

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tegangan Listrik

Pada sebuah rangkaian listrik, diperlukan suatu tenaga yang digunakan untuk mengalirkan sejumlah muatan dari suatu kedudukan ke kedudukan lainnya. Menurut Nuraeni dan Selan (2013) bahwa “Tegangan Listrik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya”. Pada Sistem Satuan Internasional besaran potensial listrik disimbolkan dengan V kemudian satuannya adalah volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Berdasarkan nilai tegangannya, tegangan listrik dibagi atas empat jenis, yaitu tegangan rendah, tegangan menengah, tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi. Secara matematis berdasarkan hukum Ohm dapat dituliskan:

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

V = Arus (Ampere)

I = Tegangan (Volt)

R = Tahanan (Ohm)

2.2 Arus Listrik

Menurut Astuti (2011) dalam bukunya “Arus didefinisikan sebagai aliran muatan positif yang berlawanan dengan gerak elektro”. Arus listrik dapat diukur dalam satuan coulomb/detik atau ampere. Arus listrik dibagi atas dua jenis, yaitu arus bolak-balik (*alternating current*) dan arus searah (*direct current*). Arus bolak-balik adalah arus yang nilainya berubah terhadap satuan waktu. Arus bolak-balik

biasanya dihasilkan oleh pusat-pusat pembangkit tenaga listrik. Sementara arus searah adalah arus yang nilainya tetap atau konstan terhadap satuan waktu. Secara matematis arus didefinisikan:

$$I = \frac{dq}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

I = Arus (Ampere)

q = Muatan listrik

t = Waktu

Arus listrik yang mengalir tersebut dari sumber arus listrik tersebut dapat kita bedakan menjadi 2 macam, yaitu:

Arus bolak-balik (*AC/Alternating Current*) adalah arus yang mengalir dengan polaritas yang berubah dan dimana masing-masing terminal polaritasnya bergantian. Pada umumnya arus AC ini adalah arus yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti alat-alat elektronika yang dipakai didalam rumah kita. Arus listrik ini dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik yang bernama generator yang ada pada pembangkit listrik.

Arus searah (*DC/Direct Current*) merupakan arus yang mengalir dengan arah yang tetap (konstan) dengan masing-masing terminal selalu tetap pada polaritasnya. Arus ini bisa terjadi karena berasal dari akumulator (*accu*). Arus listrik searah ini dapat dihasilkan dengan cara merubah arus AC menjadi DC menggunakan *power supply* dengan dioda sebagai penyearah arus yang dapat menyearahkan arus bolak-balik menjadi arus searah.

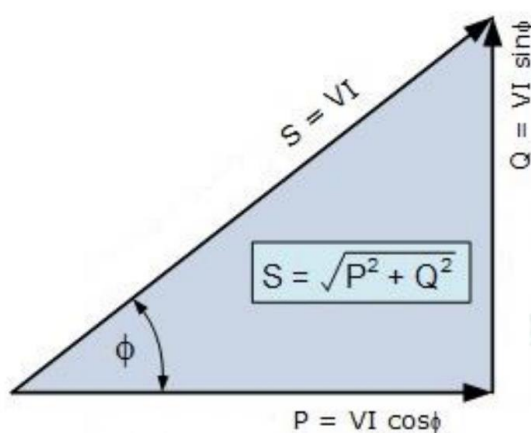
2.3 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik (B. G. Melipurbowo, 2016). Definisi lain dari daya listrik adalah besarnya jumlah listrik yang diserap dalam sebuah rangkaian listrik. Satuan internasional daya adalah watt. Dalam banyak hal, beban-beban listrik tidak hanya beban resistif saja melainkan kombinasi dari beberapa jenis tahanan. Baik itu dengan induktif maupun kapasitif. Dapat dipastikan pada rangkaian AC akan terjadi pergeseran fasa antara tegangan dan arus yang dapat mempengaruhi perhitungan daya, dimana perkalian antara tegangan dan arus belum menghasilkan daya nyata (P) tetapi menghasilkan daya semu (S) (Anisa Dyah Lestari, 2022).

Secara singkat daya dapat juga diartikan sebagai jumlah total energi atau tenaga yang dihasilkan untuk melakukan suatu usaha. Besarnya penggunaan beban yang digunakan ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (I), dan kapasitansi (C). Sedangkan banyaknya jumlah pemakaian daya ditentukan oleh jumlah beban yang digunakan. Secara umum terdapat tiga jenis beban listrik yang mempengaruhi penggunaan daya yaitu beban resistif murni, beban induktif, dan beban kapasitif. Berikut penjelasan mengenai hubungan antara ketiga jenis beban tersebut terhadap daya listrik.

1. Beban resistif atau dapat juga dikatakan sebagai beban murni, karena beban yang bersifat resistif hanya mengandung hambatan murni atau resistor sehingga penggunaan beban ini tidak mengakibatkan pergeseran fase antara arus dan tegangan sehingga arus dan tegangan berada pada kondisi se-fase sehingga nilai faktor daya dikatakan sama dengan 1.

2. Beban induktif yang bersifat positif membutuhkan daya reaktif untuk bekerja. Peralatan yang biasanya mengandung beban bersifat induktif ini misalnya motor listrik, lampu TL, trafo, dan lain-lain.
3. Beban kapasitif yang bersifat negatif menghasilkan daya reaktif. Daya reaktif sendiri merupakan daya yang tidak dapat digunakan sebagai sumber tenaga sehingga sering disebut sebagai rugi-rugi daya, tetapi daya reaktif ini berfungsi untuk mentransmisikan energi listrik pada beban.



Gambar 2.1 Segitiga Daya

(Sumber: Prastyono Eko P., Samuel Kristiyana, 2022)

Dari Gambar 2.1 di atas diperlihatkan bagaimana hubungan antara 3 jenis daya listrik yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu terhadap besarnya sudut faktor daya. Disini penggunaan beban induktif yang menghasilkan daya reaktif (Q). Jika semakin besar penggunaannya maka terlihat sudut faktor daya atau ϕ juga akan semakin besar yang berarti nilai faktor daya menurun dikarenakan perbandingan antara daya aktif (P) terhadap daya semu (S) semakin besar. Inilah yang disebut sebagai rugi-rugi daya karena nilai daya aktif (P) atau daya nyata yang dapat digunakan tidak sama dengan nilai daya semu (S) atau total daya sesungguhnya (Prastyono Eko P., Samuel Kristiyana, 2022).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tegangan Listrik

Pada sebuah rangkaian listrik, diperlukan suatu tenaga yang digunakan untuk mengalirkan sejumlah muatan dari suatu kedudukan ke kedudukan lainnya. Menurut Nuraeni dan Selan (2013) bahwa “Tegangan Listrik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya”. Pada Sistem Satuan Internasional besaran potensial listrik disimbolkan dengan V kemudian satuannya adalah volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Berdasarkan nilai tegangannya, tegangan listrik dibagi atas empat jenis, yaitu tegangan rendah, tegangan menengah, tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi. Secara matematis berdasarkan hukum Ohm dapat dituliskan:

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

V = Arus (Ampere)

I = Tegangan (Volt)

R = Tahanan (Ohm)

2.2 Arus Listrik

Menurut Astuti (2011) dalam bukunya “Arus didefinisikan sebagai aliran muatan positif yang berlawanan dengan gerak elektro”. Arus listrik dapat diukur dalam satuan coulomb/detik atau ampere. Arus listrik dibagi atas dua jenis, yaitu arus bolak-balik (*alternating current*) dan arus searah (*direct current*). Arus bolak-balik adalah arus yang nilainya berubah terhadap satuan waktu. Arus bolak-balik

biasanya dihasilkan oleh pusat-pusat pembangkit tenaga listrik. Sementara arus searah adalah arus yang nilainya tetap atau konstan terhadap satuan waktu. Secara matematis arus didefinisikan:

$$I = \frac{dq}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

I = Arus (Ampere)

q = Muatan listrik

t = Waktu

Arus listrik yang mengalir tersebut dari sumber arus listrik tersebut dapat kita bedakan menjadi 2 macam, yaitu:

Arus bolak-balik (*AC/Alternating Current*) adalah arus yang mengalir dengan polaritas yang berubah dan dimana masing-masing terminal polaritasnya bergantian. Pada umumnya arus AC ini adalah arus yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti alat-alat elektronika yang dipakai didalam rumah kita. Arus listrik ini dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik yang bernama generator yang ada pada pembangkit listrik.

Arus searah (*DC/Direct Current*) merupakan arus yang mengalir dengan arah yang tetap (konstan) dengan masing-masing terminal selalu tetap pada polaritasnya. Arus ini bisa terjadi karena berasal dari akumulator (*accu*). Arus listrik searah ini dapat dihasilkan dengan cara merubah arus AC menjadi DC menggunakan *power supply* dengan dioda sebagai penyearah arus yang dapat menyearahkan arus bolak-balik menjadi arus searah.

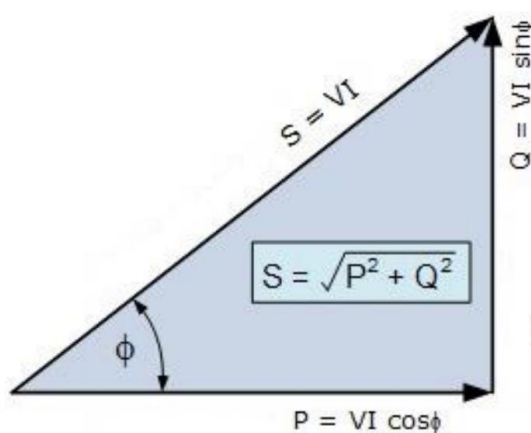
2.3 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik (B. G. Melipurbowo, 2016). Definisi lain dari daya listrik adalah besarnya jumlah listrik yang diserap dalam sebuah rangkaian listrik. Satuan internasional daya adalah watt. Dalam banyak hal, beban-beban listrik tidak hanya beban resistif saja melainkan kombinasi dari beberapa jenis tahanan. Baik itu dengan induktif maupun kapasitif. Dapat dipastikan pada rangkaian AC akan terjadi pergeseran fasa antara tegangan dan arus yang dapat mempengaruhi perhitungan daya, dimana perkalian antara tegangan dan arus belum menghasilkan daya nyata (P) tetapi menghasilkan daya semu (S) (Anisa Dyah Lestari, 2022).

Secara singkat daya dapat juga diartikan sebagai jumlah total energi atau tenaga yang dihasilkan untuk melakukan suatu usaha. Besarnya penggunaan beban yang digunakan ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (I), dan kapasitansi (C). Sedangkan banyaknya jumlah pemakaian daya ditentukan oleh jumlah beban yang digunakan. Secara umum terdapat tiga jenis beban listrik yang mempengaruhi penggunaan daya yaitu beban resistif murni, beban induktif, dan beban kapasitif. Berikut penjelasan mengenai hubungan antara ketiga jenis beban tersebut terhadap daya listrik.

