

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Luy usman (2015) Meneliti tentang “Analisis Kebutuhan Kapasitor Pada Panel Capacitor Bank Untuk Beban 500kwatt”. Dalam suatu industri panel capasitor bank sangat berperan penting untuk menghemat pemakaian daya listrik terutama dalam industri dengan daya yang terpasang lebih dari 200 kva. Kapasitor yang digunakan untuk memperbesar faktor daya di pasang secara paralel dengan rangkaian beban. Setelah pemasangan panel kapasitor bank, seluruh atau sebagian daya reaktif yang di perlukan oleh beban induktif akan di suplai oleh kapasitor bank. Sehingga tugas sentral listrik akan menjadi lebih ringan karena hanya menyuplai daya aktif saja.

Khadafi Alland (2013) Meneliti tentang “Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I Di Pt. Bumi Lamongan Sejati (Wbl)”. Perancangan ini sangat penting untuk mengetahui perbaikan faktor daya pada sistem tenaga listrik di line Mess I PT. Bumi Lamongan Sejati (WBL). Dari hasil perhitungan didapatkan besar kebutuhan kapasitas kapasitor bank adalah 219,858 kvar.

Agung Budi Santoso (2008) Meneliti tentang “Perancangan Bank Kapasitor Otomatis Sebagai Kompensasi Beban Induktif Di PT. Simoplas (Pabrtk I)”. PLN menerapkan target untuk jaringan faktor daya minimal adalah 0,85 lagging. Dengan ketentuan ini apabila faktor daya kurang dari 0,85 akan di kenakan denda dari PLN. Perancangan panel kapasitor bank otomatis ini sebagai kompensasi beban induktif di PT. Simoplas (Pabrik I) yaitu merupakan solusi agar perusahaan tidak selalu membayar denda ke PLN dan juga untuk memperbaiki kualitas daya listrik agar semakin baik.

## 2.2. Landasan Teori

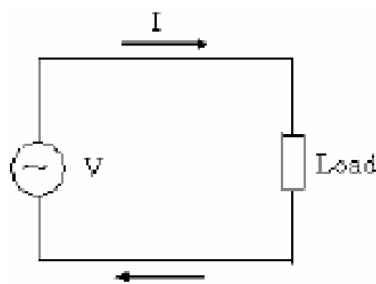
### 1. Pengertian Daya Listrik

Daya listrik adalah suatu energi yang digunakan untuk melakukan usaha atau pekerjaan. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan suatu pekerjaan atau usaha. Selain itu daya memiliki satuan dalam bentuk watt yang merupakan perkalian dari Tegangan yang memiliki satuan dalam bentuk (volt) dan arus dengan bentuk satuan (ampere), sehingga Daya dapat di simbolkan dengan P, Tegangan dapat disimbolkan dengan V dan Arus dapat di simbolkan dengan I, besarnya daya dinyatakan:

$$P = V \times I$$

$$P = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times \text{Cos } \varphi$$

$$P = \text{Watt}$$



Gambar 2.1. Arah aliran arus listrik

Sumber : Yugi Eryuhanggoro, 2013

#### a. Daya Aktif

Daya aktif (Active Power) merupakan daya yang terpakai untuk melakukan energi yang sesungguhnya. Untuk satuan daya aktif ini yaitu watt. Ada juga persamaan dari daya aktif contohnya sebagai berikut:

$$\text{Untuk satu fasa : } P = V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$\text{Untuk tiga fasa : } P = 3 \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \varphi$$

Daya aktif ini digunakan secara umum oleh konsumen dan konversikan dalam bentuk kerja atau usaha.

#### b. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan jumlah daya yang di butuhkan untuk membentuk medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan membentuk

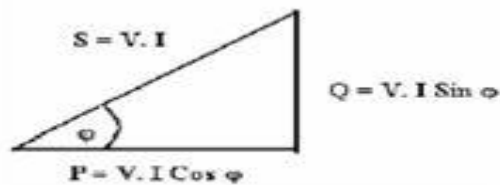
fluks medan magnet. Contoh suatu daya yang menimbulkan daya reaktif salah satunya adalah transformator atau motor. Untuk satuan dari daya reaktif ini adalah VAR.

$$\text{Untuk satu phasa : } Q = V \times I \times \sin \varphi$$

$$\text{Untuk tiga phasa : } Q = 3 \times V_L \times I_L \times \sin \varphi$$

### c. Daya Semu

Daya Semu (Apparent Power) merupakan daya yang dihasilkan dari perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Untuk satuan dari daya semu ini adalah VA (Volt Ampere).

