

# **PERANCANGAN PENGATURAN OTOMATISASI PADA KAPASITOR BANK**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana**

**Oleh :**

**RUDY SANTOSO  
08.812.0016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2012**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

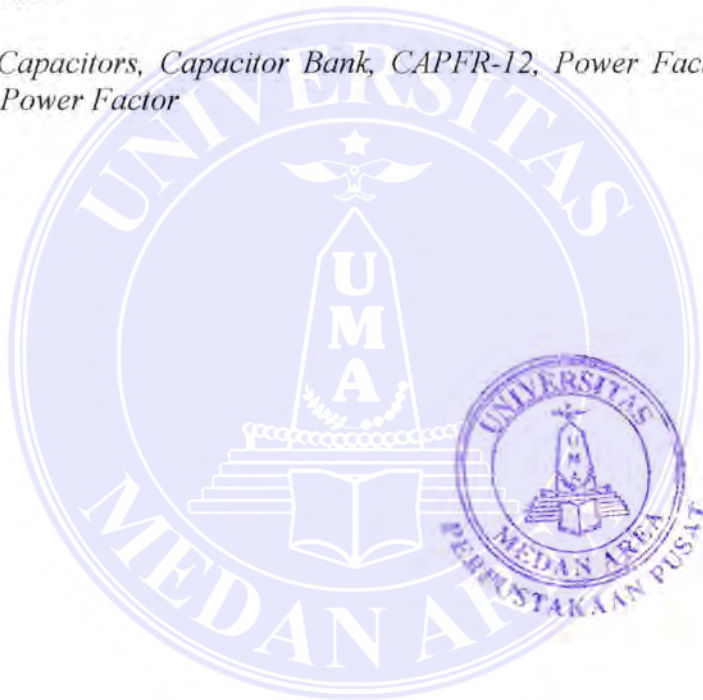
## ABSTRACT

*Automation tools for setting the capacitor bank is designed with the aim mainly to reduce the losses that occur in the electricity industry and serves to maximize the use of electricity in industry. It aims to streamline costs in terms of power usage so that it can be used for something else more useful.*

*Test automation tool settings is done at the Laboratory of Electrical Engineering University of Medan Area. The measuring instrument used for this test are Wattmeter, Voltmeter, Amperemeter and Cosphi-meter.*

*Overall, automation settings on the capacitor bank can be shown to work well with can add and subtract and determine the number of capacitors used step load power needs.*

*Keywords : Capacitors, Capacitor Bank, CAPFR-12, Power Factor Regulator, Power Factor*



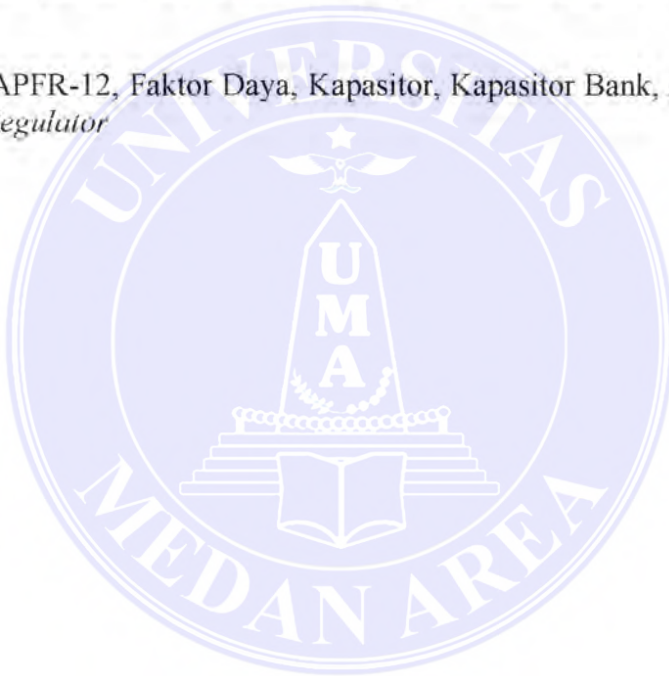
## RINGKASAN

Alat pengaturan otomatisasi untuk kapasitor bank dirancang dengan tujuan terutama untuk mengurangi kerugian pemakaian listrik yang terjadi pada industri dan berfungsi untuk memaksimalkan pemakaian listrik pada industri. Hal ini bertujuan untuk mengefisiensikan biaya dalam hal penggunaan daya sehingga dapat dipergunakan untuk hal yang lain yang lebih bermanfaat.

Pengujian alat pengaturan otomatisasi ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Medan Area. Adapun alat ukur yang digunakan untuk pengujian ini adalah Wattmeter, Voltmeter, Amperemeter dan Cosphi-meter.

Secara keseluruhan, pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank ini dapat bekerja dengan baik yang ditunjukkan dengan dapat menambah dan mengurangi serta menentukan jumlah step kapasitor yang dipakai sesuai kebutuhan daya beban.

Kata Kunci : CAPFR-12, Faktor Daya, Kapasitor, Kapasitor Bank, *Power Factor Regulator*



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Umum .....	1
1.2. Latar Belakang .....	1
1.3. Maksud dan Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metoda Pengkondisian dan Pengaturan Alat .....	3
1.6. Sistematika Pembahasan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Pengertian Pengaturan Otomatisasi pada Kapasitor Bank ...	6
2.2. <i>Power Factor Regulator</i> (PFR) .....	6
2.3. Relai .....	7
2.4. Kapasitor .....	9
2.4.1. Kapasitor yang Dihubungkan Seri .....	10
2.4.2. Kapasitor yang Dihubungkan Paralel .....	11

2.5. Segitiga Daya .....	12
2.5.1. Daya Semu .....	13
2.5.2. Daya Aktif .....	13
2.5.3. Daya Reaktif .....	13
2.6. Faktor Daya .....	15
2.6.1. Azas-azas Faktor Daya .....	15
2.6.2. Arus Aktif dan Arus Reaktif .....	16
2.6.3. Pengertian Faktor Daya .....	17
2.6.4. Pengaruh Faktor Daya .....	18
2.6.5. Penyebab Rendahnya Faktor Daya .....	19
2.6.6. Kerugian Akibat Rendahnya Faktor Daya .....	19
2.7. Perbaikan Faktor Daya .....	21
2.7.1. Metode-metode Perbaikan Faktor Daya .....	21
2.7.2. Keuntungan-keuntungan Perbaikan Faktor Daya .....	22
2.7.3. Penggunaan Kapasitor dalam Perbaikan Faktor Daya .....	24
2.7.4. Perbandingan Pemasangan Kapasitor Paralel dan Kapasitor Seri .....	26
2.8. Tinjauan Penunjang .....	27

**BAB III    PENGKONDISIAN DAN PENGATURAN ALAT ..... 28**

3.1. Konfigurasi Sistem .....	28
3.2. Pengkondisian Perangkat Keras .....	28
3.3. Pengaturan/Penyetingan Perangkat Lunak .....	31

3.3.2. Keterangan Program <i>Power Factor Regulator</i> CAPFR-12 .....	32
<b>BAB IV    PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA .....</b>	<b>34</b>
4.1. Pengukuran dan Pengujian .....	34
4.2. Pengumpulan Data .....	36
4.3. Analisis Data .....	36
<b>BAB V     KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>40</b>
5.1. Kesimpulan .....	40
5.2. Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>L1</b>



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Umum**

Perkembangan sistem tenaga listrik pada saat menunjukkan suatu gejala yang mengalami peningkatan, terutama yang menyangkut penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik itu sendiri. Permasalahan yang dihadapi tidaklah sesederhana yang dibayangkan, karena sering sekali timbul kesulitan-kesulitan untuk mendapatkan penyaluran daya yang efisien.

