,0857	0,9563	2,6590

Lampiran D.11

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 60%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1090	0,9501	2,9892
16.10	0,0788	0,9575	2,5507
16.20	0,1143	0,9488	3,0517
16.30	0,1159	0,9485	3,0700
16.40	0,1161	0,9484	3,0666
16.50	0,1148	0,9488	3,0631
17.00	0,1563	0,9402	3,5343
17.10	0,1585	0,9399	3,5706
17.20	0,1562	0,9401	3,5391
17.30	0,1583	0,9400	3,5742
17.40	0,1523	0,9410	3,4970
17.50	0,1617	0,9391	3,6004
18.00	0,2099	0,9307	4,0658
18.10	0,2143	0,9298	4,1051
18.20	0,2115	0,9305	4,0873
18.30	0,2091	0,9310	4,0748

18.40	0,2152	0,9299	4,1266
18.50	0,2210	0,9287	4,1481
19.00	0,2340	0,9268	4,2800
19.10	0,2362	0,9264	4,2915
19.20	0,2306	0,9273	4,2507
19.30	0,2459	0,9249	4,3765
19.40	0,2395	0,9259	4,3366
19.50	0,2433	0,9255	4,3528
20.00	0,2091	0,9308	4,0636
20.10	0,2174	0,9294	4,1308
20.20	0,2124	0,9303	4,0946
20.30	0,1616	0,9391	3,5918
20.40	0,2056	0,9313	4,0305
20.50	0,2099	0,9306	4,0721
21.00	0,1570	0,9400	3,5409
21.10	0,1529	0,9408	3,5024
21.20	0,1561	0,9401	3,5383
21.30	0,1628	0,9389	3,6115
21.40	0,1546	0,9404	3,5246
21.50	0,1616	0,9391	3,6067
22.00	0,1171	0,9481	3,0821
22.10	0,1095	0,9499	2,9952
22.20	0,1099	0,9499	2,9966
22.30	0,1127	0,9491	3,0288
22.40	0,1132	0,9492	3,0462
22.50	0,1147	0,9488	3,0579
23.00	0,0953	0,9531	2,7960
23.10	0,0930	0,9538	2,7734
23.20	0,0945	0,9534	2,7890
23.30	0,0931	0,9538	2,7632
23.40	0,0939	0,9538	2,7780
23.50	0,0917	0,9540	2,7473
00.00	0,0453	0,9679	1,9437
00.10	0,0425	0,9690	1,8897
00.20	0,0422	0,9691	1,8986
00.30	0,0470	0,9674	1,9955
00.40	0,0461	0,9677	1,9785
00.50	0,0482	0,9669	2,0107
01.00	0,0476	0,9670	2,0035
01.10	0,0422	0,9690	1,8838
01.20	0,0451	0,9680	1,9481
01.30	0,0428	0,9689	1,9099
01.40	0,0447	0,9680	1,9395
01.50	0,0434	0,9686	1,9147

02.00	0,0470	0,9673	2,0034
02.10	0,0251	0,9761	1,4627
02.20	0,0447	0,9681	1,9309
02.30	0,0250	0,9761	1,4582
02.40	0,0441	0,9685	1,9312
02.50	0,0451	0,9682	1,9464
03.00	0,0458	0,9677	1,9595
03.10	0,0454	0,9678	1,9390
03.20	0,0452	0,9679	1,9549
03.30	0,0464	0,9676	1,9729
03.40	0,0466	0,9674	1,9815
03.50	0,0440	0,9684	1,9190
04.00	0,0459	0,9678	1,9735
04.10	0,0441	0,9682	1,9150
04.20	0,0467	0,9675	1,9914
04.30	0,0434	0,9688	1,9188
04.40	0,0438	0,9685	1,9143
04.50	0,0468	0,9677	1,9922
05.00	0,0468	0,9674	1,9818
05.10	0,0434	0,9685	1,9136
05.20	0,0454	0,9679	1,9564
05.30	0,0416	0,9693	1,8814
05.40	0,0440	0,9685	1,9277
05.50	0,0481	0,9668	2,0009
06.00	0,0978	0,9529	2,8334
06.10	0,0975	0,9528	2,8278
06.20	0,0938	0,9537	2,7788
06.30	0,0965	0,9532	2,8144
06.40	0,0932	0,9539	2,7642
06.50	0,0950	0,9533	2,7944
07.00	0,0951	0,9535	2,7950
07.10	0,0639	0,9618	2,3053
07.20	0,0906	0,9543	2,7296
07.30	0,0963	0,9532	2,8176
07.40	0,0955	0,9532	2,7997
07.50	0,0926	0,9541	2,7683
08.00	0,1007	0,9521	2,8736
08.10	0,1099	0,9500	2,9935
08.20	0,1068	0,9506	2,9703
08.30	0,1077	0,9502	2,9641
08.40	0,1012	0,9520	2,8849
08.50	0,1050	0,9510	2,9297
09.00	0,1072	0,9505	2,9503
09.10	0,0749	0,9586	2,4886
09.20	0,1052	0,9508	2,9234
09.30	0,1054	0,9512	2,9490

09.40	0,1055	0,9507	2,9387
09.50	0,1066	0,9507	2,9521
10.00	0,1062	0,9507	2,9387
10.10	0,1074	0,9503	2,9561
10.20	0,1043	0,9513	2,9339
10.30	0,1071	0,9504	2,9494
10.40	0,1085	0,9502	2,9859
10.50	0,1114	0,9495	3,0138
11.00	0,1145	0,9489	3,0462
11.10	0,1136	0,9490	3,0465
11.20	0,1107	0,9497	3,0114
11.30	0,1102	0,9496	2,9979
11.40	0,1217	0,9472	3,1393
11.50	0,1170	0,9484	3,0922
12.00	0,1241	0,9466	3,1574
12.10	0,1196	0,9476	3,1075
12.20	0,1187	0,9479	3,1094
12.30	0,0844	0,9560	2,6367
12.40	0,1224	0,9470	3,1503
12.50	0,1214	0,9473	3,1410
13.00	0,1215	0,9472	3,1334
13.10	0,1204	0,9476	3,1181
13.20	0,0847	0,9559	2,6405
13.30	0,1196	0,9478	3,1171
13.40	0,0921	0,9542	2,7607
13.50	0,0937	0,9537	2,7746
14.00	0,0980	0,9527	2,8293
14.10	0,0925	0,9540	2,7551
14.20	0,0907	0,9544	2,7257
14.30	0,0920	0,9543	2,7585
14.40	0,0935	0,9537	2,7660
14.50	0,0925	0,9541	2,7514
15.00	0,0920	0,9541	2,7442
15.10	0,0959	0,9532	2,7932
15.20	0,0976	0,9529	2,8382
15.30	0,0942	0,9536	2,7778
15.40	0,0641	0,9617	2,3105
15.50	0,0975	0,9528	2,8306

Lampiran D.12

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BPSO ketika beban penetrasi PEV 80%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1287	0,9459	3,2400
16.10	0,1247	0,9465	3,1623
16.20	0,1297	0,9456	3,2497
16.30	0,1241	0,9465	3,1712
16.40	0,1292	0,9456	3,2426
16.50	0,1279	0,9457	3,2083
17.00	0,1718	0,9371	3,6927
17.10	0,1701	0,9375	3,6850
17.20	0,1731	0,9372	3,7063
17.30	0,1746	0,9370	3,7370
17.40	0,1763	0,9365	3,7434
17.50	0,1171	0,9481	3,0812
18.00	0,2250	0,9283	4,2066
18.10	0,2300	0,9273	4,2371
18.20	0,2330	0,9266	4,2589
18.30	0,2354	0,9268	4,3080
18.40	0,1644	0,9385	3,6206
18.50	0,2335	0,9269	4,2757
19.00	0,2629	0,9225	4,5308
19.10	0,2583	0,9231	4,4763
19.20	0,2671	0,9217	4,5499
19.30	0,1865	0,9345	3,8397
19.40	0,2624	0,9225	4,5170
19.50	0,2590	0,9228	4,4716
20.00	0,2252	0,9284	4,2044
20.10	0,2260	0,9282	4,2232
20.20	0,2328	0,9270	4,2706
20.30	0,2259	0,9280	4,1990
20.40	0,2259	0,9283	4,2065
20.50	0,2249	0,9282	4,1953
21.00	0,1708	0,9374	3,6817
21.10	0,1729	0,9371	3,7092
21.20	0,1715	0,9371	3,6879
21.30	0,1806	0,9357	3,7963
21.40	0,1710	0,9376	3,7006
21.50	0,1809	0,9356	3,8047
22.00	0,1334	0,9448	3,2845
22.10	0,1250	0,9464	3,1888
22.20	0,0791	0,9574	2,5566
22.30	0,1262	0,9462	3,1960
22.40	0,0794	0,9573	2,5622

22.50	0,0804	0,9570	2,5739
23.00	0,1061	0,9509	2,9720
23.10	0,1070	0,9506	2,9582
23.20	0,1044	0,9512	2,9210
23.30	0,1098	0,9499	2,9920
23.40	0,1079	0,9505	2,9760
23.50	0,1112	0,9494	3,0157
00.00	0,0585	0,9635	2,2165
00.10	0,0248	0,9762	1,4541
00.20	0,0513	0,9660	2,0878
00.30	0,0251	0,9761	1,4631
00.40	0,0516	0,9658	2,0885
00.50	0,0520	0,9658	2,1031
01.00	0,0255	0,9759	1,4711
01.10	0,0251	0,9761	1,4614
01.20	0,0253	0,9760	1,4685
01.30	0,0503	0,9663	2,0595
01.40	0,0552	0,9646	2,1551
01.50	0,0497	0,9664	2,0379
02.00	0,0251	0,9761	1,4622
02.10	0,0539	0,9655	2,1491
02.20	0,0508	0,9662	2,0673
02.30	0,0540	0,9650	2,1182
02.40	0,0501	0,9662	2,0456
02.50	0,0253	0,9760	1,4668
03.00	0,0534	0,9650	2,1091
03.10	0,0570	0,9640	2,1810
03.20	0,0501	0,9663	2,0605
03.30	0,0525	0,9653	2,1005
03.40	0,0549	0,9647	2,1399
03.50	0,0510	0,9662	2,0862
04.00	0,0501	0,9665	2,0615
04.10	0,0576	0,9638	2,1834
04.20	0,0563	0,9646	2,1894
04.30	0,0535	0,9652	2,1168
04.40	0,0527	0,9654	2,0903
04.50	0,0539	0,9652	2,1286
05.00	0,0578	0,9638	2,1886
05.10	0,0538	0,9651	2,1160
05.20	0,0248	0,9762	1,4504
05.30	0,0549	0,9648	2,1630
05.40	0,0529	0,9652	2,0949
05.50	0,0248	0,9762	1,4553
06.00	0,1068	0,9506	2,9478

