

## EFISIENSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK

(1)(1) **Syamsudin Noor , Noor Saputera**

(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 di sektor 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

90 dibandingkan dengan induktor. Oleh karena itu kapasitor menyerap daya lebih

Adanya beban daya listrik yang bersifat sedikit dari pada induktor ( dalam nilai yang induktif, seperti Motor pompa, Room Air sama ). Kapasitor terdiri dari beberapa tipe, Conditioner (RAC) , lampu yang tergantung dari bahan dielektriknya. Untuk menggunakan ballast, semua ini akan lebih sederhana dapat dibagi menjadi 3 menyebabkan pergeseran fasa pada bagian, yaitu kapasitor electrostatic, gelombang tegangan dan arus, serta factor electrolytic dan electrochemical. kerja daya listrik yang di gunakan akan turun.

Pada umumnya beban pada jaringan **Kapasitor Electrostatic.**

listrik adalah beban induktif seperti motor Kapasitor electrostatic( kapasitor static ) listrik, heater, neon ( yang menggunakan trafo adalah kapasitor yang dibuat dengan bahan ), lampu mercury dan lain-lain, jadi beban dielektrik dari keramik, film, kertas dan mika. listrik kebanyakan adalah beban induktif yang Keramik kertas dan mika adalah bahan yang membutuhkan daya reaktif. Pada saat beban populer serta murah untuk membuat kapasitor puncak daya reaktif yang dibutuhkan yang kapasitansinya kecil. Tersedia dari meningkat bahkan dapat lebih besar dari yang besaran pF sampai beberapa uF, yang dibangkitkan oleh pembangkit tenaga listrik. biasanya untuk aplikasi rangkaian yang Jika beban reaktif ini dipikul oleh berkenaan dengan frekwensi tinggi.

pembangkit tenaga listrik, maka arus yang mengalir di jaringan juga semakin besar yang **Kapasitor Electrolytic** berakibat factor dayanya menurun dan jatuh Kelompok kapasitor electrolytic atau tegangan pada ujung saluran ( ke konsumen ) yang biasa disebut kapasitor electrolyte terdiri meningkat. dari bahan yang dielektriknya adalah lapisan

metal-oksida. Umumnya kapasitor yang

### 2. LANDASAN TEORI

termasuk kelompok ini adalah kapasitor polar ( dua kutub ) dengan tanda + dan - pada

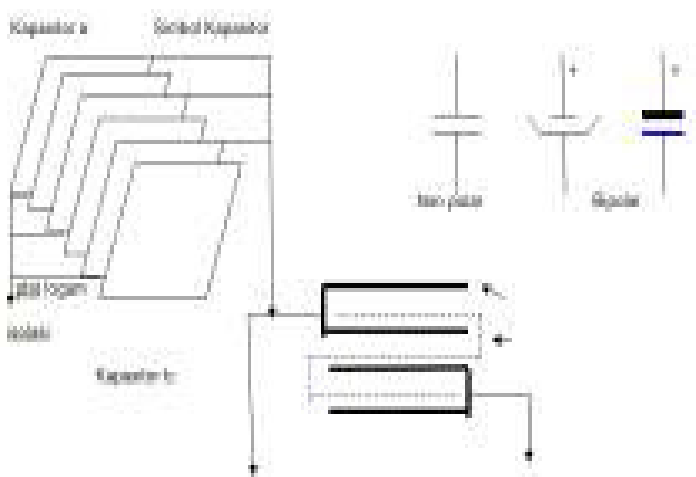
**Kapasitor** badan kapasitor.

Kapasitor adalah komponen elektronika yang Mengapa kapasitor ini jadi memiliki polaritas, dapat menyimpan muatan listrik dan adalah karena proses pembuatannya umumnya memiliki beda fasa ( arus menggunakan elektrolisa sehingga terbentuk mendahului tegangan ) yang lebih mendekati 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 batatrai 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 un

系de噺ngどa一にnにbねa計h

経哇tuk menghitung kapasitor an岫 d券ie噺leなktriknya : 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 :

dimana :

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

Energi yang tersimpan dikapasitor,

potensi 撃撃 kapasitansinya :

