

**PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS KAPASITOR BANK PADA  
JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG AMERICANO UNTUK  
MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA DENGAN METODE *GREY WOLF  
OPTIMIZER* (GWO)**

**(skripsi)**

**Oleh**

**KEVIN ELVREDO BANJAR NAHOR**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## **ABSTRAK**

### **PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS KAPASITOR BANK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG AMERICANO UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA DENGAN METODE *GREY WOLF OPTIMIZER* (GWO)**

**Oleh**

**Kevin Elvredo Banjar Nahor**

Pemasangan Pemasangan kapasitor bank merupakan salah satu cara untuk mengurangi rugi-rugi daya dan menaikkan profil tegangan. Kapasitor bank yang terpasang akan menyuplai daya reaktif yang bersifat kapasitif, sehingga nilai impedansi atau tahanan dari saluran dapat berkurang. Meningkatnya resistansi menyebabkan turunnya profil tegangan dan naiknya reduksi daya. Berdasarkan percobaan simulasi ETAP 19.01 penurunan profil tegangan di penyulangAmericano pada saat beban siang sebesar 4,1 kV dengan total rugi-rugi daya sebesar 449,5 kW dan saat beban malam sebesar 6 kV dengan total rugi-rugi daya sebesar 917 kW Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penambahan kapasitor bank dengan menggunakan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) untuk membantu proses pencarian lokasi dan kapasitas dari kapasitor bank. Penurunan rugi-rugi daya aktif setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank pada saat beban siang sebesar 148,5 kW, dengan kenaikan rata-rata tegangan sebesar 1,212 kV dan pada saat beban malam didapatkan penurunan daya aktif sebesar 374 kW, dengan kenaikan rata-rata tegangan sebesar 1,46 kV. Dengan ditentukan lokasi dan kapasitas kapasitor bank, maka didapatkan nilai penurunan daya dan kenaikan profil tegangan yang maksimal.

Kata kunci : Kapasitor bank, Profil tegangan, Reduksi daya, PenyulangAmericano, *Grey Wolf Optimizer* (GWO).

## **ABSTRACT**

### **DETERMINING THE LOCATION AND CAPACITY OF BANK CAPACITATORS IN AMERICANO FEEDER DISTRIBUTION NETWORK TO MINIMIZE POWER LOSS WITH THE GRAY WOLF OPTIMIZER (GWO) METHOD**

**Oleh**

**Kevin Elvredo Banjar Nahor**

*The installation of capacitor banks is one way to reduce power losses and increase the voltage profile. Banks capacitor will supply capacitive reactive power, so that the impedance value can be reduced resistance. The increase in resistance leads to a decrease in the voltage profile and an increase in power reduction. Based on data from the simulation experiment with software ETAP 19.01, the highest decrease in voltage profile inAmericano feeder at daylight load was 4.1 kV with total power losses of 449.5 kW and during night loads of 6 kV with total power losses of 917 kW. Based on this, the adding of capacitor banks is carried out using the Gray Wolf Optimizer (GWO) method to help the process of finding the location and capacity of capacitor banks. Decrease in active power loss after installing the capacitor bank during daytime loads was 148.5 kW, with an increase in the average voltage of 1,212 kV and during night loads was 374 kW, with an increase in the average voltage of 1.46 kV. Determining the location and capacity of the capacitor bank, the value of the power decrease and the maximum voltage profile increase are obtained.*

*Keywords: bank capacitor, voltage profile, power losses, feederAmericano, Grey Wolf Optimizer (GWO).*

**PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS KAPASITOR BANK PADA  
JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG AMERICANO UNTUK  
MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA DENGAN METODE *GREY WOLF  
OPTIMIZER* (GWO)**

**Oleh  
KEVIN ELVREDO BANJAR NAHOR**

**Skripsi  
Salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA TEKNIK  
Pada  
Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2022**



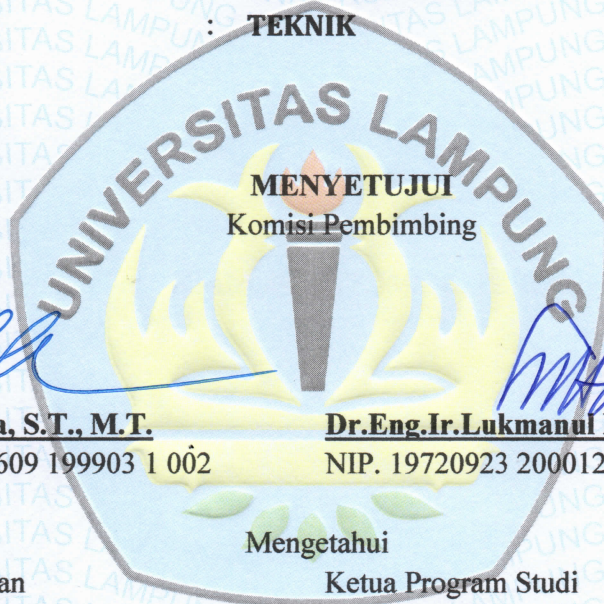
Judul Skripsi : **PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS KAPASITOR BANK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG AMERICANO UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA DENGAN METODE GREY WOLF OPTIMIZER (GWO)**

Nama Mahasiswa : **Kevin Elvredo Banjar Nahor**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815031031**

Jurusan : **TEKNIK ELEKTRO**

Fakultas : **TEKNIK**



  
**Osea Zebua, S.T., M.T.**

NIP. 19700609 199903 1 002

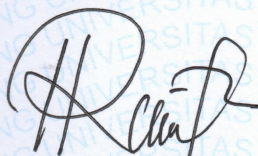
  
**Dr. Eng. Ir. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.**

NIP. 19720923 200012 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan  
Teknik Elektro

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro



**Herlinawati, S.T., M.T.**

NIP. 19710314 199903 2 001



**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**

NIP. 19740422 200012 2 001



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Osea Zebua, S.T., M.T.**

*Osea Zebua*  
.....

**Sekretaris : Dr.Eng.Ir. Lukmanul Hakim, S.T.,M.Sc.**

*Lukmanul Hakim*  
.....

**Penguji**

**Bukan**

**Pembimbing : Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D.Eng**

*Khairudin*  
.....

**2. Dekan Fakultas**



**Dr.Eng.Ir. Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc.**

**NIP. 19750928 200112 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Juli 2022**



## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku

Bandar Lampung, Juli 2022



Kevin Elvredo Banjar Nahor  
NIP. 1815031031

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Palembang, 05 September 2000. Penulis merupakan anak ke 3 dari 4 bersaudara dari pasangan Alm. Krosbin Banjar Nahor dan Helmida Simangunsong. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 01 Simpang Pematang dari tahun ajaran 2006 hingga 2012, SMPN 01 Simpang Pematang dari tahun ajaran 2012 hingga 2015, dan SMAN 01 Simpang Pematang dari tahun ajaran 2015 hingga 2018.