06.10	0,0644	0,9615	2,3130
06.20	0,1080	0,9501	2,9592
06.30	0,1041	0,9512	2,9156
06.40	0,1071	0,9504	2,9666
06.50	0,1060	0,9510	2,9616
07.00	0,0649	0,9614	2,3242
07.10	0,1088	0,9502	2,9785
07.20	0,0645	0,9615	2,3160
07.30	0,1023	0,9518	2,8924
07.40	0,1063	0,9508	2,9625
07.50	0,1075	0,9505	2,9619
08.00	0,1206	0,9477	3,1332
08.10	0,1204	0,9477	3,1211
08.20	0,1141	0,9490	3,0671
08.30	0,1202	0,9477	3,1181
08.40	0,1157	0,9486	3,0741
08.50	0,1186	0,9480	3,1145
09.00	0,1232	0,9469	3,1703
09.10	0,0749	0,9586	2,4886
09.20	0,1173	0,9481	3,0906
09.30	0,1189	0,9479	3,1030
09.40	0,1184	0,9477	3,1059
09.50	0,1207	0,9475	3,1281
10.00	0,1198	0,9476	3,1235
10.10	0,0732	0,9590	2,4633
10.20	0,1195	0,9478	3,1187
10.30	0,1236	0,9468	3,1606
10.40	0,1234	0,9470	3,1707
10.50	0,0785	0,9576	2,5474
11.00	0,0794	0,9573	2,5578
11.10	0,1225	0,9473	3,1741
11.20	0,1359	0,9443	3,3150
11.30	0,1266	0,9462	3,2135
11.40	0,1361	0,9444	3,3153
11.50	0,1384	0,9437	3,3430
12.00	0,1334	0,9448	3,2718
12.10	0,1367	0,9441	3,3275
12.20	0,1303	0,9453	3,2502
12.30	0,1247	0,9468	3,1911
12.40	0,1278	0,9463	3,2339
12.50	0,1354	0,9446	3,3170
13.00	0,1403	0,9434	3,3666
13.10	0,1308	0,9455	3,2677
13.20	0,1313	0,9453	3,2653
13.30	0,1397	0,9435	3,3547
13.40	0,1065	0,9506	2,9411

13.50	0,1080	0,9505	2,9858
14.00	0,0647	0,9615	2,3189
14.10	0,0643	0,9616	2,3107
14.20	0,1075	0,9504	2,9589
14.30	0,0641	0,9617	2,3097
14.40	0,1037	0,9512	2,9112
14.50	0,1079	0,9502	2,9494
15.00	0,1046	0,9511	2,9290
15.10	0,1071	0,9505	2,9472
15.20	0,1087	0,9503	2,9746
15.30	0,1101	0,9500	2,9978
15.40	0,1025	0,9515	2,8913
15.50	0,1106	0,9496	2,9890

Lampiran D.13

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 20%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,0868	0,9554	2,6812
16.10	0,0879	0,9551	2,6871
16.20	0,0904	0,9545	2,7261
16.30	0,0918	0,9540	2,7444
16.40	0,0911	0,9543	2,7366
16.50	0,0905	0,9544	2,7287
17.00	0,1294	0,9455	3,2351
17.10	0,1265	0,9462	3,2054
17.20	0,1273	0,9460	3,2135
17.30	0,1275	0,9460	3,2178
17.40	0,1240	0,9467	3,1714
17.50	0,1289	0,9456	3,2264
18.00	0,1749	0,9367	3,7270
18.10	0,1750	0,9366	3,7311
18.20	0,1745	0,9366	3,7265
18.30	0,1768	0,9363	3,7536
18.40	0,1790	0,9358	3,7658
18.50	0,1784	0,9360	3,7697
19.00	0,2008	0,9321	3,9764
19.10	0,2016	0,9320	3,9879
19.20	0,1982	0,9326	3,9515
19.30	0,1998	0,9323	3,9673

19.40	0,2045	0,9314	4,0110
19.50	0,2014	0,9319	3,9876
20.00	0,1763	0,9363	3,7424
20.10	0,1781	0,9361	3,7612
20.20	0,1762	0,9364	3,7426
20.30	0,1762	0,9363	3,7414
20.40	0,1723	0,9370	3,7005
20.50	0,1737	0,9369	3,7157
21.00	0,1268	0,9461	3,2065
21.10	0,1279	0,9458	3,2164
21.20	0,1300	0,9453	3,2435
21.30	0,1261	0,9462	3,1979
21.40	0,1272	0,9459	3,2078
21.50	0,1302	0,9453	3,2459
22.00	0,0885	0,9550	2,6993
22.10	0,0876	0,9551	2,6872
22.20	0,0879	0,9551	2,6842
22.30	0,0887	0,9549	2,7032
22.40	0,0893	0,9548	2,7206
22.50	0,0891	0,9547	2,7059
23.00	0,0726	0,9592	2,4484
23.10	0,0725	0,9592	2,4566
23.20	0,0711	0,9596	2,4370
23.30	0,0734	0,9590	2,4684
23.40	0,0726	0,9593	2,4568
23.50	0,0738	0,9588	2,4745
00.00	0,0311	0,9734	1,6225
00.10	0,0309	0,9735	1,6169
00.20	0,0296	0,9741	1,5862
00.30	0,0304	0,9737	1,6127
00.40	0,0298	0,9740	1,5957
00.50	0,0295	0,9742	1,5839
01.00	0,0305	0,9736	1,6119
01.10	0,0298	0,9739	1,5890
01.20	0,0304	0,9738	1,6137
01.30	0,0307	0,9736	1,6195
01.40	0,0299	0,9739	1,5963
01.50	0,0307	0,9735	1,6111
02.00	0,0298	0,9739	1,5898
02.10	0,0301	0,9739	1,6035
02.20	0,0290	0,9743	1,5701
02.30	0,0301	0,9738	1,5990
02.40	0,0296	0,9740	1,5836
02.50	0,0303	0,9737	1,5988
03.00	0,0293	0,9741	1,5767
03.10	0,0301	0,9739	1,6002

03.20	0,0306	0,9737	1,6161
03.30	0,0299	0,9740	1,5901
03.40	0,0299	0,9739	1,5943
03.50	0,0303	0,9737	1,6022
04.00	0,0285	0,9746	1,5643
04.10	0,0307	0,9736	1,6158
04.20	0,0300	0,9739	1,5998
04.30	0,0315	0,9732	1,6328
04.40	0,0297	0,9740	1,5887
04.50	0,0292	0,9742	1,5742
05.00	0,0304	0,9738	1,6034
05.10	0,0298	0,9740	1,5880
05.20	0,0306	0,9736	1,6088
05.30	0,0301	0,9739	1,5998
05.40	0,0310	0,9734	1,6197
05.50	0,0303	0,9738	1,6093
06.00	0,0729	0,9592	2,4594
06.10	0,0723	0,9592	2,4494
06.20	0,0723	0,9593	2,4532
06.30	0,0712	0,9597	2,4316
06.40	0,0738	0,9589	2,4738
06.50	0,0741	0,9588	2,4820
07.00	0,0753	0,9585	2,4958
07.10	0,0730	0,9592	2,4593
07.20	0,0731	0,9591	2,4612
07.30	0,0727	0,9592	2,4568
07.40	0,0719	0,9595	2,4433
07.50	0,0724	0,9592	2,4471
08.00	0,0836	0,9563	2,6272
08.10	0,0838	0,9563	2,6327
08.20	0,0832	0,9564	2,6183
08.30	0,0814	0,9569	2,5901
08.40	0,0823	0,9566	2,6033
08.50	0,0816	0,9568	2,5909
09.00	0,0835	0,9563	2,6247
09.10	0,0835	0,9564	2,6250
09.20	0,0825	0,9566	2,6110
09.30	0,0808	0,9571	2,5882
09.40	0,0825	0,9565	2,6087
09.50	0,0820	0,9566	2,6001
10.00	0,0816	0,9567	2,5911
10.10	0,0807	0,9569	2,5777
10.20	0,0801	0,9572	2,5731
10.30	0,0836	0,9561	2,6194

10.40	0,0878	0,9551	2,6867
10.50	0,0851	0,9559	2,6486
11.00	0,0890	0,9549	2,7074
11.10	0,0872	0,9554	2,6813
11.20	0,0870	0,9554	2,6770
11.30	0,0878	0,9551	2,6943
11.40	0,0939	0,9536	2,7741
11.50	0,0945	0,9536	2,7886
12.00	0,0950	0,9534	2,7922
12.10	0,0943	0,9534	2,7731
12.20	0,0935	0,9537	2,7706
12.30	0,0949	0,9534	2,7951
12.40	0,0945	0,9535	2,7807
12.50	0,0924	0,9540	2,7538
13.00	0,0958	0,9531	2,8034
13.10	0,0944	0,9535	2,7793
13.20	0,0929	0,9539	2,7593
13.30	0,0928	0,9539	2,7563
13.40	0,0711	0,9596	2,4307
13.50	0,0733	0,9591	2,4622
14.00	0,0736	0,9590	2,4729
14.10	0,0708	0,9597	2,4207
14.20	0,0730	0,9591	2,4573
14.30	0,0693	0,9602	2,4021
14.40	0,0710	0,9598	2,4272
14.50	0,0735	0,9590	2,4698
15.00	0,0716	0,9595	2,4406
15.10	0,0719	0,9594	2,4412
15.20	0,0711	0,9597	2,4290
15.30	0,0722	0,9593	2,4390
15.40	0,0715	0,9596	2,4381
15.50	0,0724	0,9593	2,4522

