

EFISIENSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK

Syamsudin Noor⁽¹⁾, Noor Saputera⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Pada umumnya beban pada jaringan listrik adalah beban induktif seperti motor listrik, heater, neon (yang menggunakan trafo), lampu mercury dan lain-lain, jadi beban listrik kebanyakan adalah beban induktif yang membutuhkan daya reaktif. Jika beban reaktif ini dipikul oleh pembangkit tenaga listrik, maka arus yang mengalir di jaringan juga semakin besar yang berakibat factor dayanya menurun dan jatuh tegangan pada ujung saluran (ke konsumen) meningkat.

Salah satu langkah efisiensi penggunaan energi listrik di konsumen adalah dengan memasang peralatan penghemat energi listrik (energy server) yang digunakan baik disektor industri, bisnis / komersial maupun rumah tangga. Peralatan penghemat energi listrik tersebut adalah kapasitor bank yang berguna untuk menginjeksi daya reaktif pada titik-titik dimana terjadi tegangan jatuh, sehingga diperoleh profil tegangan yang baik dan rugi daya yang lebih kecil.

Kapasitor bank dapat memperbaiki *power factor* (*Cos phi*) untuk meningkatkan kualitas daya sekaligus meningkatkan efisiensi pemakaian peralatan listrik konsumen dan akhirnya efisiensi energi listrik yang disediakan oleh penyedia tenaga listrik.

Kata Kunci : Kapasitor bank, efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Adanya beban daya listrik yang bersifat induktif, seperti Motor pompa, Room Air Conditioner (RAC) , lampu yang menggunakan ballast, semua ini akan menyebabkan pergeseran fasa pada gelombang tegangan dan arus, serta factor kerja daya listrik yang di gunakan akan turun.

Pada umumnya beban pada jaringan listrik adalah beban induktif seperti motor listrik, heater, neon (yang menggunakan trafo), lampu mercury dan lain-lain, jadi beban listrik kebanyakan adalah beban induktif yang membutuhkan daya reaktif. Pada saat beban puncak daya reaktif yang dibutuhkan meningkat bahkan dapat lebih besar dari yang dibangkitkan oleh pembangkit tenaga listrik.

Jika beban reaktif ini dipikul oleh pembangkit tenaga listrik, maka arus yang mengalir di jaringan juga semakin besar yang berakibat factor dayanya menurun dan jatuh tegangan pada ujung saluran (ke konsumen) meningkat.

2. LANDASAN TEORI

Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik dan umumnya memiliki beda fasa (arus mendahului tegangan) yang lebih mendekati

90 dibandingkan dengan induktor. Oleh karenanya kapasitor menyerap daya lebih sedikit dari pada induktor (dalam nilai yang sama). Kapasitor terdiri dari beberapa tipe, tergantung dari bahan dielektriknya. Untuk lebih sederhana dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu kapasitor electrostatic, electrolytic dan electrochemical.

Kapasitor Electrostatic.

Kapasitor electrostatic(kapasitor static) adalah kapasitor yang dibuat dengan bahan dielektrik dari keramik, film, kertas dan mika. Keramik kertas dan mika adalah bahan yang populer serta murah untuk membuat kapasitor yang kapasitansinya kecil. Tersedia dari besaran pF sampai beberapa uF, yang biasanya untuk aplikasi rangkaian yang berkenaan dengan frekwensi tinggi.

Kapasitor Electrolytic

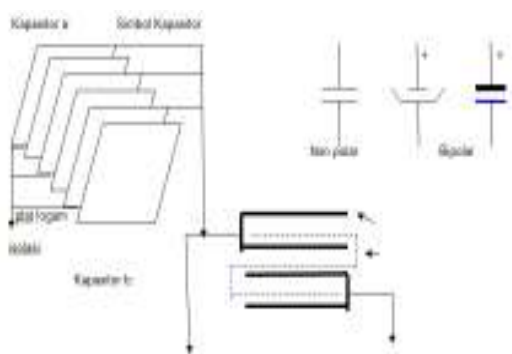
Kelompok kapasitor electrolytic atau yang biasa disebut kapasitor electrolyte terdiri dari bahan yang dielektriknya adalah lapisan metal-oksida. Umumnya kapasitor yang termasuk kelompok ini adalah kapasitor polar (dua kutub) dengan tanda + dan - pada badan kapasitor.