Setelah lulus dari tingkat pendidikan sekolah, penulis melanjutkan pendidikannya di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2018 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama berkuliah di Universitas Lampung, penulis aktif dalam kegiatan dalam maupun luar kampus, dan aktif dalam kegiatan sosial/magang lainnya. Pada tahun 2018, Penulis mengikuti Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) dengan menjadi anggota Divisi minat dan bakat serta Divisi kerohanian dalam 2 periode, dan bergabung di Forum Komunikasi Mahasiswa Kristiani-Fakultas Teknik (FKMK-FT) dengan menjadi Sie Doa dan Pemerhati dalam 2 periode. Pada tahun 2019, Penulis mengikuti Unit Kegiatan Kampus yaitu BEM U KBM Unila priode 2019, dan menjadi staff dalam negeri, selama periode tersebut penulis aktif dalam kunjungan dalam maupun luar kampus. Pada tahun 2020, penulis menjadi asisten lab. Pengukuran Besaran Listrik (PBL), dan menjadi asisten dalam praktikum Pengukuran Besaran Listrik, Praktikum Fisika Dasar, dan Praktikum Rangkaian Listrik dalam periode 2020-2022, dan penulis mengikuti Pertukaran Pelajar dalam program PERMATA SAKTI, dan sempat berkuliah di Univeristas Negeri Makassar dan Univeristas Sebelas Maret dalam 1 semester. Pada tahun 2021, Penulis aktif kembali menjadi Mahasiswa pertukaran pelajar dalam program PERMATA SARI dan PERMATA KITA, dan mengikuti



kuliah di Universitas Tirtayasa, Universitas Bengkulu, Universitas Sumatera Utara dan Universitas Negeri Jakarta selama 1 semester, dan penulis menyelesaikan syarat perkuliahan dengan melaksanakan kerja praktik di PT Haleyora Power Area Kotabumi pada 30 Agustus – 30 September 2021, selama kerja praktik penulis menyerap beberapa ilmu lapangan dengan bersosialisasi di dunia kerja dan proyek akhir penulis dengan judul “Analisa Pentanahan Gardu Distribusi PT. Haleyora Power *Region VII* Area Kotabumi Penyulang Lurik”. Dan pada Oktober 2021- Februari 2022 penulis juga berkesempatan ikut dalam program Magang Industri, di PT PLN UID Lampung, selama magang penulis memahami kelistrikan daerah Lampung, dan ikut beberapa proyek, dan dengan program magang ini, penulis melakukan penelitian skripsi dengan judul “Penentuan Lokasi dan Kapasitas Kapasitor Bank pada Jaringan Distribusi Penulang Americano untuk Meminimalkan Rugi-Rugi Daya dengan Menggunakan Metode *Grey Wolf Optimizer (GWO)*”.

## **KATA PERSEMBAHAN**

**Terima kasih kepada Bapa, Tuhan Yesus dan Roh Kudus, yang selalu  
menjadi mentor dalam hidup saya.**

**Karya Ini Dipersembahkan Untuk**

**Bapak dan Mama Tercinta  
Alm. Krosbin Banjarnahor dan Helmida Simangunsong**

**Saudara Tersayang  
Kronia Elisabeth B, Irma Theresia B, dan H. Luwis Frans B.**

**Keluarga Besar ; Dosen ; Teman ; dan Almamater Tercinta**

## **MOTTO PERSEMBAHAN**

**HIDUP PERLU KERJA KERAS, DAN SEMANGAT. JADI GAK PERLU  
MALU DAN PERCAYA DIRI.**

**(Kevin Elvredo Banjar Nahor)**

**Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan,  
Tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan.**

**(Amsal 1 : 7)**

**Karena Aku tahu rencana yang Aku miliki  
untukmu,” demikianlah firman Tuhan, “berencana  
untuk sejahterakan kamu dan tidak untuk  
menyakitimu, rencana untuk memberi Anda  
harapan dan masa depan.**

**(Yeremia 29 : 11)**



## SANWACANA

Puji syukur atas kebaikan Tuhan Yesus, yang telah memberikan berkat dan sukacita-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi ini dengan judul “Penentuan Lokasi dan Kapasitas Kapasitor Bank pada Jaringan Distribusi Penyulang Americano untuk Meminimalkan Rugi-Rugi Daya dengan Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO)” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr.Eng.Ir. Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc.selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Universitas Lampung.
4. Ibu Dr.Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Universitas Lampung.
5. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan pandangan hidup kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
6. Bapak Dr.Eng.Ir. Lukmanul Hakim, S.T.,M.Sc. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, nasihat, semangat, dan motivasi kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
7. Khairudin, S.T., M.Sc., Ph. D.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, masukan, dan saran yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.

8. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan bimbingan, nasihat, arahan, semangat dan motivasi kepada penulis saat menempuh perkuliahan semester I hingga semester VI.
9. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan pengalaman yang bermanfaat bagi penulis.
10. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal-hal lainnya.
11. Bapak dan Mama tercinta, Alm. Krosbin Banjar Nahor dan Helmida Simangunsong, yang tak terhingga atas jasa yang telah diberikan, motivasi, semangat, uang, dan doa dalam kehidupan bagi penulis; Abang Luis, kak Irma dan adekku sabet, yang telah memberikan dukungan, dan ruang dalam skripsi ini.
12. Segenap keluarga besar Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik, bu Yetti yang memberi kepercayaan untuk membentuk karakter dan berwawasan ke para praktikan PBL, dan pak Baqodar yang telah memberi kepercayaan dalam menjaga dan merawat lab. Dan juga tak lupa PBL 2018, Donni, Albert, Kaira, Fani, Siti, dan awan yang menjadi rekan dalam praktikum. Dan tidak lupa juga PBL 2017, dan 2019 yang menjadi rekan dalam praktikum.
13. Yessy Christina dan Giovanny Pingkan I, yang menjadi teman dalam menggarap skripsi, teman bercanda, sharing dan bertumbuh dalam iman. Dan juga bang Jimmy yang sudah mau meminjamkan motornya untuk menggarap, dan juga Komang dan Kristina, yang selalu membuat saya semangat dan optimis untuk menyelesaikan pendidikan di Teknik Elektro, dan juga teman yang paling mau disusahkan.
14. Segenap keluarga besar FKMK-FT, saya berterima kasih telah dibimbing secara iman, dan mengerti keluargaan yang sebenarnya. Wadah yang menjadi penyemangat, dan wadah untuk bercerita. Terima kasih untuk 20G, dan 21G, yang menjadi sejarah dalam hidup dan ruang belajar dalam iman.
15. Segenap keluarga Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) yang telah mengajarkan arti organisasi, keluarga dan banyak hal selama penulis menempuh perkuliahan. Luar Biasa!

16. Kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Teknik Elektro, serta seluruh teman-teman yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya, dan bagi semua pada umumnya.

Bandar Lampung, 15 Juli 2021

Penulis,

Kevin Elvredo Banjar Nahor



## DAFTAR ISI

<b>ABSTARK .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR JUDUL .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PERSEMBAHAN .....</b>	<b>x</b>
<b>MOTTO PERSEMBAHAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	4
2.2 Jaringan Sistem Tenaga Listrik .....	<b>5</b>
2.2.1 Struktur Jaringan Radial .....	5
2.2.2 Struktur jaringan tertutup.....	6
2.2.3 Struktur jaringan spindel.....	7
2.3 Analisa Jaringan .....	7
2.4 Aliran Daya .....	9
2.4.1 Bus Referensi .....	9