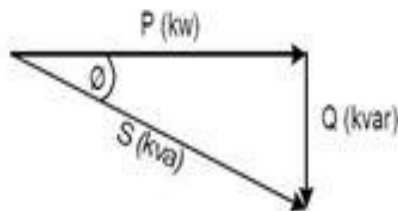


Gambar 2.2. Penjumlahan Trigonometri Daya aktif, reaktif, dan semu

Sumber : Yugi Eryuhanggoro, 2013

### d. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan gambaran antara hubungan matematika dan tipe-tipe yang berbeda di antara daya semu, daya aktif, dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri.



Gambar 2.3. Segitiga Daya

Sumber : Yugi Eryuhanggoro, 2013

dimana berlaku hubungan :

$$S=V \cdot I$$

$$P=S \cdot \cos \varphi$$

$$Q=S \cdot \sin \varphi$$

e. Faktor Daya

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yaitu perbandingan antara daya aktif dengan satuan (Watt) dan daya semu dengan satuan (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \varphi$

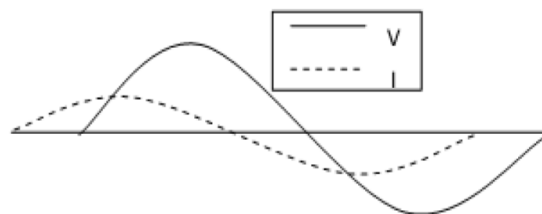
$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (P)} / \text{Daya Semu (S)} \\ &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= V \times I \cos \varphi / V \times I \\ &= \cos \varphi \end{aligned}$$

Dalam sistem tenaga listrik faktor daya dibagi menjadi 2 jenis faktor daya sebagai berikut:

1) Faktor Daya Terbelakang (Lagging)

Faktor daya terbelakang akan menumbulkan suatu keadaan ketika faktor daya memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

- a) Beban atau peralatan atau komponen listrik yang memerlukan daya reaktif pada beban yang bersifat induktif.
- b) V mendahului I dengan sudut  $\varphi$ , dan arus (I) terbelakang dari tegangan (V).



Gambar 2.4. Arus yang tertinggal dari tegangan sebesar sudut  $\varphi$

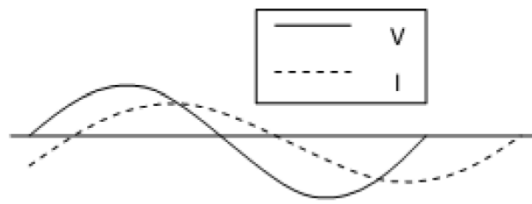
Sumber : Yugi Eryuhanggoro, 2013

Dari Gambar diatas terlihat bahwa arus yang tertinggal dari tegangan maka daya reaktifnya mendahului daya semu, berarti beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem.

## 2) Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului akan menimbulkan suatu keadaan ketika faktor daya memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

- a) Beban atau peralatan listrik yang memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
- b) Arus mendahului tegangan,  $V$  terbelakang dari  $I$  dengan sudut  $\varphi$ .



Gambar 2.5. Arus yang Mendahului Tegangan Sebesar Sudut  $\varphi$

Sumber : Yugi Eryuhanggoro, 2013

Dari Gambar diatas terlihat yang mana arus( $I$ ) telah mendahului tegangan ( $V$ ) maka daya reaktif lah yang tertinggal dari daya semu, memberikan beban daya reaktif kepada sistem. Dalam hal ini bahwa faktor daya hanya mempunyai nilai range dari 0–1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Untuk faktor daya yang bagus apabila ketika nilai faktor daya mendekati satu.