Salah satu cara untuk memperbaiki pelayanan daya listrik pada suatu industri yang besar adalah dengan mempertinggi faktor daya sistem tersebut, yang diharapkan mampu menambah efisiensi dari sistem energi listrik tersebut. Cara yang praktis memperbaiki pelayanan daya listrik tersebut adalah dengan memperbesar faktor kerja dari suatu sistem kelistrikan dengan pemakaian kapasitor.

### **1.2. Latar Belakang**

Seperti yang kita ketahui bahwa di industri banyak menggunakan motor induksi dan peralatan listrik lainnya yang bersifat induktif. Sebagai akibat salah satunya adalah faktor daya menjadi rendah. Baik buruknya kapasitas daya sistem ditentukan oleh besar kecilnya faktor daya. Semakin kecil/rendah faktor daya, menunjukkan semakin buruk sistem kelistrikan tersebut. Dan sebaliknya, semakin besar/tinggi faktor daya maka semakin baik sistem kelistrikan tersebut.

Dalam melaksanakan kegiatan kerja sesuai fungsinya, hampir semua bidang industri menggunakan jasa energi listrik. Dengan demikian, industri tersebut tidak akan terlepas dari masalah-masalah kelistrikan. Adapun masalah yang sering muncul adalah bagaimana suplai daya listrik tersebut dapat dimanfaatkan seefisien mungkin. Sebab, bila industri tersebut tidak mengefisiensikan suplai daya listrik yang dimanfaatkannya maka industri tersebut dikenakan biaya tambahan serta denda akibat dari kerugian yang diakibatkan oleh rendahnya faktor daya.

Untuk mengatasi kerugian yang diakibatkan oleh rendahnya faktor daya, diperlukan peralatan bantu yang dapat memperbaiki rendahnya faktor daya sekaligus mampu mempertahankan kestabilan faktor daya yang diinginkan walaupun terjadi perubahan pada beban. Banyak perangkat/peralatan bantu yang ada untuk memperbaiki faktor daya, salah satunya adalah CAPFR-12. Selain dapat memperbaiki faktor daya, alat ini juga dapat mempertahankan kestabilan faktor daya yang diinginkan walaupun terjadi perubahan beban.

### 1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud tugas akhir ini adalah untuk merancang pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank, dan bertujuan:

1. Memahami kerja pengontrol CAPFR-12
2. Mengefisiensikan biaya yang dikeluarkan oleh industri/pabrik untuk pembayaran kerugian yang diakibatkan oleh rendahnya faktor daya. (sisi industri/pabrik)



3. Mengefisiensikan suplai daya listrik yang digunakan sehingga pemakaian listrik dapat dimanfaatkan secara maksimal. (sisi non-industri)

#### 1.4. Batasan Masalah

Asumsi-asumsi berikut ini adalah sebagai batasan masalah yang dipakai dalam penyelesaian tugas akhir:

1. Pada perancangan, alat ini melakukan pengontrolan pada: 3 buah lampu pijar 100 watt dan sebuah lampu neon 40 watt pada masing-masing fasa dimana diasumsikan sebagai peralatan listrik lainnya yang digunakan di industri atau non-industri, sebuah motor induksi 1 HP / 3 fasa yang dilengkapi dengan pengontrolan beban.
2. Menggunakan CAPFR-12 sebagai pengontrol seluruh sistem pendukung.
3. Menggunakan relai sebagai penghubung atau pemutus (switch) kapasitor.
4. Menggunakan kapasitor 1 fasa yang dihubungkan secara delta menjadi kapasitor 3 fasa.
5. Tidak membahas secara spesifik komponen-komponen penyusun CAPFR-12.

#### 1.5. Metoda Pengkondisian dan Pengaturan Alat

Suatu metoda diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Penulis merencanakan suatu langkah-langkah yang dapat memaksimalkan dalam pelaksanaan pengerjaan tugas akhir ini. Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur mempelajari prinsip kerja dari sistem pengaturan relai sebagai penghubung dan pemutus (switch) kapasitor, CAPFR-12 sebagai pusat pengolah data.
2. Perencanaan pengkondisian dan pengaturan peralatan maupun program yang dibutuhkan baik secara *hardware* dan *software*.
3. Pengujian dan analisis mengintegrasikan sistem antara *hardware* dan *software*, kemudian dilakukan pengujian dan analisis terhadap hasil yang telah didapatkan.

#### 1.6. Sistematika Pembahasan

Penulis membuat urutan pembahasan sebagai berikut untuk mempermudah penyelesaian tugas akhir ini:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah, metoda pengkondisian dan pengaturan alat dan sistematika pembahasan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dasar yang diperlukan dalam penyelesaian pembuatan sistem rangkaian “pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank”.

### BAB III PENGKONDISIAN DAN PENGATURAN ALAT

Bab ini membahas tentang pengkondisian dan pengaturan alat berupa

rangkain yang mendukung sistem ini, serta realisasi program, dimana mencakup

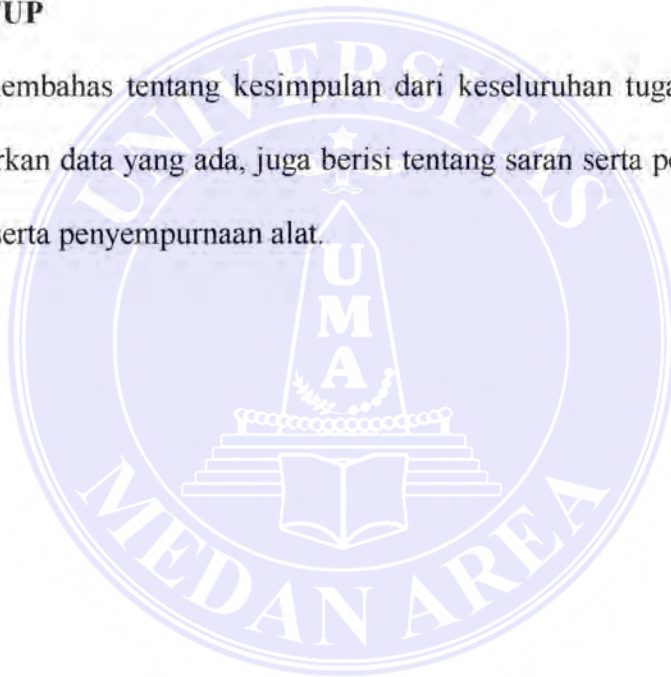
blok diagram dari perencanaan sistem secara lengkap beserta penjelasan cara kerja dari sistem.