に系

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 kenegatif tadi kembali kearah positif, maka kapasitor akan terisi kembali dan siap membuang muatannya pada saat tegangan kembali berubah kenegatif. 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 di pasang**

Dimana 撃撃 Dayareaktif kapasitor ( VAR )

V = Tegangan ( Volt )

の = 2 √ f

Contoh 1 :

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

撃撃

系一噺系 撃撃嫌系 劍叶嫌 叶断にな 蛤にのどな捲ひねど一ぱぬの兼噺哇ど一なひねば哇

□ Konsumsi yang dibutuhkan secara teori apa

荆b嘶ila —  
撃鷄 C 系o劍s嫌の叶 n嘶ya にな0.9 adalah :

蛤にのどば捲の 一どば一 ひ兼嘶哇ど一どばのば 哇 □ Bespa 0.95 maka  
□

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 phi1 = 0.6. Jika dipasang kapasitor bank dengan Cos phi 0.95 maka :  
a. Besarnya daya kulkas dan lampu TL gabungan ( PG = Power Gabungan ) :

系系C劍劍嫌嫌叶叶 61% aramに嘶e嘶どnど一cぬ一aひのri

鯨 なD嘶aya

劍 鷄n yat嘶a Sどな1一ぬの の=嘶V.Iね =に一 ぱ4の2ば.8 撃5哇6 Mka  
芸な  
嘶嘶系 Daya reaktif

系鷄劍野嫌嘶 ねね  
伎伎nila叶叶iにな k嘶嘶ap系系a劍劍s嫌嫌it伐伐or : 怠怠  
嘶喧月ば一 件嘶 激  
ひ  
ね  
ね  
ね  
び

芸鯨鷄ににに嘶嘶ね鯨嫌撃 ど一鯨叶一な件券鯨鷄一な荆鯨嘶ねの叶件嘶券叶にな 撃嘶にの哇にば一鯨件券 はひ一

□ Daya reaktif yang harus dihilangkan :

な嘶嘶は ば一はのは  
ぬ芸 撃に哇伐迎芸ば一ば一一にばのはの 一 件伐 撃鯨兼ね哇券哇と迎一に嘶の一なははね一なはの 撃哇伐ぬ一に芸一は

= 1 adalah :

系 嘶  
伐芸撃系に降嘶に伐にどぬ に捲一 ぱぬば一なぬね嘶なのぬな一ははははぬとと嘶は一にづ撃  
Jadi untuk penghematan dengan beban diatas

setelah dilakukan perhitungan kapasitor yang harus dipasang sebesar 2.16 uF dibulatkan menjadi 2.2 uF.

鯨に嘶  
系劍件に嘶どぬどど嘶のたは一ぬな 撃哇  
(Cos phi 0.95)

に一ぬひ 哇 岫荆嫌鷄 野嫌な喧月結建嘶結健欠月嘶 倦劍  
聽a

蝶怠泰態態滞態一待戴怠Mka  
Effesiensi 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 0.6. Maka daya yang tersedia bisa dipergunakan adalah

$$P = V.I.Cos phi.$$

$$P = 220 \times 4 \times 0,6 = 528 \text{ VA}$$

Setelah dipasang kapasitor bank dengan Cos phi 0.95 maka daya terpasang menjadi :

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

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

#### 4. HASIL UJI DAN IMPLEMENTASI

##### Effesiensi / 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<sup>2</sup>R 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.

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

Jadi untuk lampu TL sebanyak 9 buah memerlukan daya  $9 \times 82.1 \text{ wat} = 738.9$  wat. Maka penghematan =  $874.26 - 738.9 = 135.36$  wat. Effisiensi 18 %.

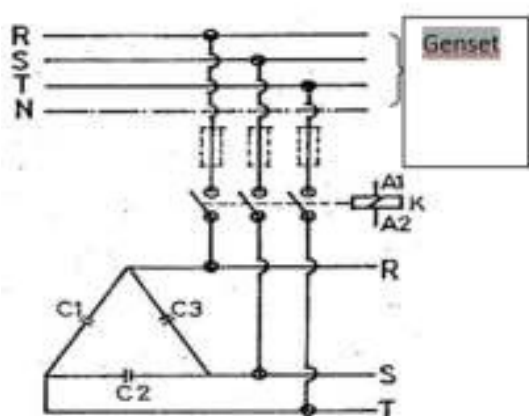
7. Mengurangi arus “ start “ awal suatu peralatan listrik , sehingga MCB tidak mudah jatuh.