2.4.2 Bus Beban .....	9
2.4.3 Bus Generator .....	9
2.5 Kapasitor Bank .....	9
2.6 <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO) .....	11
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	14
3.2 Alat dan Bahan .....	14
3.3 Metode Simulasi Jaringan .....	14
3.4 Penentuan Lokasi dan Kapasitas Kapasitor Bank Menggunakan <i>Grey Wolf Optimizer</i> (GWO) .....	15
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	17
3.6 Diagram Alir Metode <i>Grey Wolf Optimizer</i> .....	17
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
4.1 Penyulang Americano .....	19
4.2 Skenario Simulasi .....	20
4.3 Hasil Sebelum Penambahan Kapasitor Bank .....	21
4.3.1 Hasil simulasi sebelum penambahan kapasitor bank percobaan siang .....	22
4.3.2 Hasil Simulasi Sebelum Penambahan kapasitor bank Percobaan Malam .....	23
4.4 Hasil Sesudah PenambahanKapasitor .....	23
4.4.1 Hasil Simulasi Sesudah penambahan Kapasitor pada Beban Siang ...	24
4.4.2 Hasil Simulasi Sesudah penambahan Kapasitor pada Beban Malam	25
4.5 Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Penambahan Kapasito .....	26
4.6 Hasil Kombinasi Lokasi Kapasitor pada Beban malam dan Beban siang	28
4.7 Perbandingan Simulasi ETAP dan Matlab .....	29
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>.</b>
.....Error! Bookmark not defined.	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Gambaran umum sistem tenaga listrik .....	5
Gambar 2 Gambaran Struktur Jaringan Radial. ....	6
Gambar 3 Gambaran umum jaringan tertutup. ....	6
Gambar 4 Gambaran umum jaringan spindel.[9].....	7
Gambar 5 Contoh One Line Diagram Jaringan Dsitribusi.....	8
Gambar 6 Panel kapasitor bank [5].....	10
Gambar 7 Gambar diagram alir penelitian.....	17
Gambar 8 Diagram Alir Metode Grey Wolf Optimizer.....	18
Gambar 9 Lokasi Penyaluran Penyulang Americano. ....	19
Gambar 10 Diagram Rangkaian Penyulang Americano 99 bus.....	20
Gambar 11 Hasil Simulasi pada ETAP.....	21
Gambar 12 Grafik Profil Tegangan Penyulang Americano pada Beban Siang Sebelum Penambahan Kapasitor Bank .....	22
Gambar 13 Grafik Profil Tegangan Penyulang Americano pada Beban Malam Sebelum Penambahan Kapasitor Bank .....	23
Gambar 14 Peletakan kapasitor bank dan kapasitasnya.....	24
Gambar 15 Grafik Profil Tegangan Penyulang Americano pada Beban Siang Sesudah Penambahan Kapasitor Bank .....	25
Gambar 16 Grafik Profil Tegangan Penyulang Americano pada Beban Malam Sesudah Penambahan Kapasitor Bank .....	26
Gambar 17 Hasil Perbandingan Tegangan pada Beban Siang.....	27
Gambar 18 Hasil Perbandingan Tegangan pada Beban Malam.....	28
Gambar 19 Grafik konvergensi pada Penyulang Americano.....	28



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian .....	13
Tabel 4. 1 Data hasil kombinasi dari beban malam dan beban siang .....	29
Tabel 4. 2 Hasil Perbedaan pada ETAP dan Matlab .....	29

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat, sebab tenaga listrik sangat membantu pekerjaan agar lebih mudah. Energi listrik yang dibutuhkan harus handal dan mampu memenuhi kebutuhan, sehingga perlu dilakukan penyaluran/penjaringan, agar masyarakat dapat memperoleh energi listrik. Jaringan listrik terbagi menjadi 2 yaitu jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Jaringan transmisi ialah jaringan yang menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit sampai Gardu Induk (GI), sedangkan jaringan distribusi ialah jaringan yang menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk menuju Gardu Distribusi yang akhirnya di salurkan ke masyarakat.

Jaringan distribusi yang disalurkan dari Gardu Induk biasanya akan dibagi menjadi beberapa penyulang listrik. Tujuannya agar setiap konsumen dapat menerima energi listrik yang sesuai dengan standar. Tetapi pada penyulang listrik yang berada jauh dari Gardu Induk dapat menimbulkan rugi-rugi saluran yang disebabkan oleh panjangnya saluran. Rugi-rugi saluran menyimpan nilai impedansi yang bersifat induktif, yang dapat menimbulkan panas, sehingga panas tersebut menyebabkan saluran mengalami penurunan tegangan. Panas pada saluran disebabkan arus yang tertahan oleh sifat induktif pada jaringan, sehingga dengan pemasangan kapasitor bank dapat melakukan normalisasi, agar rugi-rugi daya berkurang.

Penelitian dilakukan pada penyulang Americano, yang panjang penyulang jauh dari gardu induk Liwa. Penurunan profil tegangan terbesar dari penyulang Americano sebesar 20,1 %, (dilihat dari bus 99 pada simulasi ETAP) yang salah satunya disebabkan panjangnya saluran. Penyulang Americano mengalami reduksi atau penurunan daya sebesar 917 KW (berdasarkan hasil simulasi ETAP pada beban malam), maka untuk memperbaiki profil tegangan dan rugi-rugi daya

pada penyulang Americano, peneliti menggunakan kapasitor bank. Penggunaan kapasitor bank ini sebagai kompensasi daya reaktif beban, sehingga arus pada saluran berkurang yang dapat memperbaiki tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada penyulang [5]. Penggunaan kapasitor bank dibantu dengan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) untuk menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor bank dengan menggunakan pemrograman berbasis MATLAB dan akan dilakukan validasi menggunakan simulasi ETAP 19.0 .

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor bank untuk mereduksi rugi-rugi daya pada penyulang Americano dengan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO).
2. Menentukan profil tegangan pada Penyulang Americano dapat mengalami kenaikan.

## 1.3 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan lokasi kapasitor bank untuk mengurangi rugi-rugi daya dan profil tegangan mengalami kenaikan dengan menggunakan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO)?
2. Bagaimana menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor bank pada pembebanan siang dan malam pada penyulang Americano.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan pembebanan siang dan malam pada gardu distribusi dengan beban *stady state*.
2. Tidak Membahas mengenai keandalan, gangguan dan transien pada penyulang
3. Penggunaan jumlah kapasitor bank yang terpasang sebanyak 5 unit dengan kapasitas per-unitnya sebesar 50 kVAR – 300 kVAR (kelipatan 50).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah terjalinnya kerja sama antara pihak Universitas Lampung dengan PT. PLN (*persero*) UID Lampung dan menganalisis konfigurasi jaringan pada penyulang Americano, untuk mengoptimalkan tegangan dalam rangka Magang Bersertifikat.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **I – PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

#### **II – TINJAUAN PUSTAKA**

Penulis menjelaskan tinjauan pustaka secara teoritis mengenai landasan dalam penelitian ini dan berisi literature penelitian terdahulu.

#### **III – METODOLOGI PENELITIAN**

Memuat waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, serta langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

#### **IV – HASIL DAN PEMBAHASAN**

Memuat analisis dari hasil pengujian.

#### **V – PENUTUP**

Memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran-saran mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

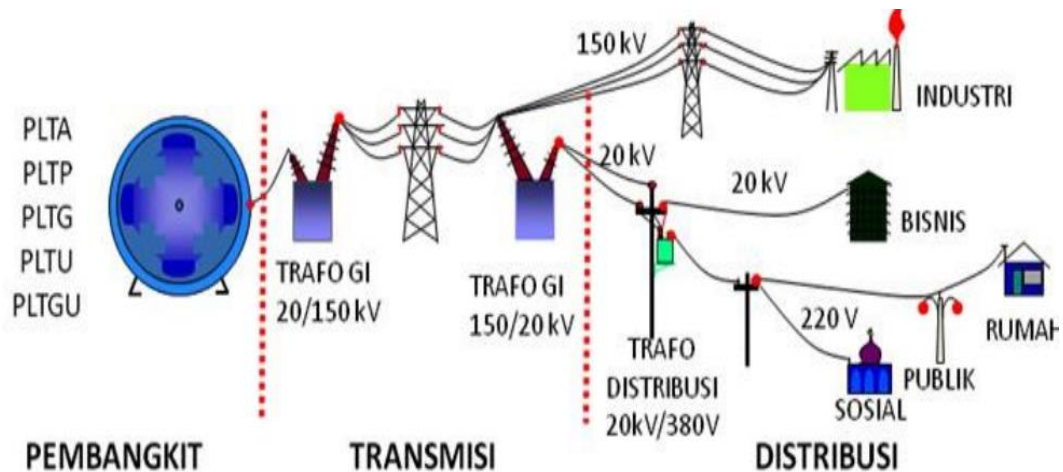
## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik yang handal dan energi listrik dengan kualitas yang baik, memiliki kontribusi penting bagi kehidupan masyarakat modern. Kehidupan masyarakat modern sekarang sudah tergantung dengan penggunaan listrik. Penggunaan listrik tersebut bertujuan untuk mempermudah pekerjaan masyarakat seperti laptop, kulkas, dll.