## **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini membahas tentang pengujian alat, serta menganalisis akurasi dari sistem yang telah dibuat.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari keseluruhan tugas akhir yang diambil berdasarkan data yang ada, juga berisi tentang saran serta petunjuk untuk pengembangan serta penyempurnaan alat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian Pengaturan Otomatisasi pada Kapasitor Bank

Pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank dirancang agar mempunyai kemampuan untuk membaca dan menganalisa serta menentukan kapan harus mematikan dan menghidupkan kapasitor-kapasitor. Untuk mematikan dan menghidupkan kapasitor-kapasitor tersebut maka digunakan relai yang fungsinya disini digunakan sebagai saklar/*switch*. Pada bab ini akan diberikan tinjauan pustaka yang mendukung pembuatan keseluruhan dari pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank, terdiri antara lain:

1. *Power Factor Regulator* (PFR)
2. Relai
3. Kapasitor
4. Segitiga Daya
5. Faktor Daya
6. Perbaikan Faktor Daya

#### 2.2. *Power Factor Regulator* (PFR)

*Power Factor Regulator* atau disingkat PFR terbuat dari sebuah *microprocessor* dan didasarkan pada sistem FCP (Fast Computerized Program), sehingga *Power Factor Regulator* ini menjadi sebuah instrumen yang sangat pintar. *Power Factor Regulator* dapat menginformasikan secara tepat dan akurat

UNIVERSITAS MEDAN AREA sedang berlangsung (kondisi sistem yang sedang

digunakan), serta dapat mengambil keputusan-keputusan yang kompleks dari waktu ke waktu. *Power Factor Regulator* yang digunakan pada pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank ini adalah CAPFR-12. Beberapa keistimewaan dari *Power Factor Regulator* CAPFR-12 antara lain adalah:

1. Dapat mengkalkulasi daya reaktif dengan cepat dan dengan ketelitian yang tinggi.
2. Pengukuran faktor daya dengan ketelitian yang tinggi.
3. Memiliki tampilan *display* yang mudah dibaca (digital).
4. Pengoperasian yang mudah/mudah dioperasikan (digunakan).
5. Semua jenis *input* parameter kontrol dapat di *set*/diatur dengan tampilan *display* digital sehingga mudah dibaca dan digunakan.
6. Memiliki 2 metode/model kerja: Otomatis dan Manual.
7. Memiliki fungsi proteksi terhadap tegangan lebih (over-voltage) dan tegangan turun (under-voltage).
8. Memiliki fungsi proteksi terhadap pemadaman (pemutusan) listrik tiba-tiba, sehingga data (setting-an) tidak hilang.

### 2.3. Relai

Relai adalah saklar elektromagnetik yang dapat di-*on/off*-kan oleh arus listrik. Prinsip kerja dasar komponen ini adalah penggunaan lilitan kawat untuk menghasilkan medan elektromagnetik disekitar lilitan tersebut atau dengan kata lain, relai berfungsi sebagai saklar apabila diberikan *supply* arus listrik.

Menurut kerjanya, relai dapat dibedakan menjadi:

Relai yang berfungsi sebagai saklar yang selalu dalam keadaan terbuka bila tidak diberikan tegangan dan tertutup apabila mendapat tegangan sesuai dengan tegangan ambangnya.

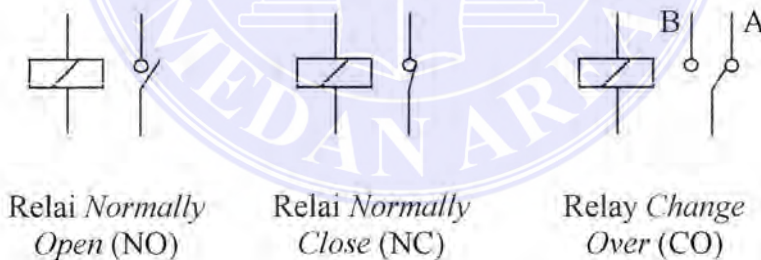
## 2. *Normally Close (NC)*

Relai yang berfungsi sebagai saklar yang selalu dalam keadaan tertutup bila tidak diberikan tegangan dan terbuka apabila mendapat tegangan sesuai dengan tegangan ambangnya.

## 3. *Change Over (CO)*

Relai ini mempunyai saklar tunggal yang normalnya dalam keadaan tertutup (misalnya terhubung dengan terminal A) apabila kumparan di *supply* arus listrik maka saklar akan terbuka dan tertutup pada sisi satunya (terhubung dengan terminal B).

Secara umum dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lambang Relai dengan Berbagai Macam Kontak

Relai dapat digolongkan dalam 2 golongan utama:

- Relai netral, yaitu relai yang perubahan transisinya dari status *on* ke status *off* dan sebaliknya tidak bergantung pada arah arus yang mengalir.
- Relai berkutub, yaitu relai yang perubahan transisinya dari status *on* ke status

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Ditujukan untuk Pendidikan dan Penelitian. Dilarang diperjualbelikan.

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

Relai yang digunakan pada tugas akhir ini adalah relai elektromekanik, yang terdiri atas sebuah armatur inti-besi yang ditarik oleh medan magnet yang dibangkitkan oleh sebuah kumparan. Armatur membuka dan menutup kontak-kontak relai. Arus “tarik” bergantung pada banyaknya kontak; daya yang diperlukan lazimnya berada diantara kira-kira 30 sampai 600 mW, impedansi kumparannya berada diantara kira-kira 350 sampai 2200 ohm dan waktu yang diperlukan untuk *switching* (pensaklaran) “ON” dan “OFF” kira-kira masing-masing 10 mdetik dan 3 mdetik.

## 2.4. Kapasitor

Secara prinsip, sebuah kapasitor terdiri atas 2 keping konduktor yang ruang diantaranya diisi oleh dielektrik (penyekat), misalnya udara atau kertas. Kedua konduktor diberi muatan sama besar tetapi jenisnya berlawanan (yang satu bermuatan positif, lainnya bermuatan negatif). Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik dinyatakan oleh besaran kapasitas (atau kapasitansi). Satuan SI dari kapasitas adalah farad (F), untuk menghormati Michael Faraday, ilmuwan Inggris yang besar jasanya dalam bidang listrik magnet (elektromagnet). Farad adalah ukuran kapasitas yang sangat besar, sehingga ukuran kapasitas kapasitor yang sering digunakan dinyatakan dalam mikrofard ( $\mu\text{F}$ ), nanofard (nF) dan pikofard (pF).

Ada 3 jenis kapasitor yang sering kita jumpai:

### 1. Kapasitor Kertas

Pada kapasitor ini, kertas digunakan sebagai bahan penyekat diantara kedua

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
pada Kumparan jenis ini memiliki kapasitas sebesar 0,1  $\mu\text{F}$ .

## 2. Kapasitor Elektrolit

Pada kapasitor ini, aluminium oksida digunakan sebagai bahan penyekat diantara kedua pelat.

## 3. Kapasitor Variabel

Kapasitor variabel adalah kapasitor yang nilai kapasitansya dapat diubah-ubah, sering digunakan untuk memilih frekuensi gelombang pada radio penerima. Bahan penyekat diantara kedua pelat yang digunakan adalah udara, dengan nilai maksimum kapasitansya sampai dengan 500 pF.

