BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Suatu sistem distribusi adalah semua bagian peralatan dari sistem tenaga listrik antara sumber daya besar (*bulk power source*) dan jaringan pelayanan konsumen.

Secara garis besar sistem distribusi terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

1. Jaringan subtransmisi.
2. Gardu induk.
3. Jaringan distribusi primer.
4. Gardu transformator distribusi.
5. Jaringan distribusi sekunder.

Diagram satu garis dari sistem tenaga listrik yang menggambarkan bagian-bagiannya diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Secara singkat fungsi dari bagian-bagian sistem distribusi diatas adalah sebagai berikut :

1. Jaringan subtransmisi.

   Berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari sumber daya besar menuju gardu induk yang terletak di daerah beban.

2. Gardu induk.

   Berfungsi menerima tenaga listrik dari jaringan subtransmisi dan menurunkan tegangannya menjadi tegangan primer.

3. Jaringan distribusi primer.

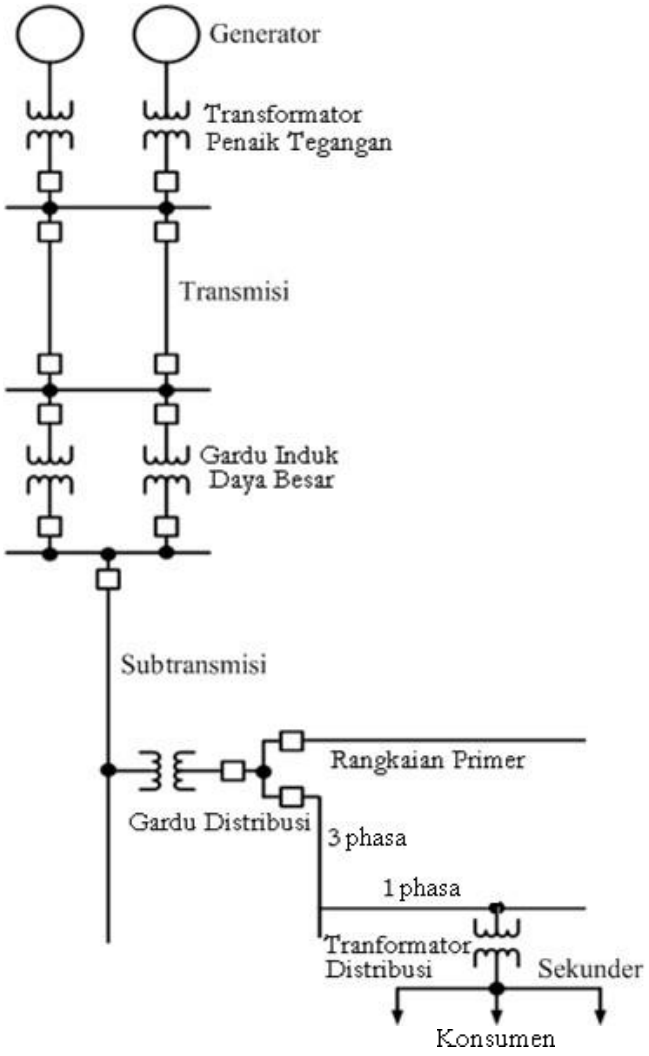
   Berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari gardu induk ke gardu distribusi.

4. Gardu distribusi.

   Berfungsi menurunkan tegangan primer menjadi tegangan sekunder (tegangan yang digunakan konsumen).

5. Jaringan distribusi sekunder.

Berfungsi menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi kepada para konsumen.



Gambar 2.1. Sistem Tenaga Listrik.

2.2. Sistem Jaringan Primer Bentuk Radial.

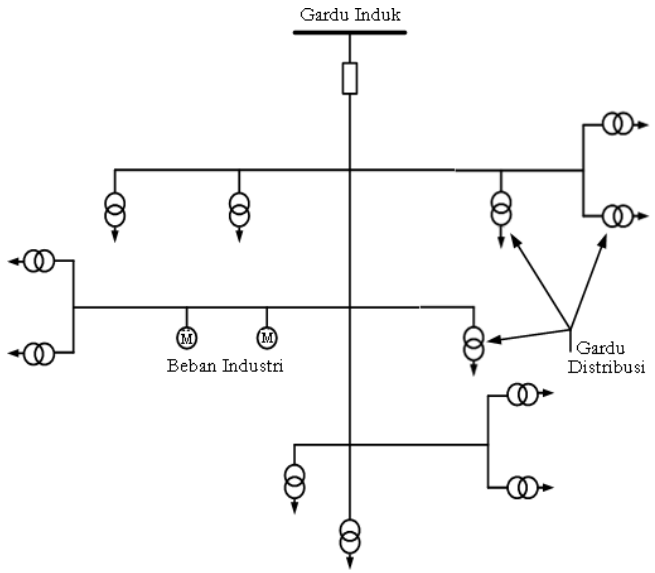
Jaringan distribusi ini paling banyak digunakan karena memiliki konstruksi yang sederhana dan murah. Penggunaannya terutama pada daerah-daerah dengan kerapatan beban yang rendah.

Jaringan distribusi ini berpangkal dari sebuah gardu induk atau langsung dari pusat pembangkit, kemudian menyebar menuju gardu-gardu distribusi atau langsung ke konsumen yang memerlukan daya besar, seperti industri.

Keandalan sistem ini rendah dan mempunyai jatuh tegangan yang besar, terutama untuk beban diujung saluran.