Untuk menunjang sistem tenaga listrik bagi masyarakat, maka di perlukan pembangkit tenaga listrik yang cukup seperti ; Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dll. Pembangkit listrik tersebut harus di operasikan dengan semaksimal mungkin, karena listrik ketika dibangkitkan perlu digunakan, terkecuali disimpan dengan media baterai. Berdasarkan hal tersebut, agar listrik yang dihasilkan tidak terbuang sia-sia maka perlu dilakukan penyaluran listrik [10]. Untuk menunjang penyaluran listrik yang baik, maka sistem tenaga listrik meliputi 3 peran seperti pada gambar 1.

1. Pembangkit atau sering disebut sebagai produsen energi, berperan dalam produksi tenaga listrik. Pembangkitan listrik tersebut biasanya menggunakan energi baru terbarukan (EBT), atau menggunakan bahan bakar fosil.
2. Transmisi merupakan penyaluran listrik yang ditarik dari genaerator pembangkit. Transmisi biasanya mengalirkan listrik dengan kapasitas tegangan sebesar 150-500 kV, yang bertujuan mengurangi rugi-rugi saluran yang disebabkan oleh penampang.
3. Sistem distribusi ditarik dari Gardu Induk, yang menjadi titik terakhir dari transmisi. Jaringan distribusi terbagi menjadi 2 yaitu, Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Pada JTM, listrik akan mengalirkan tegangan sebesar 20 kV ke setiap gardu distribusi, dan JTR akan mengalirkan tegangan 220 V ke setiap konsumen. Berdasarkan gambar 2.1 ,merupakan gambaran sistem tenaga listrik.



Gambar 1. Gambaran umum sistem tenaga listrik

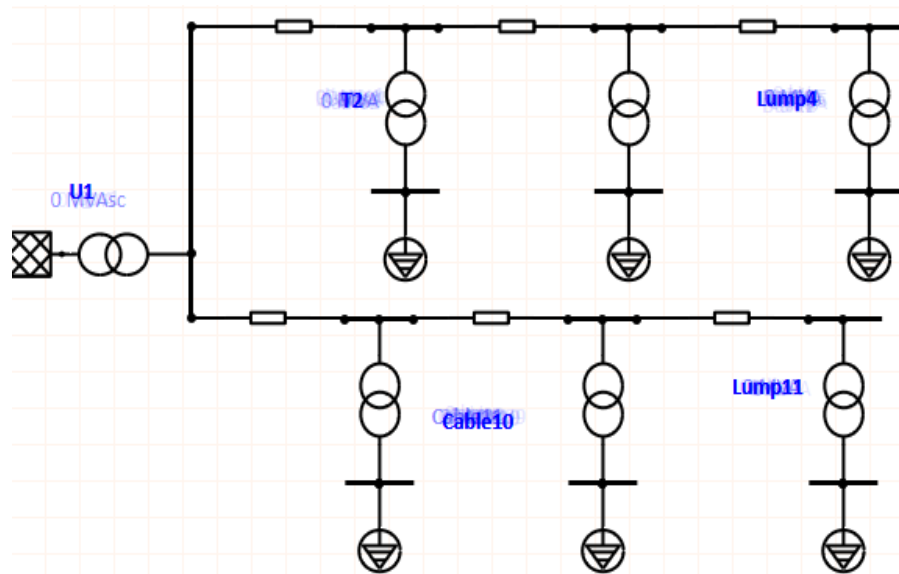
## 2.2 Jaringan Sistem Tenaga Listrik

Jaringan sistem tenaga listrik merupakan bentuk usaha dalam penyaluran tenaga listrik yang dibutuhkan masyarakat, agar dapat digunakan. Setiap jaringan listrik, perlu dilakukan analisis agar penataan dan energi yang tersalurkan dapat sempurna. Penyaluran energi listrik pada Indonesia, telah diatur oleh PT. PLN (persero), dimana kualitas tegangan yang tersalurkan sebesar -10% sampai +5% dalam perunit tegangan (per-unit tegangan = 20 kV). Sehingga untuk mendapatkan kualitas penyaluran yang maksimal, maka perlu dilakukan pemodelan jaringan listrik. Pemodelan jaringan listrik terhadap bentuk penjaringannya, terbagi menjadi 3 kelompok sebagai berikut.

### 2.2.1 Struktur Jaringan Radial

Jaringan radial (seperti gambar 2) menjadi interkoneksi antar gardu, sebab jaringan ini ditarik secara radial ke pusat-pusat beban atau konsumen. Bentuk dari jaringan radial merupakan bentuk paling umum berdasarkan segi pemeliharaan, dan biasanya digunakan untuk melayani daerah beban dengan kerapatan rendah dan sedang. Jaringan radial biasanya terdiri dari saluran utama dan saluran cabang [9].

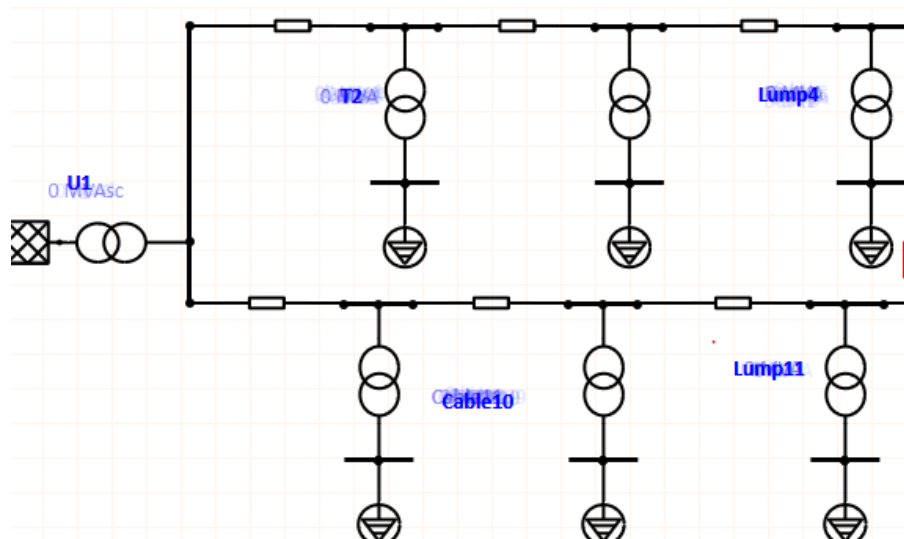




Gambar 2 Gambaran Struktur Jaringan Radial.