### 2.4.1. Kapasitor yang Dihubungkan Seri

Kapasitor yang dihubungkan secara seri digunakan jika diinginkan kapasitas yang lebih kecil. Gambar 2.2 menunjukkan skema dari dua buah kapasitor yang disusun seri. Ketika beda potensial  $V_{ab}$  antara a dan b diberikan maka pada kedua keping akan tersimpan muatan yang sama,  $q$ . Dengan menggunakan persamaan berikut, kita dapat menghitung beda potensial pada tiap kapasitor:

$$C_1 = \frac{q}{V_1} \Leftrightarrow V_1 = \frac{q}{C_1}$$

$$C_2 = \frac{q}{V_2} \Leftrightarrow V_2 = \frac{q}{C_2}$$

Karena,  $V_{ab} = V = V_1 + V_2$

maka,

$$V = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} \Leftrightarrow V = q \cdot \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) \quad (2.1)$$

dari persamaan (2.1) di atas dapat kita simpulkan bahwa kapasitas ekivalen ( $C_{ek}$ )

dari susunan seri kapasitor adalah sebagai berikut:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

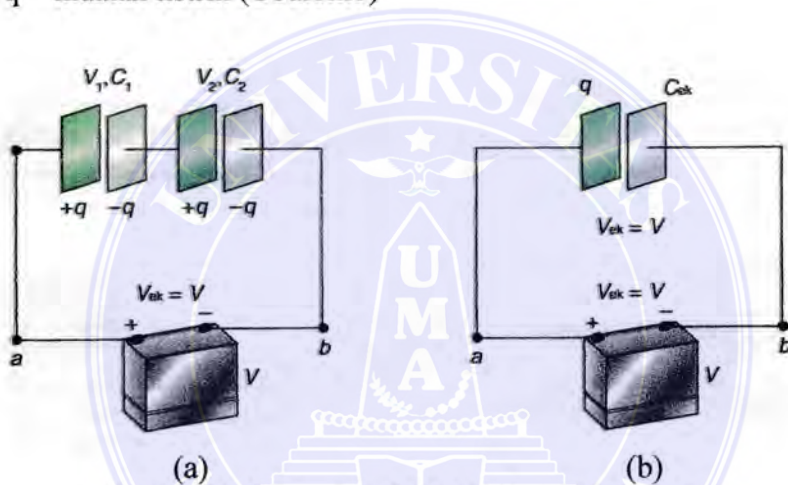


$$V = q \cdot \left( \frac{1}{C_{ek}} \right) \text{ atau } C_{ek} = \frac{q}{V} \quad (2.2)$$

Dari persamaan (2.2) di atas, kita dapat memperluas hasil ini untuk sejumlah kapasitor yang disusun seri, yaitu:

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (2.3)$$

dimana:  $C$  = Kapasitas Kapasitor (Farad)  
 $V$  = Tegangan (Volt)  
 $q$  = muatan listrik (Coulomb)



Gambar 2.2 Susunan Seri dari Dua Kapasitor

#### 2.4.2. Kapasitor yang Dihubungkan Paralel

Kapasitor yang dihubungkan secara paralel digunakan jika diinginkan kapasitas yang lebih besar. Gambar 2.3 menunjukkan skema dari 2 buah kapasitor yang disusun paralel. Kedua kapasitor dihubungkan paralel antara titik a dan b. Dengan demikian, beda potensial adalah sama untuk kedua kapasitor, yaitu:

$$V_{ab} = V$$

karena muatan  $q_1$  dan  $q_2$ , yang umumnya tidak sama, diberikan oleh:

$$q_1 = C_1 \cdot V \text{ dan } q_2 = C_2 \cdot V \quad (2.4)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

maka muatan total susunan paralel  $q$ , adalah:

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

$$q = q_1 + q_2 = C_1 \cdot V + C_2 \cdot V$$

$$q = (C_1 + C_2) \cdot V \quad (2.5)$$

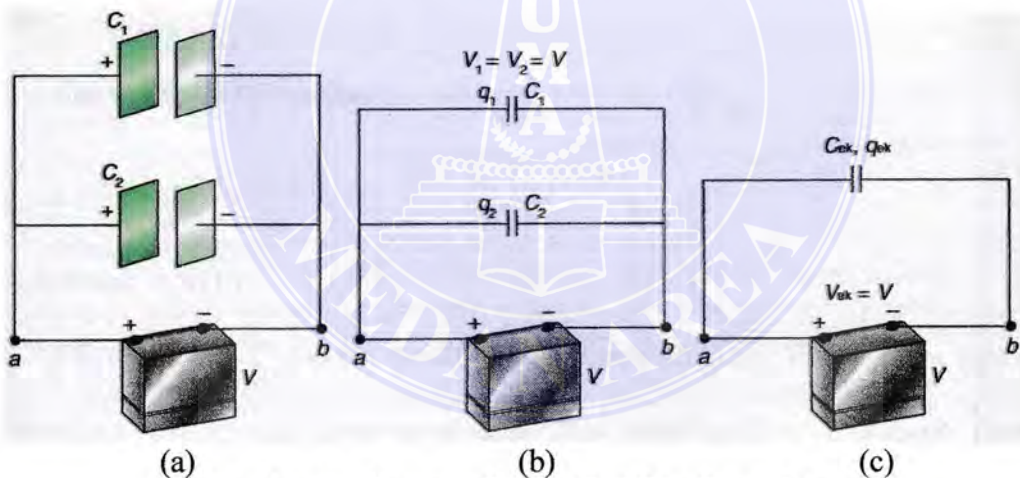
dari persamaan (2.5) di atas dapat kita simpulkan bahwa kapasitas ekivalen ( $C_{ek}$ ) dari susunan paralel kapasitor adalah sebagai berikut:

$$q = C_{ek} \cdot V \quad (2.6)$$

Dari persamaan (2.6) di atas, kita dapat memperluas hasil ini untuk sejumlah kapasitor yang disusun secara paralel, yaitu:

$$C_{ek} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (2.7)$$

dimana:  $C$  = Kapasitas Kapasitor (Farad)  
 $V$  = Tegangan (Volt)  
 $q$  = muatan listrik (Coulomb)



Gambar 2.3 Susunan Paralel dari Dua Kapasitor

## 2.5. Segitiga Daya

Daya yang dibangkitkan oleh sumber pembangkit listrik bolak-balik, baik dari generator atau transformator/PLN diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1. Daya Semu (S)

### 2. Daya Aktif (P)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

### 3. Daya Reaktif (Q)

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

### 2.5.1. Daya Semu

Diberi simbol  $S$  dengan satuan Volt Ampere (VA), dimana  $1 \text{ KVA} = 1000 \text{ VA}$ . Daya semu merupakan daya total yang dihasilkan oleh sumber untuk pemakaian daya listrik yang dibutuhkan beban. Daya semu ini tidak seluruhnya (100%) diubah ke bentuk kerja nyata.

