

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Referensi terkait dengan Optimasi penempatan transformator distribusi berdasarkan jatuh tegangan pada Penyulang Cemara di PT. PLN Rayon Pekanbaru Kota Timur dapat dilihat dari peneliti terdahulu seperti :

Penelitian dengan Judul “evaluasi penempatan transformator distribusi berdasarkan keseimbangan beban”. Pada penelitian bambang winardi menjelaskan bahwa jika daya mekanik pada poros penggerak awal tidak dengan segera menyesuaikan dengan besarnya beban listik maka frekuensi dan tegangan akan bergeser dari posisi normal. Pada perhitungan susut tegangan dari GI Sronдол Semarang Selatan seperti pada tabel terjadi perbedaan pada setiap feeder sebelum seimbang dengan sesudah seimbang. Feeder SRL01.021.B004.U005 VD turun dari 3,25829385 V menjadi 3,095379158 V sebagai batas maksimum dan 2,932464465 V sebagai batas minimum[5].

Penelitian dengan judul “optimasi penempatan transformator distribusi berdasarkan jatuh tegangan (Studi Kasus Pada Wilayah Kawasan Tertib Listrik UPJ Semarang Selatan)”. Pada penelitian seno menjelaskan bahwa Keseimbangan beban antar fasa diperlukan untuk pemerataan beban sehingga meminimalkan perubahan letak transformator sehingga rugi-rugi pada beban dapat diminimalisir[19].

Penelitian dengan Judul “studi penempatan Transformator distribusi berdasarkan jatuh tegangan pada PT. PLN (Persero) Rayon Medan Kota” . Pada Penelitian ini Ditinjau dari segi panjang saluran distribusi dari gardu induk menuju transformator distribusi maupun dari transformator distribusi ke beban dapat juga menyebabkan tegangan jatuh yang cukup besar. Selain tegangan jatuh yang seakin besar menyebabkan juga kinerja transformator distribusi kurang maksimal. Dengan adanya kondisi tersebut diperlukan evaluasi dan perencanaan kembali yang memperhatikan kriteria-kriteria perencanaan seperti jatuh tegangan (*drop voltage*) yang diijinkan dan kelangsungan pelayanan listrik sehingga muncul optimasi pada jaringan yang dipakai. Metode yang dipakai adalah dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini menggunakan studi aliran daya dengan metode *newton raphson* menggunakan ETAP 12.6 dengan melihat nilai jatuh tegangan pada sistem jaringan. optimasi sistem distribusi tersebut, pada penelitian ini ditekankan pada jatuh tegangan menggunakan metode pendekatan langsung dengan cara menyeimbangkan beban dengan melihat langsung nilai *realtime* beban. Dan juga menganalisis data serta merubah jaringan yang sudah ada menggunakan ETAP 12.6. Penelitian sebelumnya juga tidak menggunakan simulasi dengan menggunakan ETAP, penelitian sebelumnya hanya menghitung jatuh tegangan secara manual dengan menggunakan *microsoft excel*. Pada penelitian ini optimasi dilakukan dengan pendekatan langsung, yaitu dengan melakukan pengukuran pada waktu beban puncak, sehingga beban dapat diseimbangkan.

2.2 Profil Penyulang Cemara

Penyulang Cemara ini disuplai dari Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru, dengan luas penyulang 79,25 kms dan total pelanggan 3.101. Penyulang Cemara adalah Busbar 1 dari trafo TD 1 60 MVA. Penyulang ini memiliki 73 trafo dengan variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga[1].

2.3 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan energi listrik dari gardu induk bertegangan menengah ke konsumen. Fungsi utama sistem distribusi adalah menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya ke konsumen. Sumber daya tersebut dapat berupa [15]:

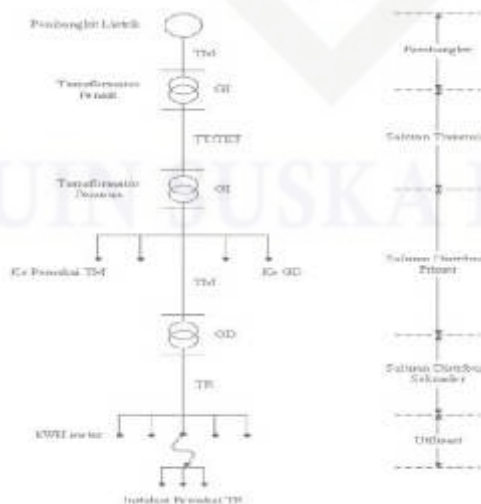
- a. Pusat pembangkit listrik yang langsung berhubungan dengan jaringan distribusi.
- b. Gardu induk, yaitu gardu yang disuplai melalui pembangkit listrik melalui jaringan transmisi dan sub transmisi. Salah satu fungsi dari gardu induk adalah mensuplai tenaga listrik kekonsumen yang terletak jauh dari pusat pembangkit tenaga listrik.

Secara umum sistem tenaga listrik tersusun atas tiga subsistem pokok yaitu: subsistem pembangkit, subsistem transmisi, dan subsistem distribusi. Tenaga

listrik dari pembangkit menghasilkan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV dari gardu tersebut kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan tegangan dinaikkan yaitu memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi[15].

Setelah saluran transmisi mendekati pusat pemakaian tenaga listrik, yang dapat merupakan suatu daerah industri atau suatu kota. Tegangan melalui gardu induk (GI) diturunkan menjadi tegangan menengah (TM) 20kV. Setiap gardu induk (GI) sesungguhnya merupakan pusat beban untuk suatu daerah pelanggan tertentu, bebannya berubah-ubah sepanjang waktu sehingga daya yang di bangkitkan dalam pusat-pusat listrik harus selalu berubah. Perubahan daya yang dilakukan di pusat pembangkit ini bertujuan untuk mempertahankan tenaga listrik tetap pada frekuensi 50Hz. Proses perubahan ini dikoordinasikan dengan Pusat Pengaturan Beban (P3B).

Tegangan menengah dari gardu induk (GI) ini melalui saluran distribusi primer, untuk disalurkan ke gardu-gardu distribusi (GD) atau pemakai tegangan menengah (TM). Dari saluran distribusi primer, tegangan menengah (TM) diturunkan menjadi tegangan rendah (TR) 220V/380 V melalui gardu distribusi (GD). Tegangan rendah dari gardu distribusi disalurkan melalui saluran tegangan rendah ke konsumen tegangan rendah[14].