### 2.2.2 Struktur jaringan tertutup

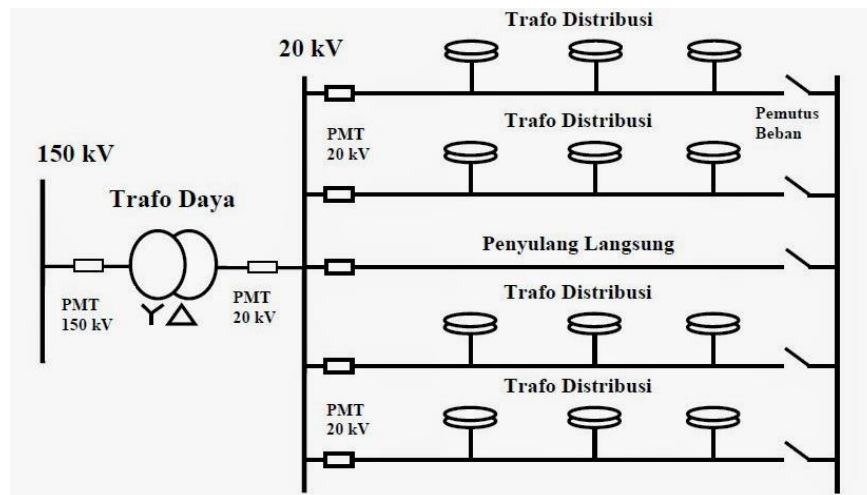
Sistem jaringan (seperti gambar 3) ini disebut rangkaian tertutup karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian tertutup [9]. Keunggulan dari sistem distribusi tertutup, tegangan yang baik, perawatan lebih ke preventif dan keandalan yang lebih baik. Tetapi memerlukan biaya yang besar untuk pengamanan dan penghubungan tenaga listrik.



Gambar 3 Gambaran umum jaringan tertutup.

### 2.2.3 Struktur jaringan spindel

Konfigurasi spindel (seperti gambar 3) merupakan 2 gardu distribusi yang terhubung secara seri, dan di antara ujungnya dihubungkan dengan busbar. *Repeater ekspres* ini berfungsi sebagai *repeater* cadangan yang akan mensuplai daya beban ketika salah satu pengumpan terganggu. Pada jaringan spindel ini terdapat beberapa penyulang dipasok oleh gardu induk dan berakhir di gardu induk relai [9].



Gambar 4 Gambaran umum jaringan spindel.[9]

### 2.3 Analisa Jaringan

Profil tegangan dapat mengalami penurunan dikarenakan tegangan yang digunakan konsumen tidak sama dengan tegangan pada keluaran GI. Hal tersebut dapat dipicu dengan panjangnya penghantar, dll. Jatuhnya profil tegangan atau sering disebut regulasi tegangan VR, yang dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (2.1)$$

Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan maka mutu penyaluran daya tersebut rendah. Dalam saluran distribusi persoalan tegangan sangat penting, baik didalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan, sehingga harus selesai diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran, maka pemilihan penghantar (Penampang Penghantar) harus diperhatikan

[2]. Pada jaringan distribusi radial, rugi-rugi total satu penyulang dapat dinyatakan dengan:

$$P_{rugi}(i, i + 1) = R_{(i,i+1)} \cdot I_i^2 \quad (2.2)$$

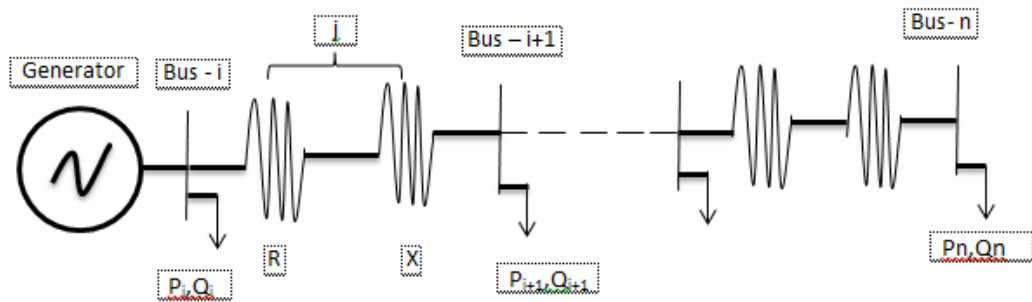
Melakuka subsitusi rumus :

$$P_{rugi}(i, i + 1) = R_{(i,i+1)} \cdot \frac{P_j^2 + Q_j^2}{|V_j|^2} \quad (2.3)$$

dengan:

$P_{rugi}(i, i + 1)$  = rugi-rugi saluran di antara bus i dan bus i+1

Rugi saluran tersebut dinyatakan dengan:



Gambar 5 Contoh *One Line Diagram* Jaringan Distribusi

Maka dapat diketahui rumus total rugi-rugi daya ialah :

$$P_{totalrugi} = \sum_{i=1}^n P_{rugi}(i, i + 1) \quad (2.4)$$

Keterangan :

$R_{i,i+1}$  = Hambatan di antara bus i dengan I + 1.

$P_j$  = Daya aktif di bus i+1

$Q_j$  = Daya reaktif di bus i+1

## **2.4 Aliran Daya**

Analisis aliran daya merupakan analisa yang dilakukan terhadap rangkaian simulasi, yang akhirnya didapatkan hasil dari daya aktif, daya reaktif dari suatu program simulasi penyulang. Suatu aliran daya yang sempurna merupakan daya yang dihantarkan diawal akan sama dengan yang terakhir, tetapi dalam kenyataannya daya akan berkurang hingga akhir jaringan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor ialah panjangnya saluran atau luas penampang kabel yang menyebabkan melonjaknya rugi daya dan kenaikan nilai arus pada jaringan yang meningkat.

Dalam analisis aliran daya, setiap hasil nilai simulasi akan dimunculkan di setiap bus gardu. Sehingga perlu diketahui bus pada sistem tenaga terbagi menjadi tiga yaitu [4] :

### **2.4.1 Bus Referensi**

Bus referensi ialah bus yang digunakan untuk mensuplai bila daya reaktif dan daya aktif mengalami penurunan. Parameter atau besaran yang ditentukan adalah tegangan ( $V$ ) dan sudut fasa ( $\delta$ ). Sistem jaringan listrik terdiri dari 1 bus referensi yang didalamnya terdapat pembangkit dalam kapasitas besar, diantara bus lain.

### **2.4.2 Bus Beban**

Beban-beban yang sifatnya reaktif akan terhubung dengan bus beban. Sedangkan tegangan  $|V|$  dan sudut fasa tegangan  $\delta$  ( sudut antara tegangan sisi kirim dan tegangan sisi kirim ) merupakan dua besaran yang akan dihitung nilainya pada bus beban [4].

### **2.4.3 Bus Generator**

Bus generator merupakan bus yang di kontrol tegangannya dengan beban reaktif sehingga tegangannya tetap. Bus generator akan menghitung daya reaktif dan sudut fasa tegangan, sehingga parameter atau besaran yang diketahui adalah tegangan dan daya aktif.

## **2.5 Kapasitor Bank**

Kapasitor Bank merupakan suatu rangkaian yang tersusun dari beberapa unit kapasitor (seperti gambar 5). Kapasitas pada kapasitor tergantung besarnya daya reaktif ( $Q$ ) nominal yang berbanding lurus dengan tegangan dan frekuensi

nominal, dalam satuan VAR. Kapasitor Bank digunakan dalam daya besar, sebab tujuan pemasangan kapasitor bank ialah untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitas kapasitor dapat bervariasi mulai dari 25 kVAR, 50-300 kVAR, dan 300-1800 kVAR [8].



Gambar 6 Panel kapasitor bank [5]

Berdasarkan dari cara kerjanya, kapasitor bank dibedakan menjadi 2:

1. *Fixed type*, yaitu dengan memberikan sebuah beban kapasitif yang tetap ataupun berubah-ubah pada beban. Pada tipe ini harus dipertimbangkan adalah pada saat pemasangan kapasitor bank tanpa beban[1].
2. *Automatic type*, yaitu memberikan beban kapasitif yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan kapasitor bank yang terpasang. Panel dilengkapi *Power Faktor Controller* (PFC) sebagai pengaman. Apabila pada tipe ini terjadi perubahan beban, maka PFC secara otomatis akan memperbaiki  $\cos \phi$ .

