BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

1. Hasan Basri dalam buku Sistem Distribusi Daya Listrik (1997).

Didalam buku "*Sistem Distribusi Daya Listrik*" karya Hasan Basri (1997) dinyatakan bahwa Faktor Daya pada dasarnya didefinisikan sebagai pebandingan daya aktik dengan daya semu yang dinyatakan oleh persamaan :

Faktor daya ($\cos\varphi$) = $\frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} = \frac{P}{|S|}$ ..... **(2.1)**

Dimana $|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$ sehingga PF = $\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$ ..... **(2.2)**

Sudut φ adalah selisih sudut fasa tegangan dan sudut fasa arus.

Definisi di atas tidak dapat begitu saja diterapkan terhadap beban – beban yang didistribusi atau terhadap sekelempok beban yang terdiri dari sejumlah beban – beban individu yang setiap saat bebannya berubah. Pada keadaan seperti ini, faktor daya yang digunakan adalah pada keadaan beban tertentu seperti pada saat keadaan beban ringan atau pada beban puncaknya. Bila diperlukan untuk mengetahui faktor daya dari kelompok beban ini dapat dianggap sebagai faktor daya dari masing – masing individu beban. Tentu saja asumsi seperti ini terdapat kesalahannya, karena komposisi dari kelompok beban harus diketahui, bisa jadi faktor daya dari sekelompok beban disebabkan oleh beban yang terbesar dari kelompok yang bersangkutan. Pada keadaan seperti ini, faktor daya dari individu beban sudah tidak lagi memadai bila dianggap sama dengan faktor daya kelompoknya.

Untuk dapat menggunakan faktor daya kelompok sebagai faktor daya dari beban individu, maka perlu diasumsikan bahwa daya total (

daya aktif (P_{tot}) dan reaktif (Q_{tot})) nya tersebar merata sepanjang penyulangnya. Selanjutnya lebih baik lagi menentukan faktor daya rata – rata dari faktor daya pada keadaan beban tertentu adalah dengan menggunakan rumus diatas yaitu :

$$PF = \frac{Ptot}{\sqrt{P_t^2 + Q_t^2}} \quad \textbf{(2.3)}$$

2. **Birt K.A. dalam buku Three Phase Load Flow Program. Power Apparatus and System, IEEE Transaction on Volume 95.**

Dalam tulisannya *Birt* menyatakan bahwa ketidakseimbangan arus akan menimbulkan masalah yang serius, arus urutan negatif dapat menyebabkan pemanasan lebih pada mesin-mesin listrik sedangkan arus urutan nol dapat menyebabkan gangguan pada operasi *relay* proteksi. Arus urutan nol yang besar akan menyebabkan pengaruh induktansi bersama antar saluran transmisi yang meningkat. Pada sistem distribusi tenaga listrik tiga fasa empat kawat tegangan rendah 220/380 Volt umumnya dipergunakan untuk memasok kelompok beban perumahan, gedung perkantoran, kawasan industri dan lainnya. Dalam kondisi operasi normal, sistem distribusi tenaga listrik mempunyai arus beban yang relatif seimbang dengan arus netral sistem yang sangat kecil, yakni tidak melebihi 20% dari arus normal. Beban dikatakan seimbang jika pada masing-masing fasa mengalir arus yang sama besarnya, namun pada kenyataannya selalu ada ketidakseimbangan sehingga arusnya pun tidak seimbang. Karena pemakaian atau pengoperasian beban tidak selalu pada waktu bersamaan pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat, maka seringkali terjadi ketidakseimbangan pada fasa – fasanya. Akibatnya, timbul arus balik yang mengalir pada konduktor netral kesumber yang kita kenal dengan arus netral sistem menjadi sangat berlebihan dan bahkan melebihi arus fasanya meskipun arus fasa-fasanya seimbang. Arus netral ini merupakan penjumlahan vektor dari ketiga fasa arus dalam komponen simetris. Besarnya beban yang harus dilayani oleh pembangkit tidaklah