Gambar 2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik [14]

Keterangan Gambar 2.1 :

TR = Tegangan Rendah

TM = Tegangan Menengah

TT = Tegangan Tinggi

TET = Tegangan Ekstra Tinggi

GI = Gardu Induk

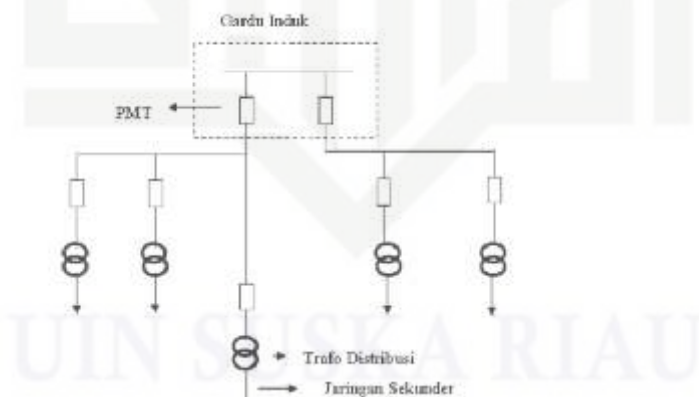
GD = Gardu Distribusi

Pada Gambar 2.3 terlihat jelas bahwa arah mengalirnya energi listrik berawal dari pusat tenaga listrik melalui saluran-saluran transmisi dan distribusi dan sampai pada instalasi pemakai yang merupakan unsur utilisasi.

Dalam sistem distribusi terdapat beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, yaitu [4]:

1. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sistem radial ini merupakan suatu sistem distribusi tegangan menengah yang paling sederhana, murah, banyak digunakan terutama untuk sistem yang kecil, kawasan pedesaan. Umumnya digunakan pada SUTM, proteksi yang digunakan tidak rumit dan keandalannya paling rendah[15].



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Sistem Radial [15]

2. Sistem Jaringan Distribusi ring (*loop*)

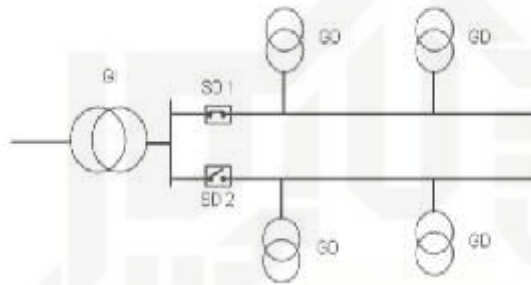
Merupakan pengembangan dari sistem radial, sebagai dari diperlukannya kehandalan yang lebih tinggi dan umumnya sistem ini dapat dipasang dalam satu gardu induk. Dimungkinkan juga dari gardu induk lain tetapi harus dalam satu sistem di sisi tegangan tinggi[15].

a. Bentuk *open loop*

Jika dilengkapi dengan *normally-open switch*, itu berarti ketika dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

b. Bentuk *close loop*

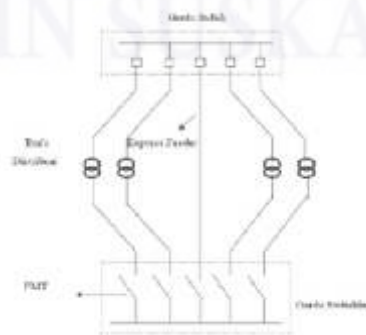
Apabila kondisinya dibuat *normally-close switch*, itu berarti dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.



Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Sistem Loop [15]

c. Sistem Jaringan Distribusi *Spindle*

Sistem Spindle merupakan sistem yang relatif handal karena disediakan satu buah *express feeder* yang merupakan *feeder*/penyulang tanpa beban dari gardu induk sampai gardu hubung / GH refleksi, banyak digunakan pada jaringan SKTM. Sistem ini relatif mahal karena biasanya dalam pembangunannya sekaligus untuk mengatasi perkembangan beban dimasa yang akan datang. Proteksinya relatif sederhana hampir sama dengan sistem *open loop*. Biasanya di tiap-tiap *feeder* dalam sistem spindle disediakan gardu tengah (*middle point*) yang berfungsi untuk titik manufer apabila terjadi gangguan pada jaringan tersebut[15].



Gambar 2.4 Jaringan Distribusi Sistem Loop [15]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.4 Kawat Penghantar Jaringan Distribusi

Kawat penghantar merupakan bahan yang digunakan untuk menghantarkan tenaga listrik pada sistem saluran udara dari Pusat pembangkit ke pusat-pusat beban (*load center*), baik langsung menggunakan jaringan distribusi ataupun jaringan transmisi terlebih dahulu. Pemilihan kawat penghantar yang digunakan untuk saluran udara didasarkan pada besarnya beban yang dilayani, makin luas beban yang dilayani makin besar ukuran penampang kawat penghantar yang digunakan. Dengan penampang kawat yang besar akan membuat tahanan kawat menjadi kecil. Agar tak terjadi kehilangan daya pada jaringan dan daya guna (efisiensi) penyaluran tetap tinggi, diperlukan tegangan yang tinggi[15].

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Logam Penghantar Jaringan [15]

Macam Logam	Berat Jenis	Tahanan Jenis (m/cm)	Titik Cair (°C)	Resistansi ()	Koefisien suhu (°K)	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)
Aluminium	2,56	0.03	660	33.3	0.0038	15-23
Tembaga	8,95	0.0175	1083	57.14	0.0037	30-48
Baja	7,85	0.42	1535	10	0.0052	46-90
Perak	10,5	0.018	960	62.5	0.0036	
Kuningan	8,44	0.07	1000	14.28	0.0015	
Emas	19,32	0.022	1063	45.45	0.0035	

2.4.1 Spesifikasi Pemakaian Kawat Penghantar

Konstruksi menggunakan penghantar telanjang AAC dan AAAC. Untuk kawat petir (*shield/earth wire*) dipakai penghantar dengan luas penampang 16 mm². Sedangkan kawat ACSR digunakan untuk kondisi geografis tertentu (memerlukan bentangan melebihi jarak standar untuk memperkecil andongan dan memperkuat gaya mekanis)[15].

Tabel 2.2 Konstanta Jaringan Yang Digunakan Penyulang Cemara [1]

Jenis Bahan Penghantar	Luas Penampang (mm^2)	Impedansi (Z) ohm/Kms	Arus (A)
AAAC	35	0,6452 + j0,3678	210
AAAC	70	0,4608 + j0,3572	155
AAAC	150	0,2162 + j0,3305	425
AAAC	240	0,1344 + j0,3158	585

Untuk menentukan jenis penghantar, harus ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis, seperti tegangan nominalnya, konstruksi (ukuran), dan KHA (kuat hantar arusnya). Konstruksi atau luas penampang dari penghantar juga dapat ditentukan dengan melihat rapat arus nominal suatu penghantar. Penentuan rapat arus ini berhubungan dengan suhu maksimum penghantar. Dan dapat dinyatakan sebagai berikut[15]:

$$S = \frac{I}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

S = Rapat Arus (A/mm^2)

A = Luas Penampang Kabel (mm^2)

I = Arus lewat (A)

Berdasarkan konstruksi dan kuantitasnya juga akan mempengaruhi besarnya nilai hambatan atau resistansi dari penghantar[15].