Kerapatan arus yang terbesar pada jaringan ini terdapat antara sumber daya dan transformator distribusi yang pertama, dan arus akan semakin kecil untuk transformator berikutnya dan yang terkecil pada ujung jaringan. Bentuk jaringan ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Sistem jaringan bentuk radial ini mempunyai kelemahan, yaitu hanya dihubungkan pada suatu sumber daya melalui satu jalan, maka kelangsungan pelayananannya kurang terjamin, karena bila terjadi gangguan pada feeder utama yang paling dekat dengan sumber daya, akan terjadi pemutusan seluruh pelayanan sampai gangguan tersebut dapat diatasi.

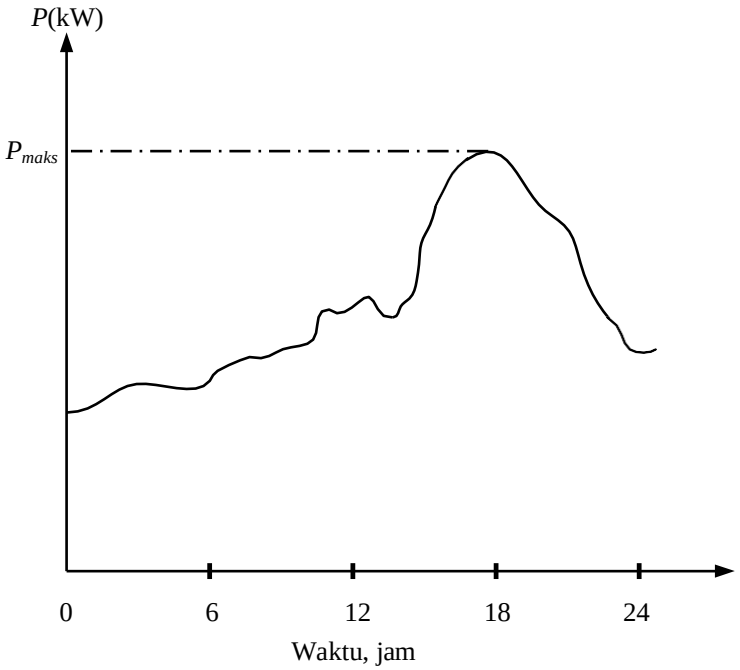


Gambar 2.2. Diagram segaris sistem jaringan distribusi primer pentuk radial.

2.3. Kurva Beban

Kurva beban adalah menggambarkan variasi pembebanan terhadap suatu gardu yang diukur dengan kW, atau kVA sebagai fungsi dari waktu, atau $P = f(t)$ yang menunjukan besarnya beban spesifik untuk setiap periode waktu tertentu yang berguna dalam penentuan kapasitas jaringan.

Dari kurva beban tersebut, kita dapatkan gambaran tentang besarnya beban puncak/maksimum, dan Gambar 2.3 adalah contoh dari kurva beban harian.



Gambar 2.3 Kurva beban harian.

Pada Gambar 2.3 diatas dimana $P = f(t)$, yang menggambarkan nilai sesaat dari beban-beban.

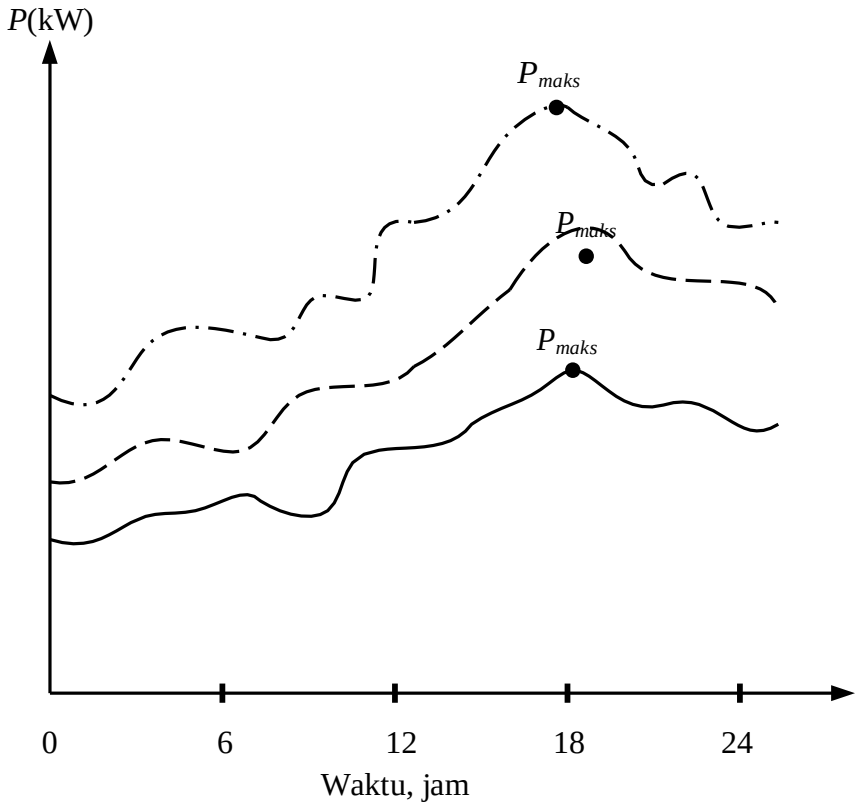
Kegunaan dari kurva beban harian adalah untuk mendapatkan :

1. Besarnya energi.
2. Sifat beban.
3. Kejadian-kejadian (ada atau tidaknya gangguan)

Kurva beban dari suatu gardu memiliki variasi bentuk, untuk ini biasanya beban-beban listrik diklasifikasikan atas :

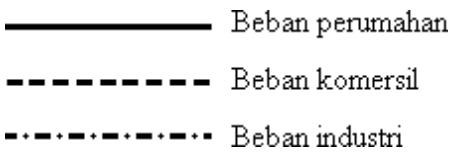
1. Beban perumahan.
2. Beban komersil.
3. Beban industri.

