

**Analisa Penghematan Energi Listrik Menggunakan Kapasitor Bank Berbasis  
Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) (Studi Kasus Laboratorium Teknik Listrik Polsri)**

Sutan Marsus<sup>1</sup> dan M. Noer<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya

Jln. Srijayanegara Bukit Besar Palembang

E-mail : [sutanmarajo39@yahoo.co.id](mailto:sutanmarajo39@yahoo.co.id), [mnoer@polsri.ac.id](mailto:mnoer@polsri.ac.id)

### Abstrak

Pemakaian energi listrik yang tidak disiplin dan sembarangan maka berakibat pemborosan energi dan pada akhirnya membengkaknya biaya rekening listrik. Seperti studi kasus di Laboratorium Teknik Listrik Polsri dengan daya beban terpasang 140 KVA dan beban aktif 85,7 KW dengan faktor daya 0,65 akibatnya pemakaian daya listrik jadi boros. Dengan memperbaiki faktor daya menjadi 0,90 menggunakan kapasitor bank maka akan menghemat daya sekitar 5899 KWH dan setara dengan Rp.67.734.372,00 per tahun. Penempatan dan pemasangan kapasitor bank yang tepat dan benar menggunakan simulasi *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)* dan hasilnya yang akan ditampilkan dalam bentuk tabel. Untuk pemasangan kapasitor bank perlu dana investasi yang cukup besar yaitu Rp.35.236.000,00 maka perlu sekali diperhitungkan dengan teliti. Pemakaian formulasi *Return on Investment (ROI)* akan didapatkan cara pengembalian modal investasi tersebut dalam jangka waktu lebih kurang 2 tahun. Serta diasumsikan umur kapasitor bank 10 tahun tanpa ada masalah yang berarti.

Kata kunci : Hemat pemakaian energi listrik, Faktor daya, Kapasitor bank, ETAP, ROI, Laboratorium.

### Abstract

Energy consumption for electrical loads have time to be thrifty in the community, if not society itself will lose money because of the wasteful use of electrical load. As a case study in Electrical Engineering Laboratory Polsri Palembang, which many variations of the load with 140 kVA power installed load and active load power 85.7 kW but not organized which resulted in low power factor of 0.65 as a result of electric power consumption to be unstinted. It needs be made a solution for energy savings in electric power consumption. Saving solutions in general by limiting the use of the load, but the technique should improve the power factor / power factor with capacitors work BANK and also take into account problem losses in the line voltage (conductor). Correcting factor electrical work would benefit the most significant, the use of electrical power would be optimal. With the exact calculation factor electrical work will be improved. With the installation of capacitor banks will get the power saving of 5,898 kWh for active power equivalent to Rp.4,453,443, - per month and Rp.53,444,940 per years and can also save 39.43 kVA to apparent power. and placement of capacitor banks along with proofing of precise calculations using ETAP simulation. Results will be displayed in tabular form. For installation of capacitor banks need substantial investment funds it needs to be taken into account issues such funds by using the formulation RETURN OF INVESTMENT (ROI) it will get the investment payback within 24 months or 2years. And years old asumption 10 years old not problem.

Key words: Efficient use of electrical energy, power factor, capacitor banks, ETAP, ROI.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Listrik arus kuat (AC) jika tidak benar atau sembarangan dalam pemakaiannya akan menyebabkan pemborosan energi listrik, karena beban yang bersifat induktif. Seperti studi kasus di Laboratorium Teknik Listrik yang mempunyai beban yang bervariasi (beban R, L dan C) dengan faktor daya 0,65 dengan kapasitas daya terpasang 140 kVA tapi tidak terorganisasi dalam pemakaiannya. Akibatnya pemborosan energi. Lihat tabel 3.1 dan 3.2.

Dengan kompensasi kapasitor akan memperbaiki faktor daya yang rendah itu. Faktor daya tersebut dapat diperbaiki menjadi 0,90 dengan demikian dapat menghemat energi sampai 30%.

Untuk penempatan yang benar dan tepat dari kapasitor bank dengan menggunakan simulasi *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)*. Dari pemasangan kapasitor membutuhkan dana yang cukup besar untuk itu digunakan formulasi ROI yang akan dapat memperhitungkan pengembalian modal dari pemasangan kapasitor bank tersebut.