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan :

R = Nilai Resistansi ()

A = Luas Penampang Kabel (m^2)

L = Panjang Penghantar (m)

ρ = Resistivitas Bahan(/m)

Secara umum kawat-kawat penghantar terdiri dari kawat pilin untuk menghitung pengaruh dari pilin, panjang kawat dikalikan 1,02 (2% dari faktor

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

koreksi). Tahanan kawat berubah oleh temperatur dalam batas temperature 10°C sampai 100°C, maka tembaga dan aluminium berlaku persamaan[15].

$$R_{t_2} = R_{t_1} [1 + \alpha_{t_1} (t_2 - t_1)] \quad (2.3)$$

Keterangan:

R_{t_1} = tahanan pada temperatur t_1

R_{t_2} = tahanan pada temperatur t_2

α_{t_1} = koefisien temperatur dari tahanan pada temperatur t_1 °C

Jadi,

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \quad (2.4)$$

Atau,

$$R_{t_2} = R_{t_1} \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \quad (2.5)$$

Keterangan :

R_{t_2} = tahanan pada temperatur t_2 °C

R_{t_1} = tahanan pada temperatur t_1 °C

T_0 = Temperatur transisi bahan

= 238,5 untuk tembaga dalam °C

= 288,1 untuk aluminium dalam °C

t_1 = 20°C, suhu terendah pada penghantar telanjang SUTM

= 60°C, suhu tertinggi pada penghantar telanjang SUTM

2.5 Gardu Induk

Gardu Induk merupakan suatu instalasi yang terdiri dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu dengan pertimbangan teknis, ekonomis serta keindahan. Fungsi dari Gardu Induk adalah sebagai berikut : a. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ketegangan yang lainnya atau tegangan menengah. b. Pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik. c. Pengaturan daya ke gardu-gardu lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah. Pada dasarnya gardu induk terdiri dari saluran masuk dan

dilengkapi dengan transformator daya, peralatan ukur, peralatan penghubung dan lainnya yang saling menunjang[14].

2.6 PHB Sisi Tegangan Menengah (PHB-TM)

1. Pemisah – *Disconnecting Switch* (DS)

Berfungsi sebagai pemisah atau penghubung instalasi listrik 20 kV. Pemisah hanya dapat dioperasikan dalam keadaan tidak berbeban[1].

2. Pemutus beban – *Load Break Switch* (LBS)

Berfungsi sebagai pemutus atau penghubung instalasi listrik 20 kV. Dapat dioperasikan dalam keadaan berbeban dan terpasang kabel masuk atau keluar gardu distribusi[1].

3. Pemutus Tenaga – *Circuit Breaker* (CB)

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan hubung singkat[1].

2.7 Susut Daya Jaringan

Susut daya merupakan kehilangan energi pada sektor kelistrikan yang dikatakan sebagai susut energi. Susut adalah jumlah energi yang hilang oleh system yang tidak diserap oleh beban sehingga tidak ditagihkan, dandianggap energi yang hilang[20].

$$\text{Rumus susut (total)} = \frac{\text{kWh Produksi} - \text{kWh Jual}}{\text{kWh Produksi}} \quad (2.6)$$

2.7.1 Susut Daya Teknis

Susut teknis, yaitu energi listrik yang hilang dan tidak dapat disalurkan kepada pelanggan karena disebabkan oleh beberapa faktor teknik[20].

Rumus susut daya teknis[20] :

$$P = I^2 \cdot R \quad (2.7)$$

Keterangan :

P = Susut daya pada penghantar(W)

R = Resistansi total penghantar()

I = Arus beban rata-rata(A)

Optimasi penempatan transformator distribusi dilakukan untuk

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

meminimisasi daya kompleks sehingga didapatkan persamaan[4].

$$Loss = R \frac{S}{V} \quad (2.8)$$

Keterangan :

R= Resistansi saluran ()

S = Daya Kompleks (VA)

V = Tegangan (volt)

Dari persamaan di atas dengan menjabarkan daya kompleks maka didapatkan[4]:

$$Loss = R \times \frac{S^2}{P^2 + jQ^2} \quad (2.9)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (watt)

Q = Daya Reaktif (watt)

Dan untuk susut transformator terdiri dari susut inti besi dan susut tembaga. Besarnya susut inti besi konstan(tidak dipengaruhi pembebanan pada transformator).Besarnya susut tembaga transformator disebabkan resistansipada kumparan trafo. Rugi-rugi tembaga sebanding dengan kuadrat arus atau kuadrat kVA. Atau rugi-rugi tembaga setengah beban penuh sama dengan seperempat rugi- rugi beban penuh. Besarnya rugi-rugi ini dapat diketahui melalui tes hubung singkat[14].

Rugi-rugi daya transformator dapat dituliskan dengan persamaan berikut :

Untuk mencari arus nominal pada transformator , maka[14] :

$$I_n = \frac{S_{trans}}{V} (A) \quad (2.10)$$

Keterangan:

I_n = Arus nominal pada Transformator(A)

S_{trans} = Daya Transformator (KVA)

V = Tegangan pada Transformator(V)

Tahanan tembaga[14] :

$$R = P_{cu} / I_n^2 (\Omega) \quad (2.11)$$

Keterangan:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

R = Tahanan tembaga()

P_{cu} = Susut tembaga(W)

I_n = Arus nominal(A)

Susut tembaga[14] :

$$P_{cu} = I^2 R_{cu} \quad (2.12)$$

Keterangan:

P_{cu} = Susut tembaga(W)

I = Arus Transformator(A)

R_{cu} = Tahanan tembaga()

Susut total transformator[14] :

$$P_{trans} = P_{FE} + P_{cu} \quad (2.13)$$

Keterangan:

P_{trans} = Susut daya Transformator(W)

P_{FE} =

P_{cu} = Susut tembaga

2.7.2 Susut Daya Non Teknis

Merupakan susut daya yang bukan diakibatkan kesalahan sistem atau teknis, akan tetapi berada pada luar sistem[20].

2.8 Daya Listrik

Ada beberapa jenis daya listrik yang dibahas pada bab ini, yaitu[20]:

2.8.1 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang melewati suatu saluran penghantar yang ada pada jaringan transmisi maupun jaringan distribusi. Dimana untuk daya semu ini dibentuk oleh besaran tegangan yang dikalikan dengan besaran arus.

Untuk 1 fasa yaitu[20] :

$$S = V.I \quad (2.14)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Untuk 3 phasa yaitu[20] :

$$S = 3V.I \tag{2.15}$$

Keterangan:

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

2.8.2 Daya aktif

Daya aktif (daya nyata) adalah daya yang dipakai untuk menggerakkan berbagai macam seperti : gerakan motor listrik atau mekanik, daya aktif ini merupakan pembentuk dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

Untuk 1 phasa[20] :

$$P = V.I \text{ Cos} \tag{2.16}$$

Untuk 3 Phasa[20] :

$$P = 3V.I \text{ Cos} \tag{2.17}$$

Dimana :

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan yang ada (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

= Faktor daya

2.8.3 Daya reaktif

Daya reaktif untuk 1 phasa yaitu[20] :

$$Q = V.I \text{ Sin} \tag{2.18}$$

Untuk 3 phasa[20] :

$$Q = 3V.I \text{ Sin} \tag{2.19}$$

Dimana :

P = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan yang ada (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

= Faktor daya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.9 Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan.

Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada [4]:

1. Penyulang Tegangan Menengah (TM)
2. Transformator Distribusi
3. Penyulang Jaringan Tegangan Rendah
4. Sambungan Rumah
5. Instalasi Rumah

Adapun penyebab Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*) adalah [4]:

1. Jauhnya jaringan, jauhnya jarak transformator dari Gardu Induk
2. Rendahnya tegangan yang diberikan GI atau rendahnya tegangan transformator distribusi.
3. Sambungan penghantar yang tidak baik, penjampanan disaluran distribusi tidak tepat sehingga bermasalah di sisi tegangan menengah dan tegangan Rendah.
4. Jenis penghantar atau konektor yang digunakan
5. Arus yang dihasilkan terlalu besar.

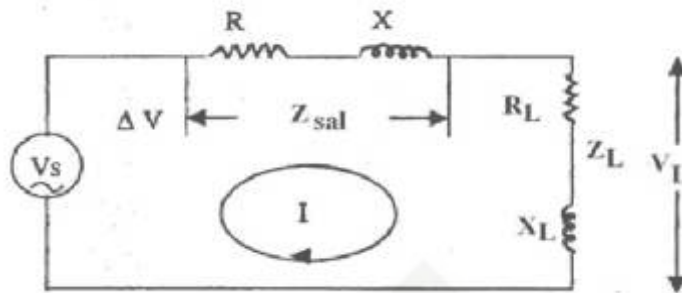
Untuk mendapatkan nilai jatuh tegangan dan susut yang dikehendaki perlu memasukkan parameter – parameter antara lain [4]:

1. Ukuran (luas penampang) dan jenis penghantar
2. Beban nominal penghantar
3. Panjang Jaringan

Perhitungan jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer, maka untuk saluran distribusi primer besar jatuh tegangan pada saluran distribusi primer adalah berdasarkan gambar dibawah ini [4]:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.5 Diagram saluran distribusi tenaga listrik [4]

Dengan :

- V_s = tegangan sumber (Volt)
- V_R = tegangan pada sisi penerima (Volt)
- R = resistansi saluran ()
- X = reaktansi saluran ()
- Z_{sal} = Impedansi saluran ()
- R_L = resistansi beban ()
- X_L = Reaktansi beban ()
- Z_L = impedansi beban ()
- I = arus beban (A)
- V = susut tegangan (volt)

Sesuai dengan SPLN no. 72 tahun 1987 yaitu terjadinya jatuh tegangan dengan batas toleransi adalah +5% dan -10% sementara pada tegangan terima terendah adalah 17,502 kV dengan tegangan kirim adalah 20,5 kV. Dimana menurut SPLN 72 tahun 1987 penurunan tegangan maksimum pada beban penuh, yang dibolehkan di beberapa titik jaringan distribusi adalah [2] :

- a. SUTM : 5% dari tegangan kerja bagi sistem radial.
- b. SKTM : 2% dari tegangan kerja pada sistem spindel dan gugus.
- c. Trafo Distribusi : 3% dari tegangan kerja.
- d. Saluran tegangan rendah : 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- e. Sambungan Rumah = 1% dari tegangan nominal.

Maka untuk saluran distribusi primer perhitungan besar jatuh tegangan pada saluran distribusi primer untuk sistem tiga fasa adalah [4]:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\Delta V = I \cdot R \cos \varphi + I \cdot X \sin \varphi \text{ atau } I_s \times (R_s + jX_s) \quad (2.20)$$

Keterangan:

- ΔV = Jatuh Tegangan (Volt)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- R = Tahanan saluran ()
- X = Reaktansi ()
- φ = Sudut dari Faktor Daya Beban
- $Z = R + jX$ Impedansi Saluran

Besar persentase jatuh tegangan pada saluran distribusi primer dapat dihitung dengan[4]:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{LL}} \times 100\% \quad (2.21)$$

Keterangan:

- $\% \Delta V$ = Persentase jatuh tegangan (%)
- ΔV = Jatuh Tegangan (Volt)
- V_{LL} = Tegangan (Volt)

Dari persamaan terlihat, nilai jatuh tegangan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu daya aktif (P), resistansi dan reaktansi saluran (R dan X) serta daya reaktif(Q).

2.10 Reaktansi

Reaktansi penghantar untuk jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari induktansi, maka reaktansinya disebut induktif (X_L). Dapat dinyatakan dengan[4]:

$$X_L = 2 \pi f \cdot L \quad (2.22)$$

Keterangan :

- X_L = Reaktansi jaringan ()
- F = Frekuensi (Hz)
- L = Induktansi (H)

2.11 Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisa kualitas kinerja transformator distribusi dalam melayani beban adalah sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.11.1 Perhitungan Arus Beban Penuh Transformator Distribusi

Daya transformator distribusi bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (sisi primer) maka dapat dirumuskan sebagai berikut[4] :

$$S = 3V \cdot I \quad (2.23)$$

Dengan :

S = Daya transformator (Kva)

V = Tegangan sisi primer transformator (V)

I = Arus jala-jala (A)

Dengan demikian, untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus[4] :

$$I_{FL} = \frac{S_{in}}{3V_{LL}} \quad (2.24)$$

Dengan :

I_{FL} = Arus beban penuh transformator (A)

S_{in} = Daya transformator saat beban (kVA)

V_{LL} = Tegangan sisi primer transformator / Tegangan jala-jala (V)

2.11.2 Perhitungan Resistansi dan Induktansi Keseluruhan dari Saluran Primer yang Menuju Transformator

- Tahanan total saluran distribusi primer dari gardu induk sampai pada sisi primer transformator adalah[7]:

$$R_{saturan} = R \times \frac{V_{LL}}{I} \quad (2.25)$$

Dengan :

R = Resistansi penghantar ()

V_{LL} = Tegangan sisi primer/ tegangan jala-jala(V)

I = Arus pada penghantar (A)

- Induktansi total saluran distribusi primer dari gardu induk sampai pada sisi primer transformator adalah[7]:

$$X_{saturan} = X \times \frac{V_{LL}}{I} \quad (2.26)$$

Dengan :

X = Reaktansi penghantar ()

$V =$ Tegangan sisi primer/ tegangan jala-jala(V)

2.12 Sifat Beban Listrik

Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut[4] :

2.12.1 Beban Resistif

Beban resistif yang merupakan suatu resistor murni, contoh : lampu pijar, pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Tegangan dan arus se-fasa. Secara matematis dinyatakan[4] :

$$R = V / I \quad (2.27)$$

Keterangan:

R = tahanan (ohm)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)



Gambar 2.6 Arus dan tegangan pada beban resistif [4]

2.12.2 Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR). Tegangan mendahului arus sebesar ϕ . Secara matematis dinyatakan[7] :

$$X_L = 2\pi f \cdot L \quad (2.28)$$

Adapun Rumus Rugi daya beban Aktif adalah sebagai berikut[7] :

$$\Delta P = 3I_{\text{phasa}} R^2_{\text{total}} \quad (2.29)$$

Dimana :

P = Rugi daya Aktif (Watt)

R = Resistansi (ohm)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$I_{\text{phasa}} = \text{Arus pada phasa (A)}$

2.12.3 Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Arus mendahului tegangan sebesar π . Secara matematis dinyatakan[7] :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.30)$$

Adapun rumus rugi daya beban kapasitif adalah sebagai berikut[7] :

$$\Delta Q = 3I_{\text{phasa}}^2 X_{\text{total}} \quad (2.31)$$

Dimana :

Q = Rugi daya Reaktif (VAR)

I_{phasa} : Arus yang mengalir pada phasa (A)

X : Reaktansi (Ohm)

2.13 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya, dan faktor daya atau daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Studi aliran daya sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang, karena pengoperasian yang baik dari sistem tersebut banyak tergantung pada diketahuinya efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru, stasiun pembangkit baru, serta saluran transmisi baru, sebelum semuanya itu dipasang[10].