Gambar 2.4 adalah ilustrasi pembebanan dari tiga pembebanan dari tiga jenis beban tersebut di atas :



Gambar 2.4. Ilustrasi pembebanan dari tiga jenis beban.

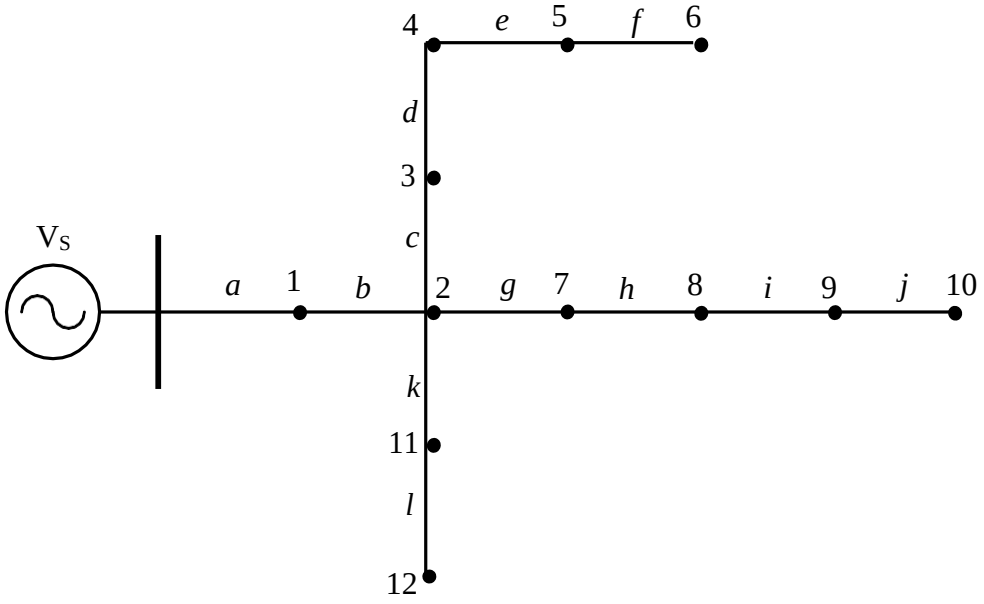
Ilustrasi pembebanan :



2.4. Kapasitas Ukuran Kabel/Panampang Kabel

Besarnya kapasitas daya yang dapat disalurkan oleh suatu sistem kelistrikan distribusi primer ditentukan antara lain oleh ukuran penghantar atau penampang penghantar yang digunakan. Untuk menentukan ukuran penghantar yang digunakan, biasanya ditentukan oleh kapasitas arus yang dapat disalurkan oleh penghantar tersebut.

Setiap jaringan distribusi mempunyai topologi yang mengandung *n* buah *node* dan *n* buah segmen, seperti dapat dilihat pada contoh topologi struktur radial jaringan distribusi pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Contoh jaringan distribusi radial.

Arus segmen dihitung berdasarkan matriks topologi seperti pada Gambar 2.6. Dengan ketentuan :

i = 1, 2, 3, 4, . . . , *n*, adalah indeks dari *node* yang mempresentasikan titik pembebanan.

j = *a*, *b*, *c*, *d*, . . . , *n*, adalah indeks dari segmen yang menghubungkan dua titik beban, masing-masing dengan tahanan R_a, R_b, R_c, R_d, . . . , R_n, dan dapat ditulis :

$T_i = T_1, T_2, T_3, T_4, \ldots, T_n$, merupakan representasi arus yang diinjeksikan pada setiap *node*.

$I_j = I_a, I_b, I_c, I_d, \ldots, I_n$, merupakan representasi arus yang mengalir pada segmen.

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \\ I_e \\ I_f \\ I_g \\ I_h \\ I_i \\ I_j \\ I_k \\ I_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \\ K_5 \\ K_6 \\ K_7 \\ K_8 \\ K_9 \\ K_{10} \\ K_{11} \\ K_{12} \end{bmatrix}$$

Gambar 2.6. Matriks topologi jaringan ditribusi radial dari Gambar 2.5.

Berdasarkan hukum Kirchoff

$$T_i = \sum_{j=\alpha_i}^{n} I_j \qquad (2\text{-}1)$$

dengan α_i adalah kumpulan titik-titik beban yang terhubung di *node* ke-*i*, pada suatu jaringan distribusi.

Dalam hubungan matriks, Persamaan (2-1) dapat ditulis sebagai berikut :

$$[T] = [A]\,[I] \qquad (2\text{-}2)$$

dengan

[*T*] adalah matriks kolom ($n \times 1$) darin arus injeksi.

[*A*] adalah matriks ($n \times n$) yang menggambarkan topologi jaringan.

[*I*] adalah matriks kolom ($n \times 1$) dari arus cabang.

Pada jaringan bentuk radial, sebuah *node* merupakan titik pembebanan sehingga arus injeksi pada setiap *node* adalah negatif, maka

$$[T_i] = [-K_i] \qquad (2\text{-}3)$$

dengan K_i adalah arus beban pada *node* ke-*i*.

Dengan demikian Persamaan (2-2) dapat diubah menjadi

$$[-K] = [A]\,[I] \tag{2-4}$$

atau

$$[I] = [A]\,[K] \tag{2-5}$$

dengan

$[A]\,[K] = [I]$

$[A]$ adalah matriks ($n \times n$), yang merupakan matriks invers topologi jaringan.

$[K]$ adalah matriks kolom ($n \times 1$) dari arus beban.

Keistimewaan dari matriks [A] adalah suatu matriks *uppertriangular* dan seluruh elemennya yang tidak sama dengan nol dan bernilai satu.