Dikarenakan komponen dari daya aktif pada umumnya konstan atau bias maka komponen dari satuan KVA dan KVAR dapat berubah sesuai dengan faktor daya, maka dapat juga di tulis sebagai berikut:

$$\text{Daya Reaktif (Q)} = \text{Daya Aktif (P)} \times \tan \varphi$$

Contoh pada rating kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya sebagai berikut :

$$\text{Daya reaktif pada pf awal} = \text{Daya Aktif (P)} \times \tan \varphi_1$$

$$\text{Daya reaktif pada pf diperbaiki} = \text{Daya Aktif (P)} \times \tan \varphi_2$$

Sehingga agar dapat memperbaiki faktor daya maka di butuhkanlah rating capasitor sebagai berikut:

$$\text{Daya reaktif (kVAR)} = \text{Daya Aktif (kW)} \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2).$$

Beberapa keuntungan untuk meningkatkannya faktor daya:

- 1) Tagihan listrik akan menjadi kecil dan PLN akan memberikan denda jika nilai pf lebih kecil dari 0,85.
- 2) Kapasitas distribusi sistem tenaga listrik akan meningkat.
- 3) Mengurangi rugi – rugi daya aktif pada sistem.
- 4) Terjadinya peningkatan tegangan karena adanya daya yang meningkat. Jika pf lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Maka kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan menurunnya pf sistem kelistrikan.

## 2. Sifat Beban Listrik

Dalam suatu rangkaian listrik akan dijumpai dengan adanya sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, dikarenakan nilai frekuensi dari sumber DC adalah nol. Dimana ketika nilai reaktansi induktif (XL) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut short circuit. Maka reaktansi kapasitif (XC) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan open circuit. Jadi sumber DC akan mengakibatkan terjadinya masalah dibeban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut :

### a. Beban Resistif

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

$$R = V / I$$



Gambar 2.6. Arus dan tegangan pada beban resistif

Sumber : Yugi Eryuhanggoro, 2013

#### b. Beban Reaktif

Beban induktif merupakan suatu beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti besi, contoh: motor-motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1. Dan beban ini menyerap daya aktif (KW) dan daya reaktif (KVAR). Maka tegangan akan mendahului arus sebesar  $\varphi^\circ$ . Secara matematis dinyatakan :  $X_L = 2\pi f.L$

#### c. Beban Kapasitif

Beban kapasitif merupakan suatu beban yang mengandung rangkaian kapasitor. Beban ini juga mempunyai faktor daya antara 0-1. Dan beban ini juga menyerap daya aktif (KW) dan mengeluarkannya daya reaktif (KVAR). Maka arus akan mendahului tegangan sebesar  $\varphi^\circ$ . Secara matematis dinyatakan :  $X_C = 1 / 2\pi fC$

### 3. Panel Capacitor Bank

#### a. Definisi Panel Capacitor Bank

Panel Capacitor Bank merupakan peralatan elektrik yang memiliki fungsi meningkatkan power factor (PF), yang dapat mempengaruhi besarnya arus (Ampere). Pemasangan kapasitor bank ini akan memberikan keuntungan kepada system listrik sebagai berikut:

- 1) Meningkatnya kemampuan jaringan dalam menyalurkan daya.
- 2) Optimasi biaya ukuran kabel diperkecil.
- 3) Mengurangi besarnya nilai "drop voltage".
- 4) Mengurangi naiknya arus dan suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi-rugi daya.

Untuk meningkatkan faktor daya ini tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (dalam KVAR). Sehingga denda VAR bisa dikurangi. Pada kehidupan di jaman modern saat ini dimana salah satu tanda adalah dengan pemakaian energi listrik yang cukup besar. Besarnya energy listrik atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C).

Besarnya pemakaian energi listrik dapat disebabkan dengan adanya peralatan elektronika atau beban listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan pada umumnya bersifat induktif dan bersifat kapasitif. Di mana beban induktif yang bersifat positif membutuhkan daya reaktif seperti 15 trafo pada rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedangkan beban kapasitif yang bersifat negatif mengeluarkan daya reaktif.

Daya reaktif merupakan suatu daya yang tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi daya reaktif sangatlah diperlukan untuk melakukan proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi penyebab terjadinya pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Maka dari itu dalam penggunaan energi listrik ternyata pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (KVAR). Untuk penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya nyata yang merupakan daya yang disuplai oleh PLN.