Daya Semu dirumuskan:

$$S = V \cdot I \quad (2.8)$$

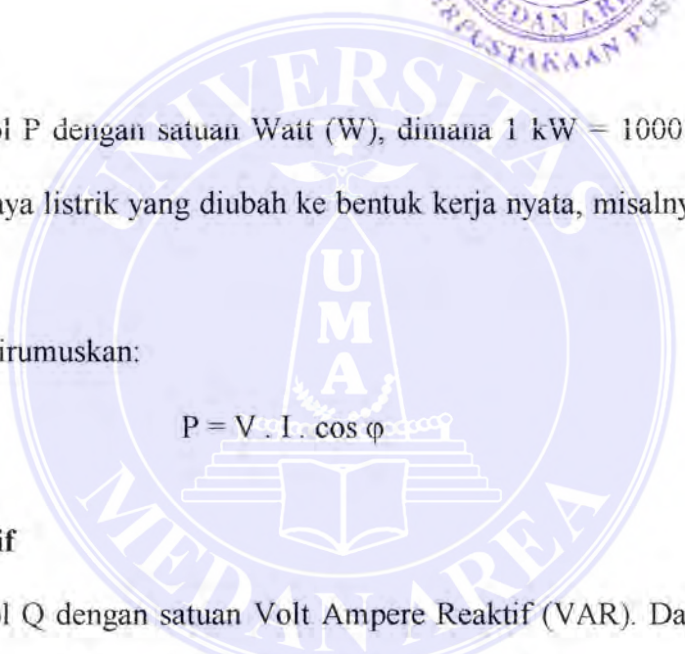


### 2.5.2. Daya Aktif

Diberi simbol  $P$  dengan satuan Watt (W), dimana  $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ . Daya aktif merupakan daya listrik yang diubah ke bentuk kerja nyata, misalnya putaran motor.

Daya Aktif dirumuskan:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.9)$$



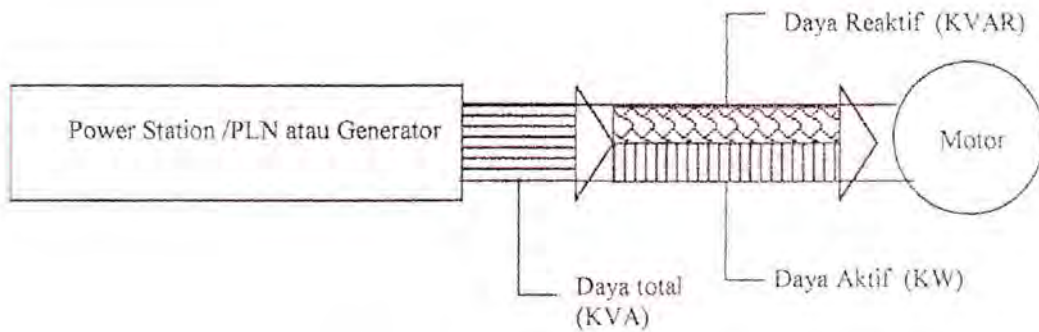
### 2.5.3. Daya Reaktif

Diberi simbol  $Q$  dengan satuan Volt Ampere Reaktif (VAR). Daya reaktif merupakan daya yang tidak dapat dipakai untuk menghasilkan kerja nyata. Daya reaktif terdiri dari daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif. Daya reaktif induktif diperlukan untuk menimbulkan medan magnet pada motor dan mentransfer daya listrik pada transformator.

Daya reaktif induktif terjadi pada beban-behan yang bersifat induktif sedangkan daya reaktif kapasitif dihasilkan oleh kapasitor.

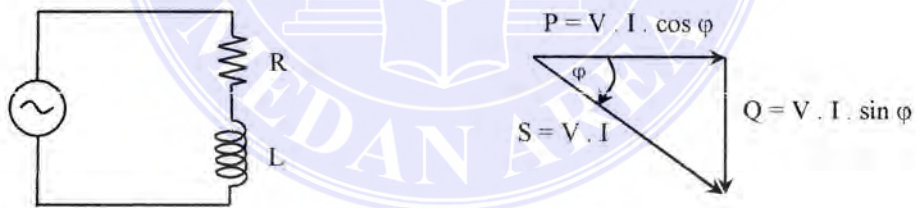
Daya reaktif dirumuskan:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2.10)$$

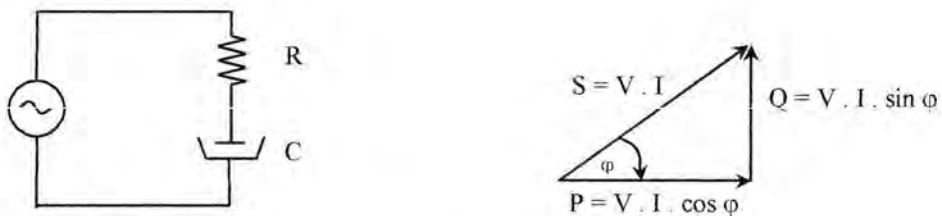


Gambar 2.4 Pembagian Daya Listrik

Hubungan daya semu (S), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q) dapat digambarkan secara geometri sebagai sebuah segitiga siku-siku dengan P pada sumbu mendatar yang disebut Segitiga Daya. Untuk beban induktif, Q (daya reaktif) digambarkan vertikal kebawah yang berarti bahwa arus tertinggal (lagging) terhadap tegangan. Sedangkan untuk beban kapasitif, Q digambarkan vertikal keatas yang berarti arus mendahului (leading) terhadap tegangan.



Gambar 2.5 Segitiga Daya untuk Beban Induktif



Gambar 2.6 Segitiga Daya untuk Beban Kapasitif

## 2.6. Faktor Daya

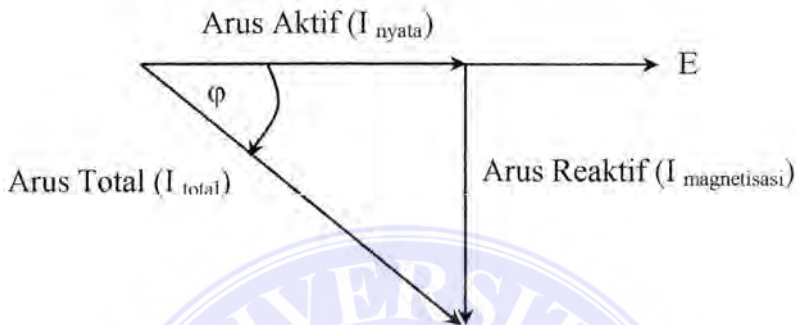
### 2.6.1. Azas-azas Faktor Daya

Beban induktif seperti motor induksi, transformator, tungku pemanas, pengelas, lampu TL memerlukan arus magnetisasi juga dikenal sebagai arus reaktif, diperlukan untuk membentuk fluksi medan magnet dari peralatan induktif. Tanpa arus magnetisasi, energi listrik tidak dapat mengalir melalui inti transformator atau melewati celah udara motor induksi. Generator dan motor sinkron di magnetisasi oleh arus DC dari DC eksitasinya. Motor induksi dan transformator di magnetisasi dari sumber daya AC-nya yang mengakibatkan suatu komponen tertinggal dibagian arusnya. Energi yang terbuang dalam membentuk medan magnet mengalir bolak-balik antara generator dan beban. Arus magnetisasi inilah yang sebenarnya mengakibatkan rendahnya faktor daya dalam sistem.

Satuan ukuran dari daya magnetisasi adalah kilo volt ampere reaktif (kVAR), sedangkan alat yang memperlihatkan daya tersebut adalah kVAR-meter. Pembacaan kVAR lebih baik dari pembacaan faktor daya, karena alat ini memperlihatkan harga nyata dari komponen magnetisasi. Arus penghasil daya juga dikenal sebagai arus aktif, arus kerja atau arus yang dapat dipakai, diubah dalam bentuk kerja nyata seperti putaran kipas angin, pemanasan atau pompa air. Satuan ukuran untuk daya aktif yang dihasilkan adalah kilo watt (kW). Alat yang digunakan untuk pembacaan/pengukuran daya aktif adalah kWh-meter. Arus total adalah arus yang terbaca pada amperemeter dalam rangkaian dan merupakan gabungan dari arus magnetisasi dan arus aktif (arus penghasil daya). Total volt ampere dikenal sebagai daya semu yang dinyatakan dalam kVA.