Arus segmen dapat ditentukan dari hubungan matriks topologi jaringan seperti pada Gambar 2.6. Agar $I_j = I_a, I_b, I_c, I_d, \ldots, I_l$, merupakan arus segmen maksimum, maka $K_i = K_1, K_2, K_3, K_4, \ldots, K_{12}$, merupakan arus beban maksimum.

Untuk menentukan besar K_i beban, maka dilakukan pendekatan-pendekatan sebagai berikut :

1. Tegangan kwalitas minimal ditetapkan :
   a. Untuk Jaringan Tegangan Menengah adalah 10 % di bawah tegangan nominal, maka $V_i = 0{,}95\ V_n$.
   b. Untuk Jaringan Tegangan Rendah adalah 5 % di bawah tegangan nominal, maka $V_i = 0{,}975\ V_n$.
2. Daya (kW) yang diserap oleh beban dapat dari masing-masing unit transformator distribusi.
3. Faktor kerja beban dianggap tetap selama beban beroperasi.

Berdasarkan ke tiga hal tersebut, maka untuk jaringan tegangan menengah pada sistem distribusi primer, besar arus (K_i) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut

$$K_i = \frac{P_i}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times V_n \times \cos\theta} \tag{2-6}$$

dengan

P_i adalah daya aktif (kW) yang diserap oleh beban ke-i, yang diambil beban puncaknya dari masing-masing unit transformator distribusi

V_n adalah tegangan nominal sistem.

cos Θ_i adalah faktor kerja beban ke-i.

Daya kompleks pada saluran dapat dicari dengan persamaan

$$P = I^2 . R$$
$$\Delta Q = I^2 . X_L$$
$$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q \quad (2\text{-}7)$$

dengan

I adalah arus pada saluran dalam satuan Amper.

R adalah resistansi saluran dalam satuan Ohm.

X_L adalah reaktansi induktif saluran dalam satuan Ohm.

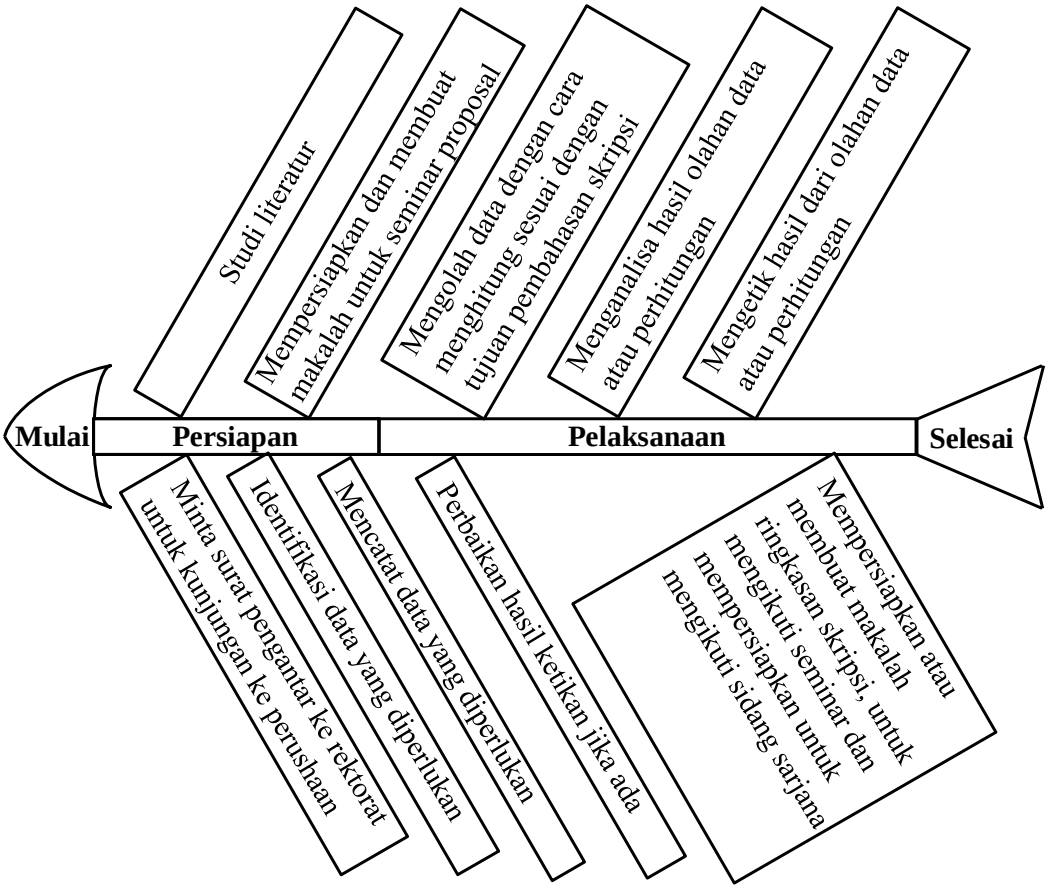
BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang dari Bulan Maret sampai September 2020.

3.2. *Fishbone* Penelitian

Fishbone penelitian adalah seperti terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.1. *Fishbone* Penelitian.

Dari Gambar 3.1 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut

1. Persiapan

Persiapan awal yang harus dilakukan adalah dimulai dari studi literatur, mempersiapkan dan membuat makalah untuk seminar proposal, dilanjutkan dengan minta surat pengantar ke rektorat untuk kunjungan ke perusahaan, setelah itu identifikasi data yang diperlukan sesuai dengan isi pembahasan dalam skripsi, dan mencatat atau mengkopi data yang diperlukan.