Jika nilai dari daya itu diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi-rugi daya menjadi besar sedang daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Maka dari itu produksi pada industri akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi, maka suplai daya dari PLN harus ditambahkan. Karena daya itu.

$$P = V.I$$

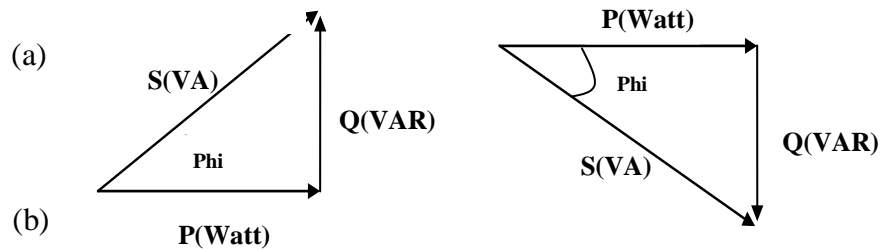
Keterangan : P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)



Maka dengan bertambahnya daya berarti akan terjadi penurunan harga V dan akan naiknya harga I. Maka dari itu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata merupakan suatu kesatuan yang digambarkan seperti segi tiga siku-siku pada Gambar berikut:



Gambar 2.7. Segitiga Daya (a) Karakteristik Beban Kapasitif, (b) Karakteristik Beban Induktif

Sumber : Temmy Nanda Hartono, 2014

$$P = V \cdot I \cos \varphi$$

$$Q = V \cdot I \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ atau } S = V \cdot I$$

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata}}{\text{Daya Semu}} = \cos \varphi$$

Seperti yang kita ketahui bahwa harga  $\cos \varphi$  mulai dari 0 s/d 1. Sehingga kondisi terbaik yaitu pada saat harga P (KW) dan maksimum atau harga  $\cos \varphi = 1$  maka  $\cos \varphi$  bisa di bilang terbaik . Namun dalam kenyataannya harga  $\cos \varphi$  yang ditentukan oleh PLN sebagai pihak yang mensuplai daya adalah sebesar 0,8. Jadi untuk harga  $\cos \varphi$  kurang dari 0,8 berarti pf dikatakan jelek. Jika pf pelanggan jelek maka kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunakan pelanggan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun dan semakin menurunnya pf sistem kelistrikan pelanggan.

Akibat menurunnya pf itu maka akan muncul beberapa persoalan sebagai berikut:

- 1) Membesarnya penggunaan daya listrik KWH karena terjadinya rugi-rugi daya.
- 2) Membesarnya suatu penggunaan daya listrik KVAR.
- 3) Mutu listrik jadi lebih rendah karena jatuhnya tegangan.

Secara teori sistem dengan pf yang rendah tentunya dapat menyebabkan besarnya arus yang dibutuhkan dari pemasok. Hal ini akan menyebabkan rugi-rugi daya (daya reaktif) dan jatuhnya tegangan menjadi besar. Dengan demikian denda harus dibayar karena pemakaian dari daya reaktif meningkat menjadi besar. Denda atau biaya kelebihan daya reaktif dikenakan apabila jumlah pemakaian KVARH yang tercatat dalam sebulan lebih tinggi dari 0,62 jumlah kWH pada bulan yang bersangkutan sehingga pf rata-rata kurang dari 0,85.

Berdasarkan dari cara kerjanya, kapasitor bank dibedakan menjadi 2 :

- 1) Tipe Fixed.

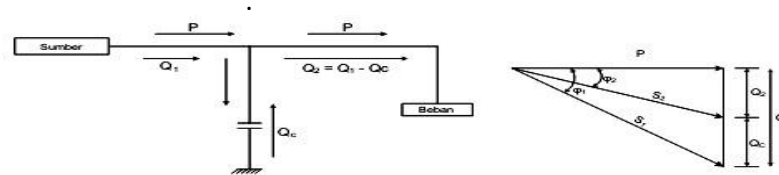
yaitu dengan memberikan sebuah beban kapasitif yang tetap ataupun berubah-ubah pada beban. Biasanya dipergunakan pada beban langsung seperti pada motor induksi dan nilai yang aman adalah 5% dari kapasitas motor. Pada tipe fixed ini yang harus dipertimbangkan adalah pada saat pemasangan kapasitor bank tanpa beban.

- 2) Tipe Otomatis.