konstan, melainkan selalu berubah sepanjang waktu tergantung kepada keperluan para pemakai tenaga listrik. Permintaan beban yang terjadi sewaktu-waktu harus ditanggapi oleh pusat – pusat pembangkit listrik untuk memproduksi tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan. Penambahan beban tersebut menyebabkan besarnya beban pada masing-masing fasa tidak sama besarnya (tidak seimbang). Mengingat bahwa perhitungan aliran daya merupakan *tool* penting pada perencanaan, operasi dan pengaturan sistem tenaga, maka berdasarkan uraian diatas menunjukkan pentingnya suatu studi aliran daya pada saluran transmisi tidak ditransposisi. Dimana seiring dengan perkembangan teknologi saat ini, maka sangatlah dirasakan akan kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat. Tidak hanya kuantitasnya namun dalam kualitasnya haruslah memiliki keandalan yang tinggi. Sistem tenaga listrik yang handal adalah suatu sistem tenaga listrik yang dapat mengatasi semua gangguan yang muncul. Jika sistem tersebut tidak dapat mengatasi gangguan dengan baik maka akan mengganggu kontinuitas yang sering terkena gangguan. Hal ini disebabkan luas dan panjang kawat transmisi yang terpakai dan beroperasi pada kondisi yang berbeda-beda.

2.2 Landasan teori

2.2.1 Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan *Watt,* yang merupakan perkalian dari Tegangan (*volt*) dan arus (*amphere*). Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V, dan arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P = V \times I \quad \textbf{(2.4)}$$

$$P = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times \cos \varphi \quad \textbf{(2.5)}$$

P = Watt ..... **(2.6)**

Guna keperluan analisa, daya dalam sirkuit arus bolak-balik, dirinci lagi sesuai tipe dari daya tersebut. Tipe daya tersebut adalah :

1)Daya semu, 2) Daya aktif, dan 3) Daya reaktif

1. Daya Semu

Daya semu *(apparent power)* adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA.

Jadi daya semu S dinyatakan oleh persamaan :

S = |V| . |I| ..... **(2.7)**

Untuk sistem fasa-tiga daya semunya adalah :

S = $\sqrt{3}V_l\, I_l$ ..... **(2.8)**

dimana $V_l =$ tegangan jala dan $I_l =$ arus jala.

2. Daya Aktif

Daya aktif *(Active Power)* adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah *Watt.*Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut :

Untuk satu phasa P = V . I . Cos φ ..... **(2.9)**

Untuk tiga phasa P = $\sqrt{3}$. V . I . Cos φ ..... **(2.10)**

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

3. Daya Reaktif

Daya reaktif (*Reactive power*) adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya

yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

Untuk satu phasa Q = V . I . Sin φ ..... **(2.11)**

Untuk tiga phasa Q = $\sqrt{3}$. V. I . Sin φ ..... **(2.12)**

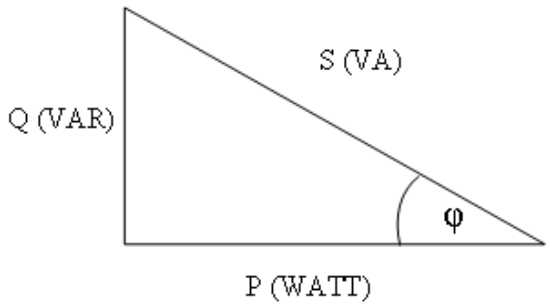
2.2.2 Biaya Yang Dibebankan Pada Pelanggan

Biaya yang dibebankan pada pelanggan atas pemakaian tenaga listrik itu terdiri atas :

1. Biaya pemakaian kWh (yang terdiri dari WBP : jam 18.00 – 22.00 dan LWBP : di luar jam 18.00 – 22.00). Biaya pemakaian kVARh (hanya dibebankan pelanggan dengan jenis tarif tertentu)
2. Biaya beban
3. Kontribusi biaya penerangan jalan umum
4. Biaya pajak

2.2.3 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan metematika antara tipe – tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif, dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri. Persamaan (S = V . I) menunjukkan hubungan daya-semu dengan daya aktif dan daya reaktif. Hubungan ini dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Dari gambar 2.1, jelaslah bahwa :

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ **(2.13)**

Atau

$S = V \cdot I$ **(2.14)**

$P = S \cdot \cos \varphi$ **(2.15)**

$Q = S \cdot \sin \varphi$ **(2.16)**

$\tan \varphi = \frac{Daya\ Reaktif\ (Q)}{Daya\ Aktif\ (P)}$ **(2.17)**

2.2.4 Kompensasi Daya Reaktif Menggunakan kapasitor

Beberapa pelanggan PLN yang dikenai biaya pemakaian kVARh adalah pelanggan dengan jenis tarif I_2. Biaya kVARh yang dikenakan pada pelanggan adalah untuk kelebihan kVARh yang dikonsumsi terhadap batas pemakaian kVARh yang ditetapkan secara gratis, yaitu besarnya kVARh yang dikonsumsi jika cos φ ≥ 0,85 *lagging*. Untuk pelanggan – pelanggan kelompok tarif I_2 pemakaian kVARh – nya dikenai biaya. Hal ini disebabkan karena sifat beban (dengan jenis peralatan tertentu, seperti lampu, alat – alat kantor, kulkas dll) yang tidak banyak menyerap kVARh.