2. Pelaksanaan

Pelaksanaan akan dilakukan jika persiapan telah selesai. Apabila persiapan telah selesai maka langkah selanjutnya adalah menghitung atau mengolah data sesuai tujuan isi pembahasan dalam skripsi, menganalisa hasil olahan data atau perhitungan, mengetik hasil dari olahan data atau perhitungan, perbaikan hasil ketikan jika ada, dan mempersiapkan atau membuat makalah ringkasan skripsi untuk mengikuti seminar dan mempersiapkan untuk mengikuti sidang sarjana.

3.3. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut

- 1 unit PC
- 1 buah printer Epson L355
- 1 buah software Microsoft office Visio 2007
- 1 Rim kertas A4, 80gram

3.4. Jadwal Penelitian

Jadwal penelitain adalah dibuat seperti di bawah ini :

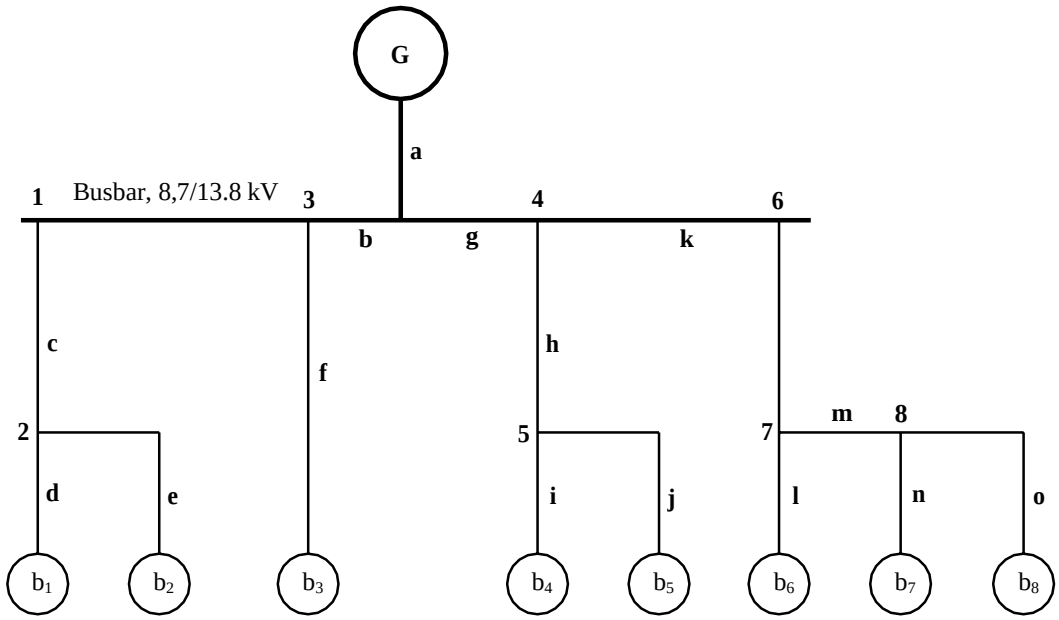
Nama Kegiatan	Bulan :																							
	Maret				April				Mei				Juni				Juli							
	Minggu ke :				Minggu ke :				Minggu ke :				Minggu ke :				Minggu ke :							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Studi literatur																								
Memepersiapkan makalah untuk seminar proposal																								
Minta surat pengantar ke rektorat untuk kunjungan ke perusahaan																								
Identifikasi data yang diperlukan																								
Mencatat data yang diperlukan																								
Mengolah data dengan cara menghitung sesuai dengan tujuan pembahasan skripsi																								
Menganalisa hasil olahan data atau perhitungan																								
Mengetik hasil olah data atau perhitungan																								
Perbaikan hasil ketikan jika ada																								
Mempersiapkan atau membuat makalah ringkasan skripsi untuk mengikuti seminar dan mengikuti sidang sarjana																								

BAB 4

DATA, PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1. *One Line Diagram* dan Data

Gambar sistem kelistrikan PT. Eka Surya Mandiri adalah seperti Gambar 4.1 dibawah ini,



Gambar 4.1. Diagram data garis sistem kelistrikan PT. Eka Surya Mandiri

Keterangan Gambar 4.1

b_1 adalah transformator distribusi unit 1

b_2 adalah transformator distribusi unit 2

b_3 adalah transformator distribusi unit 3

b_4 adalah transformator distribusi unit 4

b_5 adalah transformator distribusi unit 5

b_6 adalah transformator distribusi unit 6

b_7 adalah transformator distribusi unit 7

b_8 adalah transformator distribusi unit 8

Data kapasitas daya pada masing-masing unit transformator distribusi dan beban puncak seperti Tabel 4.1

Tabel 4.1. Data kapasitas daya pada masing-masing unit transformator distribusi dan beban puncak

Unit transformator distribusi	Kapasitas unit transformator (kVAR)	Beban puncak unit transformator (kVA)	Beban puncak unit transformator (kW)	faktor kerja (cos θ)	θ
b_1	1000	780	624	0,80	36,87
b_2	500	430	322,5	0,75	41,41
b_3	2500	2125	1700	0,80	36,87
b_4	1500	1240	1054	0,85	31,78
b_5	1000	820	615	0,75	41,41
b_6	750	562	449,6	0,80	36,87
b_7	2000	1830	1281	0,70	45,57
b_8	1500	1300	1040	0,80	36,87

PT. Eka Surya Mandiri menggunakan sistem jaringan kabel bawah tanah dengan tipe N2XSEFGBY, dengan tegangan rating 13,8 kV. Data jaringan untuk setiap saluran dapat dilihat seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data sistem jaringan kabel bawah tanah PT. Eka Surya Mandiri dengan tipe N2XSEFGBY dan rating 8,7/13,8 kV

Saluran		Tahanan	Reaktansi
i	j	(Ohm)	(Ohm)
G	Busbar	0,0018	0,0223
1	2	0,0173	0,0428
2	b_1	0,0184	0,0328

2	b_2	0,0213	0,0453
3	b_3	0,0524	0,0327
4	5	0,0218	0,0379
5	b_4	0,0116	0,0417
5	b_5	0,0291	0,0167
6	7	0,0148	0,0132
7	b_6	0,0183	0,0215
7	8	0,0216	0,0219
8	b_7	0,0117	0,0153
8	b_8	0,0215	0,0174

PT. Eka Surya Mandiri menggunakan pembangkit daya listrik sendiri, yang memiliki 1 unit generator utama dengan kapasitas 30.000 kVA 1 unit generator emergency dengan kapasitas 400 kVA, dan 2 unit generator cadangan dengan kapasitas 1200 kVA setiap unit nya.