### 2.6.2. Arus Aktif dan Arus Reaktif

Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa beban induktif memerlukan arus magnetisasi (arus reaktif) dan arus aktif, kedua komponen arus ini secara vektorial adalah berbeda  $90^0$  seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Komponen Arus dalam Rangkaian Arus Bolak-balik Beban Induktif

Arus total dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\bar{I}_{total}^2 = \bar{I}_{nyata}^2 + \bar{I}_{magnetisasi}^2 \quad (2.11)$$

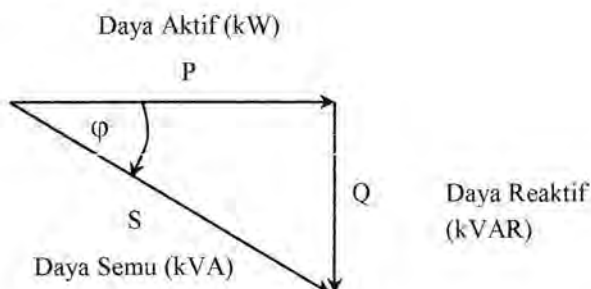
karena tegangan adalah berbanding lurus dengan arus, maka:

$$kVA^2 = kW^2 + kVAR^2 \quad (2.12)$$

atau

$$\text{Daya semu}^2 = \text{Daya aktif}^2 + \text{Daya reaktif}^2$$

seperti terlihat pada Gambar 2.8:



Gambar 2.8 Komponen Daya dalam Rangkaian Arus Bolak-balik Beban Induktif

### 2.6.3. Pengertian Faktor Daya

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa tidak semua daya total yang dihasilkan oleh generator atau transformator dapat berfungsi seluruhnya, tetapi diantara kW dan kVA terdapat suatu sudut yang disebut dengan faktor daya ( $\cos \phi$ ). Jadi faktor daya didefinisikan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dengan daya total/semu (kVA).

$$PF = \frac{kW}{kVA} \text{ atau } kVA \times PF = kW \quad (2.13)$$

Secara trigonometri,

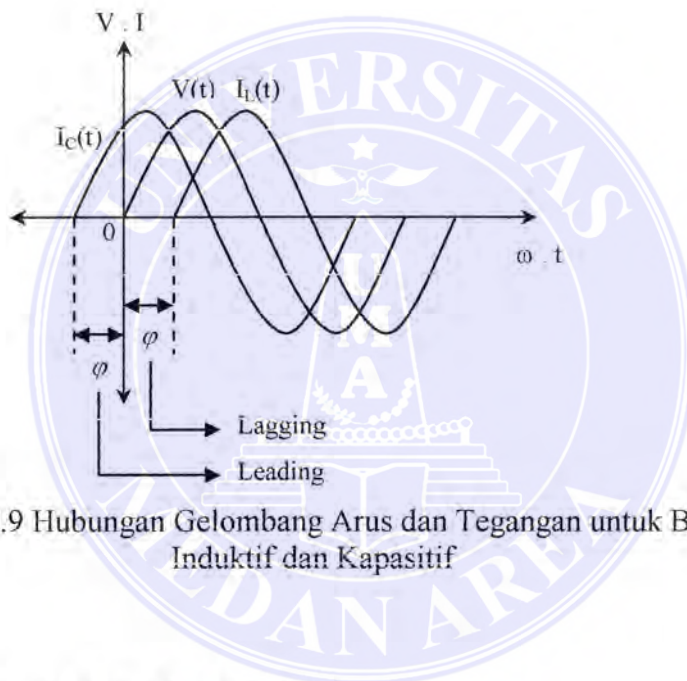
$$PF = \cos \phi = \frac{kW}{kVA} \quad (2.14)$$

Untuk ukuran beban induktif dan kapasitif, faktor daya biasanya kurang dari satu. Karena tegangan dan arus dalam rangkaian arus bolak-balik tidak sefasa atau tidak mencapai nilai maksimumnya pada saat yang bersamaan. Semakin besar sudut perbedaan fasa antara arus dan tegangan, maka semakin rendah faktor dayanya. Secara teoritis, nilai faktor daya bisa berharga satu pada saat rangkaian dibebani dengan rangkaian resistif. Faktor daya akan disebut "*leading*" bila arus mendahului tegangan dan faktor daya akan disebut "*lagging*" bila arus tertinggal dari tegangan.

Dari persamaan (2.14) dapat dilihat bahwa faktor daya suatu rangkaian dapat dinyatakan oleh cosinus sudut arus dan tegangan (*leading* maupun *lagging*) dalam rangkaian tersebut. Karena faktor daya merupakan suatu perbandingan, lebih baik dinyatakan/ditulis dalam bentuk desimal dibanding dalam bentuk persen.

#### 2.6.4. Pengaruh Faktor Daya

Harga faktor daya yang tinggi dalam sistem tenaga listrik memberi pengaruh yang lebih baik dibandingkan harga faktor daya yang rendah. Faktor daya dalam keadaan *leading* terjadi pada beban kapasitif, sementara yang sering terjadi dilapangan adalah faktor daya dalam keadaan *lagging* pada beban induktif. Gambar 2.9 di bawah menunjukkan hubungan gelombang arus dan tegangan untuk beban induktif dan kapasitif.



Gambar 2.9 Hubungan Gelombang Arus dan Tegangan untuk Beban Induktif dan Kapasitif

#### 2.6.5. Penyebab Rendahnya Faktor Daya

Rendahnya faktor daya disebabkan arus magnetisasi yang besar. Pemakaian beban yang membutuhkan arus magnetisasi (biasanya beban induktif) akan menyebabkan turunnya (rendahnya) faktor daya.

Pada umumnya faktor daya rendah disebabkan oleh:

1. Pemakaian motor induksi yang bekerja pada faktor daya *lagging* dan ini akan menambah rendahnya (turunnya) faktor daya pada sub-station.



2. Transformator pada sub-station mempunyai faktor daya *lagging* karena menghasilkan arus magnetisasi yang menyebabkan arus tertinggal terhadap tegangan.
3. Pemakaian tungku pembakar pada industri yang memiliki faktor daya *lagging*.
4. Pemakaian lampu TL.
5. Motor sinkron, motor komutator yang bekerja pada faktor daya *lagging*.

### 2.6.6. Kerugian Akibat Rendahnya Faktor Daya

Misalnya sebuah alternator (fasa tunggal) mempunyai data-data sebagai berikut:

Kemampuan arus = 1000 A (pembebanan penuh)

Tegangan = 500 V

maka, Rating Alternator =  $V \cdot I = 1000 \times 500 = 500.000 \text{ VA} = 500 \text{ kVA}$

dimisalkan alternator beroperasi pada  $\cos \varphi = 1$ ,

maka daya yang dapat disuplai =  $500 \times 1 = 500 \text{ kW}$ .

Apabila  $\cos \varphi = 0,6$

maka daya yang disuplai =  $500 \times 0,6 = 300 \text{ kW}$ .