Lampiran D.14

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 40%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1055	0,9508	2,9320
16.10	0,0993	0,9524	2,8631
16.20	0,1041	0,9511	2,9197
16.30	0,1032	0,9514	2,9160
16.40	0,1037	0,9511	2,9082
16.50	0,1030	0,9514	2,9091
17.00	0,1490	0,9415	3,4507

17.10	0,1463	0,9420	3,4254
17.20	0,1447	0,9423	3,4027
17.30	0,1441	0,9426	3,4158
17.40	0,1399	0,9434	3,3518
17.50	0,1480	0,9417	3,4464
18.00	0,1999	0,9324	3,9734
18.10	0,1993	0,9323	3,9599
18.20	0,1995	0,9322	3,9597
18.30	0,1985	0,9325	3,9604
18.40	0,1983	0,9325	3,9550
18.50	0,1961	0,9330	3,9369
19.00	0,2223	0,9287	4,1788
19.10	0,2234	0,9284	4,1859
19.20	0,2208	0,9288	4,1495
19.30	0,2191	0,9292	4,1521
19.40	0,2319	0,9272	4,2706
19.50	0,2262	0,9280	4,2032
20.00	0,1960	0,9329	3,9360
20.10	0,1925	0,9336	3,9108
20.20	0,1911	0,9337	3,8834
20.30	0,1960	0,9328	3,9306
20.40	0,1946	0,9333	3,9205
20.50	0,1951	0,9331	3,9357
21.00	0,1428	0,9428	3,3957
21.10	0,1424	0,9428	3,3880
21.20	0,1413	0,9431	3,3799
21.30	0,1444	0,9424	3,4135
21.40	0,1484	0,9417	3,4542
21.50	0,1444	0,9424	3,4087
22.00	0,1040	0,9513	2,9193
22.10	0,1040	0,9512	2,9248
22.20	0,1038	0,9513	2,9174
22.30	0,1035	0,9514	2,9188
22.40	0,1023	0,9516	2,8922
22.50	0,1014	0,9518	2,8775
23.00	0,0845	0,9559	2,6376
23.10	0,0841	0,9561	2,6370
23.20	0,0859	0,9557	2,6702
23.30	0,0836	0,9563	2,6312
23.40	0,0868	0,9555	2,6768
23.50	0,0881	0,9551	2,7033
00.00	0,0381	0,9706	1,7941
00.10	0,0384	0,9705	1,8017
00.20	0,0379	0,9707	1,7930

00.30	0,0382	0,9707	1,8063
00.40	0,0406	0,9696	1,8465
00.50	0,0370	0,9710	1,7687
01.00	0,0380	0,9706	1,7923
01.10	0,0393	0,9702	1,8178
01.20	0,0373	0,9710	1,7853
01.30	0,0401	0,9697	1,8395
01.40	0,0384	0,9704	1,7987
01.50	0,0394	0,9699	1,8223
02.00	0,0371	0,9710	1,7746
02.10	0,0359	0,9714	1,7443
02.20	0,0368	0,9710	1,7681
02.30	0,0380	0,9707	1,8014
02.40	0,0388	0,9703	1,8080
02.50	0,0387	0,9703	1,8100
03.00	0,0387	0,9703	1,8099
03.10	0,0380	0,9706	1,7938
03.20	0,0383	0,9705	1,8009
03.30	0,0369	0,9711	1,7661
03.40	0,0390	0,9702	1,8143
03.50	0,0382	0,9704	1,7914
04.00	0,0364	0,9713	1,7623
04.10	0,0363	0,9713	1,7478
04.20	0,0376	0,9709	1,7846
04.30	0,0375	0,9709	1,7868
04.40	0,0369	0,9709	1,7559
04.50	0,0374	0,9709	1,7766
05.00	0,0395	0,9700	1,8190
05.10	0,0384	0,9705	1,8080
05.20	0,0367	0,9711	1,7628
05.30	0,0374	0,9709	1,7714
05.40	0,0393	0,9701	1,8309
05.50	0,0388	0,9703	1,8117
06.00	0,0858	0,9557	2,6618
06.10	0,0871	0,9553	2,6826
06.20	0,0835	0,9563	2,6204
06.30	0,0868	0,9553	2,6692
06.40	0,0847	0,9560	2,6366
06.50	0,0846	0,9561	2,6448
07.00	0,0848	0,9560	2,6410
07.10	0,0841	0,9560	2,6309
07.20	0,0813	0,9569	2,5976
07.30	0,0887	0,9549	2,6900
07.40	0,0827	0,9564	2,6061
07.50	0,0830	0,9565	2,6187
08.00	0,0967	0,9530	2,8208

08.10	0,0944	0,9535	2,7867
08.20	0,0940	0,9536	2,7767
08.30	0,0946	0,9535	2,7837
08.40	0,0964	0,9531	2,8189
08.50	0,0971	0,9528	2,8241
09.00	0,0986	0,9527	2,8447
09.10	0,0946	0,9535	2,7834
09.20	0,0963	0,9531	2,8134
09.30	0,0959	0,9531	2,8038
09.40	0,0971	0,9529	2,8155
09.50	0,0956	0,9533	2,7981
10.00	0,0951	0,9533	2,7935
10.10	0,0932	0,9538	2,7625
10.20	0,0949	0,9534	2,7931
10.30	0,0988	0,9523	2,8394
10.40	0,1059	0,9509	2,9463
10.50	0,1015	0,9520	2,8818
11.00	0,1045	0,9511	2,9230
11.10	0,1021	0,9517	2,8837
11.20	0,1044	0,9512	2,9190
11.30	0,1016	0,9518	2,8835
11.40	0,1076	0,9505	2,9677
11.50	0,1077	0,9503	2,9646
12.00	0,1062	0,9507	2,9418
12.10	0,1082	0,9503	2,9711
12.20	0,1094	0,9500	2,9862
12.30	0,1046	0,9511	2,9227
12.40	0,1078	0,9504	2,9655
12.50	0,1096	0,9499	2,9914
13.00	0,1104	0,9498	3,0014
13.10	0,1096	0,9499	2,9905
13.20	0,1078	0,9502	2,9617
13.30	0,1078	0,9504	2,9675
13.40	0,0865	0,9556	2,6727
13.50	0,0821	0,9567	2,6074
14.00	0,0861	0,9555	2,6533
14.10	0,0863	0,9555	2,6627
14.20	0,0863	0,9556	2,6685
14.30	0,0842	0,9563	2,6397
14.40	0,0842	0,9561	2,6252
14.50	0,0855	0,9557	2,6502
15.00	0,0846	0,9559	2,6298
15.10	0,0865	0,9554	2,6612
15.20	0,0836	0,9563	2,6358

15.30	0,0811	0,9570	2,5886
15.40	0,0879	0,9552	2,6977
15.50	0,0862	0,9556	2,6678

Lampiran D.15

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 60%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1114	0,9494	3,0156
16.10	0,0788	0,9575	2,5507
16.20	0,1153	0,9485	3,0561
16.30	0,1239	0,9468	3,1712
16.40	0,1233	0,9468	3,1678
16.50	0,1150	0,9484	3,0543
17.00	0,1169	0,9482	3,0767
17.10	0,1665	0,9383	3,6498
17.20	0,1607	0,9393	3,5875
17.30	0,1666	0,9381	3,6490
17.40	0,1598	0,9396	3,5762
17.50	0,1631	0,9388	3,6092
18.00	0,2180	0,9292	4,1406
18.10	0,2164	0,9296	4,1183
18.20	0,2200	0,9289	4,1533
18.30	0,2199	0,9290	4,1452
18.40	0,2188	0,9293	4,1530
18.50	0,2198	0,9291	4,1569
19.00	0,2508	0,9242	4,4120
19.10	0,2507	0,9242	4,4147
19.20	0,2373	0,9264	4,3035
19.30	0,2461	0,9250	4,3765
19.40	0,2543	0,9235	4,4422
19.50	0,2454	0,9249	4,3704
20.00	0,2152	0,9298	4,1032
20.10	0,2176	0,9294	4,1396
20.20	0,2159	0,9296	4,1078
20.30	0,2123	0,9303	4,0846
20.40	0,2186	0,9292	4,1317
20.50	0,2147	0,9300	4,1205
21.00	0,1670	0,9380	3,6421
21.10	0,1647	0,9386	3,6212
21.20	0,1609	0,9392	3,5911
21.30	0,1642	0,9387	3,6247
21.40	0,1647	0,9388	3,6346
21.50	0,1645	0,9386	3,6287

22.00	0,0808	0,9569	2,5849
22.10	0,1188	0,9479	3,1184
22.20	0,1160	0,9484	3,0714
22.30	0,0802	0,9570	2,5712
22.40	0,0794	0,9573	2,5622
22.50	0,0804	0,9570	2,5739
23.00	0,0979	0,9527	2,8400
23.10	0,0973	0,9526	2,8174
23.20	0,1004	0,9522	2,8726
23.30	0,0998	0,9524	2,8732
23.40	0,0932	0,9538	2,7780
23.50	0,0971	0,9528	2,8265
00.00	0,0440	0,9684	1,9217
00.10	0,0517	0,9658	2,0965
00.20	0,0464	0,9675	1,9778
00.30	0,0445	0,9681	1,9207
00.40	0,0468	0,9674	1,9829
00.50	0,0498	0,9664	2,0283
01.00	0,0491	0,9666	2,0299
01.10	0,0488	0,9666	2,0202
01.20	0,0461	0,9678	1,9613
01.30	0,0447	0,9681	1,9363
01.40	0,0466	0,9675	1,9967
01.50	0,0492	0,9665	2,0291
02.00	0,0457	0,9678	1,9638
02.10	0,0455	0,9678	1,9555
02.20	0,0446	0,9680	1,9397
02.30	0,0492	0,9666	2,0390
02.40	0,0450	0,9680	1,9488
02.50	0,0503	0,9663	2,0520
03.00	0,0496	0,9664	2,0343
03.10	0,0461	0,9678	1,9742
03.20	0,0463	0,9674	1,9813
03.30	0,0494	0,9664	2,0433
03.40	0,0482	0,9668	2,0079
03.50	0,0480	0,9669	2,0026
04.00	0,0450	0,9680	1,9471
04.10	0,0250	0,9761	1,4574
04.20	0,0468	0,9674	1,9914
04.30	0,0466	0,9675	1,9848
04.40	0,0498	0,9664	2,0507
04.50	0,0463	0,9674	1,9614
05.00	0,0465	0,9675	1,9686
05.10	0,0452	0,9679	1,9444