4.2. Perhitungan

Menghitung arus yang mengalir di setiap saluran adalah menggunakan persamaan berikut

$$I_{b_m} = \frac{\mathrm{P_m}}{\sqrt{3}\, x\, 0{,}95\, x\, Vn\, x \cos\theta}$$

- Untuk beban b_1, arus yang mengalir

$$I_{b1} = \frac{624}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}80} = 34{,}351\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b1} = (27{,}48 + j20{,}60)\ Amper = 34{,}351 \angle 36{,}87^{\mathrm{o}}\ Amper$$

- Untuk beban b_2, arus yang mengalir

$$I_{b2} = \frac{322{,}50}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}75} = 18{,}938\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b2} = (14{,}20 + j12{,}52)\ Amper = 18{,}93\ \angle 41{,}41^{o}\ Amper$$

- Untuk beban b_3, arus yang mengalir

$$I_{b3} = \frac{1700}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}80} = 93{,}586\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b3} = (74{,}86 + j56{,}15)\ Amper = 34{,}351 \angle 36{,}87^{o}\ Amper$$

- Untuk beban b_4, arus yang mengalir

$$I_{b4} = \frac{1054}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}85} = 54{,}611\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b4} = (46{,}42 + j28{,}76)\ Amper = 56{,}61 \angle 31{,}78^{o}\ Amper$$

- Untuk beban b_5, arus yang mengalir

$$I_{b5} = \frac{615}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}75} = 36{,}114\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b5} = (27{,}08 + j23{,}88)\ Amper = 36{,}11 \angle 41{,}41^{o}\ Amper$$

- Untuk beban b_6, arus yang mengalir

$$I_{b6} = \frac{449{,}6}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}80} = 24{,}75\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b6} = (19{,}80 + j14{,}85)\ Amper = 24{,}75\ \angle 36{,}87^{o}\ Amper$$

- Untuk beban b_7, arus yang mengalir

$$I_{b7} = \frac{1281}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}70} = 80{,}60\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b7} = (56{,}42 + j57{,}55)\ Amper = 80{,}59\ \angle 45{,}57^{o}\ Amper$$

- Untuk beban b_8, arus yang mengalir

$$I_{b8} = \frac{1040}{\sqrt{3} \times 0{,}95 \times 13{,}8 \times 0{,}80} = 57{,}252\ Amper$$

dalam bentuk bilangan kompleks

$$I_{b8} = (45{,}80 + j34{,}35)\ Amper = 57{,}25\ \angle 36{,}87^{o}\ Amper$$

Dasil hasil perhitungan arus yang mengalir di setiap saluran maka didapat matriks topologi arus di PT. Eka Surya Mandiri sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \\ I_e \\ I_f \\ I_g \\ I_h \\ I_i \\ I_j \\ I_k \\ I_l \\ I_m \\ I_n \\ I_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 27,48 + j20,60 \\ 14,20 + j12,52 \\ 74,86 + j56,15 \\ 0 \\ 0 \\ 46,42 + j28,76 \\ 27,08 + j23,88 \\ 0 \\ 19,80 + j14,85 \\ 0 \\ 56,42 + j57,55 \\ 45,80 + j34,35 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 312,06 + j248,66 \\ 116,54 + j89,27 \\ 41,68 + j33,12 \\ 27,48 + j20,60 \\ 14,20 + j12,52 \\ 74,86 + j56,15 \\ 195,52 + 159,39 \\ 73,50 + j52,64 \\ 46,42 + j28,76 \\ 27,08 + j23,88 \\ 122,02 + j106,75 \\ 19,80 + j14,85 \\ 102,22 + j91,90 \\ 56,42 + j57,55 \\ 45,80 + j34,35 \end{bmatrix}$$

atau

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \\ I_e \\ I_f \\ I_g \\ I_h \\ I_i \\ I_j \\ I_k \\ I_l \\ I_m \\ I_n \\ I_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 399{,}015 \angle 38{,}55^{o} \\ 146{,}80 \angle 37{,}45^{0} \\ 53{,}24 \angle 38{,}47^{0} \\ 34{,}344 \angle 36{,}85^{0} \\ 18{,}93 \angle 41{,}40^{0} \\ 93{,}58 \angle 36{,}87^{0} \\ 252{,}26 \angle 39{,}18^{0} \\ 90{,}41 \angle 35{,}60^{0} \\ 54{,}61 \angle 31{,}78^{0} \\ 36{,}11 \angle 41{,}40^{0} \\ 162{,}124 \angle 41{,}18^{0} \\ 24{,}75 \angle 36{,}86^{0} \\ 137{,}457 \angle 41{,}95^{0} \\ 80{,}59 \angle 45{,}56^{0} \\ 57{,}25 \angle 36{,}86^{0} \end{bmatrix}$$

Perhitungan daya kompleks pada setiap saluran pada PT. Eka Surya Mandiri adalah

- Daya kompleks pada saluran G-Busbar atau saluran a :

I = 399,015 Amper.