### 1.2 Permasalahan

Pemakaian energi listrik yang sembarangan dan berlebihan akan menyebabkan pemborosan seperti studi kasus yang terjadi di Laboratorium Teknik Listrik. Energi listrik yang dipakai disini sangat boros sekali. Banyaknya

beban induktif yang menyebabkan factor daya rendah dan terjadi pemborosan itu.

Pemakaian kapasitor bank sebagai kompensasi dari pemakaian beban induktif dapat mengatasi factor daya rendah dalam pemakaian energy yang boros tersebut.

Penempatan untuk pemasangan kapasitor bank digunakan program ETAP dan juga perhitungan finansialnya dapat dilakukan.

**1.3 Tujuan dan Manfaat**

Berbagai masalah pemakaian energy listrik yang sering melampaui batas maksimal di beberapa lokasi pada Laboratorium Listrik Polsri dapat diatasi dengan beberapa tujuan dan manfaatnya.

Penerapan pemakaian kapasitor bank untuk mengatasi factor daya rendah dapat dilakukan sebagai kompensasi yang dapat memperbaiki factor daya rendah dan dapat memaksimalkan pemakaian energy listrik.

**1.4 Metode Pembahasan**

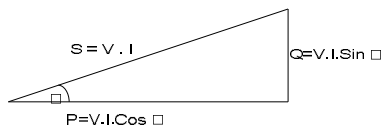
Untuk mendapatkan data simulasi yang baik parameter nilai – nilai dari beban dan pengendalinya ditala secara manual yang didapat dari observasi lapangan. Data yang didapat dari observasi tersebut yang kemudian dibahas untuk mendapatkan parameternya sebagai data untuk simulasi ETAP. Dari hasil simulasi paling tidak sebagai kontribusi untuk Laboratorium Listrik Polsri.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

a. Faktor daya dapat dituliskan sebagai

$$\text{Rumus : } \cos \varphi = \frac{P}{V \cdot I \cdot \sqrt{3}} \quad [4]$$

Gambar 2.1 memperlihatkan segitiga daya (hubungan daya dan faktor kerja).

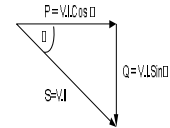


Gambar 2.1 Segitiga Daya

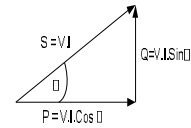
Dari gambar di atas memberikan pengertian hubungan antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif serta faktor daya.

b. Sifat-sifat beban [1]

Gambar 1.2 memperlihatkan sifat - sifat beban listrik yang bersifat kapasitif (leading) dan yang bersifat induktif (lagging).



Gambar 2.2a Segitiga daya beban kapasitif



Gambar 2.2b Segitiga daya beban induktif

c. Kerugian faktor daya rendah

Faktor daya rendah disebabkan oleh adanya daya reaktif yang terlalu besar dan pada kenyataannya daya reaktif yang terlalu besar tidak memberikan unjuk kerja yang diharapkan. Namun daya ini diserap oleh saluran dan disimpan dalam bentuk elektromagnetik.

d. Keuntungan perbaikan faktor daya :

1. Rugi-rugi tembaga (panas) menjadi kecil.
2. Pengaturan tegangan menjadi lebih baik.
3. Pemakaian daya listrik menjadi lebih stabil.

e. Kapasitor daya

Pada kapasitor arus yang mengalir akan mendahului tegangan (leading). Arus ini disebut arus kapasitif. Ukuran kapasitor untuk perbaikan faktor daya dapat menggunakan rumus : [9]

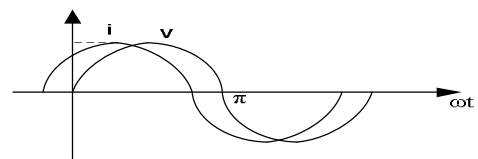
$$Q_c = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Dimana :

$Q_c$  = Daya reaktif kapasitif (kVAR)

$P$  = Daya aktif (kW)

$\varphi$  = Sudut fasa



Gambar 2.3 bentuk gelombang arus mendahului tegangan (leading). [4]

f. Penghematan Daya

Dengan kompensasi pemasangan kapasitor tingkat penghematan yang bisa dicapai antara 5% - 25% dan waktu pengembalian modal sekitar 2 – 3 tahun. [4]

g. Return On Investment (ROI)