Dapat disimpulkan bahwa alternator dibebani penuh saat faktor daya ( $\cos \varphi$ ) = 0,6 adalah 60% dari kemampuan alternator saat  $\cos \varphi = 1$ .

Jadi, untuk mensuplai daya 500 kW pada  $\cos \varphi = 0,6$  diperlukan alternator dengan rating yang lebih besar dan penampang kabel transmisi yang lebih besar juga. Dengan kata lain, alternator dan jaringan transmisi memerlukan biaya yang

Ada beberapa kerugian lain akibat rendahnya faktor daya, antara lain:

1. Jaringan Transmisi.

Untuk daya yang sama yang akan ditransfer melalui jaringan akan menyalurkan arus yang lebih besar, sehingga membutuhkan luas penampang penghantar yang lebih besar pada jaringan sehingga dibutuhkan biaya yang lebih besar pula.

Dengan bertambah besarnya arus yang mengalir, juga menyebabkan tingginya rugi-rugi tembaga atau *drop* tegangan pada jaringan yang mengakibatkan efisiensi menurun.

2. Transformator.

Tegangan menjadi berkurang sehingga efisiensi menurun.

3. Generator.

Kemampuan kVA berkurang sehingga efisiensi menurun.

4. *Switchgear* dan Busbar.

Luas penampang dari busbar dan permukaan kontak dari *switchgear* harus diperbesar untuk daya yang sama.

5. Penggerak Mula.

Alternator membangkitkan daya reaktif yang lebih besar, hal ini mengurangi daya yang disuplai penggerak mula yang berarti sebagian dari kapasitas penggerak mula tidak bekerja dengan sempurna dan menimbulkan kerugian dari segi biaya. Faktor daya yang rendah pada penggerak mula juga menyebabkan rendahnya efisiensi.

## 2.7. Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya yang rendah menunjukkan buruknya efisiensi listrik. Semakin rendah faktor daya, semakin besar daya total yang ditarik dari jaringan distribusi. Biasanya faktor daya yang sering terjadi dilapangan dibawah 0,85. Bila faktor daya tidak dikoreksi, maka sistem utiliti harus menyediakan daya reaktif dan daya aktif tambahan. Hal ini berarti memerlukan penggunaan/pemakaian generator, transformator, busbar, kabel dan peralatan sistem distribusi lainnya yang lebih besar yang seharusnya tidak perlu dilakukan. Hal ini tentu saja akan menaikkan biaya total pengeluaran dan operasi. Oleh karena itu, PLN akan membebankan biaya kelebihan pemakaian kVAR tersebut pada pelanggan.

### 2.7.1. Metode-metode Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan/komponen listrik yang mempunyai faktor daya *leading*, yang mana akan menurunkan komponen reaktif dalam sistem. Berikut adalah metode-metode yang digunakan dalam perbaikan faktor daya:

#### 1. Menggunakan kapasitor

Kapasitor dihubungkan paralel terhadap suplai utama dan membawa arus *leading*  $90^0$  dari suplai utama yang mana akan menetralsir komponen reaktif dari arus beban.

#### 2. Menggunakan *synchronous* kondensator

*Synchronous* kondensator juga disebut sebagai motor sinkron, yang merupakan satu-satunya motor yang dapat juga dioperasikan pada faktor daya *leading*

UNIVERSITAS MEDAN AREA dan pada waktu yang sama juga dapat mensuplai daya mekanik.

### 3. *Phase advancer*

Merupakan komutator yang memperbaiki motor daya dari motor induksi.

#### 2.7.2. Keuntungan-keuntungan Perbaikan Faktor Daya

Sebelumnya telah diuraikan bahwa apabila stasiun pembangkit beroperasi pada faktor daya yang rendah, maka biaya untuk pembangkitan, transmisi dan sistem distribusi akan lebih mahal. Semakin mahal biaya yang dikeluarkan, semakin tinggi ongkos tetap tahunan yang mana akan menaikkan biaya per unit. Semua kenaikan ini dibebankan kepada konsumen, sehingga harga tarif akan lebih mahal. Jadi keuntungan dari perbaikan faktor daya akan bermanfaat bagi kedua belah pihak, baik bagi penyuplai (PLN) maupun bagi konsumen.

Adapun keuntungan dari perbaikan faktor daya adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas kW dari penggerak mula menjadi lebih besar.
2. Menaikkan kapasitas kW dari alternator.
3. Menaikkan kapasitas kW dari transformator dan jaringan.
4. Meningkatkan efisiensi setiap pembangkit.
5. Menurunkan biaya keseluruhan.
6. Memperkecil drop tegangan pada jaringan.

Keuntungan lain yang diperoleh dari perbaikan faktor daya misalnya:

1. Suatu pabrik mempunyai sumber daya berupa tiga buah generator masing-masing 150 kVA yang diparalel. Jumlah beban adalah 210 kW. Setelah ditest  $\cos \phi$  nya adalah 0,6. Berarti untuk menjalankan seluruh beban (210 kW) diperlukan daya sebesar:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$\text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\cos \phi} = \frac{210}{0,6} = 350 \text{ kVA}$$

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

(harus menjalankan tiga buah generator)

Tetapi bila  $\cos \phi$  ditingkatkan menjadi 0,95 maka daya yang dibutuhkan untuk menjalankan seluruh beban menjadi hanya:

$$\text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\cos \phi} = \frac{210}{0,95} = 221 \text{ kVA}$$

(cukup menjalankan dua buah generator)

Maka keuntungan yang diperoleh adalah:

- a. Dapat dihemat pemakaian bahan bakar untuk satu generator.
  - b. Pemakaian tiga generator dapat secara bergantian, sehingga memperpanjang umur generator.
  - c. Satu generator dapat dipakai sebagai cadangan sehingga tidak perlu ditambah satu generator lagi bila salah satu generator rusak, sehingga produksi tidak terganggu.
2. Suatu pabrik baru yang akan berproduksi mempunyai beban 660 kW. Dengan asumsi diperkirakan  $\cos \phi = 0,6$ . Sehingga besar daya yang harus diminta dari PLN:

$$\text{– Untuk } \cos \phi = 0,6 \rightarrow \text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\cos \phi} = \frac{660}{0,6} = 1100 \text{ kVA (harus}$$

mengajukan permohonan sebesar 1385 kVA).

$$\text{– Untuk } \cos \phi = 0,96 \rightarrow \text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\cos \phi} = \frac{660}{0,96} = 687 \text{ kVA (harus}$$

mengajukan permohonan sebesar 695 kVA).

Terdapat perbedaan daya sebesar:

$$1385 \text{ kVA} - 695 \text{ kVA} = 690 \text{ kVA}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Dengan demikian berarti:

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

- a. Menghemat biaya penyambungan.
- b. Menghemat biaya beban setiap bulan.