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 dirotor 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 kapasitor 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 da

Maka : —

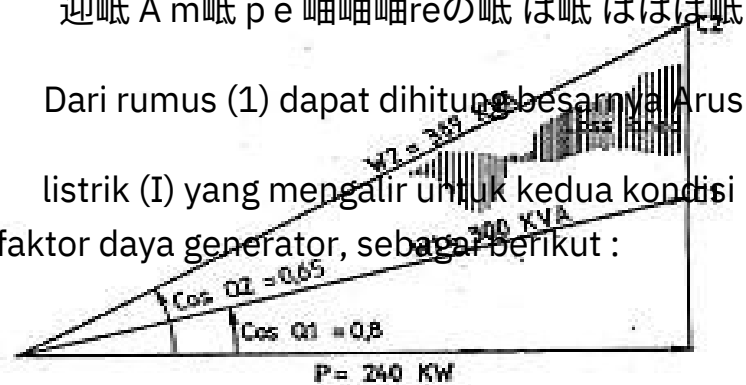
系鷄鷄嘶嘶嘶激ヲチ岫ば 激捲 捲 系擊剣伐 捲a

嫌 m 鷄荊喧月 s岫件 a 岫岫 t u倦倦 a擊 激 n哇

迎岫 A m岫 p e 岫岫岫reの岫 は岫 ははば岫

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

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

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

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

$I = 456$  Ampere.

Untuk Cos phi = 0.65

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

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

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

$I = 561$  Ampere.

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

Untuk Cos phi 0.8

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

$240.000 = W \times 0.8$

$W = 300$  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 konpensasinya 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 faktor 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 faktor daya jaringan tenaga listrik dengan memasang kapasitor bank.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

1. The Radio 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 Capacitor, Schneider Electronic Indonesia.
3. Koreksi Factor Daya – Merlin Gerlin.
4. Perencanaan Capacitor Bank – PT Aryanto Darmawan.
5. Teknologi Instalasi Listrik – Michael Neidle

@portek 2014

# EFISIENSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK

(1) (1) Syamsudin Noor , Noor Saputera

(1) Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin

## Ringkasan

Pada umumnya beban pada jaringan listrik adalah beban induktif ( yang menggunakan trafo ), lampu mercury dan lain-lain, jadi beban induktif yang membutuhkan daya reaktif. Jika beban reaktif ini dialirkan ke busbar, maka arus yang mengalir di jaringan juga semakin besar yang berarti beban busbar akan semakin berat. Salah satu langkah efisiensi penggunaan energi listrik di industri adalah dengan pemasangan peralat penghemat energi listrik ( energy server ) yang digunakan baik di rumah komersial maupun rumah tangga. Peralatan penghemat energi listrik yang berguna untuk menginjeksi daya reaktif pada titik-titik dimana terdapat beban induktif yang memerlukan daya reaktif yang lebih kecil. Kapasitor bank dapat memperbaiki *power factor ( Cos phi )* untuk meningkatkan efisiensi pemakaian peralatan listrik konsumen energi listrik yang disediakan oleh penyedia tenaga listrik.

**Kata Kunci :** Kapasitor bank, efisiensi.

### 1. PENDAHULUAN

Adanya beban daya listrik yang bersifat sedikit dari beban induktif, seperti Motor pompa, Room Air sama ). Kapasitor terdiri dari bahan dielektriknya. Untuk mendapatkan ballast, semua ini akan lebih sederhana dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu kapasitor electrostatic dan electroche. Pada umumnya beban pada jaringan **Kapasitor Electrostatic.** Kapasitor electrostatic( kapasitor listrik, heater, neon ( yang menggunakan trafo adalah kapasitor yang di ). lampu mercury dan lain-lain, jadi beban dielektrik dari keramik, film, dan lain-lain. Kapasitor kebanyakan adalah beban induktif yang Keramik kertas dan mik. Pada saat beban popular serta murah untuk menyimpan daya reaktif. Pada saat beban popular serta murah untuk menyimpan daya reaktif yang dibutuhkan yang kapasitansinya kecil. Terkadang kapasitor bank dapat lebih besar dari yang besaran pF sampai beberapa puluh pF. Jika beban reaktif ini dipikul oleh berkenaan dengan frekwensi tinggi. Akibatnya akan menimbulkan pembangkit tenaga listrik, maka arus yang mengalir di jaringan juga semakin besar yang **Kapasitor Electrolytic** berakibat factor dayanya menurun dan jatuh. Kelompok kapasitor electrostatic pada umumnya memiliki beda fasa ( arus menggunakan elektrolisa sehingga kapasitasnya akan meningkat. dari bahan yang dielektriknya adalah lapisan metal-oksida.