Investasi yang diperlukan untuk mendanai program penghematan energy dengan tingkat penghematan seperti di atas dapat kembali dalam waktu 24 bulan atau bisa mencapai tingkat ROI sebesar 25% - 30%. ROI adalah sebuah pengukuran kinerja yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi investasi atau untuk membandingkan efisiensi dari sejumlah investasi yang berbeda. Untuk menghitung ROI, keuntungan dari suatu investasi dibagi dengan biaya investasi, hasilnya adalah dinyatakan sebagai persentase atau rasio. [12]

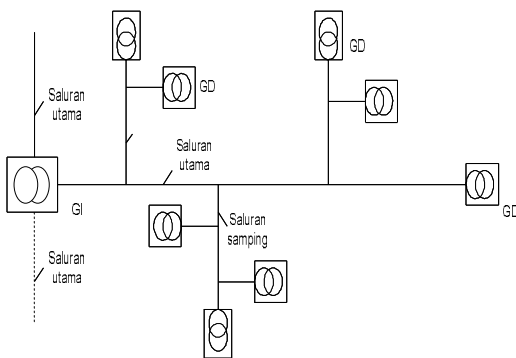
h. Program ETAP

Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) adalah program yang dirancang untuk menganalisa system tenaga listrik. Analisa yang ditawarkan oleh software ETAP 4.0 yang digunakan pada kompensasi kapasitor adalah power factor, drop tegangan, power flow dan losses pada jaringan. [10]

3. METODOLOGI

a. Bentuk Jaringan Distribusi yang Dipakai.

Laboratorium Teknik Listrik Polsri menggunakan bentuk jaringan distribusi dengan system distribusi radial. Hal ini mengingat bentuk jaringan distribusi radial ini sistemnya sangat sederhana dan sangat sesuai untuk system pendistribusian tenaga listrik yang berkapasitas kecil.



Gambar 3.1 Skema Saluran Sistem Radial

[4]

Keterangan :

GI : Gardu Induk

GD : Gardu Distribusi

Data Trafo yang dipakai :

- Meter Amp : 0 – 250 A
- Meter Tegangan : 0 – 12 KV
- Trafo Tegangan : 12 KV / 400 Volt

b. Variasi beban terpasang

Tabel 3.1 menunjukkan beban terpasang terdiri atas beberapa macam beban. Beban-beban

tersebut dikelompokkan sesuai dengan penggunaannya.

Tabel 3.1 Jenis-jenis Variasi Beban Terpasang

No	Jenis Beban	Beban Terpasang (KW)
1	Penerangan	6,5
2	Socket outlet	2,0
3	Praktek Control	19,0
4	Elektronika	5,0
5	Komputer	6,0
6	Air Conditioner (AC)	8,0
7	Praktek Instalasi Listrik	16,0
8	Praktek Mesin Listrik	14,7
9	Emergensi	5,0
10	Spare	3,5
TOTAL		85,7

Sumber : Pengukuran Langsung.

Tabel 3.2 menunjukkan daya beban total di Laboratorium Teknik Listrik Polsri sebelum dipasang kapasitor terlihat bahwa factor kerjanya rendah yaitu 0,65 yang akan membuat kerugian pada jaringan listrik salah satunya rugi-rugi panas ( $I^2R$ )

Tabel 3.2 Daya Beban Total di Laboratorium Teknik Listrik Polsri Sebelum dipasang Kapasitor

Daya Beban (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos $\phi$
85,70	131,63	98,61	0,65

Tabel 3.3 menunjukkan daya beban bervariasi sebelum dipasang kapasitor. Faktor dayanya dari setiap beban masih buruk. Daya reaktif dan daya semunya juga menunjukkan daya yang besar dan mengandung sifat induktif dari beban yang mengakibatkan rugi-rugi.