Analisis aliran daya listrik dalam setiap tenaga listrik digunakan untuk menentukan besaran-besaran listrik yang ada pada sistem tenaga listrik, jatuh tegangan, penggunaan beban, hubung singkat, rugi daya, dll. Dalam studi aliran daya perlu sedikit data-data dari generator, transformator, busbar, dan juga beban agar besaran listrik yang lain dapat diketahui.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Daya listrik akan selalu menuju ke beban, sehingga disebut aliran daya atau aliran beban.

Ada beberapa metode untuk menyelesaikan studi aliran daya ini, berikut ditampilkan pada tabel 2.1[10]

Tabel 2.3 Perbedaan Metode Gauss-Seidel, Newton Raphson, dan Fast Decouple[10]

Gauss-Seidel	Newton Raphson	Fast Decouple
Hanya butuh sedikit masukan	butuh banyak nilai masukan dan parameter	butuh banyak nilai masukan dan parameter
pemrograman dan perhitungan relatif mudah	pemrograman dan perhitungan relatif lebih sulit	pemrograman dan perhitungan relatif lebih sulit
sesuai untuk sistem jaringan yang sedikit, lima simpul atau kurang	sesuai untuk sistem jaringan yang banyak, lebih dari lima simpul	sesuai untuk sistem jaringan yang banyak, lebih dari lima simpul
menggunakan teknik iterasi yang relatif singkat	menggunakan teknik <i>first Order Derivative</i>	menggunakan 2 set persamaan, antara sudut tegangan, daya reaktif dan magnitude tegangan
lambat dalam kecepatan perhitungan	cepat dalam perhitungan	cepat dalam perhitungan namun kurang presisi

2.13.1 Metode Perhitungan Aliran Daya Newton Raphson (Metode N-R)

Metode *Newton-raphson* pada dasarnya adalah metode *Gauss-Seidel* yang diperluas dan disempurnakan. Perhitungan aliran daya dengan metode *Newton-Raphson* (N-R) dianggap efektif dan menguntungkan untuk sistem jaringan yang besar dan luas[10].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Metode N-R mengatasi kelemahan pada metode G-S antara lain ketelitian dan jumlah iterasi, karena mempunyai waktu hitung konvergasi yang cepat (membutuhkan jumlah iterasi yang lebih sedikit).

Perhitungan dimulai dengan membentuk impedansi jaringan[10].

$$Z_{ij} = R_{ij} + jX_{ij} \quad (2.32)$$

Dimana :

Z_{ij} = Impedansi jaringan antara bus ke i dan bus ke j

R_{ij} = Resistansi jaringan antara bus ke i dan bus ke j

X_{ij} = Reaktansi jaringan antara bus ke i dan bus ke j

Kemudian dibentuk admitansi jaringan:

$$Y_{ij} = Y_{rij} + jY_{xij} \quad (2.33)$$

Dimana:

$$Y_{rij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2} \quad \text{dan} \quad Y_{xij} = \frac{X_{ij}}{X_{ij}^2 + R_{ij}^2} \quad (2.34)$$

Daya terjadwal pada setiap bus dihitung dengan rumus [10] :

$$P_{jad} = P_{generator} - P_{beban}$$

$$Q_{jad} = Q_{generator} - Q_{beban}$$

$$P_i^{hit} = \pi \sum_{IF=1}^3 [Y_{in} V_n Y_i] \cos(\theta_{in} + \delta_n + \delta_i)$$

$$Q_i^{hit} = \pi \sum_{IF=1}^3 [Y_{in} V_n Y_i] \sin(\theta_{in} + \delta_n + \delta_i) \quad (2.35)$$

Dimana :

P_i = Daya aktif terhitung pada bus i

Q_i = Daya reaktif terhitung pada bus i

V_i, θ_i = Magnitude tegangan dan sudut fasa pada bus i

V_j, θ_j = Magnitude tegangan dan sudut fasa pada bus j

Y_{in}, θ_{in} = Magnitude dan sudut fasa pada elemen matriks $[Y]$

Mismatch power dihitung dengan persamaan dibawah ini [10]:

$$\Delta P_n = P_n^{jad} - P_n^{hit}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\Delta Q_n = Q_n^{Jad} - Q_n^{hit} \quad (2.36)$$

Dimana :

P_i = Mismatch daya aktif bus ke i

Q_i = Mismatch daya reaktif bus ke i

Selanjutnya dibentuk Matriks Jacobian dengan persamaan [10]:

$$[J_{accobian}] = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

Setelah diperoleh setiap elemen dari submatriks tersebut, selanjutnya dibentuk matriks jacobian dengan menggabungkan setiap elemen dari sumatriks tersebut. Selanjutnya matriks jacobian selanjutnya diinvers menjadi $[Jacobian]^{-1}$. Sehingga diperoleh nilai untuk $\Delta \theta_i$ dan $\Delta |V_i| / |V_i|$, kemudian [10]:

$$\Delta \delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (2.38)$$

Dimana :

δ_i = Perubahan sudut fasa tegangan bus ke i

$|V_i|$ = Perubahan magnitude tegangan bus ke i

Daya pada slack bus dihitung setelah konvergensi tercapai, rumusnya yaitu[10]:

$$\begin{aligned} P_i &= \sum_{n=1}^N [Y_{in} V_i Y_n] \cos (\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \\ Q_i &= - \sum_{n=1}^N [[Y_{in} V_i Y_n] \sin (\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \end{aligned} \quad (2.39)$$

Dimana :

P_i = Daya aktif pada slack bus

Q_i = Daya reaktif pada slack bus

Persamaan untuk menghitung aliran daya antar bus [10]:

$$S_{ij} = V_i (V_{ij} Y_{ij} V_i Y_{ij}) \quad (2.40)$$

atau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$P_{ij} - jQ_{ij} = V_i(V_i - V_j)Y_{ij} + V_iV_iY_{Cij} \quad (2.41)$$

Dimana :