05.20	0,0445	0,9683	1,9344
05.30	0,0249	0,9762	1,4546
05.40	0,0479	0,9668	1,9981
05.50	0,0468	0,9676	1,9921
06.00	0,1006	0,9519	2,8642
06.10	0,0949	0,9534	2,7926
06.20	0,0946	0,9534	2,7832
06.30	0,1024	0,9517	2,8892
06.40	0,0966	0,9531	2,8258
06.50	0,0931	0,9540	2,7680
07.00	0,0649	0,9614	2,3242
07.10	0,0979	0,9526	2,8289
07.20	0,0994	0,9525	2,8572
07.30	0,0985	0,9527	2,8352
07.40	0,0974	0,9530	2,8437
07.50	0,0931	0,9537	2,7639
08.00	0,1092	0,9500	2,9836
08.10	0,1128	0,9491	3,0331
08.20	0,1088	0,9501	2,9835
08.30	0,1091	0,9500	2,9817
08.40	0,1091	0,9499	2,9861
08.50	0,0735	0,9590	2,4677
09.00	0,1108	0,9496	3,0031
09.10	0,1065	0,9506	2,9506
09.20	0,1078	0,9504	2,9542
09.30	0,1082	0,9503	2,9622
09.40	0,1054	0,9509	2,9343
09.50	0,1160	0,9484	3,0621
10.00	0,1099	0,9500	2,9871
10.10	0,1094	0,9500	2,9825
10.20	0,1051	0,9510	2,9295
10.30	0,1119	0,9494	3,0110
10.40	0,1167	0,9484	3,0783
10.50	0,1155	0,9485	3,0622
11.00	0,1163	0,9486	3,0770
11.10	0,1107	0,9498	3,0069
11.20	0,1197	0,9476	3,1170
11.30	0,1161	0,9484	3,0683
11.40	0,1195	0,9476	3,1173
11.50	0,1250	0,9465	3,1846
12.00	0,1211	0,9476	3,1310
12.10	0,1201	0,9477	3,1295
12.20	0,1202	0,9475	3,1270
12.30	0,1223	0,9473	3,1515
12.40	0,1191	0,9479	3,1195
12.50	0,1260	0,9464	3,2026

13.00	0,1210	0,9475	3,1290
13.10	0,1237	0,9467	3,1709
13.20	0,1249	0,9464	3,1729
13.30	0,1238	0,9469	3,1699
13.40	0,0945	0,9534	2,7827
13.50	0,0958	0,9530	2,7878
14.00	0,1009	0,9521	2,8733
14.10	0,0996	0,9523	2,8519
14.20	0,0937	0,9537	2,7785
14.30	0,1000	0,9520	2,8553
14.40	0,0987	0,9527	2,8496
14.50	0,0982	0,9525	2,8306
15.00	0,0985	0,9527	2,8454
15.10	0,0966	0,9529	2,8152
15.20	0,0952	0,9535	2,7898
15.30	0,0986	0,9525	2,8438
15.40	0,0973	0,9528	2,8253
15.50	0,1005	0,9517	2,8614

Lampiran D.16

Hasil analisis aliran daya sistem eksisting dengan metode BGWO ketika beban penetrasi PEV 80%.

Pukul	Total Rugi-Rugi Daya (MW)	Tegangan (pu)	Power Consumption (MW)
16.00	0,1407	0,9432	3,3676
16.10	0,1293	0,9459	3,2327
16.20	0,1290	0,9456	3,2365
16.30	0,1314	0,9448	3,2548
16.40	0,1325	0,9450	3,2734
16.50	0,1280	0,9458	3,2171
17.00	0,1859	0,9347	3,8247
17.10	0,1881	0,9346	3,8698
17.20	0,1170	0,9481	3,0815
17.30	0,1174	0,9481	3,0902
17.40	0,1149	0,9486	3,0570
17.50	0,1845	0,9351	3,8336
18.00	0,2378	0,9262	4,3034
18.10	0,2383	0,9261	4,3075
18.20	0,2432	0,9252	4,3425
18.30	0,2353	0,9267	4,3036
18.40	0,2431	0,9255	4,3554
18.50	0,2452	0,9249	4,3769
19.00	0,2641	0,9223	4,5352

19.10	0,2687	0,9213	4,5555
19.20	0,2739	0,9210	4,5939
19.30	0,2712	0,9211	4,5701
19.40	0,2772	0,9202	4,6138
19.50	0,1882	0,9342	3,8600
20.00	0,2446	0,9250	4,3584
20.10	0,2353	0,9265	4,2848
20.20	0,2309	0,9273	4,2530
20.30	0,2394	0,9258	4,3134
20.40	0,2422	0,9254	4,3473
20.50	0,1620	0,9390	3,5969
21.00	0,1866	0,9343	3,8401
21.10	0,1818	0,9354	3,7840
21.20	0,1176	0,9480	3,0895
21.30	0,1791	0,9359	3,7831
21.40	0,1157	0,9484	3,0670
21.50	0,1728	0,9369	3,7035
22.00	0,0808	0,9569	2,5849
22.10	0,1260	0,9461	3,1888
22.20	0,1303	0,9455	3,2606
22.30	0,1368	0,9439	3,3236
22.40	0,1334	0,9446	3,2882
22.50	0,0804	0,9570	2,5739
23.00	0,1150	0,9486	3,0600
23.10	0,1128	0,9491	3,0418
23.20	0,1085	0,9503	2,9870
23.30	0,1128	0,9492	3,0492
23.40	0,1096	0,9497	2,9980
23.50	0,1159	0,9485	3,0685
00.00	0,0518	0,9657	2,0933
00.10	0,0555	0,9646	2,1581
00.20	0,0554	0,9645	2,1362
00.30	0,0535	0,9652	2,1143
00.40	0,0253	0,9760	1,4681
00.50	0,0252	0,9760	1,4651
01.00	0,0570	0,9641	2,1839
01.10	0,0533	0,9653	2,1258
01.20	0,0586	0,9636	2,2165
01.30	0,0584	0,9638	2,2179
01.40	0,0544	0,9650	2,1375
01.50	0,0596	0,9632	2,2403
02.00	0,0573	0,9639	2,1838
02.10	0,0583	0,9636	2,2239
02.20	0,0572	0,9640	2,1905
02.30	0,0552	0,9647	2,1490
02.40	0,0249	0,9762	1,4560

02.50	0,0592	0,9634	2,2324
03.00	0,0252	0,9761	1,4623
03.10	0,0523	0,9654	2,0842
03.20	0,0249	0,9762	1,4577
03.30	0,0543	0,9647	2,1269
03.40	0,0255	0,9759	1,4711
03.50	0,0550	0,9647	2,1302
04.00	0,0244	0,9765	1,4411
04.10	0,0561	0,9643	2,1570
04.20	0,0566	0,9640	2,1718
04.30	0,0572	0,9640	2,1872
04.40	0,0563	0,9642	2,1607
04.50	0,0554	0,9642	2,1462
05.00	0,0558	0,9646	2,1754
05.10	0,0549	0,9646	2,1512
05.20	0,0248	0,9762	1,4504
05.30	0,0581	0,9637	2,2114
05.40	0,0252	0,9760	1,4657
05.50	0,0576	0,9638	2,1945
06.00	0,0646	0,9615	2,3186
06.10	0,1144	0,9487	3,0654
06.20	0,0638	0,9618	2,3036
06.30	0,1133	0,9491	3,0300
06.40	0,1187	0,9478	3,1074
06.50	0,1187	0,9478	3,0980
07.00	0,1100	0,9498	2,9842
07.10	0,1081	0,9503	2,9697
07.20	0,1120	0,9493	3,0068
07.30	0,0652	0,9613	2,3292
07.40	0,1166	0,9485	3,0857
07.50	0,1124	0,9493	3,0279
08.00	0,1294	0,9456	3,2344
08.10	0,1248	0,9467	3,1915
08.20	0,1211	0,9477	3,1463
08.30	0,0736	0,9589	2,4669
08.40	0,1243	0,9466	3,1753
08.50	0,1256	0,9464	3,1805
09.00	0,1255	0,9465	3,1747
09.10	0,0749	0,9586	2,4886
09.20	0,1254	0,9468	3,1962
09.30	0,1225	0,9471	3,1558
09.40	0,1238	0,9468	3,1763
09.50	0,1227	0,9471	3,1589
10.00	0,1201	0,9477	3,1147

10.10	0,1221	0,9471	3,1497
10.20	0,1260	0,9465	3,2111
10.30	0,1270	0,9463	3,2134
10.40	0,1336	0,9447	3,2895
10.50	0,1316	0,9453	3,2690
11.00	0,1332	0,9448	3,2662
11.10	0,1337	0,9449	3,2885
11.20	0,1350	0,9447	3,3062
11.30	0,0784	0,9576	2,5447
11.40	0,1384	0,9438	3,3417
11.50	0,1364	0,9442	3,3034
12.00	0,1419	0,9431	3,3818
12.10	0,1418	0,9432	3,3935
12.20	0,1392	0,9437	3,3558
12.30	0,0844	0,9560	2,6367
12.40	0,1418	0,9428	3,3659
12.50	0,0850	0,9558	2,6438
13.00	0,0850	0,9558	2,6450
13.10	0,1362	0,9441	3,3205
13.20	0,1360	0,9440	3,3049
13.30	0,1356	0,9442	3,2975
13.40	0,1120	0,9494	3,0159
13.50	0,1165	0,9484	3,0782
14.00	0,1108	0,9496	3,0097
14.10	0,1160	0,9486	3,0763
14.20	0,0648	0,9614	2,3209
14.30	0,1122	0,9493	3,0137
14.40	0,1174	0,9482	3,0916
14.50	0,1115	0,9496	3,0242
15.00	0,1045	0,9511	2,9290
15.10	0,1157	0,9486	3,0660
15.20	0,1107	0,9498	3,0010
15.30	0,1120	0,9493	3,0110
15.40	0,1125	0,9494	3,0365
15.50	0,1156	0,9486	3,0594