Untuk beberapa golongan tarif dengan jenis tertentu yang dalam operasinya nilai PF rata – rata rendah, sehingga pemakaian kVARh – nya besar, dan ini menyebabkan biaya kVARnya menjadi besar. Untuk pelanggan dengan jenis tarif tertentu, yang biaya pemakaian kVARh – nya besar, akan ada opsi untuk menaikkan nilai *power factor*nya sehingga pemakaian kVARh – nya menjadi turun, dan biaya kVARh – nya menjadi murah yaitu dengan pemasangan kapasitor tenaga yang diparalel dengan beban.

Untuk merencanakan pemasangan kapasitor tenaga dalam usahanya mengurangi pemakaian kVARh sekaligus mengurangi biaya kVARh – nya, perlu direncanakan dengan cermat antara lain perlu diketahui karakteristik bebannya meliputi :

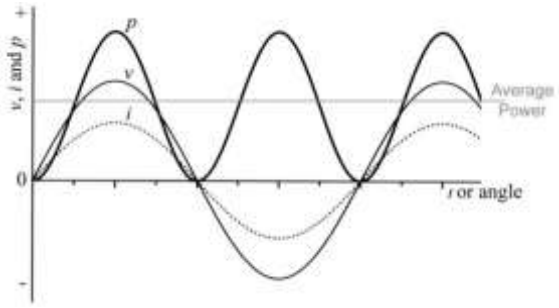
1. Karakteristik pemakaian beban aktif (kurva beban aktif) baik dalam periode harian maupun mingguan.
2. Karakteristik pemakaian kVARh (kurva beban reaktif) baik dalam periode harian maupun mingguan.
3. Dari kedua data karakteristik diatas dapat diketahui karakteristik nilai *power factor*nya. Hal ini sangat penting dalam upaya perencanaan perbaikan *power factor*nya yang mengakibatkan menurunnya pemakaian kVARh.

2.2.5 Sifat-Sifat Beban

Sistem rangkaian listrik AC memiliki karakteristik yang berbeda dengan rangkaian DC. Kita mengenal rangkaian listrik AC merupakan jaringan distribusi yang luas menghubungkan antara pembangkit tenaga listrik dengan beban-beban listrik seperti rumah-rumah, perindustrian, perkotaan, rumah sakit, dan lain sebagainya. Hal ini berbeda dengan jaringan listrik DC yang sering dijumpai, seperti halnya pada rangkaian elektronik pada TV. Perbedaan penggunaan listrik AC dan DC tersebut karena untuk mendistribusikan listrik dari pembangkit ke daerah yang jauh dibutuhkan nilai tegangan listrik yang tinggi untuk mengurangi kerugian distribusi, dan pembangkitan listrik tegangan tinggi lebih mudah dilakukan pada listrik bolak-balik. Sedangkan untuk membangkitkan voltase sangat tinggi pada listrik DC dibutuhkan baiaya yang jauh lebih mahal dari pada listrik AC. Jaringan pada listrik AC memiliki tiga jenis beban listrik yang harus ditopang oleh pembangkit listrik. Ketiga beban tersebut yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif.

1. Beban Resistif

Beban resistif (R) yang merupakan suatu resistor murni. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif. Tegangan dan arus se-fasa.



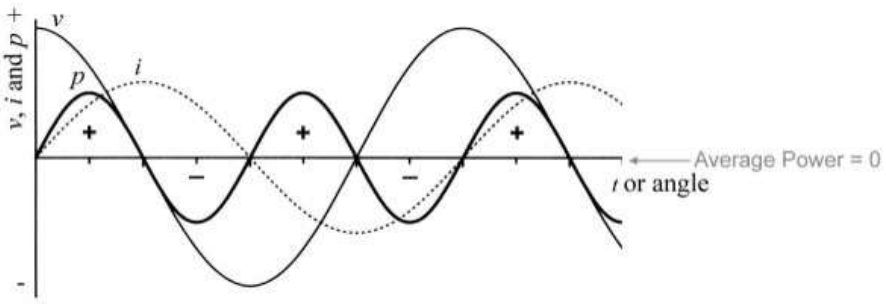
R = V / I

Gambar 2.2 Gelombang Sinusoidal Beban Resistif Listrik AC

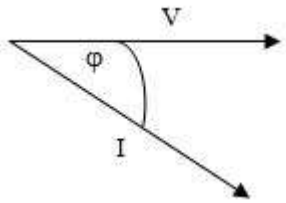
Gambar 2.3 Grafik Arus Dan Tegangan Pada Beban Resistif

2. Beban Induktif

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti, seperti *coil*, transformator, dan *solenoida*. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat lagging. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnit akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR).