Tabel 3.3 Daya Beban untuk Beban Bervariasi Sebelum Dipasang Kapasitor

Daya Beban (kW)	Daya Semu (kVA)	Daya Reaktif (kVAR)	Faktor Kerja (Cos $\phi$ )
6,5	10,51	8,24	0,62
2,0	3,26	2,59	0,61

19	30,24	23,45	0,62
5,0	6,58	4,27	0,76
6,0	9,86	7,79	0,60
8,0	13,14	10,38	0,60
16	26,32	20,79	0,61
14,7	23,03	17,50	0,64
5,0	6,58	4,27	0,76
3,5	5,22	3,86	0,67

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Di Laboratorium Teknik Listrik sangat banyak beban yang digunakan untuk berbagai keperluan untuk menghitung beban yang begitu banyak diambil jumlah daya beban keseluruhan (total).

a. Hasil pengamatan bahwa arus yang terbaca pada alat ukur adalah 200 ampere. Sedangkan daya aktif yang dipakai dari beban total adalah 85,7 kW dan tegangan yang digunakan sebesar 380 Volt.

Maka :

$$S = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 200 = 131,635 \text{ kVA}$$

Jadi :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$85700 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 200 \cdot \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{85700}{131635} = 0,65$$

Jadi Harga faktor daya mula – mula sebesar 0,65

Untuk daya reaktifnya :

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Dimana :

$$\cos \varphi = 0,65$$

$$\varphi = \cos^{-1} \cdot 0,65$$

$$\varphi = 49,45^{\circ}$$

Jadi :

$$\sin 49,45^{\circ} = 0,75$$

Maka :

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 200 \cdot 0,75 = 99,90 \text{ kVAR}$$

Dapat ditarik kesimpulan sementara faktor daya di Laboratorium Teknik Listrik Polsri adalah 0,65 (rendah).

**b. Penentuan Rating Kapasitor**

Rumus : [4]

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$Q_c$  adalah besarnya daya reaktif kapasitif yang dihasilkan oleh kapasitor.

Dimana :

$$P = 85,7 \text{ kW}$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1} \cdot 0,65 = 49,45^{\circ}$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1} \cdot 0,90 = 25,84^{\circ}$$

Berdasarkan persamaan di atas : [4]

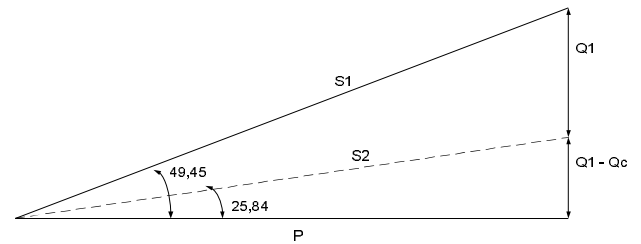
$$Q_c = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$= 85700 (\tan 49,45^{\circ} - \tan 25,84^{\circ})$$

$$= 85700 (1,17 - 0,48)$$

$$= 59,128 \text{ kVAR}$$

Dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Segi tiga Daya

Maka dapat di cari pula untuk harga  $Q_2$

Rumus : [4]

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

Dimana :

$$Q_1 = 99,90 \text{ kVAR}$$

$$Q_c = 59,12 \text{ kVAR}$$

Jadi :

$$Q_2 = 99,90 \text{ kVAR} - 59,12 \text{ kVAR}$$

$$= 40,78 \text{ kVAR}$$

Maka :

$$S_2 = \frac{Q_2}{\sin \varphi_2} = 92,20 \text{ kVA}$$

**c. Kapasitor Hubungan Delta**

Dalam rangkaian hubungan delta, arus perfasa  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  dari arus saluran, berarti  $I_F = \frac{1}{\sqrt{3}}$  dan  $V_F = V_{L..}$  maka :

$$Q_c = V_c \times I_c \text{ dan}$$

akan didapatkan :

$$Q_c = 59,12 \text{ kVAR}$$

$$V_c = V_F = V_L = 380 \text{ Volt}$$

$$I_c = \frac{Q_c}{V_c} = \frac{5912}{380} = 155,57 \text{ Ampere}$$

$$\text{Jadi : } X_c = \frac{V_c}{I_c} = \frac{380}{155,57} = 2,44 \text{ ohm}$$

Maka harga kapasitansi kapasitor :

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \rightarrow \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Harga C adalah :

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2,44} = 1,30 \text{ mF}$$

**d. Kapasitor Hubungan Bintang**

Rangkaian kapasitor hubungan bintang, arus perfasa adalah sama dengan arus saluran ( $I_F = I_L$ ). Sedangkan tegangan setiap fasanya  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  dan tegangan saluran ( $V_f = \frac{V}{\sqrt{3}}$ ).