LAMPIRAN E
***Script* MATLAB**

Lampiran E.1

Script untuk menghitung rugi daya pada kondisi beban maksimum.

```
%DATA PENYULANG PUJON 117 BUS - BEBAN MAKSIMUM
clc
clear all;
basemva      = 6;
accuracy     = 0.001;
accel        = 1.8;
maxiter      = 100;

% No Kode V Sudut Pembebanan Pembangkitan Injeksi
% data pembebanan
% Bus Bus Mag. Deg. MW MVAR MW MVAR Qmin Qmax Qc/-
Q1
busdata=[
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
2 0 1 0 0.01972 0.01222 0 0 0 0 0
3 0 1 0 0.09877 0.06121 0 0 0 0 0
4 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
5 0 1 0 0.06511 0.04035 0 0 0 0 0
6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
7 0 1 0 0.10387 0.06437 0 0 0 0 0
8 0 1 0 0.02780 0.01723 0 0 0 0 0
9 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
10 0 1 0 0.07820 0.04846 0 0 0 0 0
11 0 1 0 0.05840 0.03619 0 0 0 0 0
12 0 1 0 0.03233 0.02003 0 0 0 0 0
13 0 1 0 0.16663 0.10327 0 0 0 0 0
14 0 1 0 0.11297 0.07001 0 0 0 0 0
15 0 1 0 0.06214 0.03851 0 0 0 0 0
16 0 1 0 0.09308 0.05768 0 0 0 0 0
17 0 1 0 0.02346 0.01454 0 0 0 0 0
18 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
19 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
20 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
21 0 1 0 0.07208 0.04467 0 0 0 0 0
22 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
23 0 1 0 0.05678 0.03519 0 0 0 0 0
24 0 1 0 0.02100 0.01301 0 0 0 0 0
25 0 1 0 0.01224 0.00759 0 0 0 0 0
26 0 1 0 0.04752 0.02945 0 0 0 0 0
27 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
28 0 1 0 0.05024 0.03113 0 0 0 0 0
29 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
30 0 1 0 0.08628 0.05347 0 0 0 0 0
31 0 1 0 0.01233 0.00764 0 0 0 0 0
32 0 1 0 0.09206 0.05705 0 0 0 0 0
33 0 1 0 0.00366 0.00227 0 0 0 0 0
34 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
35 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
36 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
37 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
38 0 1 0 0.06018 0.03730 0 0 0 0 0
39 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
40 0 1 0 0.03001 0.0186 0 0 0 0 0
```



```

97 0 1 0 0.11212 0.06948 0 0 0 0 0
98 0 1 0 0.13022 0.08070 0 0 0 0 0
99 0 1 0 0.08942 0.05542 0 0 0 0 0
100 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
101 0 1 0 0.04446 0.02755 0 0 0 0 0
102 0 1 0 0.03298 0.02044 0 0 0 0 0
103 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
104 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
105 0 1 0 0.01743 0.01080 0 0 0 0 0
106 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
107 0 1 0 0.04500 0.02787 0 0 0 0 0
108 0 1 0 0.06282 0.03893 0 0 0 0 0
109 0 1 0 0.09257 0.05737 0 0 0 0 0
110 0 1 0 0.05007 0.03103 0 0 0 0 0
111 0 1 0 0.04437 0.02750 0 0 0 0 0
112 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
113 0 1 0 0.03511 0.02176 0 0 0 0 0
114 0 1 0 0.08823 0.05468 0 0 0 0 0
115 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
116 0 1 0 0.01505 0.00932 0 0 0 0 0
117 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0];

```

```

%          Saluran          R          X          1/2B          Line Code
%          dari    ke      pu.      pu.      pu.          =1 for lines
linedata=[ 0      1      0.04178    0.03239    0            1
           1      2      0.00015    0.00012    0            1
           1      4      0.00313    0.00203    0            1
           2      3      0.00018    0.00014    0            1
           4      5      0.00253    0.00196    0            1
           4      6      0.00368    0.00239    0            1
           6      7      0.00179    0.00139    0            1
           6      8      0.00313    0.00203    0            1
           8      9      0.00447    0.00290    0            1
           9     10      0.00048    0.00074    0            1
           9     12      0.00108    0.00083    0            1
           9     17      0.00309    0.00201    0            1
          10     11      0.00042    0.00053    0            1
          10     14      0.00270    0.00412    0            1
          12     13      0.00137    0.00107    0            1
          14     16      0.00242    0.00370    0            1
          15     16      0.00339    0.00518    0            1
          17     18      0.00084    0.00055    0            1
          18     19      0.00041    0.00027    0            1
          18     20      0.00550    0.00426    0            1
          19     21      0.00179    0.00139    0            1
          19     27      0.00416    0.00322    0            1
          20     30      0.00341    0.00265    0            1
          20     32      0.00028    0.00022    0            1
          21     22      0.00022    0.00017    0            1
          22     23      0.00078    0.00061    0            1
          22     24      0.00366    0.00284    0            1
          24     25      0.00137    0.00106    0            1
          25     26      0.00148    0.00115    0            1
          27     28      0.00023    0.00018    0            1
          27     29      0.00173    0.00134    0            1
          30     31      0.00059    0.00046    0            1
          32     33      0.00135    0.00206    0            1

```


32	35	0.00559	0.00433	0	1
33	34	0.00029	0.00044	0	1
35	36	0.00063	0.00097	0	1
35	37	0.00028	0.00021	0	1
37	38	0.00026	0.00020	0	1
37	39	0.00255	0.00198	0	1
39	40	0.00232	0.00180	0	1
39	42	0.00059	0.00046	0	1
40	41	0.00023	0.00018	0	1
42	43	0.00451	0.00350	0	1
42	66	0.00116	0.00090	0	1
43	44	0.00200	0.00155	0	1
44	45	0.00556	0.00431	0	1
45	46	0.00335	0.00260	0	1
46	47	0.00018	0.00014	0	1
47	48	0.00263	0.00204	0	1
47	49	0.00235	0.00182	0	1
49	50	0.00474	0.00367	0	1
49	51	0.00045	0.00035	0	1
51	52	0.00075	0.00058	0	1
51	54	0.00293	0.00227	0	1
54	55	0.00275	0.00213	0	1
52	53	0.00028	0.00021	0	1
55	56	0.00992	0.00769	0	1
55	57	0.00637	0.00494	0	1
57	58	0.00683	0.00529	0	1
58	59	0.00332	0.00189	0	1
58	62	0.00534	0.00414	0	1
59	60	0.00185	0.00105	0	1
60	61	0.00091	0.00052	0	1
62	63	0.00825	0.00640	0	1
63	64	0.00708	0.00549	0	1
64	65	0.00452	0.00350	0	1
66	67	0.00411	0.00319	0	1
66	73	0.00140	0.00108	0	1
67	68	0.00536	0.00415	0	1
68	69	0.00402	0.00312	0	1
69	70	0.00076	0.00059	0	1
69	72	0.01294	0.01003	0	1
70	71	0.00031	0.00024	0	1
73	74	0.00558	0.00432	0	1
74	75	0.00363	0.00282	0	1
75	76	0.00035	0.00027	0	1
76	77	0.00125	0.00191	0	1
76	79	0.00120	0.00093	0	1
77	78	0.00011	0.00016	0	1
79	80	0.00145	0.00113	0	1
80	81	0.00683	0.01044	0	1
80	93	0.00033	0.00026	0	1
81	82	0.00171	0.00261	0	1
81	84	0.00174	0.00266	0	1
82	83	0.00017	0.00026	0	1
84	85	0.00427	0.00331	0	1
85	86	0.00590	0.00457	0	1
84	87	0.00060	0.00091	0	1
87	88	0.00220	0.00336	0	1

```

88 89      0.00389      0.00595      0      1
89 90      0.00399      0.00611      0      1
90 91      0.00244      0.00373      0      1
91 92      0.00007      0.00011      0      1
93 94      0.00154      0.00088      0      1
93 96      0.00033      0.00026      0      1
94 95      0.00018      0.00010      0      1
96 97      0.00017      0.00009      0      1
96 98      0.00119      0.00093      0      1
98 99      0.00455      0.00353      0      1
99 100     0.00384      0.00297      0      1
100 101    0.00251      0.00163      0      1
100 104    0.00048      0.00031      0      1
101 102    0.00731      0.00567      0      1
102 103    0.00014      0.00011      0      1
104 105    0.00172      0.00112      0      1
104 107    0.00088      0.00057      0      1
105 106    0.00021      0.00014      0      1
107 108    0.00357      0.00232      0      1
108 109    0.00547      0.00355      0      1
109 110    0.00180      0.00117      0      1
110 111    0.00567      0.00440      0      1
111 112    0.00052      0.00041      0      1
112 113    0.00029      0.00022      0      1
112 116    0.01200      0.00930      0      1
113 114    0.00354      0.00275      0      1
114 115    0.00057      0.00044      0      1
116 117    0.00027      0.00021      0      1];

```

```

busdata(:,1)=busdata(:,1)+1;
linedata(:,1)=linedata(:,1)+1;
linedata(:,2)=linedata(:,2)+1;

```

```

lfybus % bentuk
matriks admitansi bus
lfnewton % solusi
aliran daya
busout % menampilkan
solusi aliran daya
lineflow % menghitung
dan menampilkan line flow dan rugi-rugi saluran