Gambar 2.4 Gelombang Sinusoidal Beban Induktif Listrik AC



Gambar 2.5 Grafik Arus Dan Tegangan Pada Beban Induktif

Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (X_L), dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2\pi fL \quad \textbf{(2.18)}$$

Dimana :

X_L = Reaktansi induktif

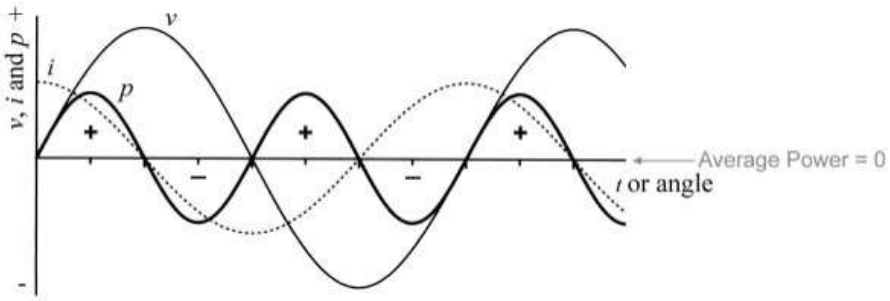
F = Frekuensi (Hz)

L = induktansi (Henry)

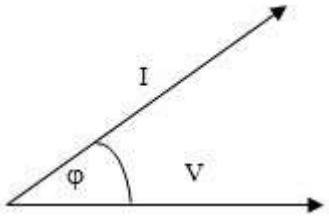
3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (*electrical discharge*) pada suatu sirkuit.

Komponen ini dapat menyebabkan arus leading terhadap tegangan. Beban ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif.



Gambar 2.6 Gelombang Sinusoidal Beban Kapasitif Listrik AC



Gambar 2.7 Grafik Arus Dan Tegangan Pada Beban Kapasitif

Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (Xc), dapat digunakan rumus :

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad \text{(2-19)}$$

Dimana :

Xc = Reaktansi kapasitif

F = Frekuensi

C = Kapasitansi (Farad)

2.2.6 Faktor Daya

Rangkaian yang memiliki nilai impedansi (Z) adalah rangkaian yang terdiri dari komponen yang memiliki nilai resistansi (R) dan dihubungkan dengan komponen yang memiliki nilai reaktansi induktansi (X_L) atau reaktansi kapastif (X_C) darikomponen komponen tersebut menyebabkan antara tegangan dan arus terjadi pergeseran sudut fasa. Faktor daya (Cos) dapat didefinisikan sebagai ratio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA) yang digunakan dalam listrik arus bolak balik (AC) atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam cos φ.

1. Penyebab Faktor Daya Rendah

   Pada umumnya suatu pabrik mempunyai faktor daya listrik yang rendah, hal ini disebabkan karena banyaknya penggunaan peralatan-peralatan seperti mesin-mesin, mesin las, lampu trafo, transformer, motor, danlainlain yang memerlukan daya reaktif (VAR) yang dibutuhkan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut *cosinus* dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah, hal ini sangat merugikan bagi konsumen dimana sesuai peraturan tarif dasar listrik bahwa faktor daya kurang dari 0,85, konsumen tersebut disamping membayar biaya pemakaian dan biaya beban juga membayar biaya kVARh.

   Untuk memperbaiki besarnya faktor daya listrik ini dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor daya. Hal ini dikarenakan pada faktor daya listrik yang rendah, peralatan listrik banyak menarik daya reaktif induktif sehingga perlu dikompensir dengan daya reaktif kapasitif agar faktor daya listrik dari peralatan tersebut menjadi lebih besar.