1. Beban resistif atau dapat juga dikatakan sebagai beban murni, karena beban yang bersifat resistif hanya mengandung hambatan murni atau resistor sehingga penggunaan beban ini tidak mengakibatkan pergeseran fase antara arus dan tegangan sehingga arus dan tegangan berada pada kondisi se-fase sehingga nilai faktor daya dikatakan sama dengan 1.

2. Beban induktif yang bersifat positif membutuhkan daya reaktif untuk bekerja. Peralatan yang biasanya mengandung beban bersifat induktif ini misalnya motor listrik, lampu TL, trafo, dan lain-lain.
3. Beban kapasitif yang bersifat negatif menghasilkan daya reaktif. Daya reaktif sendiri merupakan daya yang tidak dapat digunakan sebagai sumber tenaga sehingga sering disebut sebagai rugi-rugi daya, tetapi daya reaktif ini berfungsi untuk mentransmisikan energi listrik pada beban.



Gambar 2.1 Segitiga Daya

(Sumber: Prastyono Eko P., Samuel Kristiyana, 2022)

Dari Gambar 2.1 di atas diperlihatkan bagaimana hubungan antara 3 jenis daya listrik yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu terhadap besarnya sudut faktor daya. Disini penggunaan beban induktif yang menghasilkan daya reaktif (Q). Jika semakin besar penggunaannya maka terlihat sudut faktor daya atau ϕ juga akan semakin besar yang berarti nilai faktor daya menurun dikarenakan perbandingan antara daya aktif (P) terhadap daya semu (S) semakin besar. Inilah yang disebut sebagai rugi-rugi daya karena nilai daya aktif (P) atau daya nyata yang dapat digunakan tidak sama dengan nilai daya semu (S) atau total daya sesungguhnya (Prastyono Eko P., Samuel Kristiyana, 2022).

2.3.1 Daya Semu

Daya semu (*apparent power*) merupakan daya yang dihasilkan dari perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan (Siti Jamilah, 2022).

$$\text{Sistem 1 fasa: } S = V_{LN} \times I_{LN} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Sistem 3 fasa: } S = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3.2 Daya Aktif

Daya aktif (*active power*) yaitu daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya (Siti Jamilah, 2022).

$$\text{Sistem 1 fasa: } P = V_{LN} \times I_{LN} \cos \varphi \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{Sistem 3 fasa: } P = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \cos \varphi \dots\dots\dots (2.6)$$

2.3.3 Daya Reaktif

Daya reaktif (*reactive power*) merupakan daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet (Siti Jamilah, 2022).

$$\text{Sistem 1 fasa: } Q = V_{LN} \times I_{LN} \sin \varphi \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Sistem 3 fasa: } Q = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \sin \varphi \dots\dots\dots (2.8)$$

2.3.4 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan antara daya semu, daya aktif, dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri. Berikut ini adalah persamaan hubungan antara ketiga daya listrik yang terdapat pada Gambar 2.1 (Siti Jamilah, 2022).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P = S \cos \varphi \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Q = P \tan \varphi \dots\dots\dots (2.11)$$

2.3.5 Faktor Daya

Faktor daya adalah rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA). Nilai suatu faktor daya terdapat pada rentang antara 0-1, selain rentang antara 0-1 dapat pula dalam bentuk persentase 0%-100% (Watt) (IEEE *Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*, 1986). di mana semakin nilai faktor daya mendekati satu maka dikatakan semakin baik karena sudut perbandingan antara daya aktif terhadap daya semu menjadi semakin kecil. Dalam kondisi beban yang bersifat murni resistif, maka faktor daya dianggap tidak ada atau dikatakan faktor daya sama dengan satu, karena pada beban yang bersifat murni resistif tidak terjadi pergeseran antara gelombang tegangan dan gelombang arus sehingga gelombang tegangan dan gelombang arus berada dalam kondisi sejajar atau se-fase. Namun, dalam sebuah rangkaian daya listrik yang memiliki beban induktif dan kapasitif, nilai faktor daya ini akan berpengaruh karena di dalam beban induktif maupun kapasitif akan terjadi pergeseran gelombang yang membuat kondisi arus bisa menjadi tertinggal oleh tegangan (*lagging*) maupun kondisi arus mendahului tegangan (*leading*) (Prastyono E. P. & Kristiyana, S., 2022). Jika faktor daya lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang (M. F. Hakim, 2014).

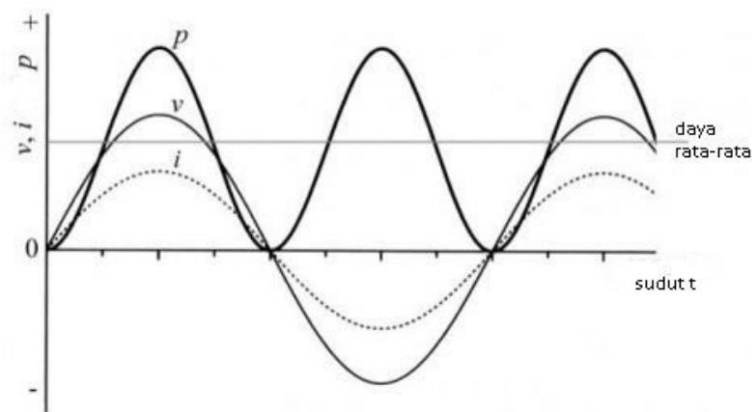
2.3.6 Jenis Faktor Daya

Faktor daya terdiri dari tiga jenis yaitu faktor daya *unity*, faktor daya *lagging*, dan faktor daya *leading*.

1. Faktor Daya *Unity*

Faktor daya *unity* adalah kondisi di mana di dalam sebuah rangkaian beban listrik gelombang tegangan dan arus berada dalam kondisi yang sejajar atau

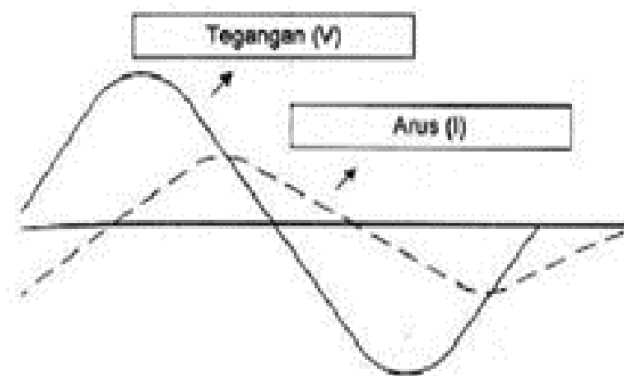
se-fase, seperti pada Gambar 2.2 Faktor daya ini memiliki beban yang bersifat murni resistif yang terdiri dari komponen yang bersifat resistansi murni atau hambatan murni sehingga tidak memungkinkan terjadinya pergeseran antara gelombang tegangan dan juga arus (Amiq Uli Ulya, 2019).



Gambar 2.2 Gelombang Faktor Daya *Unity*
(Sumber: Amiq Uli Ulya)

1. Faktor Daya *Lagging*

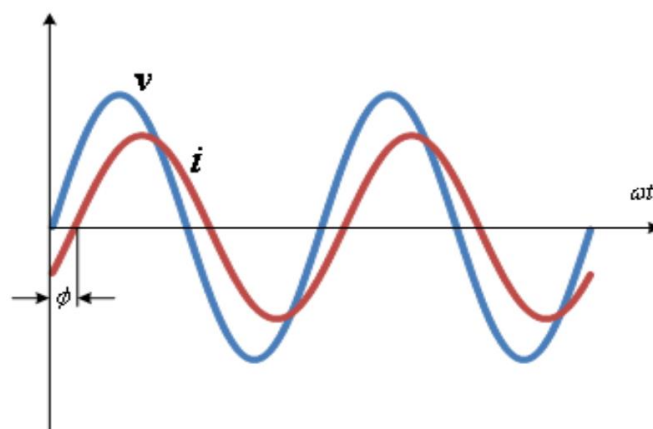
Faktor daya *lagging* ini memiliki nilai $\cos \phi$ yang positif. Karena bersifat menyerap daya reaktif pada rangkaian daya, maka dengan adanya faktor daya *lagging* seperti pada Gambar 2.3 merupakan sebuah rugi-rugi, karena dapat memperbesar penggunaan daya reaktif yang ada di dalam sebuah rangkaian daya. Keadaan tersebut membuat arus pada beban menjadi meningkat dan juga dapat menimbulkan jatuh tegangan di dalam rangkaian daya itu sendiri, sehingga faktor daya *lagging* ini harus dikontrol keadaannya (Windu, N. H., et. al, 2017)



Gambar 2.3 Gelombang Faktor Daya *Lagging*
(Sumber: Amiq Uli Ulya, 2019)

2. Faktor Daya *Leading*

Faktor daya mendahului atau faktor daya *leading* adalah kondisi rangkaian daya beban yang dimiliki cenderung bersifat kapasitif. Dengan beban yang cenderung kapasitif, maka sesuai dengan sifat bebannya yang membuat gelombang arus akan mendahului terhadap gelombang tegangan seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Faktor daya *leading* ini bersifat menciptakan daya reaktif dan memiliki arah yang berlawanan dari faktor daya *lagging* dikarenakan sifat beban kapasitif yang berlawanan dengan beban induktif seperti gambar di bawah ini (Prastyono Eko P., Samuel Kristiyana, 2022).



Gambar 2.4 Gelombang Faktor Daya *Leading*
(Sumber: Amiq Uli Ulya, 2019)

2.3.7 Penyebab Faktor Daya Rendah

Menurut Akash Srivastava, dkk (2016) mengemukakan bahwa “*Low power factor result in inefficient system operation and losses*”. Pada maksud yang lain, bahwa faktor daya yang rendah dapat menghasilkan kerugian pada sistem, sehingga sistem tidak efisien. Faktor daya yang rendah dihasilkan oleh peralatan seperti motor-motor induksi, terutama pada beban-beban rendah pada unit ballast lampu pelepas yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk geraknya serta alat las busur listrik yang mempunyai faktor daya rendah. Medan magnet dari peralatan-peralatan tersebut memerlukan arus yang tidak melakukan kerja yang bermanfaat untuk menimbulkan kerja mekanis atau panas, tetapi hanya diperlukan sebagai pembangkit medan (Eggy Surya Yudhya, 2020).

Transformator-transformator yang mempunyai faktor daya yang sangat rendah karena menghasilkan arus magnetisasi yang menyebabkan arus totalnya menjadi tertinggal terhadap tegangan, Penggunaan penyearah sebagai ganti pasangan motor generator untuk mencatu daya arus searah (DC), Pemakaian lampu tabung (neon) yang beroperasi pada daya rendah (Maswar Mujahidy Ritonga, 2019). Alat-alat seperti ini memerlukan arus listrik untuk membangkitkan medan, sehingga menimbulkan panas dan daya mekanis yang dapat menimbulkan rugi-rugi. Penggunaan kapasitor yang berlebihan dalam suatu instalasi juga akan menyebabkan faktor daya yang buruk.