Mengapa kapasitor ini jadi memiliki polaritas, adalah karena proses pembuatannya menggunakan elektrolisa sehingga terbentuk kutub positif anoda dan kutub negatif katoda.

Bahan electrolyte pada kapasitor tantalum ada yang cair tetapi ada juga yang padat. Jadi dapat dipahami mengapa kapasitor Tantalum menjadi relative mahal.

Kapasitor Electrochemical

Satu jenis kapasitor lain adalah kapasitor electrochemical. Termasuk kapasitor jenis ini adalah baterai dan accu. Pada kenyataannya batrai dan accu adalah kapasitor yang sangat baik, karena memiliki kapasitansi yang besar dan arus bocor (leakage current) yang sangat kecil. Tipe kapasitor jenis ini juga masih dalam pengembangan untuk mendapatkan kapasitansi yang besar namun kecil dan ringan, misalnya untuk aplikasi mobil elektrik dan telephone selular



Gambar 1. Struktur Kapasitor

Rumus untuk menghitung kapasitor dengan bahan dielektriknya :

$$C = 0.224 \frac{KA}{D} (n = 1)$$

dimana :

- C = Kapasitansi dalam pF(pico farad)
- K = Konstanta dielektrik antara dua plat logam
- A = Penampang plat segi empat dalam inchi
- D = jarak antara permukaan plat dalam inchi
- n = banyaknya plat

Proses kerja kapasitor dengan menghubungkan kapasitor tersebut dengan beda potensial yang berarti kapasitansi kapasitor merupakan perbandingan antara muatan yang disimpannya dengan beda potensial antara konduktor-konduktornya :

$$Q = C.V$$

dimana :

- Q = pengisian dalam coulomb
- C = kapasitansi dalam farad
- V = potensial dalam volt.

Energi yang tersimpan dikapasitor, potensial dan kapasitansinya :

$$W = \frac{V^2 C}{2}$$

Dimana :

W = energy dalam joule

V = potensial dalam volt

C = kapasitansi dalam farad

Bila suatu rangkaian beban dipasang kapasitor (paralel) dan diberi tegangan maka elektron (arus) akan mengalir pada kapasitor. Pada saat kapasitor sudah terisi dengan muatan elektron (arus) maka tegangan akan berubah kearah lain (negatif). Pada saat itu elektron yang ada dikapasitor

mengalir kedalam rangkaian beban , dengan demikian kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah ke negatif tadi kembali kearah positif, maka kapasitor akan terisi kembali dan siap membuang muatannya pada saat tegangan kembali berubah ke negatif. Dengan demikian maka daya reaktif yang diambil dari sumber listriknya menjadi kecil karena sebagian disupply oleh kapasitor. Hal ini berlangsung terus menerus selama 50 kali dalam satu detik (jika frekwensinya 50 Hz).

3. DESAIN DAN RANCANGAN PENELITIAN

Persiapan

Pada tahap ini persiapan dilakukan dengan mengumpulkan data dan praktek merangkai kapasitor bank

- a. Pengumpulan Data. Untuk mendapatkan data , dengan referensi dari buku kapasitor dan catalog yang relevan dengan materi penelitian. Dan laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin.
- b. Praktek merangkai pada panel . Memperhitungkan kapasitas kapasitor pemakai daya dengan praktek merangkai kapasitor bank sesuai dengan daya yang terpakai.