```

```
Ploss=real(SLT);
```

```

stem(Vperbus, 'LineWidth',2);
grid off;
set(gca, 'XLim', [1 118]);
set(gca, 'XTick', [1:5:118]);

```

```

set(gca, 'YLim', [min(Vperbus)-0.001 max(Vperbus)+0.0001]);
title('\fontsize{16}Voltage Profile per Bus')
xlabel('\fontsize{16}Bus') % x-axis
label
ylabel('\fontsize{16}Voltage (p.u)') % y-axis
label

```

Lampiran E.2

Script Algoritma BPSO.

```

clear all
clc
load DataUpingFix.mat

Particle=20; % Number of search agents

Function_name='F26'; % Name of the test function that can be from
F1 to F23 (Table 1,2,3 in the paper)
iter=144; %timeslot

Max_iteration=8; % Maximum numbef of iterations

%load TrendExisting.Mat

% Load details of the selected benchmark function
[lb,ub,dim,fobj]=Get_Functions_details(Function_name);
for Opsibeban=1:4
    for k=1:iter

%[lb,ub,dim,fobj]=Objective(k);
%[Gbest(:,k),Pbest(:,k),PSO_cg_curve(:,k)]=PSO(Particle,Max_iterat
ion,lb,ub,dim,fobj,k);
if Opsibeban == 1

[Gbest20(k,:),Pbest20(k,:),PSO_cg_curve20(k,:)]=PSO(Particle,Max_i
teration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k,Opsibeban);
end

if Opsibeban == 2

[Gbest40(k,:),Pbest40(k,:),PSO_cg_curve40(k,:)]=PSO(Particle,Max_i
teration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k,Opsibeban);
end

if Opsibeban == 3

[Gbest60(k,:),Pbest60(k,:),PSO_cg_curve60(k,:)]=PSO(Particle,Max_i
teration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k,Opsibeban);
end

if Opsibeban == 4

[Gbest80(k,:),Pbest80(k,:),PSO_cg_curve80(k,:)]=PSO(Particle,Max_i
teration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k,Opsibeban);
end

end

```

```

end

%-----PERHITUNGAN DAYA CONSUMSI-----
-----
for q=1:144
ConsumptionNopev(q,1)=sum(Data(:,q))/1000;
ConsumptionNoAI20(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data20(:,q)))/1000;
ConsumptionNoAI40(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data40(:,q)))/1000;
ConsumptionNoAI60(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data60(:,q)))/1000;
ConsumptionNoAI80(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data80(:,q)))/1000;

ConsumptionPSO20(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Pbest20(q,:)).*(4.4))/1000;
ConsumptionPSO40(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Pbest40(q,:)).*(4.4))/1000;
ConsumptionPSO60(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Pbest60(q,:)).*(4.4))/1000;
ConsumptionPSO80(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Pbest80(q,:)).*(4.4))/1000;
end

%-----PLOTTING WITHOUT AI-----
-----
y1=PowerLossNOPEV(:,1);
y2=PowerLoss20(:,1);
y3=PowerLoss40(:,1);
y4=PowerLoss60(:,1);
y5=PowerLoss80(:,1);
LossNoAI = [y1,y2,y3,y4,y5];
figure1 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System Without AI');
% Create axes
axes1 = axes('Parent',figure1);
hold(axes1,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossNoAI,'Parent',axes1);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0 0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MW');

% Create xlabel
xlabel('Hours');

% Create title
title('Total Power Loss Tanpa AI');

% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the axes

```

```

    xlim(axes1,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes1,[0 0.5]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'off');
% Create legend
legend(axes1,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes1,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
    121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

    {'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
    '6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING USING AI-----
%-----
y11=PowerLossNOPEV(:,1);
y22=Gbest20(:,1);
y33=Gbest40(:,1);
y44=Gbest60(:,1);
y55=Gbest80(:,1);
LossPSO = [y11,y22,y33,y44,y55];
figure2 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
USING PSO');
% Create axes
axes2 = axes('Parent',figure2);
hold(axes2,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossPSO,'Parent',axes2);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MW');

% Create xlabel
xlabel('Hours');

% Create title
title('Total Power Loss PSO');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes

```

```

    xlim(axes2,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes2,[0 0.3]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'off');
% Create legend
legend(axes2,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes2,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
    121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');

%-----
-----

%-----PLOTING PENETRASI 20-----
-----

a1=PowerLossNOPEV(:,1);
a2=Gbest20(:,1);
a3=PowerLoss20(:,1);
LossPSO20 = [a1,a2,a3];
figure3 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 20%');
% Create axes
axes3 = axes('Parent',figure3);
hold(axes3,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossPSO20,'Parent',axes3);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','20% Penetrasi PEV PSO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 20%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes3,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes3,[0 0.28]);
box(axes3,'on');
hold(axes3,'off');

```

```

% Create legend
legend(axes3,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes3,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
    121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING PENETRASI 40-----
%-----
b1=PowerLossNOPEV(:,1);
b2=Gbest40(:,1);
b3=PowerLoss40(:,1);
LossPSO40 = [b1,b2,b3];
figure4 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 40%');
% Create axes
axes4 = axes('Parent',figure4);
hold(axes4,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossPSO40,'Parent',axes4);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','40% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV PSO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 40%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes4,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes4,[0 0.35]);
box(axes4,'on');
hold(axes4,'off');
% Create legend
legend(axes4,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes4,'XGrid','on','XTick',...

```

```

    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING PENETRASI 60-----
%-----
c1=PowerLossNOPEV(:,1);
c2=Gbest60(:,1);
c3=PowerLoss60(:,1);
LossPSO60 = [c1,c2,c3];
figure5 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 60%');
% Create axes
axes5 = axes('Parent',figure5);
hold(axes5,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossPSO60,'Parent',axes5);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','60% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','60% Penetrasi PEV PSO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 60%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes5,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes5,[0 0.425]);
box(axes5,'on');
hold(axes5,'off');
% Create legend
legend(axes5,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes5,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...

```



```

        'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING PENETRASI 80-----
%-----
d1=PowerLossNOPEV(:,1);
d2=Gbest80(:,1);
d3=PowerLoss80(:,1);
LossPSO80 = [d1,d2,d3];
figure6 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 80%');
% Create axes
axes6 = axes('Parent',figure6);
hold(axes6,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossPSO80,'Parent',axes6);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','80% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','80% Penetrasi PEV PSO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 80%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes6,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes6,[0 0.425]);
box(axes6,'on');
hold(axes6,'off');
% Create legend
legend(axes6,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes6,'XGrid','on','XTick',...
[1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
'XTickLabel',...
{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
'YGrid','on');
%-----
%-----

```

```

%-----PLOTTING KONSUMSI NO AI-----
-----
e1=ConsumptionNopev(:,1);
e2=ConsumptionNoAI20(:,1);
e3=ConsumptionNoAI40(:,1);
e4=ConsumptionNoAI60(:,1);
e5=ConsumptionNoAI80(:,1);
ConsumptionNOAI = [e1,e2,e3,e4,e5];
figure7 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Consumption PEV
Without AI');
% Create axes
axes7 = axes('Parent',figure7);
hold(axes7,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(ConsumptionNOAI,'Parent',axes7);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MVA');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Consumption Without AI');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes7,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes7,[0 6]);
box(axes7,'on');
hold(axes7,'off');
% Create legend
legend(axes7,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes7,'XGrid','on','XTick',...
[1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
'XTickLabel',...
{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
'YGrid','on');
%-----
-----

```

```

%-----PLOTTING KONSUMSI PSO-----
-----
f1=ConsumptionNopev(:,1);
f2=ConsumptionPSO20(:,1);
f3=ConsumptionPSO40(:,1);
f4=ConsumptionPSO60(:,1);
f5=ConsumptionPSO80(:,1);
ConsumptionPSO = [f1,f2,f3,f4,f5];
figure8 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Consumption PEV
USING PSO');
% Create axes
axes8 = axes('Parent',figure8);
hold(axes8,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(ConsumptionPSO,'Parent',axes8);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MVA');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Consumption Without AI');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes8,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes8,[0 6]);
box(axes8,'on');
hold(axes8,'off');
% Create legend
legend(axes8,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes8,'XGrid','on','XTick',...
[1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
'XTickLabel',...
{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
'YGrid','on');

```

```

%-----
%-----Perhitungan V Magnitude-----
%-----

for i=1:144
    DataCoba = Untitled(Data(:,i));
    DataCobaLagi = LoadFlowEdited.PLoss(DataCoba,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev20 = Untitled(Data(:,i)+Data20(:,i));
    DataCobaLagiNoPev20 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev20,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV20(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev40 = Untitled(Data(:,i)+Data40(:,i));
    DataCobaLagiNoPev40 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev40,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV40(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev60 = Untitled(Data(:,i)+Data60(:,i));
    DataCobaLagiNoPev60 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev60,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV60(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev80 = Untitled(Data(:,i)+Data80(:,i));
    DataCobaLagiNoPev80 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev80,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV80(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos20(:,i) = Pbest20(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagPSO20 = Untitled(Data(:,i)+BestPos20(:,i));
    DataCobaLagiPSO20 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagPSO20,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilPSO20(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos40(:,i) = Pbest40(i,:)*4.4;
end

```

```

end

for i=1:144
    DataVMagPSO40 = Untitled(Data(:,i)+BestPos40(:,i));
    DataCobaLagiPSO40 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagPSO40,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilPSO40(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos60(:,i) = Pbest60(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagPSO60 = Untitled(Data(:,i)+BestPos60(:,i));
    DataCobaLagiPSO60 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagPSO60,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilPSO60(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos80(:,i) = Pbest80(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagPSO80 = Untitled(Data(:,i)+BestPos80(:,i));
    DataCobaLagiPSO80 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagPSO80,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilPSO80(i,:) = Vperbus(1,:);
end

%-----
%-----

%-----PLOTTING VMag NO AI-----
%-----
g1=VBusHasilNoPEV(:,115);
g2=VBusHasilNoPEV20(:,115);
g3=VBusHasilNoPEV40(:,115);
g4=VBusHasilNoPEV60(:,115);
g5=VBusHasilNoPEV80(:,115);
VMagNoAI = [g1,g2,g3,g4,g5];
figure9 = figure('NumberTitle','off','Name','V Magnitude
Uncoordinated');
% Create axes
axes9 = axes('Parent',figure9);
hold(axes9,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(VMagNoAI,'Parent',axes9);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);