2.3.8 Kerugian Akibat Faktor Daya Rendah

Faktor daya yang rendah menyebabkan arus dan tegangan berlawanan fase, sehingga perkaliannya tidak menghasilkan daya dalam Watt (W) tetapi dalam Volt Ampere (VA). Peningkatan beban yang bersifat induktif pada sistem tenaga listrik

dapat menurunkan nilai faktor daya (PF) dalam proses pengiriman daya. Penurunan faktor daya (PF) ini dapat menimbulkan berbagai kerugian, yang antara lain:

1. Memperbesar kebutuhan kVA.
2. Penurunan efisiensi penyaluran daya.
3. Memperbesar rugi-rugi panas kawat dan peralatan.
4. Mutu listrik menjadi rendah karena adanya drop tegangan.

Karena alasan kerugian akibat penurunan faktor daya (PF) inilah, penyedia layanan listrik PT PLN menetapkan denda VAR, dalam usaha untuk menghimbau konsumennya agar ikut berkontribusi menjaga faktor daya pada kondisi idealnya (Eggy Surya Yudhya, 2020).

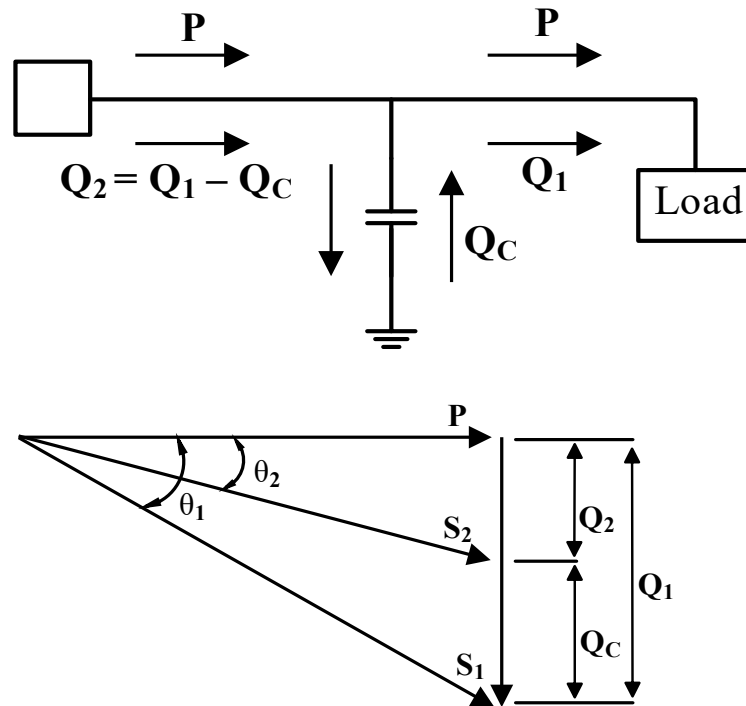
2.4 Perbaikan Faktor Daya

Di dalam rangkaian arus bolak balik, arus dapat bersifat mendahului (*leading*), sefase atau terlambat (*lagging*) terhadap tegangan, tergantung dari macam bebannya. Suatu cara yang sampai saat ini dianggap handal untuk memperbaiki faktor daya yang rendah adalah dengan menggunakan kapasitor. Prinsip dari perbaikan faktor daya adalah memberikan arus dengan fasa yang mendahului dalam rangkaian sehingga memberikan perlawanan yang akan menetralkan arus pemagnetan yang ketinggalan fasanya (terkhusus untuk sistem yang bersifat kelebihan beban induktif) (Lister, E. C., 1993).

Terdapat beberapa cara untuk melakukan koreksi atau perhitungan daya reaktif, cara-cara yang biasa digunakan adalah dengan metode perhitungan biasa, metode tabel $\cos \varphi$, metode kwitansi PLN, metode diagram, dan metode segitiga daya.

2.4.1 Perhitungan Biasa

Perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.5 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor
(Sumber: Azizul Hakim, 2020)

Pada Gambar 2.5 di atas daya beban (P) adalah tetap dan besaran kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperkecil sudut phasa ϕ_1 menjadi sudut phasa ϕ_2 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q_1 = P \cdot \tan \phi_1 \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$Q_2 = P \cdot \tan \phi_2 \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.13)$$

Sehingga kapasitas kVAR kapasitor pada Gambar 2.4 adalah selisih antara daya reaktif induktif sebelum pemasangan kapasitor (Q_1) dengan daya reaktif induktif setelah dipasang kapasitor (Q_2). Dengan demikian persamaannya menjadi seperti berikut (Azizul Hakim, 2020).

$$Q_C = Q_1 - Q_2 \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.14)$$

atau

$$Q_C = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

Q_C = Kapasitas kapasitor

$\tan \varphi_1$ = Sudut *lagging* sebelum dipasang kapasitor

$\tan \varphi_2$ = Sudut *lagging* setelah dipasang kapasitor

2.4.2 Metode Tabel Kompensasi

Metode tabel kompensasi adalah metode yang menggunakan tabel $\cos \varphi$. Sehingga disebut juga sebagai metode nomogram. Data yang diperlukan adalah data beban total dan faktor daya ($\cos \varphi$) (Agung Budi Santoso, 2008).

Untuk menghitung besarnya daya reaktif dapat dilakukan melalui tabel kompensasi, tabel ini menyajikan suatu data dengan input pf sebenarnya ($\cos \varphi_1$), dan pf yang diinginkan ($\cos \varphi_2$) maka besarnya faktor pengali dapat dilihat melalui Tabel yang terlihat pada gambar 2.6 (M. Hariansyah & Jono Setiawan, 2017).

Active power

ACTUAL cos φ

TARGET cos φ

Factor F from table

Correction power

P = 100 kW

= 0.65

= 0.95

= 0.84

Qc = P x (tan φ1 - tan φ2)

P * F

100 x 0.84

84 kvar

ACTUAL		Target power factor											
tan φ	cos φ	cos φ											
		0.80	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.98	1.00	
		Factor F											
1.33	0.60	0.58	0.64	0.71	0.79	0.86	0.91	0.97	1.00	1.04	1.13	1.33	
1.30	0.61	0.55	0.60	0.68	0.76	0.81	0.87	0.94	0.97	1.01	1.10	1.30	
1.27	0.62	0.52	0.57	0.65	0.73	0.78	0.84	0.90	0.94	0.97	1.06	1.27	
1.23	0.63	0.48	0.53	0.61	0.69	0.75	0.81	0.87	0.90	0.94	1.03	1.23	
1.20	0.64	0.45	0.50	0.58	0.66	0.72	0.77	0.84	0.87	0.91	1.00	1.20	
1.17	0.65	0.42	0.47	0.55	0.63	0.68	0.74	0.81	0.84	0.88	0.97	1.17	
1.14	0.66	0.39	0.44	0.52	0.60	0.65	0.71	0.78	0.81	0.85	0.94	1.14	
1.11	0.67	0.36	0.41	0.49	0.57	0.62	0.68	0.75	0.78	0.82	0.90	1.11	
1.08	0.68	0.33	0.38	0.46	0.54	0.59	0.65	0.72	0.75	0.79	0.88	1.08	
1.05	0.69	0.30	0.35	0.43	0.51	0.56	0.62	0.69	0.72	0.76	0.85	1.05	
1.02	0.70	0.27	0.32	0.40	0.48	0.54	0.59	0.66	0.69	0.73	0.82	1.02	
0.99	0.71	0.24	0.29	0.37	0.45	0.51	0.57	0.63	0.66	0.70	0.79	0.99	
0.96	0.72	0.21	0.27	0.34	0.42	0.48	0.54	0.60	0.64	0.67	0.76	0.96	
0.94	0.73	0.19	0.24	0.32	0.40	0.46	0.51	0.57	0.61	0.64	0.73	0.94	
0.91	0.74	0.16	0.21	0.29	0.37	0.42	0.48	0.55	0.58	0.62	0.71	0.91	
0.88	0.75	0.13	0.18	0.26	0.34	0.40	0.46	0.52	0.55	0.59	0.68	0.88	
0.86	0.76	0.11	0.16	0.24	0.32	0.37	0.43	0.49	0.53	0.56	0.65	0.86	
0.83	0.77	0.08	0.13	0.21	0.29	0.34	0.40	0.47	0.50	0.54	0.63	0.83	
0.80	0.78	0.05	0.10	0.18	0.26	0.32	0.38	0.44	0.47	0.51	0.60	0.80	
0.78	0.79	0.03	0.08	0.16	0.24	0.29	0.35	0.41	0.45	0.48	0.57	0.78	
0.75	0.80		0.05	0.13	0.21	0.27	0.32	0.39	0.42	0.46	0.55	0.75	
0.72	0.81		0.03	0.10	0.18	0.24	0.30	0.36	0.40	0.43	0.52	0.72	
0.70	0.82			0.08	0.16	0.21	0.27	0.34	0.37	0.41	0.49	0.70	
0.67	0.83			0.05	0.13	0.19	0.25	0.31	0.34	0.38	0.47	0.67	
0.65	0.84			0.03	0.11	0.16	0.22	0.28	0.32	0.35	0.44	0.65	
0.62	0.85				0.08	0.14	0.19	0.26	0.29	0.33	0.42	0.62	
0.59	0.86				0.05	0.11	0.17	0.23	0.26	0.30	0.39	0.59	
0.57	0.87				0.03	0.08	0.14	0.20	0.24	0.28	0.36	0.57	
0.54	0.88					0.06	0.11	0.18	0.21	0.25	0.34	0.54	
0.51	0.89					0.03	0.09	0.15	0.18	0.22	0.31	0.51	
0.48	0.90						0.06	0.12	0.16	0.19	0.28	0.48	
0.46	0.91						0.03	0.09	0.13	0.16	0.25	0.46	
0.43	0.92							0.06	0.10	0.13	0.22	0.43	
0.40	0.93							0.03	0.07	0.10	0.19	0.40	
0.36	0.94								0.03	0.07	0.16	0.36	
0.33	0.95									0.04	0.13	0.33	
0.29	0.96										0.09	0.29	
0.25	0.97										0.05	0.25	

Gambar 2.6 Tabel Kompensasi Faktor Daya
(Sumber: M. Hariansyah & Jono Setiawan, 2017)

2.4.3 Metode Kwitansi PLN

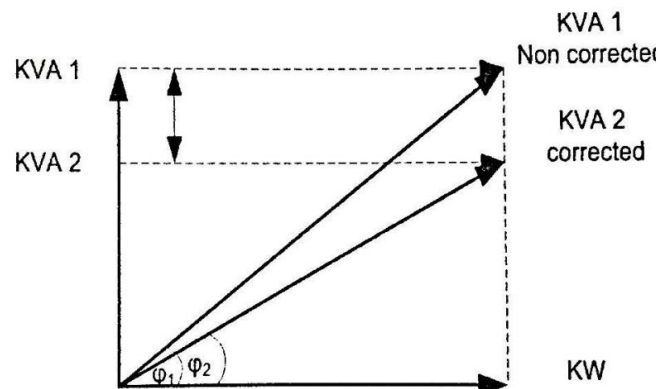
Metode kwitansi PLN memerlukan data dari kwitansi PLN selama satu periode (misalnya 1 tahun). Kemudian data perhitungan diambil dari pembayaran denda kVARH yang tertinggi. Data lain yang diperlukan adalah jumlah pemakaian (Maswar Mujahidy Ritonga, 2019).

$$Q_C = \frac{kVARH \text{ tertinggi}}{\text{waktu pemakaian}} (kVAR) \dots \dots \dots (2.16)$$

$$P = \frac{kWH \text{ tertinggi}}{\text{waktu pemakaian}} (kW) \dots \dots \dots (2.17)$$

2.4.4 Metode Diagram

Dalam menentukan besarnya kapasitor yang dibutuhkan diperlukan diagram sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi seperti pada Gambar 2.7 (Muhammad Ilham, 2017).