R = 0,0018 Ohm.

X = 0,0223 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 286,58 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 3550,4 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (286,58 + j 3550,4) VA.

- Daya kompleks pada saluran 1-2 atau saluran c :

I = 53,24 Amper.

R = 0,0173 Ohm.

X = 0,0428 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 49,037 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 121,317 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (49,037 + j 121,317) VA.

- Daya kompleks pada saluran 2-b_1 atau saluran d :

I = 34,344 Amper.

R = 0,0184 Ohm.

X = 0,0328 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 21,70 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 38,69 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (21,70 + j 38,69) VA.

- Daya kompleks pada saluran 2-b_2 atau saluran e :

I = 18,93 Amper.

R = 0,0213 Ohm.

X = 0,0453 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 7,632 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 16,233 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (7,632 + j 16,233) VA.

- Daya kompleks pada saluran 3-b_3 atau saluran f :

I = 93,58 Amper.

R = 0,0524 Ohm.

X = 0,0327 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 458,878 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 286,361 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (458,878 + j 286,361) VA.

- Daya kompleks pada saluran 4-5 atau saluran h :

I = 90,41 Amper.

R = 0,0218 Ohm.

X = 0,0379 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 178,193 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 309,793 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (178,193 + j 309,793) VA.

- Daya kompleks pada saluran 5-b_4 atau saluran i :

I = 54,61 Amper.

R = 0,0116 Ohm.

X = 0,0417 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 34,594 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 124,360 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (34,594 + j 124,360) VA.

- Daya kompleks pada saluran 5-b_5 atau saluran j :

I = 36,11 Amper.

R = 0,0291 Ohm.

X = 0,0167 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 37,944 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 21,776 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (37,944 + j 21,776) VA.

- Daya kompleks pada saluran 6-7 atau saluran k :

I = 162,124 Amper.

R = 0,0148 Ohm.

X = 0,0132 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 389,006 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 346,951 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q$ = (389,006 + j 346,951) VA.

- Daya kompleks pada saluran 7-b_6 atau saluran l :

I = 24,75 Amper.

R = 0,0183 Ohm.

X = 0,0215 Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R$ = 11,210 Watt.

$\Delta Q = I^2 . X$ = 13,170 Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q = (11{,}210 + j\ 13{,}170)$ VA.

- Daya kompleks pada saluran 7-8 atau saluran m :

$I = 137{,}457$ Amper.

$R = 0{,}0216$ Ohm.

$X = 0{,}0219$ Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R = 408{,}119$ Watt.

$\Delta Q = I^2 . X = 413{,}788$ Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q = (408{,}119 + j\ 413{,}788)$ VA.

- Daya kompleks pada saluran 8-b_7 atau saluran n :

$I = 80{,}59$ Amper.

$R = 0{,}0117$ Ohm.

$X = 0{,}0153$ Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R = 75{,}989$ Watt.

$\Delta Q = I^2 . X = 99{,}370$ Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q = (75{,}989 + j\ 99{,}370)$ VA.

- Daya kompleks pada saluran 8-b_8 atau saluran o :

$I = 57{,}25$ Amper.

$R = 0{,}0215$ Ohm.

$X = 0{,}0174$ Ohm.

maka

$\Delta P = I^2 . R = 70{,}468$ Watt.

$\Delta Q = I^2 . X = 57{,}030$ Var.

$\Delta S = \Delta P + j \Delta Q = (70{,}468 + j\ 57{,}030)$ VA.

Dari perhitungan di atas dapat dibuat tabel seperti Tabel 4.3 di bawah ini

Tabel 4.3. Daya kompleks pada saluran di PT. Eka Surya Mandiri.

Saluran		Daya Kompleks (S)	
i	j	P (Watt)	Q (VAR)

G	Busbar	286,580	3550,400
1	2	49,037	121,037
2	b_1	21,700	38,690
2	b_2	7,632	16,233
3	b_3	458,878	286,361
4	5	178,193	309,793
5	b_4	34,594	124,360
5	b_5	37,944	21,776
6	7	389,006	346,951
7	b_6	11,210	13,170
7	8	408,119	413,788
8	b_7	75,989	99,370
8	b_8	70,468	57,030
Σ		2.029,400	5.399,00

Rugi-rugi daya kompleks total pada saluran penghantar di PT. Eka Surya Mandiri untuk satu fasa adalah

$$\Delta S_t(1Ø) = (2.029{,}400 + j\ 5.399{,}00)\ \text{VA}$$

Untuk tiga fasa adalah

$$\Delta S_t(3Ø) = 3 \times (2.029{,}400 + j\ 5.399{,}00)\ \text{VA}$$

$$= (6.088{,}200 + j\ 16.197)\ \text{VA}$$

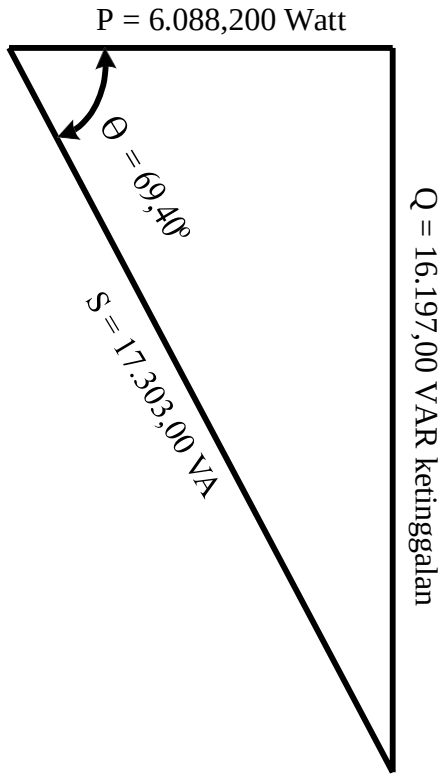
$$= (6{,}088 + j\ 16{,}197)\ \text{kVA} = 17{,}303\ \text{kVA}$$