- S_{ij} = Aliran daya kompleks dari bus i ke bus j
- P_{ij} = Aliran daya aktif dari bus i ke bus j
- Q_{ij} = Aliran daya reaktif dari bus i ke bus j
- V_i = Tegangan vector di bus i
- V_j = Tegangan vector di bus j
- V_{ij} = Tegangan vector antara bus i dan bus j
- Y_{ij} = Admitansi antara bus i dan bus j
- Y_{Cij} = Admitansi line charging antara bus i dan bus j

Persamaan rugi – rugi daya antar bus :

$$S_{ij} (\text{losses}) = S_{ij} + S_{ji} \quad (2.42)$$

Dimana :

- $S_{ij} (\text{losses})$ = Rugi – rugi daya kompleks dari bus i ke bus j
- S_{ij} = Daya kompleks dari bus i ke bus j
- S_{ji} = Daya kompleks dari bus j ke bus i

2.14 Metode Pendekatan Langsung

Tujuan metode pendekatan langsung berdasarkan konfigurasi yang sudah ada dan dengan melihat keadaan beban secara *real time*. Metode pendekatan langsung merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi atau keadaan beban secara *real time* dengan mengacu pada landasan teori. Pada kasus ini untuk optimasi berdasarkan jatuh tegangan pada penyulang yang dilakukan dengan cara menyeimbangkan beban, karena beban pada penyulang Cemara harus diseimbangkan karena mengalami beban berlebih[13].

Adapun langkah-langkah dalam melakukan optimasi adalah[1][7]:

- a. Melakukan studi aliran daya yang akan dioptimasi. Untuk itu bisa dilakukan dengan perhitungan manual maupun dengan *software* yang mendukung. Dalam penelitian ini menggunakan *software* ETAP versi 12.6
- b. Optimasi dilakukan dengan melihat jatuh tegangan dengan melakukan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penyeimbangan beban dengan cara melihat keadaan *realtime* beban.

c. Mengoptimasi jaringan dengan cara menyeimbangkan beban dengan langkah-langkah berikut[22]:

- Melakukan pengukuran beban tiap fasa, untuk mengetahui fasa mana yang memiliki beban terbesar.
- Setelah mendapatkan fasa beban terbesar dan terkecil maka akan dilakukan pemindahan beban.
- Pemindahan beban dilakukan sesuai dengan berapa beban yang dibutuhkan oleh fasa yang memiliki beban terkecil. Dengan beban rata-rata per fasa:

$$\text{Beban rata-rata} = \frac{\text{beban R} + \text{beban S} + \text{beban T}}{3} \quad (2.43)$$

perbandingan beban untuk setiap fasanya pada setiap penyulang TR tidak kurang dari 90%, 100%, dan 110%.

- Setelah beban seimbang, maka selanjutnya melakukan pemindahan pelanggan sesuai rute pada fasa yang diseimbangkan sebelumnya.
 - Pemindahan pelanggan dilakukan dengan cara melihat jumlah daya keseluruhan dari fasa tersebut dan besar pemakaian.
 - Pelanggan yang dipindahkan yaitu pelanggan yang memiliki pemakaian sebanyak 70% dari batas beban.
- d. Hasil kondisi setelah optimasi dengan kondisi sebelumnya.
- e. Analisis setiap jaringan yang telah dioptimasi dengan melihat jatuh tegangan sehingga didapat penempatan transformator distribusi yang lebih optimal.

2.15 Perhitungan Jarak Penempatan Transformator Distribusi

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan jarak penempatan transformator distribusi yang lebih optimal setelah mengalami perbaikan. Sebelum itu, untuk mendapatkan penempatan transformator distribusi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang lebih optimal terlebih dulu menghitung $\Delta V_{dijinkan}$, ΔV_{total} , dan ΔL dapat dilihat dari persamaan berikut[17]:

$$\Delta V_{dijinkan} = 5\% \times V_{LL} \quad (2.44)$$

Keterangan:

$\Delta V_{dijinkan}$ = Jatuh tegangan yang diijinkan (V)

5% = Batas toleransi jatuh tegangan(%)

V_{LL} = Tegangan sisi primer (V)

$$\Delta V_{total} = \sqrt{3} \times I \times (R_{saluran} \cos \varphi + X_{saluran} \sin \varphi) \quad (2.45)$$

Keterangan:

ΔV_{total} = Jatuh tegangan total (V)

I = Arus beban penuh (A)

$R_{saluran}$ = Tahanan total (ohm)

$X_{saluran}$ = Induktansi total (ohm)

Hasil dari perhitungan $\Delta V_{dijinkan} - \Delta V_{total}$, maka didapatkan nilai selisih jatuh tegangan yang harus dikurangi[17].

$$\Delta L = \frac{\Delta V}{\Delta V_{total}} \quad (2.46)$$

Keterangan:

L = Perubahan jarak Transformator (kms)

V = Jatuh tegangan yang dikurangi (V)

ΔV_{total} = Jatuh tegangan total (V)

Maka Jarak Transformator setelah mengalami perbaikan jarak adalah[17]:

$$L_2 = L_1 - \Delta L \quad (2.47)$$

Keterangan:

L_2 = Jarak Transformator setelah perbaikan (kms)

L_1 = Jarak Transformator sebelum perbaikan (kms)

ΔL = Perubahan jarak Transformator (kms)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

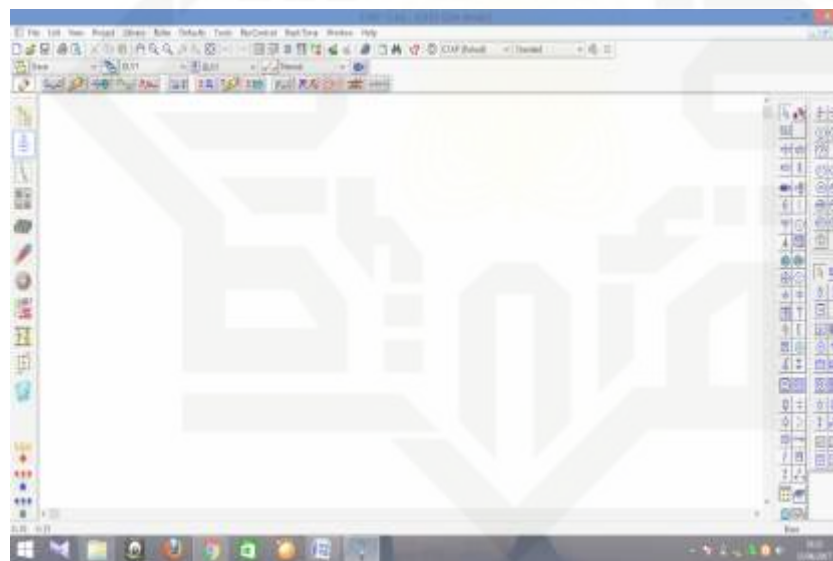
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.16 Program ETAP 12.6

ETAP *Power Station* merupakan *software* untuk *power system* yang bekerja berdasarkan perencanaan (*plant/project*). Setiap *plant* harus menyiapkan *modeling* peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Misalkan generator, transformator, data motor, dan kabel. Sebuah *plant* terdiri dari beberapa sub-sistem yang membutuhkan komponen khusus dan saling berhubungan [16].