Maka :

$$Q_c = V_c \cdot I_c$$

Dimana:

$$Q_c = 59,12 \text{ kVAR}$$

$$V_c = V_f = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,39 \text{ Volt}$$

Jadi :

$$I_c = \frac{Q_c}{V_c} = \frac{59120}{219,39} = 269,51 \text{ Ampere}$$

Dan akan didapatkan reaktansi kapasitif ( $X_c$ ) yaitu :

$$X_c = \frac{V_c}{I_c}$$

Maka akan didapat :

$$X_c = \frac{219,39}{269,51} = 0,81 \text{ ohm}$$

Dari :

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \rightarrow C = \frac{1}{\omega \cdot X_c}$$

Jadi :

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,81} =$$

3,93 mF

e. Analisis Ekonomi dan Finansial [12]

Biaya yang diperlukan untuk pemasangan kapasitor guna perbaikan faktor daya dengan daya reaktif 59,12 kVAR dan harga kapasitor dalam Dollar Amerika adalah \$ 3,830.00. Harga ini dikonversikan dalam rupiah yaitu; \$ 3,830 x Rp. 9200 = Rp 35.236.000,- (lampiran L - 3)

Dan untuk pemakaian daya/energi listrik akan di estimasikan daya/energi listrik perjam yaitu 55,55 kWh. Estimasi lamanya pemakaian energy listrik perhari = 6 jam maka pemakaian energy listrik dalam satu bulan = 30 x 6 x 55,55 = 9999,9kWh = 10.000 kWh.

Keuntungan yang akan diperoleh:

1. Optimalisasi daya aktif :

$$P = 85,7 \text{ kW} \times 180 \text{ jam} = 15.426 \text{ kWh}$$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$P_1 = 1,73 \cdot 380 \cdot 200 \cdot 0,90 = 118,47 \text{ kW}$$

$$P_1 = 118,47 \cdot 180 \text{ jam} = 21.325 \text{ kWh}$$

Jadi optimalisasi daya aktif :

$$P_2 = P_1 - P$$

$$= 21.325 - 15.426 = 5.899 \text{ kWh}$$

Keuntungan dalam rupiah dalam 1 bulan = 5.899 x 755 = Rp.4.453.745,-

Keuntungan 1 tahun = 12 x 4.453.745 = Rp.53.444.940,-

2. Keuntungan dari daya semu :

$$S_3 = S_1 - S_2$$

$$S_3 = 131,63 \text{ kVA} - 92,20 \text{ kVA} = 39,43 \text{ kVA}$$

Keuntungan dalam rupiah =  $S_3 \times RM \times \text{Biaya pemakaian} = 39,43 \times 40 \text{ jam nyala} \times 755 = \text{Rp.1.190.786,-}$

Keuntungan dalam 1 tahun = 12 x 1.190.786 = Rp.14.289.432,-

RM = 40 jam nyala (Lampiran L - 1)

Total Keuntungan dalam 1 tahun = Rp.53.444.940 + Rp.14.289.432 = Rp.67.734.372,-

3. Perhitungan Rekening Listrik bulanan :

Biaya beban 140 kVA x 40 jam x Rp.755 = Rp.4.228.000,-

Biaya pemakaian listrik = 10.000kWh x Rp.755 = Rp.7.550.000,-

PPN = 10% x Rp.7.550.000 = Rp. 755.000,-

Total biaya rekening bulanan = Rp.12.533.000,-

Total biaya rekening listrik 1 tahun = 12 x 12.533.000 = Rp. 150.396.000,-

Estimasi lamanya pemakaian kapasitor adalah 10 tahun

4. Return On Investment (ROI)

ROI merupakan salah satu rasio persentase yang paling penting bahwa perusahaan perlu untuk melacak dalam rangka untuk menentukan kelayakan dan kelangsungan margin keuntungan.