```

```

set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('PU');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Voltage Magnitude Uncoordinated');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes9,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes9,[0.9 1]);
box(axes9,'on');
hold(axes9,'off');
% Create legend
legend(axes9,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes9,'XGrid','on','XTick',...
[1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
'YGrid','on');
%-----
-----

%-----PLOTTING VMag Coordinated-----
-----
h1=VBusHasilNoPEV(:,115);
h2=VBusHasilPSO20(:,115);
h3=VBusHasilPSO40(:,115);
h4=VBusHasilPSO60(:,115);
h5=VBusHasilPSO80(:,115);
VMagPSO = [h1,h2,h3,h4,h5];
figure10 = figure('NumberTitle','off','Name','V Magnitude
Coordinated');
% Create axes
axes10 = axes('Parent',figure10);
hold(axes10,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(VMagPSO,'Parent',axes10);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);

```

```

set(plot1(2), 'DisplayName', '20% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)', 'Color', [0 1 0]);
set(plot1(3), 'DisplayName', '40% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)', 'Color', [0 0 1]);
set(plot1(4), 'DisplayName', '60% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)', 'Color', [1 0 1]);
set(plot1(5), 'DisplayName', '80% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)', 'Color', [1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('PU');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Voltage Magnitude coordinated');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes10, [1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes10, [0.9 1]);
box(axes10, 'on');
hold(axes10, 'off');
% Create legend
legend(axes10, 'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes10, 'XGrid', 'on', 'XTick', ...
[1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144], ...
'XTickLabel', ...

{'16', '17', '18', '19', '20', '21', '22', '23', '24', '1', '2', '3', '4', '5',
'6', '7', '8', '9', '10', '11', '12', '13', '14', '15', '16'}, ...
'YGrid', 'on');

%-----Perhitungan Delta V dan Increase in Loss-----
-----
DeltaVNoPev = (1-(VBusHasilNoPEV(23,115)))*100;
DeltaVNoPev20 = (1-(VBusHasilNoPEV20(23,115)))*100;
DeltaVNoPev40 = (1-(VBusHasilNoPEV40(23,115)))*100;
DeltaVNoPev60 = (1-(VBusHasilNoPEV60(23,115)))*100;
DeltaVNoPev80 = (1-(VBusHasilNoPEV80(23,115)))*100;

DeltaVPSO20 = (1-(VBusHasilPSO20(23,115)))*100;
DeltaVPSO40 = (1-(VBusHasilPSO40(23,115)))*100;
DeltaVPSO60 = (1-(VBusHasilPSO60(23,115)))*100;
DeltaVPSO80 = (1-(VBusHasilPSO80(23,115)))*100;

IncreaseLossNoPev20 = ((PowerLoss20(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss20(23,1))*100;
IncreaseLossNoPev40 = ((PowerLoss40(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss40(23,1))*100;

```

```

IncreaseLossNoPev60 = ((PowerLoss60(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss60(23,1))*100;
IncreaseLossNoPev80 = ((PowerLoss80(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss80(23,1))*100;

```

```

IncreaseLossPSO20 = ((Gbest20(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/Gbest20(23,1))*100;
IncreaseLossPSO40 = ((Gbest40(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/Gbest40(23,1))*100;
IncreaseLossPSO60 = ((Gbest60(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/Gbest60(23,1))*100;
IncreaseLossPSO80 = ((Gbest80(23,1) -
PowerLossNOPEV(23,1))/Gbest80(23,1))*100;

```

```

fprintf(' Scenario          PEV          DeltaV          Increase In Loss
\n\n');
fprintf(' NO PEV              0           %f              0
\n',DeltaVNoPev);
fprintf('                20           %f              %f
\n',DeltaVNoPev20,IncreaseLossNoPev20);
fprintf('                40           %f              %f
\n',DeltaVNoPev40,IncreaseLossNoPev40);
fprintf('                60           %f              %f
\n',DeltaVNoPev60,IncreaseLossNoPev60);
fprintf('                80           %f              %f
\n',DeltaVNoPev80,IncreaseLossNoPev80);
fprintf(' PSO                20           %f              %f
\n',DeltaVPSO20,IncreaseLossPSO20);
fprintf('                40           %f              %f
\n',DeltaVPSO40,IncreaseLossPSO40);
fprintf('                60           %f              %f
\n',DeltaVPSO60,IncreaseLossPSO60);
fprintf('                60           %f              %f
\n',DeltaVPSO80,IncreaseLossPSO80);

```


Lampiran E.3

Script Algoritma BGWO.

```

clear all
clc
load DataUpingFix.mat

SearchAgents_no=20; % Number of search agents

Function_name='F26'; % Name of the test function that can be from
F1 to F23 (Table 1,2,3 in the paper)
iter=144; %timeslot

Max_iteration=8; % Maximum numbef of iterations

%load TrendExisting.Mat

% Load details of the selected benchmark function
[lb,ub,dim,fobj]=Get_Functions_details(Function_name);
for Opsibeban=1:4
    for k=1:iter

%[lb,ub,dim,fobj]=Objective(k);
%[Best_score(:,k),Best_pos(:,k),GWO_cg_curve(:,k)]=GWO(SearchAgent
s_no,Max_iteration,lb,ub,dim,fobj,k);
if Opsibeban == 1

[Best_score20(k,:),Best_pos20(k,:),GWO_cg_curve20(k,:)]=GWO(Search
Agents_no,Max_iteration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k
,Opsibeban);
end

if Opsibeban == 2

[Best_score40(k,:),Best_pos40(k,:),GWO_cg_curve40(k,:)]=GWO(Search
Agents_no,Max_iteration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k
,Opsibeban);
end

if Opsibeban == 3

[Best_score60(k,:),Best_pos60(k,:),GWO_cg_curve60(k,:)]=GWO(Search
Agents_no,Max_iteration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k
,Opsibeban);
end

if Opsibeban == 4

[Best_score80(k,:),Best_pos80(k,:),GWO_cg_curve80(k,:)]=GWO(Search

```

```

Agents_no,Max_iteration,lb(1,Opsibeban),ub(1,Opsibeban),dim,fobj,k
,Opsibeban);
end

    end
end

%-----PERHITUNGAN DAYA CONSUMSI-----
-----
for q=1:144
ConsumptionNopev(q,1)=sum(Data(:,q))/1000;
ConsumptionNoAI20(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data20(:,q)))/1000;
ConsumptionNoAI40(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data40(:,q)))/1000;
ConsumptionNoAI60(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data60(:,q)))/1000;
ConsumptionNoAI80(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Data80(:,q)))/1000;

ConsumptionGWO20(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Best_pos20(q,:)).*(4.4))
/1000;
ConsumptionGWO40(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Best_pos40(q,:)).*(4.4))
/1000;
ConsumptionGWO60(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Best_pos60(q,:)).*(4.4))
/1000;
ConsumptionGWO80(q,1)=(sum(Data(:,q))+sum(Best_pos80(q,:)).*(4.4))
/1000;
end

%-----PLOTTING WITHOUT AI-----
-----
y1=PowerLossNOPEV(:,1);
y2=PowerLoss20(:,1);
y3=PowerLoss40(:,1);
y4=PowerLoss60(:,1);
y5=PowerLoss80(:,1);
LossNoAI = [y1,y2,y3,y4,y5];
figure1 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Without AI');
% Create axes
axes1 = axes('Parent',figure1);
hold(axes1,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossNoAI,'Parent',axes1);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MW');

% Create xlabel
xlabel('Hours');

```

```

% Create title
title('Total Power Loss Tanpa AI');

% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes1,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes1,[0 0.5]);
box(axes1,'on');
hold(axes1,'off');
% Create legend
legend(axes1,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes1,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
    121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING USING AI-----
%-----
y11=PowerLossNOPEV(:,1);
y22=Best_score20(:,1);
y33=Best_score40(:,1);
y44=Best_score60(:,1);
y55=Best_score80(:,1);
LossGWO = [y11,y22,y33,y44,y55];
figure2 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
USING GWO');
% Create axes
axes2 = axes('Parent',figure2);
hold(axes2,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossGWO,'Parent',axes2);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MW');

% Create xlabel
xlabel('Hours');

```

```

% Create title
title('Total Power Loss GWO');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes2,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes2,[0 0.3]);
box(axes2,'on');
hold(axes2,'off');
% Create legend
legend(axes2,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes2,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
    121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
-----

%-----PLOTTING PENETRASI 20-----
-----
a1=PowerLossNOPEV(:,1);
a2=Best_score20(:,1);
a3=PowerLoss20(:,1);
LossGWO20 = [a1,a2,a3];
figure3 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 20%');
% Create axes
axes3 = axes('Parent',figure3);
hold(axes3,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossGWO20,'Parent',axes3);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','20% Penetrasi PEV GWO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 20%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes3,[1 144]);

```

```

% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes3,[0 0.28]);
box(axes3,'on');
hold(axes3,'off');
% Create legend
legend(axes3,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes3,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING PENETRASI 40-----
%-----
b1=PowerLossNOPEV(:,1);
b2=Best_score40(:,1);
b3=PowerLoss40(:,1);
LossGWO40 = [b1,b2,b3];
figure4 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 40%');
% Create axes
axes4 = axes('Parent',figure4);
hold(axes4,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossGWO40,'Parent',axes4);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','40% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV GWO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 40%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes4,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes4,[0 0.35]);
box(axes4,'on');

```

```

hold(axes4,'off');
% Create legend
legend(axes4,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes4,'XGrid','on','XTick',...
      [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
      121 127 133 139 144],...
      'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
      'YGrid','on');
%-----
-----

%-----PLOTTING PENETRASI 60-----
-----

c1=PowerLossNOPEV(:,1);
c2=Best_score60(:,1);
c3=PowerLoss60(:,1);
LossGWO60 = [c1,c2,c3];
figure5 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 60%');
% Create axes
axes5 = axes('Parent',figure5);
hold(axes5,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossGWO60,'Parent',axes5);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','60% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','60% Penetrasi PEV GWO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 60%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes5,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes5,[0 0.425]);
box(axes5,'on');
hold(axes5,'off');
% Create legend
legend(axes5,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes5,'XGrid','on','XTick',...