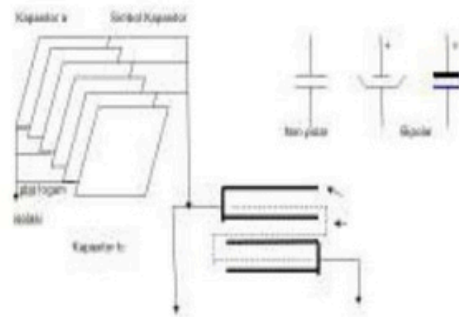
### 2. LANDASAN TEORI

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik dan adalah karena proses pembuatan umumnya memiliki beda fasa ( arus menggunakan elektrolisa sehingga kapasitasnya akan meningkat. dari bahan yang dielektriknya adalah lapisan metal-oksida).

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 baterai 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 un

係de嚟ngとa一にににばねa計

経哇tuk menghitung kapasitor an d 券ie 嘶le na ktriknya :  
 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 :

dimana :

Q = pengisian dalam coulomb  
 C = kapasitansi dalam farad

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 ( negatip ). Pada saat itu elektron yang ada di kapasitor mengalir kedalam rangkaian beban , dengan demikian kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah ke negatip tadi kembali kearah positif, maka kapasitor akan terisi kembali dan siap membuang muatannya pada saat tegangan kembali berubah ke negatip. 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 : C = Kapasitansi dalam pF ( pico farad )  
 kapasitor bank sesuai dengan daya yang terpakai.

#### Menghitung Besaran Nilai Kapasitor Bank

akan di pasang

Dimana  
 VAR = Daya reaktif kapasitor ( VAR )  
 V = Tegangan ( Volt )  
 f = frekwensi

Contoh 1 :

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

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.

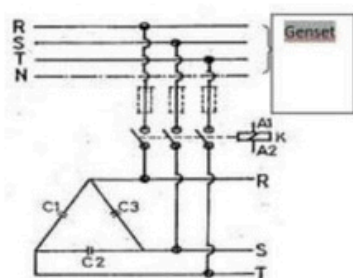
Jadi untuk lampu TL sebanyak 9 buah memerlukan daya 9 x 82.1 wat = 738.9 wat. Maka penghematan = 874.26 - 738.9 = 135.36 wat. Effiensi 18 %.

#### 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 byarpet. 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 kapasitor 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 3Ø ) = 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 turunnnya 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 da

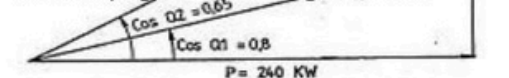
Maka :

系鶏雞嘶嘶激子予岫ば 激捲 捲 系撃剣伐 l捲a

嫌 m 鶏荊喧月 s岫件 a 岫岫 t u倦倦 a撃 激 n哇

迎岫 A m岫 pe 岫岫岫reの岫 は岫 ははは岫

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  
 Maka : P = W x Cos Ø  
 240.000 = 1.732 x 380 x I x 0.8  
 I = 240.000 / ( 1.732 x 380 x 0.8 )  
 I = 456 Ampere.  
 Untuk Cos phi = 0.65  
 Maka : P = W x Cos Ø  
 240.000 = 1.732 x 380 x I x 0.65  
 I = 240.000 / ( 1.732 x 380 x 0.65 )  
 I = 561 Ampere.

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

Untuk Cos phi 0.8  
 Maka : P = W x Cos Ø  
 240.000 = W x 0.8  
 W = 300 kVA