4.3. Analisa

Rugi-rugi daya kompleks total pada saluran penghantar di PT. Eka Surya Mandiri untuk tiga fasa adalah

$$\Delta S_t(3Ø) = (6{,}088 + j\ 16{,}197)\ \text{kVA} = 17{,}303\ \text{kVA}$$

Dari hasil di atas dapat dibuat segi tiga dayanya seperti Gambar 4.2 di bawah ini



Gambar 4.2. Segi tiga daya pada saluran penghantar
di PT. Eka Surya Mandiri

Dari Gambar 4.2 terlihat segi tiga daya pada saluran penghantar di PT. Eka Surya Mandiri dimana daya reaktif induktif-nya besar sekali yaitu Q = 16.197,00 VAR, yang lebih besar dari daya nyata *P* = 6.088,200 Watt. Untuk mengurangi peranan daya reaktif induktif kita harus perbaikan sistem tersebut yaitu dengan cara memasang kapasitor bank.

Dalam menentukan berapa besarnya kapasitor bank, kita terlebih dahulu mencari cos Θ pada keseluruhan saluran yaitu

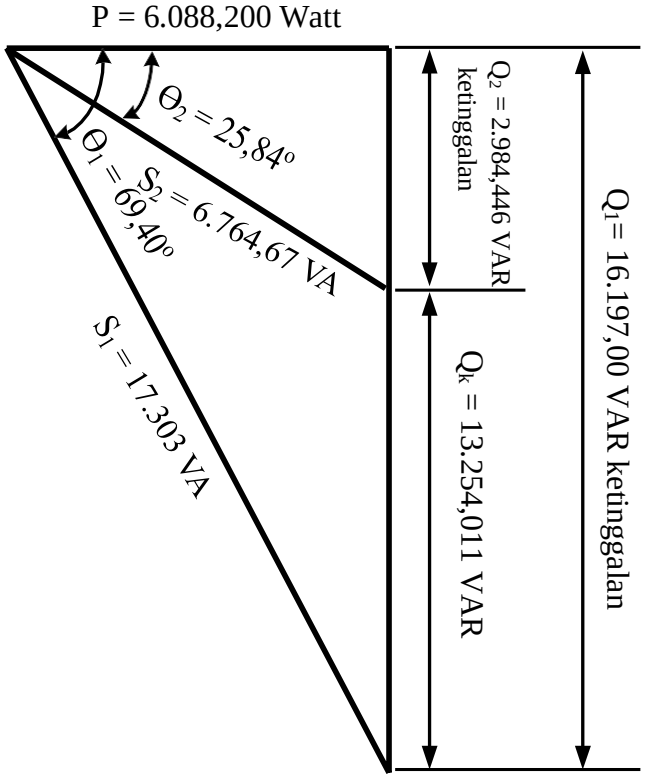
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{16.197,00}{\overline{6.088,20}}\right) = 69,40^{o}$$

cos Θ = cos 69,40° = 0,352 lagging (ketinggalan)

Jika kita inginkan cos Θ = 0,9 lagging untuk dipasang pada saluran penghantar tersebut, maka besarnya kapasitor bank kita perlukan adalah

$$Q_k = P\left\{\tan\theta_1 - \tan\theta_2\right\}$$
$$= 6.088{,}200\left\{\tan\left(\cos^{-1}0{,}352\right) - \tan\left(\cos^{-1}0{,}90\right)\right\}$$
$$= 6.088{,}200[\tan 69{,}40^o - \tan 25{,}84^o]$$
$$= 6.088{,}200\ [2{,}661 - 0{,}484]$$
$$= 13.254{,}011\ VAR = 13{,}254\ kVAR$$

Gambar segi tiga dayanya seperti Gambar 4.3 berikut



Gambar 4.3. Segi tiga daya pada saluran penghantar di PT. Eka Surya Mandiri setelah dipasang kapasitor bank.

Setelah dipasang kapasitor bank daya kompleks-nya adalah

$$S_2 = \frac{P}{\cos\theta_2} = \frac{6.088{,}200}{\cos(25{,}84)} = 6.764{,}67\ VA$$

Daya reaktif induktif setelah dipasang kapasitor adalah

$$Q_2 = S_2 \sin\theta_2 = 6.764{,}67 \sin(25{,}84^0) = 2.984{,}446\ VAR$$

Terjadi pengurangan daya semu $\Delta S = S_1 - S_2 = 17.303 - 6.764{,}67 = 10.538{,}33$ VA.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan bab-bab sebelumnya penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Daya reaktif induktif pada PT. Eka Surya Mandiri sangatlah besar yaitu 16.197,00 VAR bila dibandingkan dengan daya nyata yaitu 6.088,200 Watt.
2. Setelah dipasang kapasitor bank yang besarnya Q_k = 13.254,011 VAR, maka daya reaktif induktifnya menjadi Q_2 = 2.984,446 VAR, artinya terjadi pengurangan.
3. Daya semu semula S_1 = 17.303 VA setelah dipasang kapasitor bank menjadi S_2 = 6.764,67 VA.
4. Peranan daya reaktif pada saluran di PT. Eka Surya Mandiri sangatlah tidak produktif karena terlalu besar.

5.2. Saran

Untuk mengetahui berapa besarnya daya reaktif induktif pada saluran kita harus cari dahulu daya pada saluran penghantar, kemudian barulah kita petakan atau gambarkan dalam bentuk segi tiga dayanya. Setelah itu berapa cos Ɵ yang kita inginkan, barulah dapat berapa besar kapasitor bank yang harus dipasang.