Menghitung Besaran Nilai Kapasitor Bank akan dipasang

$$C = \frac{Q_c}{-V^2 \omega}$$

Dimana

Qc = Daya reaktif kapasitor (VAR)

V = Tegangan (Volt)

$\omega = 2\pi f$

Contoh 1 :

Sebuah lampu TL dengan daya 15 W, tegangan 220 V, factor daya = 0.35, maka :

$$P = V.I \text{ Cos } \phi$$

$$I = \frac{P}{V \text{ Cos } \phi} = \frac{15}{220} \times 0.35 = 0.1948 \text{ A}$$

$$\approx 194.8 \text{ mA}$$

- Konsumsi yang dibutuhkan secara teori apabila $\cos \phi$ nya 0.9 adalah :

$$I = \frac{P}{V \cos \phi} = \frac{15}{220} \times 0.9 = 0.0757 \text{ A} \\ \approx 75.7 \text{ mA}$$

- Berapa % t x penghematan = $194.8 - 75.7 = 119.10 \approx \pm 61\%$
- Cara mencari nilai kapasitor :
 $\cos \phi = 0.35 \gg \phi_1 = \cos^{-1} 0.35 = 69.5^\circ$
 $\cos \phi_2 = 0.9 \gg \phi_2 = \cos^{-1} 0.9 = 25.84^\circ$
- Daya aktif $P_1 = 15 \text{ W}$
- Daya nyata $S_1 = V.I = 42.856 \text{ VA}$

$$S_1 = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{15}{0.35} = 42.857 \text{ VA}$$

- Daya reaktif
 $Q_1 = S \cdot \sin \phi = 42.857 \cdot \sin 69.5$
 $= 40.143 \text{ VAR}$
 $P_2 = P_1 = 15 \text{ W}$
 $S_2 = V.I = 220 \times 75.75 \text{ mA} = 16.665 \text{ VA}$
 $Q_2 = S \cdot \sin \phi = 16.665 \cdot \sin 25.84$
 $= 7.26 \text{ VAR}$

- Daya reaktif yang harus dihilangkan :
 $\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 7.26 - 40.1432 = -32.883 \text{ VAR}$
- Jadi kapasitor untuk mendapatkan sudut $\phi = 1$ adalah :
 $C = \frac{QC}{-V^2 \omega} = \frac{-32.883}{220 \times 3.14} = \frac{32.883}{15197600} = 2.2 \mu\text{F}$

Jadi untuk penghematan dengan beban diatas setelah dilakukan perhitungan kapasitor yang harus dipasang sebesar 2.16 μF dibulatkan menjadi 2.2 μF .

4. HASIL UJI DAN IMPLEMENTASI

Effisiensi / Manfaat dengan menggunakan Kapasitor Bank

Manfaat menggunakan kapasitor bank secara parallel :

1. Bagi utilitas penyedia listrik :
 - a. Konponen reaktif pada jaringan dan arus total pada sistim ujung akhir ke Konsumen menjadi berkurang.
 - b. Kehilangan daya I^2R dalam sistim berkurang karena penurunan arus.
 - c. Kemampuan kapasitas jaringan distribusi listrik meningkat.
2. Bagi perusahaan / Industri (bukan pelanggan rumah yangga) dapat mengurangi denda kVARh bila paktor daya ($\cos \phi$) rata rata per bulannya lebih dari 0.85 karena menggunakan kapasitor bank (meredam daya nyata/ mengurangi biaya induksi).
3. Kebutuhan daya reaktif akanberkurang karena sebagian disuplai oleh kapasitor bank.