Gambar 2.7 Diagram Daya
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Sebelum ada perbaikan faktor daya pada gambar diagram daya untuk menentukan besarnya nilai kapasitor, dengan φ_1 dan setelah dilakukan perbaikan sesuai yang diinginkan ditunjukkan dengan φ_2 . Maka besarnya nilai kapasitor yang diperlukan adalah:

$$Q_C = [Tan\varphi_1 - Tan\varphi_2] \dots\dots\dots(2.18)$$

2.4.5 Metode Segitiga Daya

Metode ini dipakai jika data yang diketahui adalah daya aktif (P) dan daya nyata (S). Perhitungan metode ini dilakukan dengan segitiga daya (Danang Aji Basudewa, 2020).

2.5 Kapasitor Bank

Kapasitor bank yang terlihat pada Gambar 2.8 adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang berfungsi untuk mengimbangi sifat induktif atau

sekumpulan beberapa kapasitor yang dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif yang akan digunakan.

Kapasitas kapasitor dari ukuran 5 kVar sampai 60 kVar. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 Volt. Untuk suatu besaran kapasitor yang sering dipakai adalah kVAr (kilo volt ampere reaktif) meskipun di dalam kVAr terkandung atau tercantum besaran kapasitas yaitu farad (F) atau microfarad (μF) (M. Hariansyah & Joni Setiawan, 2017).



Gambar 2.8 Kapasitor Bank
(Sumber: Yendi Esye, 2021)

2.5.1 Manfaat Kapasitor Bank

Pemanfaatan kapasitor bank dalam dunia industri khususnya para pelanggan dengan beban-beban yang bersifat induktif memiliki keuntungan-keuntungan sebagai berikut (Agung Budi Santoso, 2008).

1. Menghemat Tagihan Rekening Listrik

PT PLN (Persero) menggunakan tarif tambahan jika faktor daya dari pelanggan lebih rendah dari 0,85. Tarif itu disesuaikan dengan besarnya kVARh yang telah dipakai selama 1 bulan. Jadi apabila memakai kapasitor bank maka faktor dayanya akan naik menjadi lebih tinggi dari 0,85 dan secara otomatis biaya tambahan akan terhindari.

2. Melepaskan Kapasitas Sistem

Ketika kapasitor dioperasikan dalam suatu sistem, ia mengirimkan kVAR, arus magnetisasi untuk motor induksi, trafo, dan sebagainya. Oleh sebab itu hal ini mengurangi besarnya arus dari catu daya. Arus dari catu daya sebagian disokong oleh adanya kapasitor. Ini berarti kapasitor dapat digunakan untuk mengurangi pembebanan lebih dari kapasitas yang ada, atau jika kapasitas sistem tidak diberi beban lebih ia memungkinkan penambahan beban ke dalam suatu sistem tanpa perlu menambah besarnya kapasitas sistem.

3. Meningkatkan level tegangan

Jatuh tegangan dari suatu sistem tenaga dirumuskan sebagai berikut:

$$E = RI \cos \varphi \pm XI \sin \varphi \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

E : Besarnya jatuh tegangan

I : Arus total

R : Resistensi

φ : Sudut faktor daya

X : Reaktansi

(+) : Faktor daya tertinggal

(-) : Faktor daya mendahului

Dari rumus tersebut $I \cos \varphi$ adalah arus kilowatt dan $I \sin \varphi$ adalah arus kilovar. Jadi terlihat bahwa arus kilovar hanya bekerja pada reaktansi saja maka pemakaian kapasitor akan dapat mengurangi besarnya arus kilovar tersebut. Sehingga besarnya jatuh tegangan dapat berkurang karena komponen reaktansi

dapat diminimalkan. Akibatnya level tegangan dari sistem akan naik karena drop tegangan semakin berkurang.

2.5.2 Prinsip Kerja Kapasitor Bank

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Keran beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil (Khadafi Alland, 2013).

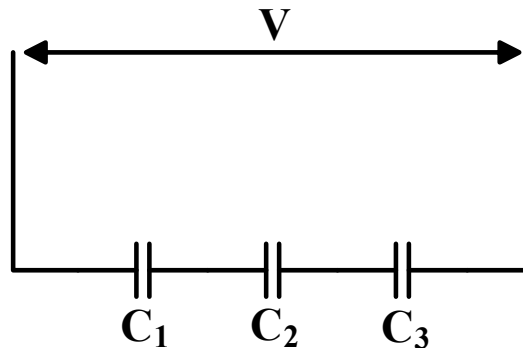
2.6 Jenis-jenis Kapasitor

Kapasitor bank berdasarkan cara pemasangannya terdiri dari dua jenis yaitu sebagai berikut (Maswar Mujahidy Ritonga, 2019).

2.6.1 Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah kapasitor yang dipasang secara seri dengan jaringan listrik yang seperti halnya pada kondensor dan kapasitansi shunt. Kapasitansi seri juga merupakan sumber daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya, dengan timbulnya komponen tenaga pada kapasitor. Selain itu juga merupakan reaktif negatif yang dapat menetralsir reaktansi induktif dari jaringan. Kapasitor yang dipasangkan secara seri dengan saluran mempunyai efek yang utama untuk

mengurangi susut tegangan yang disebabkan oleh reaktansi induktif. Rangkaian kapasitor secara seri dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian Kapasitor Hubungan Seri
(Sumber: Maswar Mujahidy Ritonga, 2019)

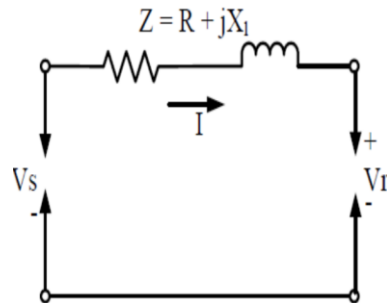
$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots (2.20)$$

2.6.1.1 Pengaruh Kompensasi Beban Induktif pada Rangkaian Seri

Dengan memasang kapasitor seri pada jaringan maka tegangan akan naik. Kenaikan tegangan pada kapasitor adalah sebagai fungsi dari arus. Perubahan tegangan tersebut adalah secara otomatis dan sesuai dengan perubahan arus. Dengan demikian kapasitor seri dapat juga dianggap sebagai suatu pengatur tegangan (*voltage regulator*), akan tetapi berbeda dengan *induction regulator*. Perbedaannya adalah pada kapasitor seri tak dapat mengkompensasi perubahan tegangan yang terjadi pada sumber dan hanya dapat mengkompensasi perubahan tegangan yang diakibatkan oleh perubahan beban. Kapasitor seri juga dapat memperbaiki faktor daya sebagaimana kapasitor shunt, akan tetapi pemakaiannya masih sangat terbatas.

Rangkaian ekivalen yang terdapat beban-beban resistif dan induktif di dalamnya sebelum dipasangnya beban kapasitif secara seri dapat dilihat pada

Gambar 2.10 dan diagram vektor rangkaian ekivalen sebelum dipasangnya beban yang bersifat kapasitif dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.10 Rangkaian Ekivalen Sebelum Dipasang Kapasitor
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Dimana dalam Gambar 2.10 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

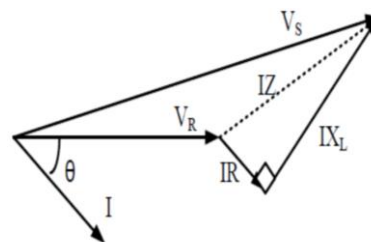
V_r : Tegangan terukur (Volt)

I : Arus (Ampere)

R : Hambatan resistif murni (Ohm)

jX_L : Hambatan reaktansi induktif (Ohm)

Z : Hambatan total (Ohm)



Gambar 2.11 Diagram Vektor Sebelum Dipasang Kapasitor
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Dimana dalam Gambar 2.11 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

V_r : Tegangan terukur (Volt)

I : Arus (Ampere)

IX_L : Arus yang diakibatkan oleh reaktansi induktif (Ampere)

I_R : Arus yang diakibatkan oleh hambatan resistif murni (Ampere)

I_Z : Arus total (Ampere)

θ : Sudut fasa

Maka, dalam diagram vektor yang terlihat pada Gambar 2.11 dapat dijelaskan bahwa, vektor I adalah arus yang mengalir melalui rangkaian, dalam rangkaian RL ini, arus (I) berfungsi sebagai referensi, dan seluruh tegangan dalam rangkaian dinyatakan relatif pada terhadap arus ini. Arus ini berada pada sudut θ terhadap tegangan sumber V_s , yang merupakan sudut fasa antara tegangan dan arus dalam rangkaian.

I_R adalah tegangan yang dihasilkan oleh komponen resistif (R) dari rangkaian, dan arahnya searah dengan arus (I), karena resistansi tidak mengubah fase arus. Pada diagram, I_R ditunjukkan sebagai vektor yang searah dengan arus (I).

I_{X_L} adalah tegangan yang dihasilkan oleh komponen induktif (L) dalam rangkaian, dan arahnya tegak lurus (90°) di depan arus (I), karena induktansi menyebabkan tegangan berada di depan arus.

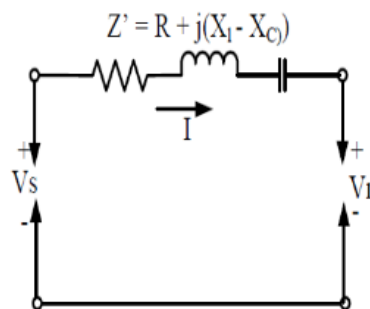
I_Z adalah tegangan total yang muncul pada impedansi total (Z) dari rangkaian RL. Z merupakan jumlah vektor dari komponen resistif (R) dan komponen induktif X_L .