Kapasitor bank memberikan manfaat yang besar untuk kinerja sistem distribusi. Dimana kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya memperbesar kapasitas layanan dan menaikkan profile tegangan [1]. Dengan memberi kompensasi daya reaktif pada motor dan beban lainnya dengan *power faktor* yang rendah, kapasitor akan menurunkan arus jaringan. Penurunan arus ini akan mengurangi rugi-rugi jaringan secara signifikan. Penurunan arus di jaringan ini lebih lanjut akan

memperbesar kapasitas pelayanan. Dimana, jaringan yang sama akan dapat melayani beban yang lebih besar. Kapasitor bank dapat memperbaiki profil tegangan dengan kompensasi daya reaktif akan meningkatkan tegangan jaringan.

## 2.6 Grey Wolf Optimizer (GWO)

Metode optimasi *Grey Wolf Optimizer* (GWO) merupakan salah satu metode optimasi metaheuristik yang ditemukan oleh Seyedali Mirjalili pada tahun 2014 [11]. Teknik optimasi metaheuristik merupakan salah satu metode penyelesaian yang menggunakan konsep pendekatan dalam mencari solusi yang paling optimal dari suatu permasalahan. Metaheuristik menjadi metode optimasi yang sangat populer dan sangat umum untuk digunakan karena metaheuristik memiliki 4 alasan utama yang meliputi: sederhana (*simplicity*), fleksibel (*flexibility*), mekanisme bebas derivasi (*derivation-free mechanism*), dan dapat keluar dari titik optima local (*local optima avoidance*). Metode metaheuristik mengambil konsep sederhana yaitu fenomena alam, dan mekanisme yang bebas derivasi[12].

*Grey Wolf Optimizer* (GWO) merupakan metode optimasi berbasis *swarm intelligence* yang terinspirasi dari tingkah laku atau hierarki sosial dan mekanisme perburuan dari sekumpulan serigala abu-abu (*Grey Wolf*) dalam mencari mangsa. Hierarki sosial serigala abu-abu tersebut terbagi menjadi 4 kategori dan dimulai dari hierarki teratas yaitu alfa, beta, delta dan omega. Hierarki ini mempengaruhi terhadap pengambilan keputusan akhir dalam perburuan. Metode GWO memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lain yaitu lebih cepat dalam mencapai nilai konvergen dan mendapatkan hasil yang kualitatif [11].

Langkah teknik GWO adalah hierarki sosial, pelacakan, pengepungan dan penyerangan mangsa. GWO mempunyai sekumpulan perburuan (optimisasi) dengan tiga penyelesaian yakni *alpha* ( $\alpha$ ), *beta* ( $\beta$ ) dan *delta* ( $\delta$ ), dengan penyelesaian alpha adalah penyelesaian yang terbaik. Penyelesaian selebihnya adalah omega ( $\omega$ ). Berikut merupakan 3 langkah dari teknik GWO :

### 1. *Encercling Prey*

Saat serigala abu-abu menyerang mangsa, mereka cenderung mengepungnya. Persamaan berikut menggambarkan perilaku pengepungan, yakni:

$$\vec{D} = | \vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t) | \quad (2.5)$$



$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (2.6)$$

Dimana  $t$  adalah iterasi saat ini,  $\vec{X}$  adalah vektor posisi dari serigala abu-abu,  $\vec{X}_p$  adalah vektor posisi dari mangsa dan  $\vec{A}$  dan  $\vec{C}$  adalah vektor koefisien yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}1 - \vec{a} \quad (2.7)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}2 \quad (2.8)$$

## 2. *Hunting*

Pada perilaku perburuan, tiga solusi (penyelesaian) disimpan dan kemudian memperbaharui posisi ruang pencarian (termasuk omega) sesuai dengan iterasi saat ini.

$$\vec{D}_\alpha = | \vec{C}1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X} | \quad (2.9)$$

$$\vec{D}_\beta = | \vec{C}2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X} | \quad (2.10)$$

$$\vec{X}2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}2 \cdot (\vec{X}_\beta) \quad (2.11)$$

$$\vec{X}3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}3 \cdot (\vec{X}_\delta) \quad (2.12)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}1 + \vec{X}2 + \vec{X}3}{3} \quad (2.13)$$

## 3. *Attacking Prey*

Ketika mangsa tidak berdaya, maka serigala abu-abu menyelesaikan perburuannya dengan menyerang mangsa. Perilaku ini dapat digambarkan dengan persamaan matematis mendekati mangsa dimana berkurangnya nilai  $A$  merupakan nilai acak pada selang interval  $[-2a, 2a]$  dimana  $a$  yaitu suatu nilai yang berkurang dari 2 ke 0 selama iterasi. Ketika nilai acak  $A$  dalam selang interval  $[-1, 1]$ , *search agent* dapat menempati posisi dimana saja yaitu antara posisi saat ini dengan posisi keberadaan mangsa. Saat  $|A| < 1$  maka serigala dapat menyerang mangsanya [11].

Metode penyelesaian GWO adalah membentuk matriks populasi dengan baris menyatakan jumlah serigala abu-abu sebagai *search agent* dan kolom menyatakan jumlah dimensi *variable control*. Variabel kontrol dari setiap *search agent* pada setiap iterasi dievaluasi untuk memperoleh nilai fungsi objektif, yaitu mengurangi rugi-rugi daya dan tiga nilai *fitness* terbaik disimpan sebagai nilai skor, antara lain

*alpha score*, *beta score*, dan *delta score*. Posisi dari setiap *search agent* diperbaharui pada setiap iterasi selanjutnya. Hal tersebut dilakukan sampai nilai iterasi maksimum didapatkan dan menampilkan nilai *fitness* terbaik serta posisinya[7] .

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (*Persero*) Unit Induk Distribusi (UID) Lampung.

Waktu penelitian dimulai dari bulan Desember 2021 seperti di tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	TAHUN						
		2021	2022					
		12	1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur							
2	Perancangan Program							
3	Seminar Proposal							
4	Pembuatan dan Pengujian							
5	Analisa Data							
6	Penulisan Laporan							
7	Seminar Hasil							

#### 3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Satu buah *Laptop/PC*.
2. Data gardu distribusi Penyulang Americano dari PT. PLN UID Lampung.
3. Perangkat lunak *ETAP 19.01 (Electric Transient and Analysis Program)*.
4. Perangkat lunak Matlab R2016.

#### 3.3 Metode Simulasi Jaringan

Metode simulasi pada penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data-data gardu distribusi di penyulang Americano, baik data per-bus dan data saluran. Setelah itu

melakukan pengolahan data, dengan melakukan simulasi penyulang Americano menggunakan perangkat lunak ETAP 19.01, menjadi gambaran simulasi aliran daya. Simulasi ETAP akan menampilkan nilai tegangan di setiap busnya, dan melalui *report losses* dapat mengetahui reduksi daya yang berdasarkan simulasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi nilai rugi-rugi daya, dan menaikkan profil tegangan, dengan menggunakan kapasitor bank. Kapasitor bank akan dipasang di jaringan penyulang Americano dengan 1 kapasitor di setiap lokasinya. Untuk penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor dibantu dengan metode Grey Wolf Optimizer (GWO). Untuk mengoperasikan pencarian metode GWO perludilakukan program aliran daya pada Matpower dengan perangkat lunak MATLAB R2016. Perhitungan aliran daya ini menggunakan data per-bus dan data saluran yang sama dengan ETAP dan dibentuk 2 buah persamaan matriks yaitu matriks bus dan matriks saluran. Persamaan matriks tersebut akan dilakukan perhitungan dan hasilnya berupa nilai tegangan setiap bus dengan rugi-rugi daya di setiap salurannya. Setelah mendapatkan perhitungan aliran daya pada matpower yang telah mendekati simulasi ETAP, maka dilakukan pencarian dimensi dari kapasitor bank menggunakan metode GWO.