4. Arus listrik turun (I) sehingga mengurangi panas pada jaringan.

Contoh : Beban yang dipakai dirumah sebuah kulkas 400 w/220V dan lampu TL 20 w sebanyak 5 buah dengan $\cos \phi_1 = 0.6$. Jika dipasang kapasitor bank dengan $\cos \phi$ 0.95 maka :

- a. Besarnya daya kulkas dan lampu TL gabungan (PG = Power Gabungan) :

$$PG = 400 \text{ W} + (5 \times 20 \text{ W}) = 500 \text{ W}$$

$$\cos \phi_1 = \frac{PG}{S_1} \gg S_1 = \frac{PG}{\cos \phi_1} = \frac{500}{0.6} = 833.33 \text{ VA (daya nyata)}$$

$$I_1 = \frac{S_1}{V} = \frac{833.33}{220} = 3.78 \text{ A (sebelum kompensasi)}$$

- b. Besarnya daya setelah kompensasi ($\cos \phi$ 0.95)

$$S_2 = \frac{PG}{\cos \phi_2} = \frac{500}{0.95} = 526.31 \text{ VA}$$

$$\text{Maka } I_1 = \frac{S_1}{V} = \frac{526.31}{220} = 2.39 \text{ A (setelah kompensasi)}$$

Effisiensi Arus listrik 37%

5. Memaksimalkan daya terpasang, sehingga dapat menambah peralatan listrik lainnya.

Contoh : Sebelum menggunakan kappasitor bank daya terpasang 900VA, tegangan 220V dan Arua 4 A dengan $\cos \phi$ 0.6. Maka daya yang tersedia bisa dipergunakan adalah

$$P = V.I \cdot \cos \phi.$$

$$P = 220 \times 4 \times 0.6 = 528 \text{ VA}$$

Setelah dipasang kapasitor bank dengan $\cos \phi$ 0.95 maka daya terpasang menjadi :

$$220 \times 4 \times 0.95 = 836 \text{ VA. (Effisiensi daya listrik 36.84 \%)}$$

6. Menghemat biaya pemakaian listrik, jika bebannya sama seperti sebelum dipasang kapasitor bank (tidak menambah peralatah listrik / elektronik)

Contoh penghematan biayalistrik :

Sebuah rumah tangga menggunakan hanya lampu neon TL 40 wat dengan ballas 40 wat sebanyak 9 buah dengan $\cos \phi$ 0.7.

Sebelum dipasang kapasitor bank : Ballas dengan $\cos \phi$ 0.7 = 40 wat : 0.7 = 57.14 watt. Daya yang dipakai untuk 1 buah lampu neon TL tersebut = 40 + 57.14 = 97.14 wat. Bila daya terpasang 900VA maka 900 : 97.14 = 9.26 buah atau 9 buah

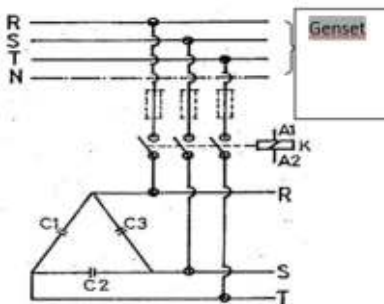
lampu TL, dengan jumlah dayanya 9 x 97.14 = 874.26 wat. Setelah dipasang kapasitor bank (seperti tersebut no.4 pf 0.95) maka (ballas) 40 wat : 0.95 = 42.1 wat. Jumlah daya sebuah lampu TL = 40 wat + 42.1 wat = 82.1 wat.

Jadi untuk lampu TL sebanyak 9 buah memerlukan daya 9 x 82.1 wat = 738.9 wat. Maka penghematan = 874.26 – 738.9 = 135.36 wat. Effisiensi 18 %.

7. Mengurangi arus “ start “ awal suatu peralatan listrik , sehingga MCB tidak mudah jatuh.

Arus start sebuah kulkas biasanya berkisar antara 6 sampai 8 kali arus beban penuh. Oleh sebab itu ketidak seimbangan tegangan 5 % waktu start) akan menghasilkan ketidak seimbangan arus antara 30 sampai 40%. Hal ini karena resistansi rotor (motor kulkas) terhadap arus frekwensi urutan negative lebih besar dibanding terhadap arus urutan positif. Sudut daya di rotor akan meningkat dengan cepat. Jika kulkas dayanya 440W 220V, maka arus normalnya 2A. Waktu start maka arus meningkat 30-40% atau lebih kurang menjadi 2.7A. Hal ini tidak efisien apalagi jika listriknya sering byar-pet. Dengan pemasangan kapasitor bank kerugian arus sesaat ini dapat diredam.