Pada Diagram, V_s adalah resultan dari V_r dan I_{X_L} , yang menunjukkan bahwa tegangan V_s harus lebih besar dibandingkan dengan tegangan V_r untuk mengimbangi efek reaktif dari induktansi dalam rangkaian.

Pada diagram, V_r adalah vektor yang lebih pendek dari V_s , menunjukkan bahwa Sebagian dari tegangan sumber (V_s) hilang pada komponen Induktif.

Secara keseluruhan, diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 bahwa tegangan sumber (V_s) adalah resultan dari tegangan-tegangan yang muncul pada komponen resistif dan induktif, dan tegangan (V_s) mengalami pergeseran fasa terhadap arus (I) karena adanya induktansi.

Rangkaian ekivalen setelah dipasang beban kapasitif secara seri pada rangkaian yang terdapat beban-beban resistif dan induktif dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan diagram vektor rangkaian ekivalen setelah dipasangnya beban yang bersifat kapasitif dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.12 Rangkaian Ekivalen Setelah Dipasang Kapasitor
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Dimana dalam Gambar 2.12 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

V_r : Tegangan terukur (Volt)

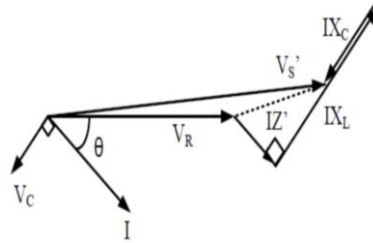
I : Arus (Ampere)

R : Hambatan resistif murni (Ohm)

X_L : Hambatan reaktansi Induktif (Ohm)

X_C : Hambatan reaktansi kapasitif (Ohm)

Z : Hambatan total (Ohm)



Gambar 2.13 Digram Vektor Setelah Dipasang Kapasitor
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Dimana dalam Gambar 2.13 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

V_r : Tegangan terukur (Volt)

V_c : Tegangan yang dipengaruhi reaktansi kapasitif (Volt)

I : Arus (Ampere)

I_{X_L} : Arus yang diakibatkan oleh reaktansi induktif (ampere)

I_{X_C} : Arus yang diakibatkan oleh reaktansi kapasitif (Ampere)

I_R : Arus yang diakibatkan oleh hambatan resistif murni (Ampere)

I_Z : Arus total (Ampere)

θ : Sudut fasa

Maka, dalam diagram vektor yang terlihat pada Gambar 2.13 dapat dijelaskan bahwa vektor I_{X_C} adalah tegangan reaktif yang dihasilkan oleh komponen kapasitif (C), yang menyebabkan tegangan tertinggal di belakang arus sebesar 90° , dalam diagram pada Gambar 2.13, I_{X_C} berada tegak lurus terhadap arus (I), tetapi arahnya ke bawah, berlawanan dengan arah I_{X_L} , karena kapasitansi menyebabkan tegangan tertinggal di belakang arus.

Dalam diagram yang ditunjukkan oleh Gambar 2.13, I_Z adalah vektor diagonal yang merupakan resultan dari I_r , I_{X_L} dan I_{X_C} .

Vektor V_c menunjukkan komponen tegangan kapasitif dalam rangkaian yang berlawanan arah dengan V_s , menunjukkan adanya pengaruh kapasitansi yang menyebabkan tegangan tertinggal.

Interpretasi pergeseran fasa yang terjadi pada Gambar 2.13, sudut θ antara tegangan sumber (V_s) dan arus (I) menunjukkan pergeseran fasa dalam rangkaian ini, yang merupakan akibat dari gabungan efek induktif dan kapasitif. Pergeseran fasa bergantung pada perbandingan antara reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif. Jika X_L lebih besar dari X_c , maka rangkaian lebih bersifat induktif dan tegangan mendahului arus, sebaliknya jika X_c lebih besar dari X_L , maka rangkaian lebih bersifat kapasitif dan arus mendahului tegangan.

Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan bagaimana tegangan dan arus dalam rangkaian RLC saling berinteraksi, dengan efek pergeseran fasa yang disebabkan oleh komponen induktif dan kapasitif.

Pada rangkaian sebelum dipasang kapasitor. Jatuh tegangan pada penyulang tersebut dapat dinyatakan secara pendekatan sebagai berikut:

$$VD = IR \cos\phi + IX_L \sin\phi \dots\dots\dots (2.21)$$

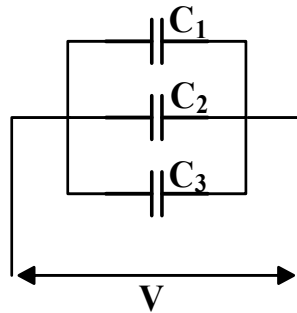
Hasil jatuh tegangan akibat dipasangnya kapasitor seri dapat dihitung sebagai berikut.

$$VD = IR \cos\phi + (X_L - X_c)\sin\phi \dots\dots\dots (2.22)$$

2.6.2 Kapasitor Shunt (Pararel)

Kapasitor shunt adalah suatu kapasitor yang terhubung paralel dengan jala-jala listrik, rangkaian kapasitor shunt dapat dilihat pada Gambar 2.14. Fungsi dari kapasitor shunt ini adalah untuk memberikan daya reaktif yang diperlukan oleh beban-beban induktif seperti motor induksi dan lain-lain. Dengan pemberian daya

reaktif oleh kapasitor shunt maka faktor daya dari beban induktif tersebut akan meningkat. Umumnya beban listrik itu bersifat induktif, sehingga arus yang ditariknya terbelakang terhadap tegangan, maka faktor dayanya akan mengecil.



Gambar 2.14 Rangkaian Kapasitor Hubungan Paralel
(Sumber: Maswar Mubahidy Ritonga, 2019)

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 \dots\dots\dots (2.23)$$

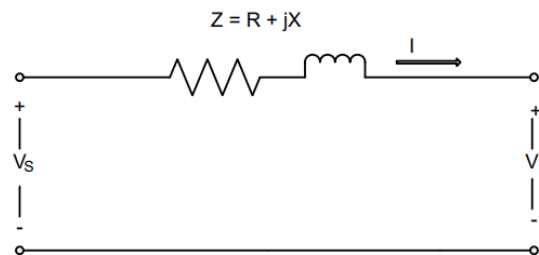
2.6.2.1 Pengaruh Kompensasi Beban Induktif Pada Rangkaian Paralel

Kompensasi beban induktif dilakukan guna meningkatkan kualitas daya, salah satunya adalah kerugian daya seminimal mungkin. Dalam hal ini, aliran daya reaktif dapat dikontrol dengan cara memasang peralatan kompensasi paralel pada bus beban untuk menjaga keseimbangan yang tepat antara daya reaktif yang dihasilkan dan daya reaktif yang digunakan. Cara ini dapat dikatakan efektif dalam meningkatkan stabilitas tegangan (Shafira, A. N., 2016).

Kapasitor akan terhubung paralel pada jaringan dengan tujuan untuk mengurangi kerugian daya pada jaringan transmisi. Gambar menunjukkan bahwa dengan menggunakan kapasitor, maka arus reaktif yang mengalir pada saluran transmisi dapat berkurang sehingga kerugian daya dapat diminimalisir.

Rangkaian ekivalen yang terdapat beban-beban resistif dan induktif didalamnya sebelum dipasangnya beban kapasitif secara paralel dapat dilihat pada

Gambar 2.15 dan diagram vektor rangkaian ekivalen sebelum dipasangnya beban yang bersifat kapasitif dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.15 Rangkain Ekivalen Sebelum Dipasang Kapasitor
(Sumber: Andita Noor Shafira, 2016)

Dimana dalam gambar 2.15 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

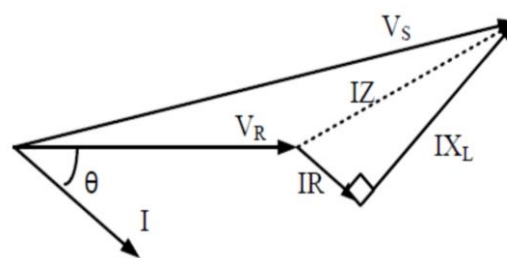
V_r : Tegangan terukur (Volt)

I : Arus (Ampere)

R : Hambatan resistif murni (Ohm)

jX : Hambatan reaktansi induktif (Ohm)

Z : Hambatan total (Ohm)



Gambar 2.16 Diagram Vektor Sebelum dipasang Kapasitor
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Dimana dalam gambar 2.16 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

V_r : Tegangan terukur (Volt)

I : Arus (Ampere)

$I X_L$: Arus yang diakibatkan oleh reaktansi induktif (Ampere)

I_R : Arus yang diakibatkan oleh hambatan resistif murni (Ampere)

I_Z : Arus total (Ampere)

θ : Sudut fasa

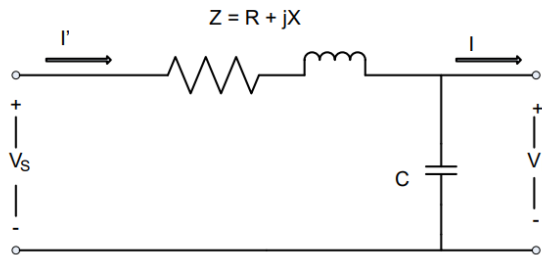
Maka, dalam diagram vektor yang terlihat pada Gambar 2.16 dapat dijelaskan bahwa vektor I adalah arus yang mengalir melalui rangkaian, dalam rangkaian RL ini, arus (I) berfungsi sebagai referensi, dan seluruh tegangan dalam rangkaian dinyatakan relatif pada terhadap arus ini. Arus ini berada pada sudut θ terhadap tegangan sumber V_s , yang merupakan sudut fasa antara tegangan dan arus dalam rangkaian.

I_R adalah tegangan yang dihasilkan oleh komponen resistif (R) dari rangkaian, dan arahnya searah dengan arus (I), karena resistansi tidak mengubah fase arus. Pada diagram, I_R ditunjukkan sebagai vektor yang searah dengan arus (I). I_{X_L} adalah tegangan yang dihasilkan oleh komponen induktif (L) dalam rangkaian, dan arahnya tegak lurus (90°) di depan arus (I), karena induktansi menyebabkan tegangan berada di depan arus.

I_Z adalah tegangan total yang muncul pada impedansi total (Z) dari rangkaian RL. Z merupakan jumlah vektor dari komponen resistif (R) dan komponen induktif X_L . Pada diagram, V_s adalah resultan dari V_r dan I_{X_L} , yang menunjukkan bahwa tegangan V_s harus lebih besar dibandingkan dengan tegangan V_r untuk mengimbangi efek reaktif dari induktansi dalam rangkaian.