### **3.4 Penentuan Lokasi dan Kapasitas Kapasitor Bank Menggunakan Grey Wolf Optimizer (GWO)**

Selama kondisi operasi normal penambahan kapasitor bank bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan menaikkan profil tegangan. Penggunaan kapasitor bank, harus menentukan kapasitas daya reaktif yang digunakan. Pembangkitan daya reaktif tersebut, tergantung dengan beban reaktif pada Gardu Induk. Selain menentukan kapasitas, dilakukan juga penentuan lokasi dari kapasitor bank. Penentuan lokasi yang tepat maka didapatkan hasil yang optimal. Untuk mendapatkan lokasi dan kapasitas kapasitor bank dibantu dengan metode GWO, dengan mengimplemitasi kawanan serigala yang terdiri dari *alpha*, *beta*, dan *omega*. Setiap evaluasi dari metode GWO, menentukan setiap posisi elemen, dengan menggunakan iterasi maksimum.

Pada kasus penelitian ini, dilakukan pembebanan siang dan malam, dengan lokasi dan kapasitas kapasitor bank yang sama setiap bebannya. Jumlah kapasitor yang digunakan sebanyak 5 unit, dengan kapasitas 50 kVAR – 300 kVAR. Minimalisasi rugi-rugi daya total dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$\min P_{totalrugi} = \min \sum_{i=1}^n P_{rugi}(i, i + 1) \quad (3.1)$$

dengan memenuhi beberapa *constraint*, yakni:

- a. Kapasitor bank hanya bisa dipasang di antara bus 2 sampai bus  $n$ ,

$$2 \leq L_{cap,k} \leq n$$

dimana  $k$  adalah nomor kapasitor dan  $n$  adalah jumlah bus maksimum, yakni  $n=99$ .

- b. Kapasitas setiap kapasitor bank memenuhi:

$$1 \leq C_{cap,k} \leq 6, \quad C = 1,2,3,4,5,6$$

dimana  $k$  adalah nomor kapasitor dan nilai  $C$  adalah kapasitas kapasitor bank dimana setiap unitnya mempunyai kapasitas 50 kVAR.

- c. Jumlah kapasitor paralel yang dipasang adalah 5, atau  $k=5$ .

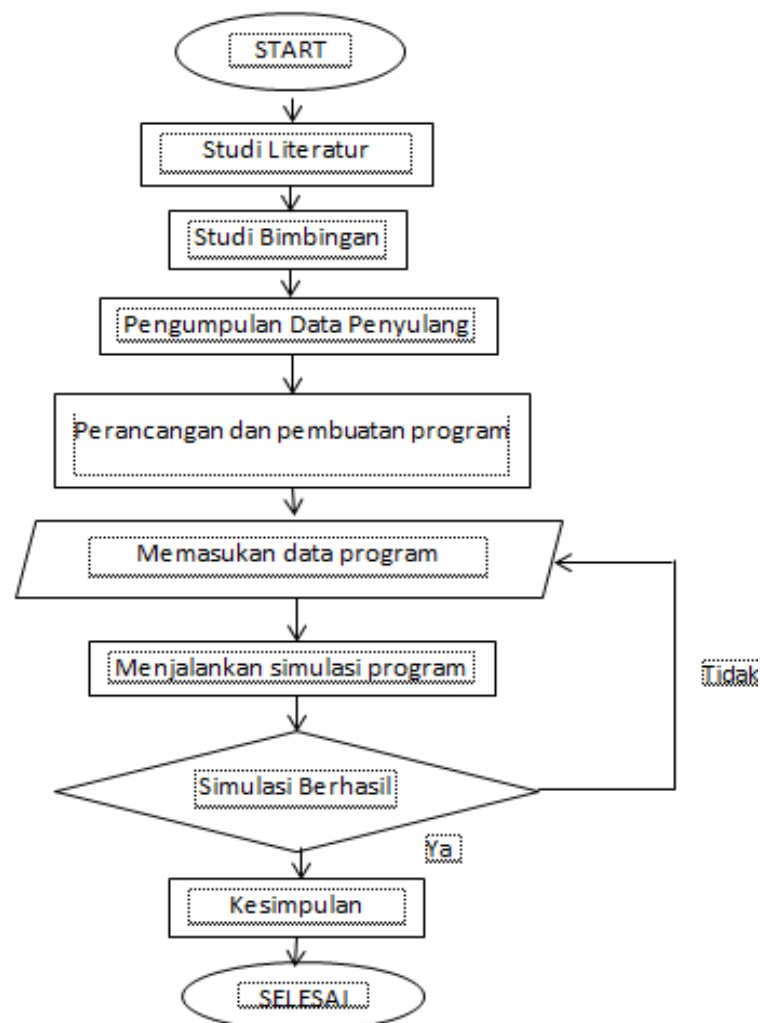
Prosedur simulasi untuk menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor *bank* menggunakan metode GWO dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Memasukkan data-data bus dan saluran serta beban penyulang Americano.
2. Melakukan simulasi aliran daya menggunakan ETAP.
3. Menentukan parameter simulasi menggunakan metode GWO, yakni *search agent* sebanyak 500, jumlah maksimum iterasi sebanyak 100, dengan jumlah ruang dimensi pencarian adalah 10.
4. Melakukan evaluasi fungsi objektif untuk setiap nilai *search agent* serta lokasi dan kapasitor yang optimal untuk pembebanan siang dan pembebanan malam.
5. Melakukan kombinasi hasil lokasi dan kapasitas kapasitor yang diperoleh dari pembebanan siang dan pembebanan malam. Evaluasi fungsi objektif dari semua kombinasi yang diperoleh.
6. Menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor optimal dari hasil evaluasi kombinasi.

7. Mencetak hasil akhir dan profil tegangan.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram penelitian tugas akhir ini, sebagai berikut.