Berikut ini adalah prinsip kerja pada Etap 12.6 [16]:

1. Menjalankan Program ETAP Program ETAP 12.6 dapat digunakan setelah diinstall kedalam komputer. Program dijalankan dengan cara mengklik program ETAP. Setelah program dijalankan maka akan tampak kotak dialog (*dialog box*).

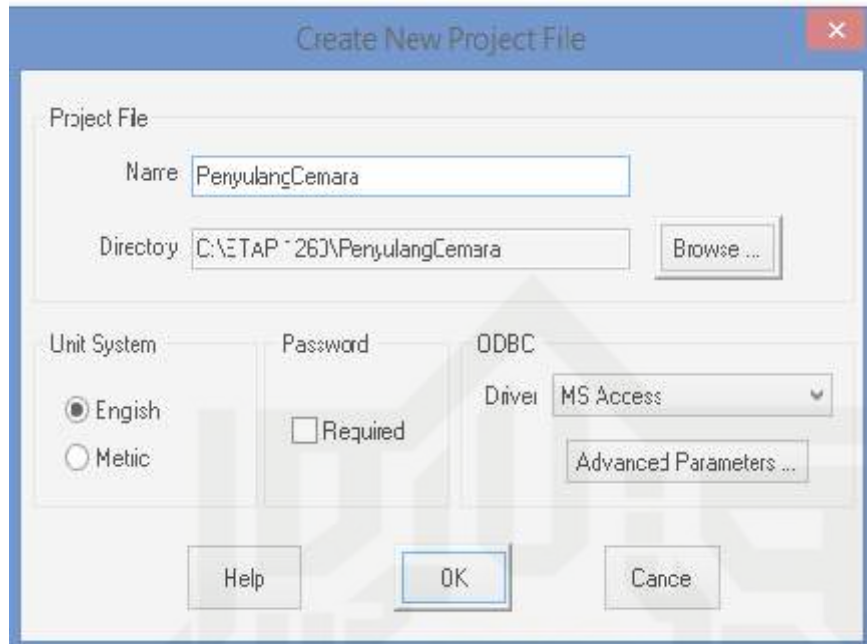


Gambar 2.7 Kotak Dialog [16]

2. Membuat studi kasus Klik *file*, *new project* akan muncul kotak dialog. Setelah itu tulis *name project* dengan, dan pilih *unit system* dan *required password* sesuai dengan kebutuhan. Kemudian klik *OK*. Masukkan *user name*; *full name*; *description*; *password* (kalau mau menggunakan password) kemudian klik *OK*.

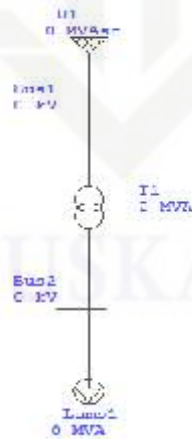
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.8 Project File [16]

3. Membuat one-line diagram dimulai dari supply berupa :
 - Power Grid Gardu Induk (GI), bus sebagai titik pengukuran & Beban trafo distribusi atau model beban LUMPED (feeder), pembangkit.
 - Beban trafo distribusi atau model beban LUMPED (feeder), pembangkit listrik + trafo pembangkit.

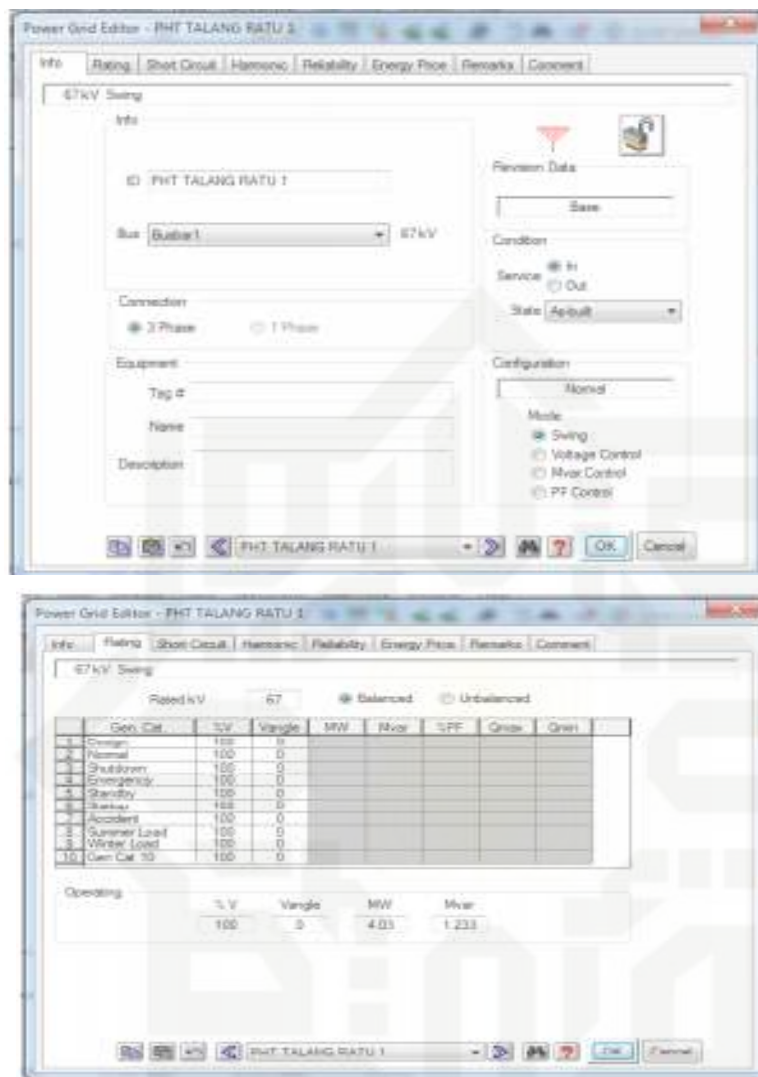


Gambar 2.9 One Line Diagram [16]

4. Melakukan setting ID, rating dan pembebanan komponen. Klik dua kali pada setiap *icon*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