Pada diagram, V_r adalah vektor yang lebih pendek dari V_s , menunjukkan bahwa sebagian dari tegangan sumber (V_s) hilang pada komponen induktif. Secara keseluruhan, diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 bahwa tegangan sumber (V_s) adalah resultan dari tegangan-tegangan yang muncul pada komponen resistif

dan induktif, dan tegangan (V_s) mengalami pergeseran fasa terhadap arus (I) karena adanya induktansi.



Gambar 2.17 Rangkaian Ekivalen Setelah dipasang Kapasitor
(Sumber: Andita Noor Shafira, 2016)

Dimana dalam Gambar 2.17 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

V_L : Tegangan terukur (Volt)

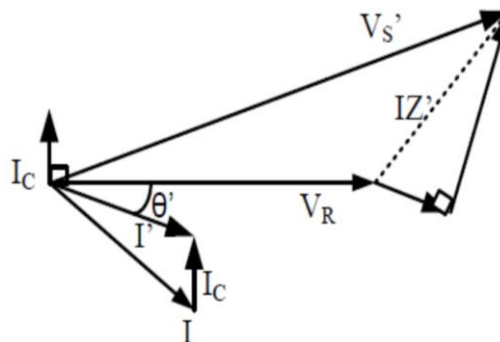
I : Arus (Ampere)

R : Hambatan resistif murni (Ohm)

X_L : Hambatan reaktansi Induktif (Ohm)

X_C : Hambatan reaktansi kapasitif (Ohm)

Z : Hambatan total (Ohm)



Gambar 2.18 Diagram Vektor Setelah Dipasang Kapasitor
(Sumber: Muhammad Ilham, 2017)

Dimana dalam gambar 2.18 dapat diartikan sebagai berikut.

V_s : Tegangan sumber (Volt)

V_r : Tegangan terukur (Volt)

I : Arus (Ampere)

I_L : Arus yang diakibatkan oleh reaktansi induktif (Ampere)

I_C : Arus yang diakibatkan oleh reaktansi kapasitif (Ampere)

I_R : Arus yang diakibatkan oleh hambatan resistif murni (Ampere)

I_Z : Arus total (Ampere)

θ : Sudut fasa

Maka, dalam diagram vektor yang terlihat pada Gambar 2.18 dapat dijelaskan bahwa V_s menunjukkan tegangan sumber dalam rangkaian paralel, yang konstan untuk setiap komponen karena sifat hubungan paralel, tegangan V_s menjadi acuan fasa diagram ini, dan oleh karena itu seluruh komponen arus diukur relatif terhadap tegangan V_s .

Vektor I adalah arus total dalam rangkaian, yang merupakan jumlah vektor dari arus yang melewati setiap komponen, pada diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2.17, arus total I tidak berada dalam fasa yang sama dengan tegangan sumber V_s , karena adanya komponen induktif dan kapasitif yang menyebabkan arus pada masing-masing komponen mengalami pergeseran fasa.

Sudut θ adalah sudut fasa antara arus total dan tegangan sumber yang menunjukkan bahwa arus total dalam rangkaian ini mengalami pergeseran fasa tertentu terhadap tegangan sumber. Secara keseluruhan Perbedaan pada rangkaian seri dan paralel adalah, pada rangkaian seri, tegangan pada setiap komponen berbeda-beda, namun arus yang melewati setiap komponen adalah sama, tegangan total V_s , adalah jumlah dari tegangan pada komponen resistif, induktif dan kapasitif, Pergeseran fasa terjadi antara tegangan total V_s dan arus I , bergantung pada perbandingan antara resistansi, induktansi, dan kapasitansi. Sedangkan pada

rangkaian paralel, tegangan pada setiap komponen adalah sama, namun arus yang mengalir pada setiap komponen berbeda dan membentuk sudut fasa yang berbeda, arus total I adalah jumlah dari arus pada komponen resistif, induktif dan kapasitif, pergeseran fasa terjadi antara tegangan sumber V_s dan arus total I , yang ditentukan oleh interaksi antara arus pada komponen induktif dan komponen kapasitif.

Sebelum kapasitor shunt dipasang pada ujung saluran, jatuh tegangan pada penyulang tersebut dapat dihitung:

$$VD = IR \cos\phi + IX_L \sin\phi \dots\dots\dots(2.24)$$

$$VD = (I \cos\phi)R + (I \sin\phi)X_L \dots\dots\dots(2.25)$$

$$VD = I_R R + I_X X_L \dots\dots\dots(2.26)$$

Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, secara pendekatan jatuh tegangan akan menjadi:

$$VD = I_R R + I_X X_L - I_C X_L \dots\dots\dots(2.27)$$

Perubahan jatuh tegangan sebelum dan sesudah dipasangnya kapasitor shunt dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$VD = I_C X_L \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana pada Persamaan 2.14 hingga 2.18 yang dimaksud sebagai berikut.

VD = Drop tegangan atau tegangan jatuh (Volt)

I = Arus (Ampere)

I = Arus induktif (Ampere)

I_C = Arus kapasitif (Ampere)

R = Hambatan resistansi (Ohm)

ϕ = Sudut fasa

X_L = Reaktansi induktif (Ohm)

Dalam prakteknya tegangan kerja tidak benar-benar tepat dengan tegangan ratingnya walaupun masih dalam batas-batas yang diperbolehkan, sehingga daya reaktifnya sebenarnya yang dikeluarkan oleh kapasitor adalah:

$$C_{sebenarnya} = C_{rating} \left\{ \frac{Tegangan Operasi}{Tegangan Rating} \right\}^2 \dots\dots\dots (2.29)$$

Output kapasitor juga berbanding langsung dengan frekuensi tegangan yang diberikan, sehingga:

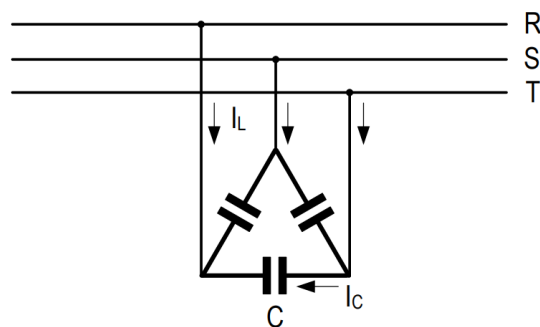
$$C_{sebenarnya} = C_{rating} \left[\frac{Frekuensi Operasi}{Frekuensi Rating} \right] \dots\dots\dots (2.30)$$

2.7 Sistem Pemasangan Kapasitor

Umumnya ada 2 (dua) cara sistem pemasangan kapasitor shunt pada sistem kelistrikan sebagai berikut (Azizul Hakim, 2020).

1. Sistem Delta

Sambungan delta kapasitor bank hanya digunakan pada tegangan rendah. Dikarenakan sambungan delta menjadi satu grup, keuntungannya *overvoltage* pada unit kapasitor tidak akan terjadi akibat ketidakseimbangan tegangan (Andrean Yudha Prasetya, 2017). Konfigurasi hubung delta dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Kapasitor Hubungan Delta
(Sumber: Azizul Hakim, 2020)

$$Q_C = \sqrt{3} \times I_L \times V_{L-L} (\text{VAR}) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$I_L = \frac{Q_C}{\sqrt{3} \times V_{L-L}} \text{ (A)} \dots\dots\dots (2.32)$$

Arus kapasitif:

$$I_C = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \text{ (A)} \dots\dots\dots (2.33)$$

Reaktansi pada kapasitor:

$$X_C = \frac{V_{L-L}}{I_C} \text{ (}\Omega\text{)} \dots\dots\dots (2.34)$$

Sehingga kapasitansi tiap unit kapasitor yang terhubung delta adalah:

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times X_C} \text{ (Farad)} \dots\dots\dots (2.35)$$

Pada Persamaan 2.31 hingga 2.35 dapat diartikan sebagai berikut.

Q_C : Daya reaktif (VAR)

I_L : Arus yang mengalir pada beban induktor (Ampere)

V_{L-L} : Tegangan terukur (Volt)

I_C : Arus yang mengalir pada beban kapasitor (Ampere)

C : Kapasitansi (Farad)

X_C : Reaktansi kapasitif (Ohm)

f : Frekuensi (Hertz)

Kelebihan pemasangan kapasitor dengan sistem delta adalah sebagai berikut.

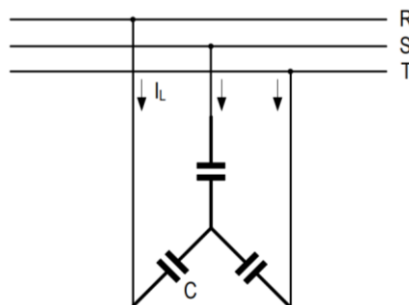
- a. Efisiensi yang tinggi: sistem delta menghasilkan arus netral yang relatif rendah, sehingga mengurangi hilangnya daya pada penghantar netral. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.
- b. Desain yang sederhana: sistem delta pada umumnya memiliki desain yang lebih sederhana dibandingkan dengan sistem wye. Hal ini dapat mengurangi biaya instalasi dan pemeliharaan.

Kekurangan pemasangan kapasitor dengan sistem delta adalah sebagai berikut.

- a. Tegangan fasa-netral yang tinggi: sistem delta menghasilkan tegangan fasa-netral yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem wye. Hal ini dapat membutuhkan kapasitor dengan rating tegangan yang lebih tinggi dan memerlukan perhatian lebih dalam hal isolasi dan keamanan.
- b. Kesulitan pemeliharaan: pada sistem delta, kapasitor bank terhubung langsung antara fase-fase sistem. Hal ini dapat menyulitkan pengujian, pemeliharaan, dan penggantian kapasitor secara individu.

2. Sistem Wye

Berbeda dengan sistem delta sistem wye atau *star* membutuhkan netral untuk titik pertemuan antara ketiga fasa tersebut, konfigurasi star dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Kapasitor Hubungan Wye
(Sumber: Azizul Hakim, 2020)

$$Q_C = \sqrt{3} \times I_C \times V_{L-N} (\text{VAR}) \dots\dots\dots (2.36)$$

$$V_{L-N} = \frac{V_{L-N}}{\sqrt{3}} (A) \dots\dots\dots (2.37)$$

Arus kapasitif:

$$I_C = I_L (A) \dots\dots\dots (2.38)$$

Reaktansi dari kapasitor:

$$X_C = \frac{V_{L-N}}{I_C} (\Omega) \dots\dots\dots (2.39)$$

Sehingga kapasitansi tiap unit kapasitor yang terhubung wye adalah:

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times X_C} (\text{Farad}) \dots\dots\dots (2.40)$$

Pada Persamaan 2.36 hingga 2.40 dapat diartikan sebagai:

Q_c : Daya reaktif (VAR)

I_L : Arus yang mengalir pada beban induktor (Ampere)

V_{L-N} : Tegangan terukur (Volt)

I_C : Arus yang mengalir pada beban kapasitor (Ampere)

C : Kapasitansi (Farad)

X_C : Reaktansi kapasitif (Ohm)

f : Frekuensi (Hertz)

Kelebihan pemasangan kapasitor dengan sistem wye adalah sebagai berikut.