2. Kerugian Akibat Rendahnya Faktor Daya

   Jika faktor daya lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan menurunnya faktor daya sistem kelistrikan. Akibat menurunnya faktor daya maka akan timbul beberapa persoalan diantaranya :

1. Membesarnya penggunaan daya listrik kWH karena rugi-rugi daya.
2. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR.
3. Penalti dari penyedia layanan listrik (PLN).
4. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan.
5. Akan menyebabkan sistem atau peralatan akan memiliki nilai efisiensi yang rendah.
6. Kerugian pada jalur penghantar (Rugi Tembaga).

3. Perbaikan Faktor Daya Listrik

Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan cara memasang kapasitor yang dipasang seri ataupun paralel terhadap beban. Pemasangan kapasitor ini diharapkan bisa menghemat atau mengefesiensikan daya yang digunakan. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif, juga daya semu yang dihasilkan oleh bagian utilitas.

Beberapa hal yang dilakukan untuk mengkoreksi faktor daya adalah:

1. Meminimalkan operasi dari beban motor yang ringan atau tidak bekerja.
2. Menghindari operasi dari perlatan listrik di atas tegangan rata-ratanya.
3. Mengganti motor-motor yang sudah tua dengan efisien motor.
   Meskipun dengan energi efisien motor, bagaimanapun faktor daya dipengaruhi oleh beban yang variasi. Motor ini harus dioperasikan sesuai dengan kapasitas rata-ratanya untuk memperoleh faktor daya tinggi.
4. Memasang kapasitor pada jaringan AC untuk menurunkan medan dari daya reaktif.
   Selain itu, pemasangan kapsitor dapat menghindari :

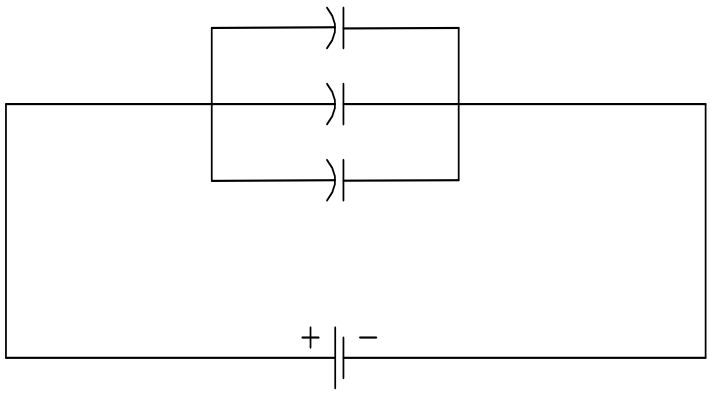
- Trafo kelebihan beban *(overload),* sehingga memberikan tambahan daya yang tersedia.
- *Voltage drops* pada *line ends*.
- Kenaikan arus / suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi-rugi.

2.2.7 Macam - Macam Kapasitor

1. Kapasitor dipasang paralel

Kapasitor *shunt* adalah kapasitor yang duihubungkan secara paralel dengan beban dan secara intensif digunakan pada sistem distribusi. Kapasitor shunt dalam sistem tenaga listrik digunakan sebagai sumber daya raktif. Kapasitor *shunt* mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif. Dengan memasang kapasitor *shunt*, maka arus induktif yang mengalir pada jaringan menjadi lebih kecil. Disamping itu jatuh tegangan dapat diperkecil dan faktor daya dapat diperbaiki. Jelas bahwa saluran distribusi akan ekonomis apabila hanya menyalurkan daya aktif saja dimana kebutuhan daya reaktif beban didapat dari kapasitor *shunt.*

Pemasangan kapasitor shunt secara paralel pada saluran distribusi, akan menurunkan jatuh tegangan *(voltage drop)* disepanjang saluran. Hal ini disebabkan adanya arus reaktif kapasitif yang melewati kapasitor *shunt.*



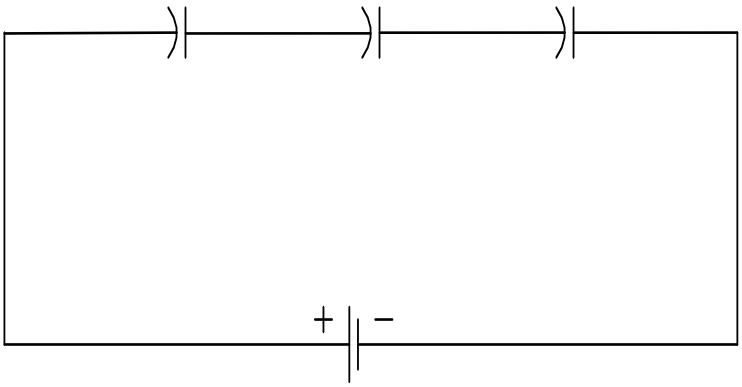
Gambar 2.8 Kapasitor Dipasang Paralel

2. Kapasitor dipasang seri

Kapasitor seri yaitu kapasitor yang dihubungkan secara seri dengan saluran, pemakaiannya amat dibatasi pada saluran distribusi juga transmisi. Kegunaan yang paling utama dari kapasitor seri adalah