ROI=

$$\frac{\text{Total Net Cash flow} - (\text{Total OP} + \text{Biaya Invest} + \text{Biaya Rek})}{\text{Biaya OP} + \text{Biaya Invest} + \text{Biaya Rekening}}$$

ROI = 22,9 %

5. Net Present Value (NPV)

$$NPV = PV_{\text{penerimaan}} - PV_{\text{pengeluaran}}$$

$$NPV = 642.850.375 - 44.524.431 = 598.325.943$$

Dimana :

NPV = Nilai sekarang netto

PV = Nilai sekarang

6. Benefit Cost Ratio (BCR)

$$BCR = \frac{\text{nilai sekarang dari keuntungan yang didapat}}{\text{nilai sekarang dari biaya yang dikeluarkan}}$$

$$BCR = 10,74$$

7. Internal Rate of Return (IRR)

$$IRR = \frac{B - C}{(1+I)^n} = 5,44 \%$$

Dimana : B = Benefit = Penerimaan

C = Cost = Pengeluaran

I = Discount rate

8. Analisis Finansial [12]

Tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan analisis finansial dari penghematan pemakaian energi listrik di Laboratorium Teknik Listrik Polstri Palembang.

Dimana :

- Harga pakai (kWH/Tahun) =  $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\frac{\text{TDL}}{\text{kWh}}}$
- Pendapatan dari laba = Laba – (Harga pakai x TDL)
- Biaya O & P = Biaya OP x Inflasi + Biaya OP
- Total Cash Outflow = Biaya O & P
- Net Cash Flow = (Rekening Listrik + Biaya OP + Biaya Investasi) – Keuntungan/Laba
- Total Net Cash Flow<sub>1</sub> = Net Cash Flow<sub>1</sub> x Bunga Inflasi + Net Cash Flow<sub>1</sub>
- Total Net Cash Flow<sub>2</sub> dan seterusnya = Total Net Cash Flow<sub>1</sub> + Net Cash Flow<sub>2</sub> - Keuntungan/Laba

Pada tabel menunjukkan bahwa pengembalian modal dan seluruh biaya operasional (OP) dalam jangka waktu 2 tahun.

f. Hasil Perbandingan Perhitungan dengan Simulasi ETAP.

Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan antara hasil perhitungan dengan hasil simulasi. Menggunakan simulasi hasilnya akan lebih baik, seperti daya reaktifnya yang terlihat berkurang dibandingkan sebelum dipasang kapasitor.

Tabel 4.3a Hasil Perhitungan setelah dipasang kapasitor bank [1]

Hasil Perhitungan				
Beban (kW)	Daya Semu (kVA)	Daya Reaktif (kVAR)	Daya Kapasitif (kVAR)	Cos φ
6,5	7,27	3,13	5,07	0,90
2,0	2,32	0,97	1,62	0,90
19	20,06	8,63	14,82	0,90
5,0	5,51	2,40	1,87	0,90
6,0	6,17	2,69	5,18	0,90
8,0	8,32	3,58	6,80	0,90
16	17,4	7,83	12,96	0,90
14,7	14,4	6,92	10,58	0,90
5,0	5,32	2,42	1,85	0,90
3,5	3,80	1,66	2,20	0,90

Tabel 4.3b Hasil Simulasi ETAP Setelah dipasang kapasitor bank [10]

Hasil Simulasi ETAP				
Beban (kW)	Daya Semu (kVA)	Daya Reaktif (kVAR)	Daya Kapasitif (kVAR)	Cos φ
6,5	7,20	3,01	5,07	0,90
2,0	2,30	1,00	1,64	0,90
19	21,3	9,10	14,78	0,90
5,0	5,46	2,20	1,87	0,90
6,0	6,06	2,79	5,70	0,90
8,0	8,02	3,55	6,79	0,90

16	17,7	7,77	12,9	0,90
14,7	16	6,61	10,5	0,90
5,0	5,40	2,22	1,87	0,90
3,5	3,76	1,62	3,80	0,90

g. Pemasangan Kapasitor Bank Menggunakan Simulasi ETAP.