- a. Tegangan fase-netral yang rendah: sistem wye menghasilkan tegangan fase-netral yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem delta. Hal ini dapat mengurangi resiko tegangan berlebih pada kapasitor bank dan memudahkan pengoperasian dan pemeliharaan.
- b. Pemeliharaan yang mudah: pada sistem wye, setiap kapasitor dapat dipasang secara terpisah pada garis netral. Hal ini dapat memungkinkan pengujian, pemeliharaan, dan penggantian kapasitor secara individu tanpa mempengaruhi operasi keseluruhan sistem.
- c. Perawatan yang mudah: ketika kapasitor bank dihubungkan dalam konfigurasi wye, kapasitor bank dapat dipasang secara terpisah pada garis netral. Hal ini dapat memudahkan pengukuran, penggantian dan

perawatan kapasitor yang rusak tanpa mempengaruhi operasi sistem secara keseluruhan.

Kekurangan pemasangan kapasitor dengan sistem wye adalah sebagai berikut.

- a. Arus netral yang tinggi: sistem wye memiliki arus netral yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem delta. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan beban pada penghantar netral dan mempengaruhi desain dan ukuran sistem penghantar.
- b. Efisiensi yang rendah: sistem wye menghasilkan arus netral yang tinggi, yang mengakibatkan hilangnya daya pada penghantar netral. Hal ini dapat mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan.

2.7.1 Metode Kompensasi

Metode perbaikan faktor daya dengan kapasitor bank disebut juga metode kompensasi yaitu menambah daya reaktif ke jaringan. Ada 2 (dua) metode kompensasi yang digunakan yaitu metode kompensasi tetap dan metode kompensasi otomatis (Maswar Mujahidy Ritonga, 2019).

2.7.1.1 Kompensasi Tetap

Kompensasi jenis ini biasanya digunakan pada beban yang relatif konstan. Kapasitor dipasangkan langsung pada pangkal motor atau transformator yang selalu bekerja tanpa memerlukan panel. Untuk kontrol pada pemasangan kapasitor seperti ini dapat menggunakan:

1. Sistem manual: dengan pemutus daya atau *load break switch*.
2. Sistem semi-otomatis: dengan kontaktor.
3. Koneksi langsung pada pangkal beban.

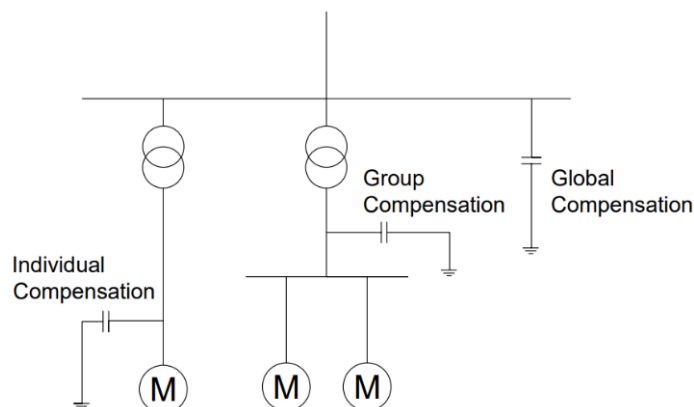
Keadaan lain penggunaan kompensasi tetap ini adalah jika perbandingan daya reaktif yang diperlukan (Q_c) dengan daya trafo (S_n) lebih kecil dari 15%.

2.7.1.2 Kompensasi Otomatis

Jika perbandingan daya reaktif yang diperlukan (Q_c) dengan daya trafo (S_n) melebihi 15%, sebaiknya dipasang kompensasi otomatis. Juga jika perubahan beban agak besar, padahal faktor daya diinginkan selalu berada pada nilai tertentu. hal ini dapat dilakukan dengan pemasangan regulator. Metode kompensasi otomatis yang dapat digunakan dalam memperbaiki faktor daya adalah *proportional* (P) Fungsi ini memberikan respons terhadap kesalahan antara faktor daya yang diinginkan dan faktor daya yang diukur. Semakin besar kesalahan, semakin besar responnya.

2.8 Metode Penempatan Kapasitor

Cara pemasangan instalasi kapasitor bank dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu: *global compensation*, *individual compensation*, dan *group compensation*. Pemasangan instalasi kapasitor bank dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Metode Lokasi Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank
(Sumber: Azizul Hakim, 2020)

1. *Global Compensation*

Dengan metode ini kapasitor bank dipasang pada induk panel MDP (*Main Distribution Panel*) dan arus yang turun dari pemasangan model ini hanya pada penghantar antara panel MDP dan transformator (Syawal, 2015).

2. *Group Compensation*

Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang di panel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang cukup besar sampai ribuan kVA dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan (Prasetya, A. Y., 2017).

3. *Individual Compensation*

Kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar, cara ini lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun kekurangannya adalah harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut (Suheta, 2012).

2.9 Peralatan yang Digunakan Dalam Pemasangan Kapasitor Bank

1. Kontaktor Magnet



Gambar 2.22 Kontaktor Magnet
(Sumber: Nur Indrihastuti, 2021)

Magnetic Contactor yaitu peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor yang terlihat pada Gambar 2.22 terdapat sebuah belitan yang mana bila dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya, yang akan membuat kontak nya tertarik oleh gaya magnet yang timbul tadi. Kontak bantu NO (*Normally Open*) akan menutup dan kontak Bantu NC (*Normally Close*) akan membuka. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak Bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak Bantu digunakan untuk rangkaian kontrol. Didalam suatu kontaktor elektromagnetik terdapat kumparan utama yang terdapat pada inti besi. Kumparan hubung singkat berfungsi sebagai peredam getaran saat kedua inti besi saling melekat. Apabila kumparan utama dialiri arus, maka akan timbul medan magnet pada inti besi yang akan menarik inti besi dari kumparan hubung singkat yang dikopel dengan kontak utama dan kontak Bantu dari kontaktor tersebut. Hal ini akan mengakibatkan kontak utama dan kontak bantunya akan bergerak dari posisi normal dimana kontak NO akan tertutup sedangkan NC akan terbuka. Selama kumparan utama kontaktor tersebut masih dialiri arus, maka kontak-kontaknya akan tetap pada posisi operasinya. Apabila pada kumparan kontaktor diberi tegangan yang terlalu tinggi maka akan menyebabkan berkurangnya umur atau merusak kumparan kontaktor tersebut. Tetapi jika tegangan yang diberikan terlalu rendah maka akan menimbulkan tekanan antara kontak-kontak dari kontaktor menjadi berkurang. Hal ini menimbulkan bunga api pada permukaannya serta dapat merusak kontak-kontaknya.

Besarnya toleransi tegangan untuk kumparan kontaktor adalah berkisar 85% – 110% dari tegangan kerja kontaktor (Indrihastuti, N., 2021).

2. Pengaman

Fungsi dari peralatan pengaman pada umumnya adalah sebagai berikut (Agung Budi Santoso, 2008).

- a. Mengamankan hantaran, peralatan listrik dan motor-motor listrik terhadap gangguan beban lebih.
- b. Sebagai pengaman terhadap hubung singkat antar fasa dengan netral dan hubung singkat yang terjadi pada motor itu sendiri.
- c. Sebagai pengaman terhadap hubung singkat dengan rangkaian mesin atau peralatan listrik.

Peralatan pengaman yang dapat digunakan seperti pengaman lebur yang ditunjukkan pada Gambar 2.23, MCB (*Miniature Circuit Breaker*), dan MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.24.



Gambar 2.23 Pengaman Lebur
(Sumber: Agung Budi Santoso, 2008)

3. Alat Pengukur

- a. Lampu Tanda

Lampu tanda/indikator digunakan pada peralatan untuk menandai bekerja atau tidaknya suatu peralatan/rangkaian, sehingga dapat mudah dipahami operator (Santoso, A. B., 2008).

b. Alat Ukur Cos Phi

Cos phi meter adalah suatu alat ukur untuk mengukur besarnya faktor daya dari aliran tukar. Adapun prinsip kerja dari instrumen ini berdasarkan pada prinsip *dynamometer*, dengan spring kontrolnya dihilangkan (Santoso, A. B., 2008).

c. Tranformator Arus (CT/ *Current Transformer*)

Transformator arus merupakan peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik di sisi primer (TET, TT, dan TM) yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi (Rianti, 2020). Transformator arus dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.24 Transformator Arus
(Sumber: Rianti, 2020)

d. Kapasitor

Kapasitor yang terlihat pada Gambar 2.26, terbuat dari dua plat penghantar yang mempunyai luas penampang (A), berjarak (d) satu sama

lain, mempunyai kapasitansi $C = \epsilon A/d$ dimana ϵ adalah permitivitas yang merupakan sebuah konstanta dari bahan isolasi di antara kedua plat, sedangkan nilai $\epsilon = k.\epsilon_0$ dimana k adalah tegangan dielektrik dan ϵ adalah permitivitas ruang hampa, banyaknya muatan yang diterima kapasitor untuk setiap volt potensial yang dikenakan disebut kapasitansi dari kapasitor. Dalam rangkaian kapasitor bank nantinya akan dihubungkan secara delta karena dibanding hubung bintang kapasitor yang terhubung delta hanya akan membutuhkan kapasitansi tiga kali lebih kecil. Sehingga bisa menghemat biaya perakitan bank kapasitor (Agung Budi Santoso, 2008).



Gambar 2.25 *Power Capacitors*
(Sumber: Agung Budi Santoso, 2008)

e. *Power Factor Regulator*

Regulator digunakan sebagai pengatur pada kompensasi otomatis kapasitor bank. *Power factor regulator* mempunyai 4 (empat) fungsi berbeda yaitu sebagai berikut (Santoso, A. B., 2008).

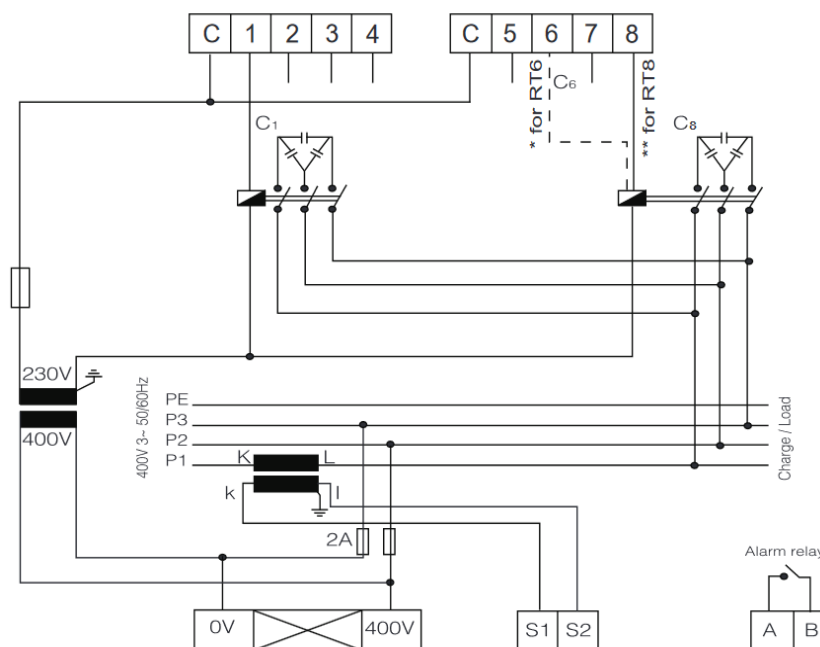
- Untuk mengatur daya reaktif yang dikehendaki dan mengendalikan perpindahan (*in* dan *out*) dari kapasitor *step* sesuai dengan faktor daya yang diinginkan.
- Memutuskan hubungan saat tegangan nol.