mengkompensir reaktansi induktif dari pada jaringan distribusi sehingga dapat mengurangi jatuh tegangan disisi penerima. Karena peralatan pengamannya cukup rumit, jadi secara umum dapat dikatakan bahwa biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal dibandingkan biaya pemasangan kapasitor paralel. Kapasitor seri juga didisain untuk daya yang lebih besar dari pada kapasitor shunt, untuk mengatasi perkembangan beban dikemudian hari.

Kapasitor seri mengkompensir reaktansi induktif. Dengan kata lain kapasitor seri adalah reaktansi negatif (kapasitif) yang dihubungkan seri dengan reaktansi positif (induktif) yang memungkinkan dapat mengkompensir sebagian atau seluruhnya. Oleh karena itu efek pertama dari kapasitor seri adalah memimumkan atau menekan jatuh tegangan yang disebabkan oleh reaktansi induktif dari sirkuit. Pada saat yang sama kapasitor seri dapat dipertimbangkan sebagai penaik tegangan dan memperbaiki faktor daya. Oleh karena itu kapasitor seri tersebut dapat digunakan sebagai penaik tegangan otomatis yang sebanding dengan pertumbuhan beban. Selanjutnya pemakaian kapasitor-seri pengaruhnya terhadap naiknya tegangan lebih besar dibandingkan kapasitor *shunt* untuk faktor-daya yang rendah. Kapasitor seri mengkompensir reaktansi induktif. Dengan kata lain, kapasitor seri adalah reaktansi negatif (kapasitif) yang mengkompensir sebagian atau seluruhnya. Oleh karena itu efek-efek pertama dari kapasitor seri adalah menekan jatuh tegangan yang disebabkan oleh penaik tegangan dan digunakan sebagai penaik tegangan otomatis yang sebanding dengan pertumbuhan beban.

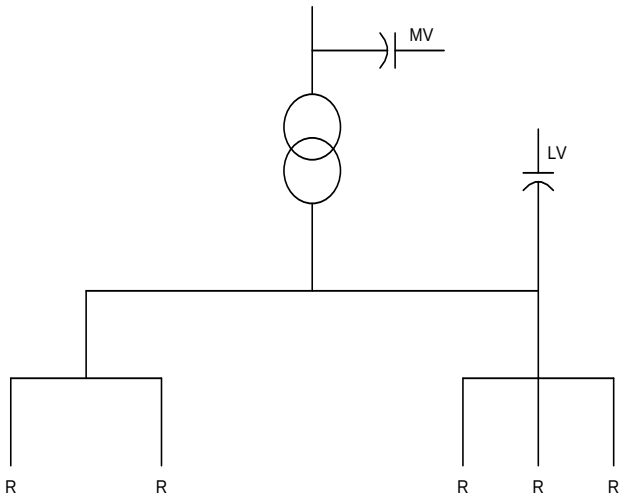


Gambar 2.9 Kapasitor Dipasang Seri

2.2.8 Metoda Pemasangan Kapasitor

1. *Global compensation*

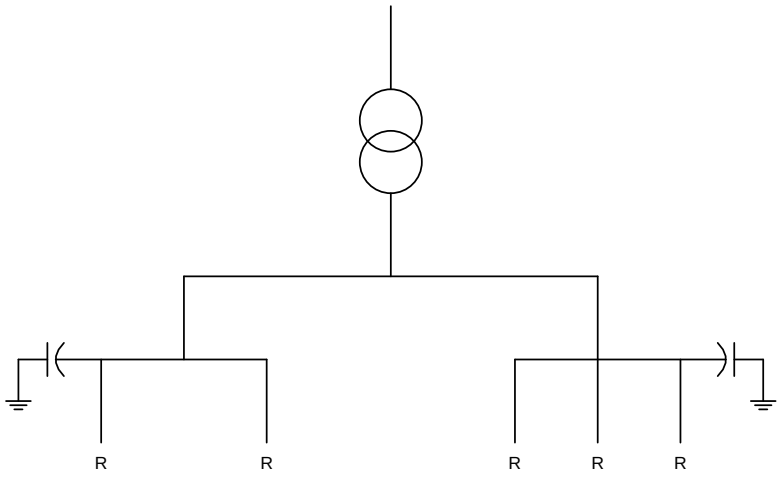
Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP) arus yang turun dari pemasangan model ini hanya dipenghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang *delta voltage* nya masih cukup besar.