Gambar 4.4 menunjukkan kapasitor bank yang dipasang pada bus 13 dan pemasangan kapasitor seperti ini jauh dari beban maka daya yang akan tersalurkan 99,3% ini diakibatkan rugi – rugi tegangan/saluran dan rugi-rugi panas (I<sup>2</sup> R) karena pemakaian beban – beban induktif yang bervariasi.[10]

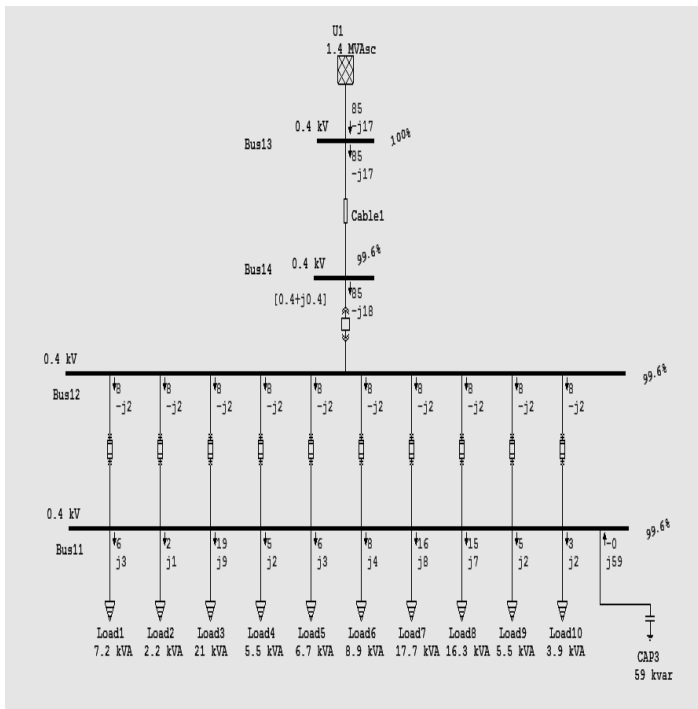
Gambar 4.4 Kapasitor bank yang dipasang jauh dari beban pada bus 13

Pengaturan penempatan kapasitor di awal bus (bus 13) tidak berpengaruh besar untuk kompensasi daya ke beban.

Jika kapasitor bank dipasang dekat dengan beban akan meningkatkan penyaluran daya (energy) yang dipakai sebab rugi-rugi induksi dari pemakaian beban yang bervariasi akan terkompensasi oleh kapasitor.

Tabel 4.4 menunjukkan hasil simulasi terlihat bahwa perbaikan faktor daya yang cukup baik yaitu, 90,2%.

Gambar 4.5 menunjukkan penyaluran daya dari PLN akan meningkat dengan factor daya lebih baik menjadi 92,3 % ini menandakan jika kapasitor dipasang dekat dengan beban akan lebih efektif dari pada dipasang jauh dari beban. Pada gambar terlihat terpasang kapasitor dengan daya reaktif 59,12 kVAR (nilai ini telah dihitung sebelumnya) dan dibandingkan dengan simulasi maka hasilnya sama dengan nilai perhitungan.[10]



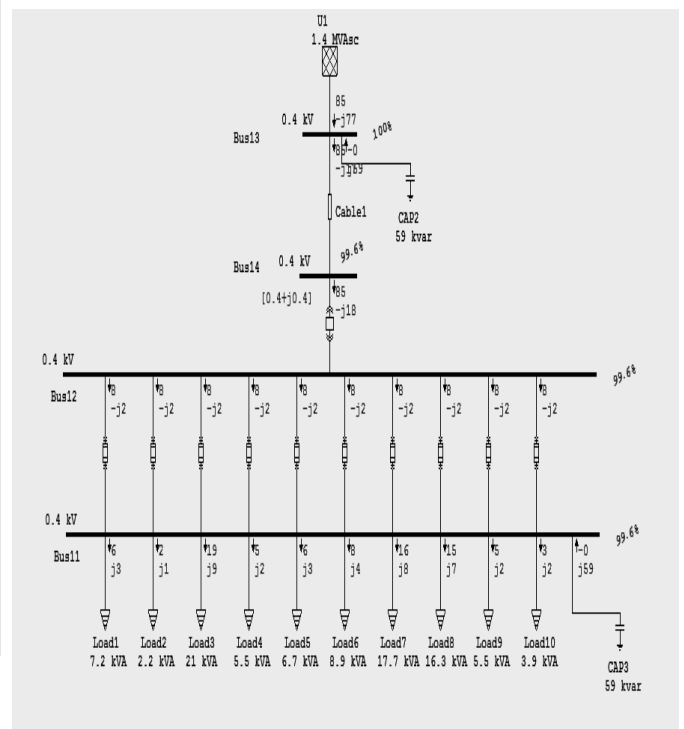
Gambar 4.5 Kapasitor bank yang dipasang dekat dengan beban pada bus 11