- *Insensibility* terhadap harmonik.
- Memberi tanda terhadap perpindahan *step*.

Regulator yang digunakan sebagai pengatur pada kompensasi otomatis dapat dilihat pada Gambar 2.27, dan *wiring* diagram regulator tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.28.



Gambar 2.26 *Power Factor Regulator*
(Sumber: Schneider *Electric* Indonesia)



Gambar 2.27 Pengatur Daya Reaktif Otomatis
(Sumber: Schneider *Electric* Indonesia)

2.10 Pemeliharaan Kapasitor Bank

Untuk perawatan kapasitor bank terdapat pedoman pemeliharaannya sebagai berikut (Buku Pedoman Pemeliharaan Kapasitor, Jakarta, 2014).

1. *In service inspection*, kegiatan pengamatan secara visual pada bagian-bagian peralatan terhadap adanya anomali yang berpotensi menurunkan unjuk kerja peralatan atau merusak sebagian/keseluruhan peralatan.
2. *In service measurement*, kegiatan pengukuran yang dilakukan pada saat kapasitor sedang dalam keadaan bertegangan/operasi.
3. *Shutdown testing/measurement*, kegiatan pengujian/pengukuran yang dilakukan pada saat kapasitor dalam keadaan tidak beroperasi.

Shutdown treatment merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki anomali yang ditemukan pada saat *in service inspection/measurement* atau menindaklanjuti hasil *shutdown testing/measurement*.

2.11 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
Narsya Rizky Yuliansyah, Fendi Achmad, Subuh Isnur Haryudo, dan Unit Three Kartini. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya	Analisis Perbaikan Rugi Daya Melalui Pemasangan Kapasitor Bank dengan Metode Newton Raphson Simulasi <i>Software</i> Etap 12.6.0 Di CV Praya Karya Lingkar Timur Sidoarjo	Membuktikan apakah pemasangan kapasitor bank di CV Praya Karya dapat memberikan hasil yang diinginkan dan sesuai dengan SPLN No. 72 Tahun 1987	Analisis hasil simulasi, Newton Raphson	Hasil yang didapat sebelum pemasangan kapasitor bank dari simulasi memiliki parameter rugi daya aktif yang bernilai 28,3 kW serta total dari rugi daya reaktif bernilai 72,6 kVAR. Dan nilai yang diperoleh setelah pemasangan kapasitor bank memiliki parameter rugi daya aktif sejumlah 24,9 kW serta rugi daya reaktif sejumlah 63,7

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
				kVAR. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemasangan kapasitor bank dapat memperbaiki rugi daya sesuai dengan SPLN No. 72 Tahun 1987 pada CV Praya Karya
Sulistyowati, Muhammad Fahmi Hakima, Ikfi Asmaul Khusnaa, dan Heri Sungkowna. Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema	Analisis Perencanaan <i>Capacitor</i> Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Pusat Perbelanjaan Blitar Square	Pusat perbelanjaan Blitar Square Mall terdapat nilai faktor daya $< 0,85$ atau dibawah standar yang telah ditetapkan oleh PT PLN dengan rata-rata $0,6 - 0,7$. Faktor daya yang rendah menyebabkan pusat perbelanjaan ini harus membayar penalti berupa pemakaian daya reaktif	Analisis hasil simulasi	Hasil simulasi perbaikan faktor daya dengan menggunakan aplikasi ETAP bahwa pada global compensation didapatkan hasil setelah perbaikan faktor daya dengan pemasangan <i>capacitor</i> bank yaitu nilai rata-rata faktor daya menjadi 0,978 dari semula nilai

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
				rata-rata faktor daya 0,711
Siti Jamilah, Ifkar Usrah, dan Abdul Chobir. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi	Analisis Pengaruh Perubahan Faktor Daya dari <i>Lagging</i> Menjadi <i>Leading</i> di Fave Hotel Tasikmalaya	Berdasarkan hasil penelitian, beban listrik terpasang di dominasi dengan beban induktif. Dampak dari faktor daya <i>leading</i> ini sama dengan faktor daya <i>lagging</i> . Ketika faktor dayanya rendah maka menyebabkan arus listrik menjadi besar. Selain itu besar penggunaan daya aktif juga mempengaruhi nilai arus. Kemudian kapasitas kapasitor bank yang terpasang terlalu besar yaitu 300 kVAr sedangkan	Analisi hasil pengujian	Dari hasil identifikasi beban listrik, beban listrik yang terpasang di Fave Hotel Tasikmalaya di dominasi dengan beban listrik yang bersifat induktif. Kemudian dari data pemakaian kapasitor bank terlihat bahwa kontrol panel kapasitor bank (<i>power factor controller</i>) tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan perubahan faktor daya menjadi <i>leading</i> . Untuk

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
		hasil perhitungan sebesar 55 kVar		memperbaiki faktor daya <i>leading</i> menjadi <i>lagging</i> diperlukan perhitungan ulang kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan serta pemeliharaan secara rutin dan teratur untuk menjaga kapasitor bank tetap dalam kondisi yang baik
Eggy Surya Yudha, Muhammad Haddin, dan Munaf Ismail. Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang	Simulasi Perbaikan <i>Drop</i> Tegangan dengan Kapasitor Bank pada <i>Feeder</i> Krapyak 06 dengan Etap 12.6	Apabila beban reaktif induktif semakin tinggi maka akan berakibat memperbesarnya kebutuhan beban reaktif dan drop tegangan yang terjadi. Baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik	Analisis hasil simulasi	Dengan dilakukan metode perbaikan drop tegangan untuk memperbaiki nilai faktor daya dengan pemasangan kapasitor bank drop tegangan pada tegangan kerja 20 kV <i>feeder</i>

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
		terutama adalah ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada efisiensi dalam penyaluran energi listrik		Krappyak 06 menjadi semakin menurun yang dimana drop tegangan awalnya sebesar 1567 V atau 7,83% menjadi 860 V atau 4,3%
Raya Pasangkuna, Sugeng A Karim, dan Hasrul. Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar	Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya pada <i>Reefer Plug</i> di PT Pelindo IV Cabang Makassar <i>New Port</i>	Berdasarkan hasil observasi awal pada reefer plug diperoleh data faktor daya 0,72. Penurunan faktor daya akan mengakibatkan rugi-rugi daya dan arus meningkat sehingga dapat merusak sistem kelistrikan karena melebihi batas arus pada kabel penghantar	Analisis literatur	Rata-rata daya semu sebelum beban dihubungkan dengan kapasitor bank sebesar 108,7 kVA. Setelah beban dihubungkan dengan kapasitor bank rata-rata daya semu berkurang menjadi 79,3 kVA, sehingga persentase

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
				efisiensi penggunaan kapasitor bank sebesar 27,04 %
Amiq Uli Ulya. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang	Analisis dan Simulasi Pengaruh Pemasangan <i>Capasitor</i> Bank untuk Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Simulink pada Sistem Tenaga Listrik di PT Bogowonto Primalaras	Bertambahnya beban yang bersifat induktif membutuhkan daya reaktif yang besar sehingga sumber (pembangkit listrik) harus mensuplai daya yang lebih besar. Keadaan seperti ini dapat menyebabkan jatuh tegangan, arus pada jaringan bertambah dan faktor daya rendah pada daerah dekat beban	Analisis hasil simulasi	Dengan pemasangan capasitor bank pada sistem tenaga listrik di PT Bogowonto Primalaras dapat menurunkan nilai daya reaktif, sehingga hal ini sangat berpengaruh terhadap perlengkapan listrik baik ukuran kabel, pengaman listrik, peralatan listrik dan tentunya tagihan listrik
Andrean Yudha Prasetya, Mohammad Noor Hidayat, dan Ferdian	Optimasi Pemilihan, Penempatan, dan Perencanaan Pemasangan	Sebagian besar beban pada pabrik Petro Jordan Abadi bersifat induktif, artinya	Pengujian dan analisis hasil simulasi	Setelah dilakukannya perhitungan untuk mengatasi <i>penalty</i>

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
Ronilaya. Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema	Kapasitor Bank pada Sistem Tenaga Listrik di Unit SA, PA & GG Pabrik Petro Jordan Abadi	beban jenis ini membutuhkan daya yang terdiri atas daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR). Umumnya kebutuhan daya reaktif pada beban induktif relatif besar, hal ini menyebabkan faktor daya beban jenis ini relatif rendah		KVAR-H PLN, dapat disimpulkan perlunya penambahan <i>capasitor bank</i> di sisi 6 KV minimum sebesar 750 kVAR untuk terbebas dari biaya <i>penalty</i> . Tetapi terlepas dari itu, suatu pabrik pasti ingin memiliki PF yang mendekati 1. Jadi, dapat disimpulkan dan ditentukan PF dari pabrik Petro Jordan Abadi harus $> 0,92$
Khadafi Alland dan Efrita Arfah Z. Teknik Elektro,	Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya	Permasalahan pada <i>line mess</i> I PT Bumi Lamongan Sejati (WBL) adalah	Pengujian dan analisis hasil simulasi	Perbaikan faktor daya pada Mess I di PT Bumi Lamongan Sejati (WBL)

Identitas Penulisan	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
Fakultas Teknologi Industri, ITATS	Pada Line Mess I Di PT Bumi Lamongan Sejati (Wbl)	terdapat banyak beban-beban induktif yang muncul akibat banyaknya macam beban yang terpasang pada <i>line</i> ini, seperti beberapa alat permainan dan wahana yang berbeda-beda, keadaan tersebut membuat faktor dayanya menjadi rendah dan menurunnya tegangan pada daerah dekat beban sehingga <i>trip</i> tidak dapat dihindarkan pada <i>line</i> ini		dengan cara menambahkan kapasitor bank pada setiap stasiun, mampu meningkatkan $\cos \phi$ menjadi 0,99 <i>lagging</i> dengan kebutuhan kapasitas kapasitor banknya sebesar 219, 858 KVAR