8. Menghemat biaya operasional Genset :
Sebuah pabrik kelapa sawit menggunakan Genset 3 fasa dengan menggunakan Power Factor Automatic Regulator (pengatur otomatis kerja capasitor bank) yang berfungsi memperbaiki factor daya Genset melalui pengoperasian secara otomatis pada unit-unit kapasitor berdasarkan besar/kecilnya kerja pembangkit (daya reaktif).



Gambar 2. Hubungan Koreksi Faktor Daya Sistem Pembangkit

Keterangan :

R_S_T_N = Sistim jaringan 3 fasa, 4 kabel.

K= Magnetic Contactor

A1, A2 =Terminal coil magnetic contac-tor

C1,C2,C3=Kapasitor yang dihubungkan Delta.

Perhitungan-perhitungan Faktor Daya :

Data data generator diesel tersebut :

Kapasitas Daya (W) = 300 kVA

Tegangan kerja ($V_{3\phi}$) = 380 Volt

Frekwensi (f) = 50 Hz

Faktor daya Generator = 0.8

Arus (I) = 456 Ampere

Daya efektif (P) = 240 kW

Dari data data generator diatas, dapat diartikan bahwa Generator Listrik tersebut dapat bekerja optimal jika semua persyaratan parameter kerjanya terpenuhi. Untuk mendapatkan gambaran secara jelas dari pengaruh turunnya factor daya Generator (Cos phi) dapat dilihat dari perhitungan berikut :

Asumsi factor daya generatoe turun dari 0.8 menjadi 0.65.

C = daya reaktif (loss power) dalam satuan kVAR

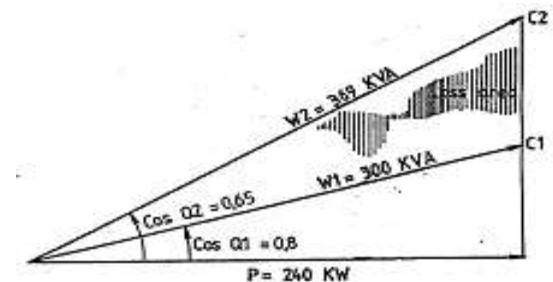
I = arus listrik dalam satuan Ampere

$$\text{Maka : } P = \sqrt{3} \times V \times I \quad (1)$$

$$P = W \times \text{Cos phi} \quad (2)$$

$$C = \sqrt{(W^2 - P^2)} \quad (3)$$

Dari rumus (1) dapat dihitung besarnya Arus listrik (I) yang mengalir untuk kedua kondisi faktor daya generator, sebagai berikut :



Gambar 3. Segitiga Daya

Untuk Cos phi = 0.8

$$\text{Maka : } P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$240.000 = 1.732 \times 380 \times I \times 0.8$$

$$I = 240.000 / (1.732 \times 380 \times 0.8$$

$$I = 456 \text{ Ampere.}$$

Untuk Cos phi = 0.65

$$\text{Maka : } P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$$

$$240.000 = 1.732 \times 380 \times I \times 0.65$$

$$I = 240.000 / (1.732 \times 380 \times 0.65$$

$$I = 561 \text{ Ampere.}$$

Dari rumus (2) dapat dihitung besarnya Resultan Daya (Daya Total = W) sebagai berikut :