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengaturan beban setelah dipasang kapasitor pada bus 11 (bus dekat dengan beban) lebih jelasnya pada tabel 4.5

Gambar 4.6 menunjukkan penempatan kapasitor bank di 2 tempat. Pada bus 13 dan 11. Penempatan kapasitor seperti ini akan berakibat pemborosan dana investasi untuk pemasangan kapasitor bank. Karena pemasangan dan penempatan seperti ini tidak menjamin akan membaiknya factor daya karena akan sama saja dengan kapasitor dipasang pada bus 11 (dekat dengan beban).

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengaturan beban setelah dipasang kapasitor di 2 tempat (Bus 13 dan bus 11). Pemasangan seperti ini akan sama saja dengan pemasangan di satu tempat (dekat

dengan beban) hasilnya factor daya didapat 92,3%. Jadi hal ini cuma pemborosan saja. [10]



Gambar 4.6 Kapasitor dipasang di dua tempat

5. KESIMPULAN

- a. Penghematan yang diharapkan dari kompensasi kapasitor didapatkan besarnya daya reaktif (Qc) 59,12 kVAR dan nilai kapasitansi kapasitor adalah  $3,93 \times 10^{-3}$  farad untuk hubungan bintang dan kapasitansi kapasitor untuk hubungan delta adalah  $1,30 \times 10^{-3}$  farad.
- b. Penghematan energy dengan pemasangan kapasitor bank, akan lebih baik keadaannya jika kapasitor dipasang dekat beban (bus 11) dan











ANALISIS FINANSIAL	:	
BIAYA INVESTASI (Rp)	:	35,236,000.00
BIAYA OPERASIONAL 2% (pertahun/Rp) dari biaya investasi	:	704,720
TARIF LISTRIK /KWH (Rp)	:	755.00
ESTIMASI JAM PEMAKIAN (jam/tahun)	:	2,160.00
LABA/KEUNTUNGAN PERTAHUN	:	67,730,784.00
INFLASI (%)	:	6.00
TINGKAT SUKU BUNGA (%)	:	15.00
BIAYA REKENING (Rp/ tahun)	:	150,396,000.00
ESTIMASI LAMANYA PEMAKAIAN DARI KAPASITOR (tahun)	:	10

NPV	598,325,943
IRR	5.44
BCR	10.74
ROI	22.9

#### Analisis Finansial Sistem Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

TAHUN	Tahun KE	Harga pakai (KWH/tahun)	TDL	Pendapatan dari Laba (Rp/tahun)	Investasi (Rp)	Biaya operasional	Total cash out flow	Net cash flow	Total net cash flow
2011	1	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	704,720.00	704,720.00	127,414,936.0	138,882,280.00
<b>2012</b>	<b>2</b>	<b>11667.54967</b>	<b>755</b>	<b>58,921,784.00</b>	<b>35,236,000.00</b>	<b>747,003.20</b>	<b>747,003.20</b>	<b>127,457,219.0</b>	<b>207,417,715.00</b>
2013	3	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	791,823.39	791,823.39	127,502,039.0	161,286,470.00
2014	4	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	839,332.79	839,332.79	127,549,548.0	229,914,234.00
2015	5	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	889,692.75	889,692.75	127,599,908.0	298,592,358.00
2016	6	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	943,014.31	943,014.31	127,653,230.0	367,323,804.00
2017	7	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	999,595.16	999,595.16	127,709,811.0	436,111,831.00
2018	8	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	1,059,570.87	1,059,570.87	127,769,786.0	504,959,833.00
2019	9	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	1,123,145.12	1,123,145.12	127,833,361.0	573,871,410.00
2020	10	11667.54967	755	58,921,784.00	35,236,000.00	1,190,533.82	1,190,533.82	127,900,749.0	642,850,375.00