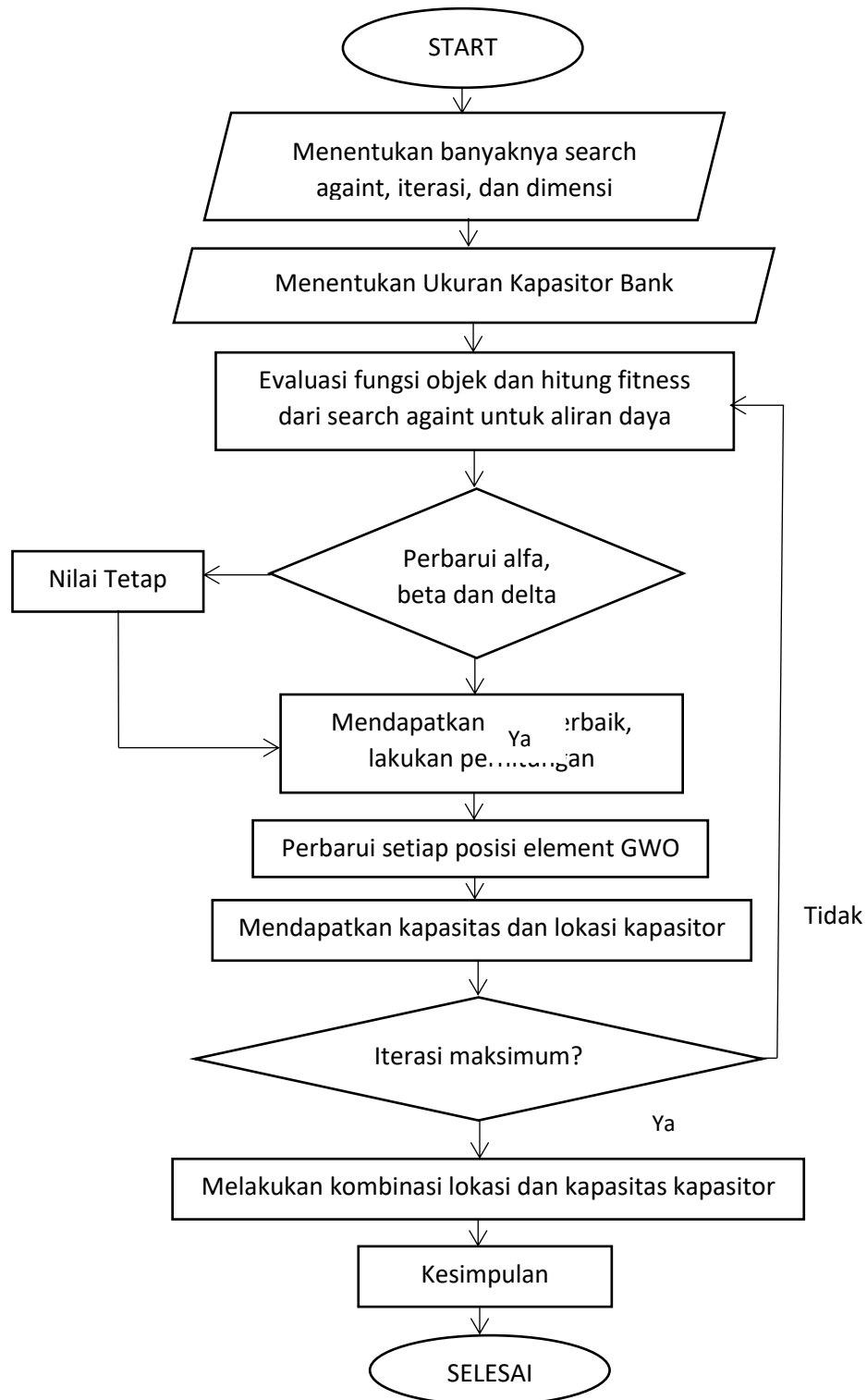


Gambar 7 Gambar diagram alir penelitian



### 3.6 Diagram Alir Metode *Grey Wolf Optimizer*

Adapun diagram alir pada metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) sebagai berikut.



Gambar 8 Diagram Alir Metode *Grey Wolf Optimizer*

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa pada penelitian “Penentuan Lokasi Dan Kapasitas Kapasitor Bank Pada Jaringan Distribusi Penyulang Americano Untuk Meminimalkan Rugi-Rugi Daya Dengan Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO)” dapat diambil kesimpulan :

1. Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) dapat digunakan dalam rekonfigurasi jaringan listrik yang dapat meminimalisasi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan pada penyelesaian penambahan kapasitor pada jaringan tegangan menengah.
2. Berdasarkan hasil simulasi pada beban siang dengan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) didapatkan hasil lokasi dari kapasitor yaitu pada bus 35, bus 39 bus 59 , bus 76, dan bus 79. Hasil reduksi daya dari hasil GWO ialah 301 kVAR pada beban siang dengan persentase reduksi sebesar 29,2 % dari total rugi-rugi sebelum rekonfigurasi.
3. Berdasarkan hasil simulasi pada beban malam dengan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) didapatkan hasil lokasi dari kapasitor yaitu pada bus 35, bus 39 bus 59 , bus 76, dan bus 79. Hasil reduksi daya dari hasil GWO ialah 543 kVAR pada beban siang dengan persentase reduksi sebesar 40 % dari total rugi-rugi sebelum rekonfigurasi.
4. Berdasarkan hasil simulasi pada beban siang dan beban malam dengan metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO) didapatkan hasil profil tegangan yang membaik. Pada beban siang profil tegangan minimum sebelumnya 15,96 kV dan mengalami kenaikan menjadi 17,4 kV. Pada beban malam profil tegangan minimum sebelumnya 14 kV dan mengalami kenaikan menjadi 15,85 kV.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan “Penentuan Lokasi Dan Kapasitas Kapasitor Bank Pada Jaringan Distribusi Penyulang Americano Untuk Meminimalkan Rugi-Rugi Daya Dengan Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO)” saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Berdasarkan hasil simulasi penyulang Americano belum mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar, perlu dilakukan penelitian lanjut dengan penambahan Pembangkit Listrik mini atau pemekaran konfigurasi jaringan baru pada penyulang Americano.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lutfan Akbar A. F. Hadi Suyono, Rini Nur H.. 2021. Kajian Implementasi Hibrid Kapasitor Bank dan Tap Trafo Untuk Perbaikan Profil Tegangan Pada Penyulang. Sumbermanjing Wetan. Jurnal Mahasiswa TEUB, Vol 9, No 5 (2021).
- [2] Ilham Affandy. 2021.” Pengaruh Rekonfigurasi Penyulang Terhadap Drop Tegangan Penyulang Penebel dan Penyulang Jatiluwih PT. PLN (Persero) ULP Tabanan”. Bali, Universitas Udayana.
- [3] Akbar Azizan Firdaos, Luthfan.2021. “ Kajian Implementasi Hibrid Kapasitor Bank Dan Tap Trafo Untuk Perbaikan Profil Tegangan Pada PenyulangSumbermanjing Wetan”. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- [4] Aryan Budi Saputra. 2016. “Rekonfigurasi Sistem Distribusi untuk Mengatasi Beban Lebih dan Meminimalkan Rugi – Rugi pada Jaringan Distribusi Tengkawang Samarinda”. Malang, Institut Teknologi Negeri Malang.
- [5] O. Zebua dan I. M. Ginarsa. 2017. “Optimal Reactive Power Dispatch Untuk Meminimisasi Rugi-Rugi Daya Aktif Pada Sistem Lampung Menggunakan Metode *Grey Wolf Optimizer* (GWO)”. Jurnal Nasional Teknik Elektro, vol. 6, no. 2, pp. 90-96..
- [6] Torang Harison. 2017. “Analisa Rekonfigurasi pada Feeder Sibuk untuk Mengurangi RugiRugi Daya dan Drop Tegangan dengan Menggunakan ETAP 12.6.0” Pekanbaru, Universitas Riau.
- [7] M. Harbi Rai Pangestu.2021. “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi untuk Meminimalisasi Rugi-Rugi Daya dengan Menggunakan Metode Grey Wolf Optimizer (GWO)”. Bandar Lampung, Universitas Lampung.

- [8] Choirul Saleh. 2017. “Implementasi Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Profil Tegangan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Software ETAP Power Station di Rayon Besuki”. Malang, Elekrika.
- [9] Abrar Tanjung. 2014. “Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 KV Gardu Induk Teluk Lembu dan PLTMG Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan”. Universitas Lancang Kuning, Jurnal Sains Teknologi dan Industri.
- [10] Abrar Tanjung. 2019. “Analisis Profil Tegangan dan Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 KV PT PLN (Persero) Rayon Siak Sri Indrapura dengan Beroperasinya PLTMG Rawa Minyak”. Pekanbaru, Universitas Lancang Kuning.
- [11] S. Mirjalili, S. M. Mirjalili dan A. Lewis. 2014. *Grey Wolf Optimizer*. Advances in Engineering Software, ELSEVIER, vol. 69, pp. 46-61.
- [12] D. P. Setianata. 2020. Penyelesaian Economic Dispatch Menggunakan Metode Grey Wolf Optimization (GWO). Teknik Elektro, Universitas Lampung.