Dengan memberikannya beban kapasitif yang bervariasi kebutuhan kapasitor bank yang terpasang. Maka pada tipe otomatis ini jenis panelnya dilengkapi dengan sebuah Power Factor Controller (PFC) yang berfungsi sebagai pengaman. PFC akan menjaga cos phi pada sebuah jaringan listrik yang sesuai dengan target yang ditentukan. Apabila pada tipe otomatis ini terjadi perubahan beban, maka PFC secara otomatis akan langsung memperbaiki cos phi

### b. Perbaikan faktor daya terhadap kapasitor bank

Dapat diketahui bahwa dengan membangkitkan daya reaktif pada pusat pembangkit tenaga dan menyalurkannya ke kepusat beban yang jaraknya cukup jauh, maka sangatlah tidak ekonomis. Yang mana hal ini dapat di atasi dengan meletakkan kapasitor pada pusat beban. Gambar berikut ini menunjukkan cara terhadap perbaikan faktor daya untuk sistem tersebut.



Gambar 2.8. Perbaikan Faktor Daya Dengan Kapasitor

Sumber : Tarsin Saragih, 2011

### c. Perawatan dan Perlindungan Capacitor Bank

Capacitor bank yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya supaya tahan lama, maka harus dirawat secara rutin dan secara teratur. Dalam perawatan ini, capacitor bank harus ditempatkan pada posisi tempat yang lembab dan tidak basah dikarenakan capacitor bank harus terlindungi dari debu dan kotoran. Sebelum melakukan pemeriksaan, maka capacitor bank harus tidak terhubung dengan sumber listrik. Adapun jenis pemeriksaan yang harus dilakukan yaitu:

- 1) Dilakukannya pemeriksaan terhadap kebocoran arus.
- 2) Dilakukannya pemeriksaan terhadap kabel dan penyangga Capacitor.
- 3) Dilakukannya pemeriksaan terhadap isolator.

Untuk meminimalisir terjadinya kegagalan terhadap sekering pemegang atau pecahnya arus pada Capacitor bank, atau keduanya, maka standar memaksakan batasan ke energi maksimum total yang tersimpan dalam sebuah kelompok yang terhubung paralel ke 4659 KVAR. Hal ini dilakukan agar tidak melanggar batasan ini, dengan ini capacitor bank dari rating tegangan rendah dihubungkan secara seri. Namun hal ini dapat mengurangi sensitivitas skema deteksi ketidakseimbangan terhadap capacitor.

Memisahkan capacitor bank menjadi 2 bagian yaitu dengan melakukan hubungan seri, solusi ini dapat digunakan untuk skema ketidak seimbangan yang lebih baik untuk dideteksi. Kemungkinan lain adalah dengan menggunakan nya sekering pembatas arus. Koneksi optimal untuk SCB tergantung pada pemanfaatan terbaik dari peringkat tegangan yang tersedia unit kapasitor, sekering, dan menyampaikan pelindung. Hampir semua capacitor bank yang dihubungkan secara seri. Maka setiap pemakaian capacitor bank bagaimanapun harus dihubungkan secara seri atau parallel.

#### d. Proses Kerja capacitor

Capasitor yang akan digunakan untuk meperbesar pf dipasang secara pararel dengan rangkaian beban. Jika rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke capasitor. Pada saat capasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari capasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang diperlukannya, dengan demikian pada saat itu lah capasitor membangkitkan daya reaktif. Jika tegangan yang berubah itu kembali normal atau tetap maka capasitor akan kembali menyimpan elektron. Ketika capasitor mengeluarkan elektron ( $I_c$ ) berarti sama juga capasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Dikarenakan beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitif (-) maka mengakibatkan terjadinya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil. Rugi-rugi daya sebelum dipasang capasitor.

$$\text{Rugi daya aktif} = I^2 R \text{ (Watt)}$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = I^2 \times X_c \text{ (VAR)}$$

Rugi-rugi daya sesudah dipasang capasitor :

$$\text{Rugi daya aktif} = (I^2 - I_c^2) R \text{ (Watt)}$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = (I^2 - I_c^2) \times X_c \text{ (VAR)}$$

#### e. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

##### 1) Koneksi Langsung

Metode ini digunakan pada beban-beban yang besar, contohnya pada motor-motor besar dengan kualitas power faktor jelek yang beroperasi dalam jangka waktu yang lama. Kapasitor dipasang secara paralel dengan beban lalu dihubungkan dengan kontaktor/switch ON/OFF bersama-sama dengan beban. Metode ini juga memiliki keuntungan yaitu menghemat biaya dan tidak memerlukan regulator untuk mengatur kapasitor saat masuk dan keluar.