Untuk Cos phi 0.8

$$\text{Maka : } P = W \times \text{Cos } \phi$$

$$240.000 = W \times 0.8$$

$$W = 300 \text{ kVA}$$

Untuk Cos phi 0.65

Maka : $P = W \times \text{Cos}\phi$

$240.000 = W \times 0.65$

$W = 369 \text{ kVA}$

Dari rumus (3) dapat dihitung besarnya Daya Reaktif C (kVAR) sebagai berikut :

Untuk Cos phi 0.8

Maka $C = \sqrt{(W^2 - P^2)}$

$C = \sqrt{(300^2 - 240^2)}$

$C = \sqrt{32.40}$

$C = 180 \text{ kVAR}$

Untuk Cos phi 0.65

Maka $C = \sqrt{(369^2 - 240^2)}$

$C = \sqrt{78.561}$

$C = 280 \text{ kVAR}$.

Berdasarkan rumus diatas dapat diketahui besarnya :

Arus yang hilang :

$L \text{ Loss} = I_2 - I_1$

$I \text{ Loss} = 561 \text{ A} - 456 \text{ A}$

$I \text{ Loss} = 105 \text{ Ampere}$ atau $I \text{ Loss} = 23\%$.

Daya yang hilang :

$W \text{ Loss} = W_2 - W_1$

$W \text{ Loss} = 369 \text{ kVA} - 300 \text{ kVA}$

$W \text{ Loss} = 69 \text{ kVA}$ atau $W \text{ Loss} = 23\%$

Kenaikan Daya Reaktif :

$C = C_2 - C_1$

$C = 280 \text{ kVAR} - 180 \text{ kVAR}$

$C = 100 \text{ kVAR}$ atau kenaikan $C = 35.71\%$

Dari perhitungan-perhitungan diatas dapat dilihat timbulnya Power Loss (keborosan daya) yang diakibatkan turunnya faktor daya generator (Cos phi) dari 0.8 menjadi 0.65. Hal ini jelas sangat merugikan jika ditinjau dari operasional sistim kerja pembangkit yang pada akhirnya akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Perhitungan besarnya kerugian :

Asumsi : Jam operasi Genset = 15 jam

Harga BBM solar = Rp.7000.-/ liter

Pemakaian BBM solar = 40 liter/jam

Dengan pemakaian normal genset sebesar 300 kVA, maka total biaya BBM solar setiap hari adalah sebesar :

= 15 jam x Rp.7000/ltr x 40 ltr/jam

= Rp.4.200.000,-/ hari

Berdasarkan perhitungan diatas, kerugian akibat daya yang hilang mencapai 23%, sehingga pemborosan biaya BBM setiap hari adalah sebesar:

= 23% x Rp. 4.200.000,-

= Rp. 966.000,-/hari

= Rp. 24.150.000,-/bulan

Jadi jelas bahwa penurunan factor daya generator dari 0.8 menjadi 0.6 akan berakibat terjadinya pemborosan biaya pemakaian BBM solar sebesar Rp. 24.150.000,-/bulan.

Kerugian juga menyebabkan arus listrik (I) yang mengalir melalui kabel hantaran menjadi

bertambah besar sehingga ukuran kabel yang dibutuhkan bertambah besar. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya biaya investasi pemasangan jaringan kabel.

Hal hal yang merugikan tersebut diatas, dapat ditanggulangi dengan menginstalasi unit Kapasitor Bank pada unit sistim pembangkit



Gambar 4 a. Unit Kapasitor Bank Tipe *Dynamic Var Compensator*

Type *Dynamic Var Compensator* dengan menggunakan Magnetic Contactor serta PFC relay sebagai switchernya untuk menyesuaikan dengan kondisi beban. Biasanya digunakan di pabrik/industri. Ada dijual dipasaran dengan berbagai type, umumnya produk luar, harganya mahal.