Gambar 2.10 *Global Compensation*

2. *Group Compensation*

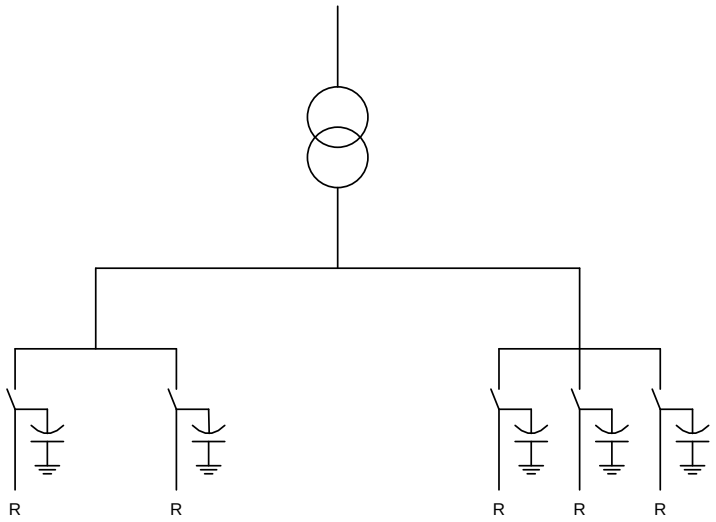
Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industry dengan kapasitor beban terpasang besar sampai ribuan Kva dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.



Gambar 2.11 *Group Compensation*

3. *Individual Compensation*

Dengan metoda ini kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika. Di samping itu jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total *cost* yang diperlukan lebih besar dari metoda di atas.



Gambar 2.12 *Individual Compensation*

2.2.9 Komponen-Komponen Pada Kapasitor

1. *Main switch / load break switch*

Main switch ini sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel. Sedangkan untuk pengaman kabel / instalasi sudah tersedia disisi atasnya dari PDU. *Main switch* atau lebih dikenal *load break switch* adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya *on load* yakni dapat diputus dan disambung dalam keadaan berbeban, berbeda dengan *on-off switch* model *knife* yang hanya dioperasikan pada saat tidak berbeban. Untuk menentukan kapasitas yang dipakai dengan perhitungan minimal 25% lebih besar dari perhitungan Kvar terpasang.

2. Kapasitor *Breakers*

Kapasitor *breaker* digunakan 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 Im = 10 x Ir. Untuk menghitung besarnya arus dapat digunakan rumus In = Qc/3 . VL

3. *Magnetic Contactor*

Magnetic Contactor diperlukan sebagai peralatan kontrol 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 akan lebih baik sehingga umur pemakaian *magnetic contactor* lebih lama.

4. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitas kapasitor dari ukuran 5 Kvar sampai 60Kvar. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 V.

5. *Reaktive Power Regulator*

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan di*supply* ke jaringan atau sistem dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama breaker mak 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*.

Peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain:

- *Push button on* dan *push button off* yang berfungsi mengoperasikan *magnetic contactor* secara manual. *Selektor auto – off* manual yang berfungsi memilih sistem operasional *auto* dari modul atau manual dari *push button*.