##### 2) Koneksi Tidak Langsung

Metode ini digunakan apabila terdapat beban induktif yang bervariasi besarnya dalam suatu sistem distribusi listrik. Pada metode ini kapasitor dipasang secara paralel dengan distribution panel atau biasanya dipasang paralel dengan main distribution panel (MDP). Beban yang berubah dapat menyebabkan suatu over compensation, sehingga harus dipasang suatu alat pengatur power faktor yang diinginkan.

#### 4. Komponen Capasitor Bank

##### a. Main Switch/Load Break Switch

Main switch ini yaitu berguna sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel . Sedangkan untuk pengaman kabel atau pengaman instalasi sudah tersedia dari MDP. Main switch atau sering dikenaldengan sebutan load break switch merupakan alat pemutus dan penyambung yang sifatnya on load yaitu dapat diputus dan disambung dalam keadaan berbeban.

##### b. Capasitor Breaker

Kapasitor Breaker dapat digunkakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke Kapasitor bank dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas breaker yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal dengan  $I_m = 10 \times I_r$ . Untuk melakukan perhitungan arus dapat digunakan rumus  $I_n = Q_c / 3 \cdot V_L$ . Selain breaker dapat pula digunakan Fuse, Pemakaian Fuse ini sebenarnya lebih baik dikarenakan respon dari kondisi over current dan Short circuit yang lebih baik namun tidak efisien dalam pengoperasian.

Jika dalam kondisi putus maka harus selalu ada penggantian fuse atau sikring. Jika menggunakan fuse perhitungannya juga sama dengan menggunakan breaker.

c. Magnetic Contactor

Magnetic contactor yaitu digunakan sebagai peralatan kontrol. Dimana pada saat beban kapasitor mempunyai arus puncak yang tinggi, lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan magnetic contactor minimal 10% lebih tinggi dari arus nominal (pada AC 3 dengan beban induktif/kapasitif). Pemilihan magnetic dengan range ampere lebih tinggi maka akan lebih baik dan juga umur pemakaian magnetic contactor lebih lama.

d. Capacitor Bank

Capasitor bank merupakan salah satu peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang dapat berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitas dari Capasitor dengan ukuran 5 KVAR sampai 60 KVAR dari tegangan kerja 230 V sampai 525 Volt.

e. Reactive Power Regulator

Reactive Power Regulator atau sering di singkat PFR merupakan komponen *Capasitor bank* yang berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan atau sistem dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps. Dan untuk peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain:

- 1) Push button on dan push button off yang dapat berfungsi sebagai pengoprasian magnetic contactor secara manual. Selektor auto, off, dan manual yang berfungsi memilih sistem operasional auto dari modul atau manual.
- 2) Exhaust fan dan thermostat merupakan peralatan tambahan yang berfungsi untuk mengatur temperature suhu dalam ruang panel

capasitor. Dikarenakan capasitor, kontaktor dan kabel penghantar mempunyai disipasi daya panas yang cukup besar maka temperature pada ruang yang terdiri dari 23 panel meningkat. Setelah settingan dari thermostat terlampaui maka exhust fan akan otomatic berhenti.