(Gambar 4a dan 4b)

Gambar 4 b. Unit Kapasitor Bank Tipe *Dynamic Var Compensator*



Gambar 5. Unit Kapasitor Tipe *Fixed Capacitor Bank* untuk Rumah Tangga

Kapasitor Bank yang dipakai untuk rumah tangga

Kapasitor bank yang dipasang dirumah tangga secara parallel disebut Fixed Capacitor bank, memberikan beban kapasitif yang tetap walaupun terjadi perubahan beban. Juga dipergunakan untuk beban langsung kemotor induksi atau ke kulkas. Nilai yang aman adalah 5% dari kapasitas motor / kulkas / beban rumah tangga, pertimbangannya adalah kondisi saat tanpa beban. Produk dalam negeri/lokal, banyak dijual dipasaran.



Gambar 6. Cara Pemasangan Kapasitor Bank untuk Rumah Tangga

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahwa jaringan distribusi yang ada saat ini belum stabil, sehingga terjadi penurunan tegangan pada ujung saluran yang sampai ke konsumen, apalagi ditambah seringnya terjadi pemadaman / byar-pet.
2. Bahwa jaringan distribusi belum memiliki sumber daya reaktif yang cukup, sehingga terjadi penurunan factor daya yang merugikan baik penyedia tenaga listrik (PLN) maupun konsumen.
3. Sebagai kompensasinya maka perlu dipasang kapasitor bank, baik oleh penyedia tenaga listrik maupun perusahaan / industry pada umumnya dan untuk rumah tangga atau untuk keperluan peralatan listrik tertentu.
4. Kapasitor *static* adalah komponen elektronika yang dapat dipasang parallel dengan beban (pemasangan yang lebih umum) yang disesuaikan dengan spesifikasi / parameternya, karena sifat arusnya mendahului tegangan serta mengisi dan membuang muatannya. Prinsip kerja kapasitor ini bermanfaat untuk mensuplai daya reaktif ke beban sehingga menaikkan factor daya.
5. Dengan asumsi perhitungan perhitungan seperti telah disampaikan diatas, maka kapasitor bank lebih banyak membantu

baik dari segi operasional peralatan listrik maupun efisiensi daya listrik, seperti peralatan listrik bekerja normal dan menekan kerugian biaya operasional.

6. Banyaknya kapasitor bank yang dijual dipasaran terutama untuk kebutuhan rumah tangga yang berasal dari produk lokal, berarti bahwa kapasitor bank untuk rumah tangga dapat dibuat sendiri (*home made*), meskipun perhitungan faktor dayanya hanya berdasarkan asumsi kebutuhan rumah tangga type 450, 900, 1300 dan 2300 Watt, atau kebutuhan daya rata-rata dalam sehari semalam.
7. Untuk mengukur factor daya yang sebenarnya harus menggunakan Cos phi meter.
8. Pemakaian kapasitor bank dianjurkan oleh PLN atas dasar :
 - Surat Keputusan Menteri PU No.23 / PRT / 78.
 - Surat dari PLN Pesero tentang pemakaian Kapasitor Bank No. 128 / 075 / C.V / 2005.
 - Sanggahan Larangan Pemakaian Alat Penghemat Daya / Energi dari Direktur Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi. Surat No. 2491 / 44 / 640.2 / 2006.
 - Diperkuat dengan Instruksi Presiden No.10 Tahun 2005 tentang Penghematan Energi, Tgl 10 Juli 2005.
 - Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi, BAB III Pelaksanaan Penghematan Energi, pasal 3 ayat h : meningkatkan factor daya jaringan tenaga listrik dengan memasang kapasitor bank.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. TheRadio Amateur's Handbook. Published by the American Radio Relay League. Newington,CT USA USA 0611.Sixty-First Edition 1984.
2. Efisiensi Pemakaian Energi Listrik dengan LP Capasitor, Schneider Electronic Indonesia.
3. Koreksi Factor Daya – Merlin Gerlin.
4. Perencanaan Capasitor Bank – PT Aryanto Darmawan.
5. Teknologi Instalasi Listrik – Michael Neidle

@portek 2014