```

```

    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING PENETRASI 80-----
-----
d1=PowerLossNOPEV(:,1);
d2=Best_score80(:,1);
d3=PowerLoss80(:,1);
LossGW080 = [d1,d2,d3];
figure6 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Loss in System
Penetration 80%');
% Create axes
axes6 = axes('Parent',figure6);
hold(axes6,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(LossGW080,'Parent',axes6);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','80% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','80% Penetrasi PEV GWO','Color',[0 0
1]);
% Create ylabel
ylabel('MW');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Loss Penetrasi 80%');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes6,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes6,[0 0.425]);
box(axes6,'on');
hold(axes6,'off');
% Create legend
legend(axes6,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes6,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

```

```

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING KONSUMSI NO AI-----
%-----
e1=ConsumptionNopev(:,1);
e2=ConsumptionNoAI20(:,1);
e3=ConsumptionNoAI40(:,1);
e4=ConsumptionNoAI60(:,1);
e5=ConsumptionNoAI80(:,1);
ConsumptionNOAI = [e1,e2,e3,e4,e5];
figure7 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Consumption PEV
Without AI');
% Create axes
axes7 = axes('Parent',figure7);
hold(axes7,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(ConsumptionNOAI,'Parent',axes7);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MVA');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Consumption Without AI');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes7,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes7,[0 6]);
box(axes7,'on');
hold(axes7,'off');
% Create legend
legend(axes7,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes7,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

```



```

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
-----

%-----PLOTTING KONSUMSI GWO-----
-----
f1=ConsumptionNopev(:,1);
f2=ConsumptionGWO20(:,1);
f3=ConsumptionGWO40(:,1);
f4=ConsumptionGWO60(:,1);
f5=ConsumptionGWO80(:,1);
ConsumptionGWO = [f1,f2,f3,f4,f5];
figure8 = figure('NumberTitle','off','Name','Power Consumption PEV
USING GWO');
% Create axes
axes8 = axes('Parent',figure8);
hold(axes8,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(ConsumptionGWO,'Parent',axes8);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[0
0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV Tanpa AI','Color',[1
0 0]);
% Create ylabel
ylabel('MVA');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Total Power Consumption Without AI');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes8,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes8,[0 6]);
box(axes8,'on');
hold(axes8,'off');
% Create legend
legend(axes8,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes8,'XGrid','on','XTick',...

```

```

    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');
%-----
%-----Perhitungan V Magnitude-----
for i=1:144
    DataCoba = Untitled(Data(:,i));
    DataCobaLagi = LoadFlowEdited.PLoss(DataCoba,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev20 = Untitled(Data(:,i)+Data20(:,i));
    DataCobaLagiNoPev20 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev20,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV20(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev40 = Untitled(Data(:,i)+Data40(:,i));
    DataCobaLagiNoPev40 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev40,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV40(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev60 = Untitled(Data(:,i)+Data60(:,i));
    DataCobaLagiNoPev60 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev60,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV60(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    DataCobaNoPev80 = Untitled(Data(:,i)+Data80(:,i));
    DataCobaLagiNoPev80 = LoadFlowEdited.PLoss(DataCobaNoPev80,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilNoPEV80(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos20(:,i) = Best_pos20(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagGWO20 = Untitled(Data(:,i)+BestPos20(:,i));

```

```

    DataCobaLagiGWO20 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagGWO20,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilGWO20(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos40(:,i) = Best_pos40(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagGWO40 = Untitled(Data(:,i)+BestPos40(:,i));
    DataCobaLagiGWO40 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagGWO40,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilGWO40(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos60(:,i) = Best_pos60(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagGWO60 = Untitled(Data(:,i)+BestPos60(:,i));
    DataCobaLagiGWO60 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagGWO60,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilGWO60(i,:) = Vperbus(1,:);
end

for i=1:144
    BestPos80(:,i) = Best_pos80(i,:)*4.4;
end

for i=1:144
    DataVMagGWO80 = Untitled(Data(:,i)+BestPos80(:,i));
    DataCobaLagiGWO80 = LoadFlowEdited.PLoss(DataVMagGWO80,i);
    %Vperbus = Vperbus;
    VBusHasilGWO80(i,:) = Vperbus(1,:);
end
%-----
-----

%-----PLOTTING VMag NO AI-----
-----
g1=VBusHasilNoPEV(:,115);
g2=VBusHasilNoPEV20(:,115);
g3=VBusHasilNoPEV40(:,115);
g4=VBusHasilNoPEV60(:,115);
g5=VBusHasilNoPEV80(:,115);
VMagNoAI = [g1,g2,g3,g4,g5];
figure9 = figure('NumberTitle','off','Name','V Magnitude
Uncoordinated');
% Create axes

```

```

axes9 = axes('Parent',figure9);
hold(axes9,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(VMagNoAI,'Parent',axes9);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi (worst feeder
115)','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('PU');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Voltage Magnitude Uncoordinated');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
xlim(axes9,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
ylim(axes9,[0.9 1]);
box(axes9,'on');
hold(axes9,'off');
% Create legend
legend(axes9,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes9,'XGrid','on','XTick',...
[1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
'XTickLabel',...
{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
'YGrid','on');
%-----
%-----PLOTTING VMag Coordinated---
%-----
h1=VBusHasilNoPEV(:,115);
h2=VBusHasilGWO20(:,115);
h3=VBusHasilGWO40(:,115);
h4=VBusHasilGWO60(:,115);
h5=VBusHasilGWO80(:,115);
VMagGWO = [h1,h2,h3,h4,h5];
figure10 = figure('NumberTitle','off','Name','V Magnitude
Coordinated');
% Create axes

```

```

axes10 = axes('Parent',figure10);
hold(axes10,'on');
% Create multiple lines using matrix input to plot
plot1 = plot(VMagGWO,'Parent',axes10);
set(plot1(1),'DisplayName','No PEV','LineStyle','--','Color',[0 0
0]);
set(plot1(2),'DisplayName','20% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)','Color',[0 1 0]);
set(plot1(3),'DisplayName','40% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)','Color',[0 0 1]);
set(plot1(4),'DisplayName','60% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)','Color',[1 0 1]);
set(plot1(5),'DisplayName','80% Penetrasi PEV (worst
feeder:115)','Color',[1 0 0]);
% Create ylabel
ylabel('PU');
% Create xlabel
xlabel('Hours');
% Create title
title('Voltage Magnitude coordinated');
% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the
axes
    xlim(axes10,[1 144]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the
axes
    ylim(axes10,[0.9 1]);
box(axes10,'on');
hold(axes10,'off');
% Create legend
legend(axes10,'show');
% Set the remaining axes properties
set(axes10,'XGrid','on','XTick',...
    [1 7 13 19 25 31 37 43 49 55 61 67 73 79 85 91 97 103 109 115
121 127 133 139 144],...
    'XTickLabel',...

{'16','17','18','19','20','21','22','23','24','1','2','3','4','5',
'6','7','8','9','10','11','12','13','14','15','16'},...
    'YGrid','on');

%-----Perhitungan Delta V dan Increase in Loss-----
-----
DeltaVNoPev = (1-(VBusHasilNoPEV(23,115)))*100;
DeltaVNoPev20 = (1-(VBusHasilNoPEV20(23,115)))*100;
DeltaVNoPev40 = (1-(VBusHasilNoPEV40(23,115)))*100;
DeltaVNoPev60 = (1-(VBusHasilNoPEV60(23,115)))*100;
DeltaVNoPev80 = (1-(VBusHasilNoPEV80(23,115)))*100;

DeltaVGWO20 = (1-(VBusHasilGWO20(23,115)))*100;
DeltaVGWO40 = (1-(VBusHasilGWO40(23,115)))*100;
DeltaVGWO60 = (1-(VBusHasilGWO60(23,115)))*100;

```

```
DeltaVGWO80 = (1-(VBusHasilGWO80(23,115)))*100;
```

```
IncreaseLossNoPev20 = ((PowerLoss20(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss20(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossNoPev40 = ((PowerLoss40(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss40(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossNoPev60 = ((PowerLoss60(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss60(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossNoPev80 = ((PowerLoss80(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/PowerLoss80(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossGWO20 = ((Best_score20(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/Best_score20(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossGWO40 = ((Best_score40(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/Best_score40(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossGWO60 = ((Best_score60(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/Best_score60(23,1))*100;
```

```
IncreaseLossGWO80 = ((Best_score80(23,1)-  
PowerLossNOPEV(23,1))/Best_score80(23,1))*100;
```

```
fprintf(' Scenario          PEV          DeltaV          Increase In Loss  
\n\n');  
fprintf(' NO PEV              0           %f              0  
\n',DeltaVNoPev);  
fprintf('                20           %f              %f  
\n',DeltaVNoPev20,IncreaseLossNoPev20);  
fprintf('                40           %f              %f  
\n',DeltaVNoPev40,IncreaseLossNoPev40);  
fprintf('                60           %f              %f  
\n',DeltaVNoPev60,IncreaseLossNoPev60);  
fprintf('                80           %f              %f  
\n',DeltaVNoPev80,IncreaseLossNoPev80);  
fprintf(' GWO                    20           %f              %f  
\n',DeltaVGWO20,IncreaseLossGWO20);  
fprintf('                    40           %f              %f  
\n',DeltaVGWO40,IncreaseLossGWO40);  
fprintf('                    60           %f              %f  
\n',DeltaVGWO60,IncreaseLossGWO60);  
fprintf('                    80           %f              %f  
\n',DeltaVGWO80,IncreaseLossGWO80);
```