5. Standar yang digunakan dalam pembuatan panel *capasitor bank*:

A. Standar perancangan

1. Instalasi

- a) Ayat berikut berlaku untuk instalasi kapasitor suatu sirkit listrik di dalam atau pada suatu gedung pengecualian:
  - 1) Kapasitor yang merupakan bagian dari perlengkapan lain harus sesuai dengan persyaratan perlengkapan tersebut.
  - 2) Kapasitor yang ditempatkan di tempat yang membahayakan harus memenuhi persyaratan yang bersangkutan dalam bab 8.
- b) Suatu instalasi kapasitor yang terdiri atas unit berisi cairan yang mudah terbakar lebih dari 10 liter, harus dimasukkan dalam ruang yang memenuhi persyaratan dalam 5.6.3.
- c) Kapasitor harus dilindungi terhadap kerusakan mekanik dengan penempatan yang baik, dengan pagar atau penghalang yang sesuai, atau pengurung.
- d) Kapasitor yang diberi selungkup dan penunjang yang terbuat dari bahan yang tidak dapat terbakar.
- e) Transformator yang merupakan bagian dari suatu instalasi kapasitor, dan digunakan untuk menghubungkan kapasitor dengan suatu sirkit tenaga, harus dipasang sesuai dengan 5.6. Daya pengenal transformator dalam KVA tidak boleh kurang dari 135 persen dari daya pengenal kapasitor dalam KVA.

f) Kapasitor harus dilengkapi dengan suatu gawai untuk meluahkan muatan yang tersimpan.

- 1) Sisa tegangan dari suatu kapasitor tegangan rendah harus turun sampai atau kurang dari 50 V dalam satu menit setelah kapasitor dilepas hubungannya dengan sumber, dan dalam 5 menit untuk kapasitor tegangan menengah atau tegangan tinggi.
- 2) Sirkuit peluahkan muatan dapat dihubungkan dengan terminal dari kapasitor, baik secara tetap maupun secara otomatis bila kapasitor diputuskan dari sumber tegangan. Tidak boleh digunakan gawai untuk menghubungkan sirkuit peluahkan muatan yang dijalankan dengan tangan.

## 2. Penghantar

- a) KHA penghantar sirkuit kapasitor tidak boleh kurang dari 135 persen dari arus pengenal kapasitor. KHA penghantar yang menghubungkan kapasitor dengan terminal suatu motor, atau dengan penghantar sirkuit motor harus mencukupi kebutuhan arus kapasitor yang diperlukan, tetapi tidak boleh kurang dari sepertiga dari KHA penghantar sirkuit motor.
- b) Proteksi dari arus lebih dilakukan sebagai berikut:
  - 1) Untuk tiap gugus kapasitor harus dipasang proteksi arus lebih pada tiap penghantar fase yang tidak dibumikan.
  - 2) Penyetelan proteksi arus lebih harus serendah mungkin.



### 3. Sarana pemisah

- a) Untuk tiap gugus kapasitor harus dipasang sarana pemisah pada tiap penghantar fase yang tidak dibumikan.
- b) Sarana pemisah harus membuka semua penghantar fase yang tidak dibumikan secara sekaligus.
- c) Sarana pemisah dapat dipakai untuk memutuskan hubungan kapasitor dengan sirkit, sebagai prosedur kerja yang biasa.
- d) Kemampuan arus kontinu sarana pemisah tidak boleh kurang dari 135 % arus pengenalan kapasitor.

### 4. Pemasangan

Bila dalam pemasangan motor ada kapasitor yang disambungkan pada sisi beban, dan proteksi arus lebih motor yang dipakai dapat disetel, maka penyetelan proteksi arus lebih motor itu harus dikurangi sesuai dengan adanya perbaikan faktor kerja.

### 5. Pembumian dan perlindungan

- a) Selungkup logam kapasitor harus dibumikan.
- b) Semua bagian bertegangan dari kapasitor yang dihubungkan dengan sirkit yang bertegangan ke bumi di atas 300 V, dan dapat dicapai oleh orang yang tidak berwenang, harus ditutup/diproteksi.

### 6. Pemberian tanda

- a) Nama pembuat
- b) Tegangan pengenalan
- c) Frekuensi
- d) KVA dan ampere
- e) Jumlah fase
- f) Volume cairan, kalau diisi dengan cairan yang mudah terbakar.

- g) Nama cairan; bila diisi dengan cairan yang tidak mudah terbakar, hal ini harus disebutkan)
- h) Gawai peluah muatan, jika ada

#### B. Standar Keandalan.

Pada penelitian ini menggunakan standar PLN tentang nilai faktor daya yang dijadikan acuan dengan nilai minimal 0,85 dan maksimal 1. Standar yang dimaksud adalah peraturan menteri energi dan sumber daya mineral Republik Indonesia nomor 28 tahun 2018, tentang tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT PLN.