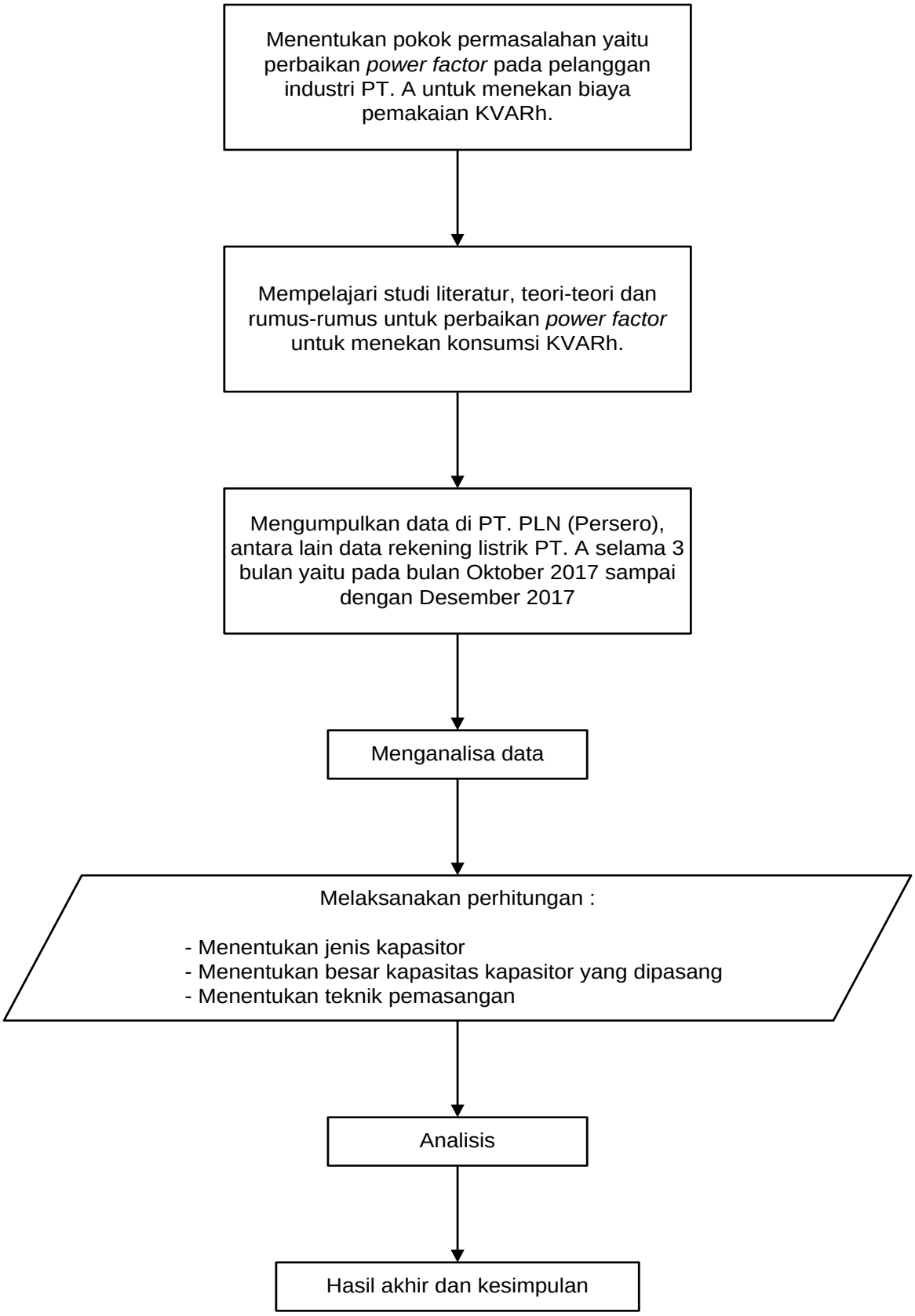
- *Exhust fan* + *thermostat* yang berfungsi mengatur ambein temperature dalam ruang panel kapasitor. Karena kapasitor, kontaktor dan kabel penghantar mempunyai disipasi daya panas yang besar maka *temperature* ruang panel meningkat setelah setting dari *thermostat* terlampaui *maka exhust fan* akan berhenti.

6. *Setup* C/K PFR

Capacitor bank agar *power factor regulator* (PFR) yang terpasang pada panel *capacitor bank* dapat bekerja secara maksimal dalam melakukan otomasi mengendalikan kerja kacapasitor maka diperlukan C/K yang sesuai.

2.3 Kerangka pemikiran

Untuk pelanggan dengan jenis tarif I, beban selalu bersifat induktif disebabkan karena peralatan – peralatan listrik digunakan selalu menyerap kVARh. Makin besar PF, maka makin kecil nilai kVARh sehingga biaya pemakaian kVARh semakin kecil. Pelanggan – pelanggan PLN dengan kategori tarif industri dikenakan biaya kelebihan kVARh nya apabila PF < 0,85 *lagging.* Untuk pemakaian kVARh dengan PF 0,85 keatas, pelanggan tidak dikenakan biaya. Untuk itu dalam usaha menekan biaya kVARh beberapa pelanggan berusaha menaikkan nilai PF menjadi ≥ 0,85 *lagging*. Untuk menaikkan nilai *power factor* tersebut bisa dengan beberapa cara yaitu dengan cara memasang kapasitor paralel dengan beban.



Gambar 2.13 kerangka pemikiran