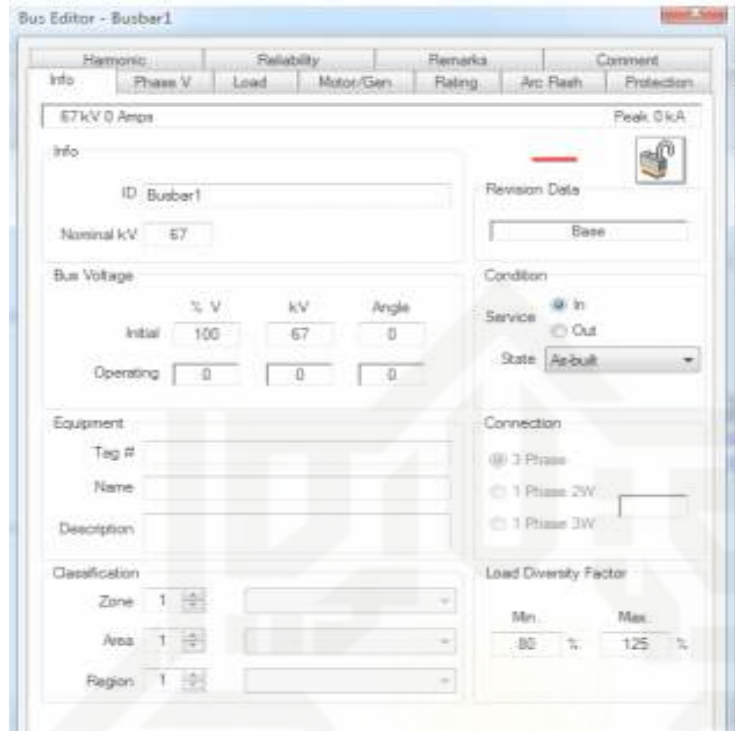


Gambar 2.10 Nilai Parameter Info dan Rating Generator [16]

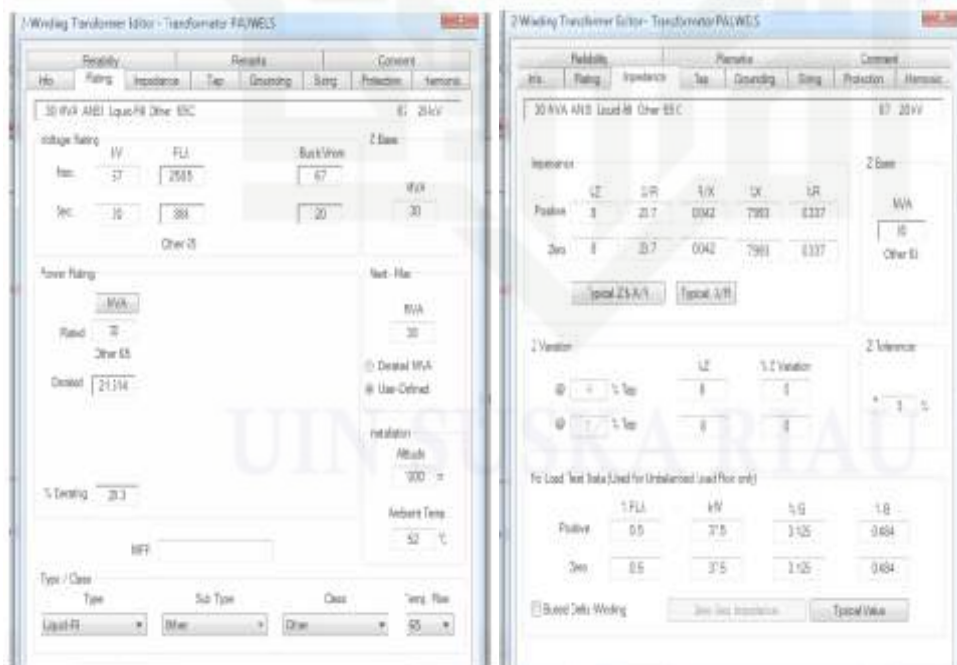
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

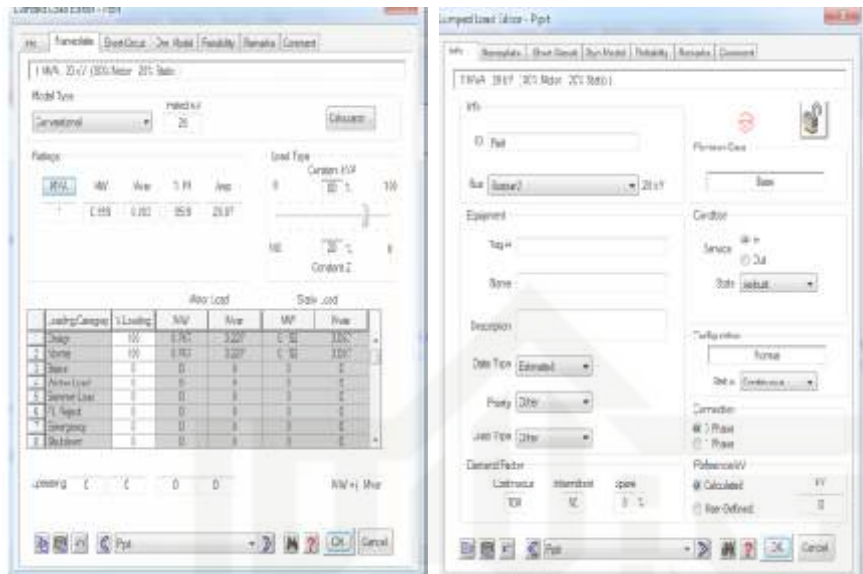
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Gambar 2.11 Nilai Parameter info Bus [16]



Gambar 2.12 Nilai Parameter rating dan impedansi Trafo [16]



Gambar 2.13 Nilai Paramter *Lumped Load* info dan Namplate [16]

5. Memasukkan ke Mode Simulasi Aliran Daya, dengan menekan tombol Load Flow Analysis sehingga tampilan toolbar editing berubah menjadi Toolbar Simulasi Load Flow Analysis.



Gambar 2.14 Toolbar Simulasi Aliran Daya [16]

6. Menekan tombol 'Run Load Flow, setelah dilakukan maka jika tidak ada error pada one-line diagram maka akan ditampilkan aliran daya di setiap



cabang bus.

Gambar 2.15 *Toolbar Load Flow Analysis* [16]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.17 Optimasi

Optimasi adalah usaha untuk mencari nilai yang optimal. Dalam penelitian ini optimal yang dimaksudkan adalah usaha mencapai titik kordinat peletakan transformator terbaik yang membuat biaya investasi dan biaya operasional termurah. Pada penelitian ini optimasi dilakukan dengan pendekatan langsung untuk mengetahui nilai *realtime* beban[13].

Dalam optimasi jaringan perlu diperhatikan batasan-batasan arus yang mengalir disaluran dan tegangan pada jaringan. Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat optimasi yaitu Jatuh Tegangan pada penerimaan ujung masih dalam batastoleransi sesuai SPLN No. 72 tahun 1987, yaitu +5% dan -10%[2].

2.15.1 Faktor-faktor pada Perencanaan Distribusi

Ada 3 faktor utama dalam perencanaan jaringan sistem distribusi yang sangat penting yang harus diperhatikan yaitu[1]:

- a. Perkiraan beban
- b. Perluasan/pengembangan
- c. Keandalan Sistem

Berdasarkan 3 faktor tersebut maka terdapat beberapa hal yang penting yang akan menentukan dalam perencanaan sistem distribusi antara lain adalah :

- a. Kemudahan modifikasi jaringan
- b. Lokasi dan ukuran gardu distribusi termasuk kapasitas transformator distribusi
- c. Lokasi kapasitor dan regulator
- d. Jenis kawasan yang dilayani gardu (seperti industri, perdagangan, perumahan)
- e. Nilai tegangan dan jatuh tegangan sistem