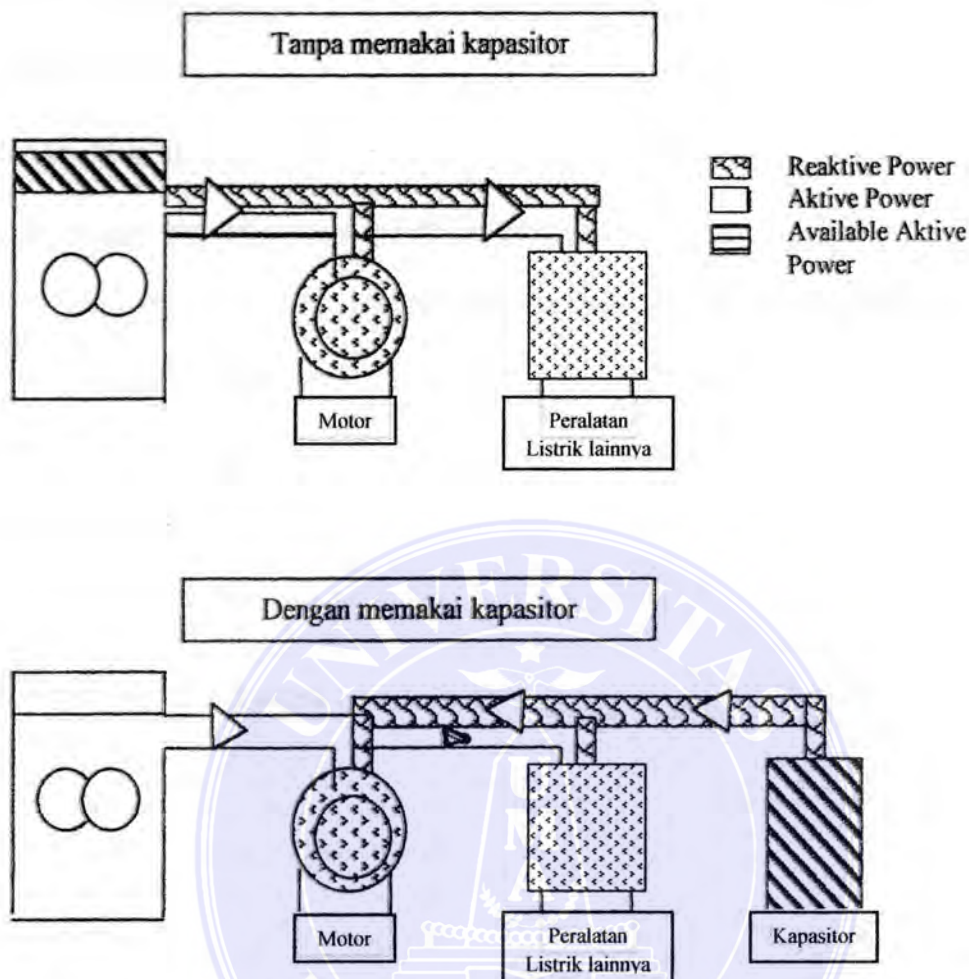
### 2.7.3. Penggunaan Kapasitor dalam Perbaikan Faktor Daya

Kapasitor merupakan salah satu komponen yang penting dalam rangkaian listrik karena sifatnya dapat menyimpan energi listrik dalam satu medan elektrostatik dan mempunyai kegunaan lain, seperti:

- Menahan tegangan DC
- Melewatkan arus bolak-balik (AC)
- Memperbaiki faktor daya

Untuk perbaikan faktor daya, menggunakan kapasitor merupakan metode yang paling sederhana dan paling ekonomis karena tidak memerlukan penambahan motor *drive* yang luas. Kapasitor mempunyai faktor daya yang *leading* karena dapat mensuplai kVAR. Faktor daya yang *leading* dari kapasitor dapat digunakan untuk memperbaiki faktor daya yang *lagging* dari beban induktif. Kapasitor juga merupakan pembangkit/penghasil kVAR (kVAR generator) karena dapat menyediakan arus magnetisasi yang dibutuhkan beban induktif.

Sebuah kapasitor yang dipasang pada rangkaian yang sama dengan sebuah motor induksi mempengaruhi pertukaran arus reaktif antara motor dan kapasitor. Arus *leading* yang dibawa oleh kapasitor kemudian mensuplai arus *lagging* yang dibutuhkan oleh motor induktif. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pembebanan Tanpa Kapasitor dan Menggunakan Kapasitor

#### 2.7.4. Perbandingan Pemasangan Kapasitor Paralel dan Kapasitor Seri

Pemasangan kapasitor didalam sistem dapat dilakukan secara seri maupun secara paralel. Kapasitor seri dan paralel pada sistem daya menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan. Karena dapat menambah kapasitas sistem dan mengurangi kerugian. Pada kapasitor seri, daya reaktif sebanding dengan kwadrat arus beban, sedangkan pada kapasitor paralel daya reaktif sebanding dengan kwadrat tegangan.

Ada beberapa aspek tertentu yang tidak menguntungkan pemakaian kapasitor

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

seri. Secara umum, dapat dikatakan biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 20/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

dibanding biaya pemasangan kapasitor paralel. Hal ini disebabkan karena peralatan proteksi untuk kapasitor seri lebih kompleks. Dan juga biasanya kapasitor seri dirancang untuk daya yang lebih besar daripada kapasitor paralel untuk mengatasi pengembangan beban nantinya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan antara kapasitor seri dan kapasitor paralel dapat dilihat pada tabel 2.1. Karena banyaknya keterbatasan untuk menggunakan kapasitor seri, maka dalam sistem distribusi banyak digunakan kapasitor paralel.

Tabel 2.1 Perbandingan Penggunaan Kapasitor Seri dan Kapasitor Paralel

No.	Fungsi	Tingkat Pilihan	
		Kapasitor Seri	Kapasitor Paralel
1.	Memperbaiki faktor daya	Kedua	Pertama
2.	Memperbaiki tingkat tegangan jaringan hantaran udara dengan faktor daya normal dan rendah	Pertama	Kedua
3.	Memperbaiki tingkat tegangan jaringan hantaran udara dengan faktor daya tinggi	Tidak digunakan	Pertama
4.	Memperbaiki tingkat tegangan jaringan hantaran sistem bawah tanah dengan faktor daya normal dan rendah	Pertama	Tidak digunakan
5.	Memperbaiki tingkat tegangan jaringan hantaran sistem bawah tanah dengan faktor daya tinggi	Tidak digunakan	Tidak digunakan
6.	Mengurangi rugi-rugi jaringan	Kedua	Pertama
7.	Mengurangi fluktuasi tegangan	Pertama	Tidak digunakan

## 2.8. Tinjauan Penunjang

S.O. Onohaebi, dkk., 2010, *Improving The Efficiency of Electrical*

*Equipment by Power Factor Correction – A Case Study of Medium Scale Industry*

UNIVERSITAS MEDAN AREA

in Nigeria, dengan menggunakan metoda analisis data yang diambil dari sebelum

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23



dan sesudah pemasangan kapasitor bank selama beberapa bulan diperoleh hasil penelitiannya bahwa penggunaan kapasitor untuk perbaikan faktor daya adalah layak dan dapat memperkecil/memperbaiki sudut faktor daya.

Osama A. Al-Naseem and Ahmad Kh. Adi, 2011, *Impact of Power Factor Correction on the Electrical Distribution Network of Kuwait – A Case Study*, dengan menggunakan metoda analisis data yang diambil dari sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank setiap dua jam selama beberapa hari diperoleh hasil penelitiannya bahwa untuk memperoleh kualitas yang bagus pada sistem jaringan listrik, penting untuk selalu mengoptimalkan faktor daya antara 0,9 sampai dengan 0,95.

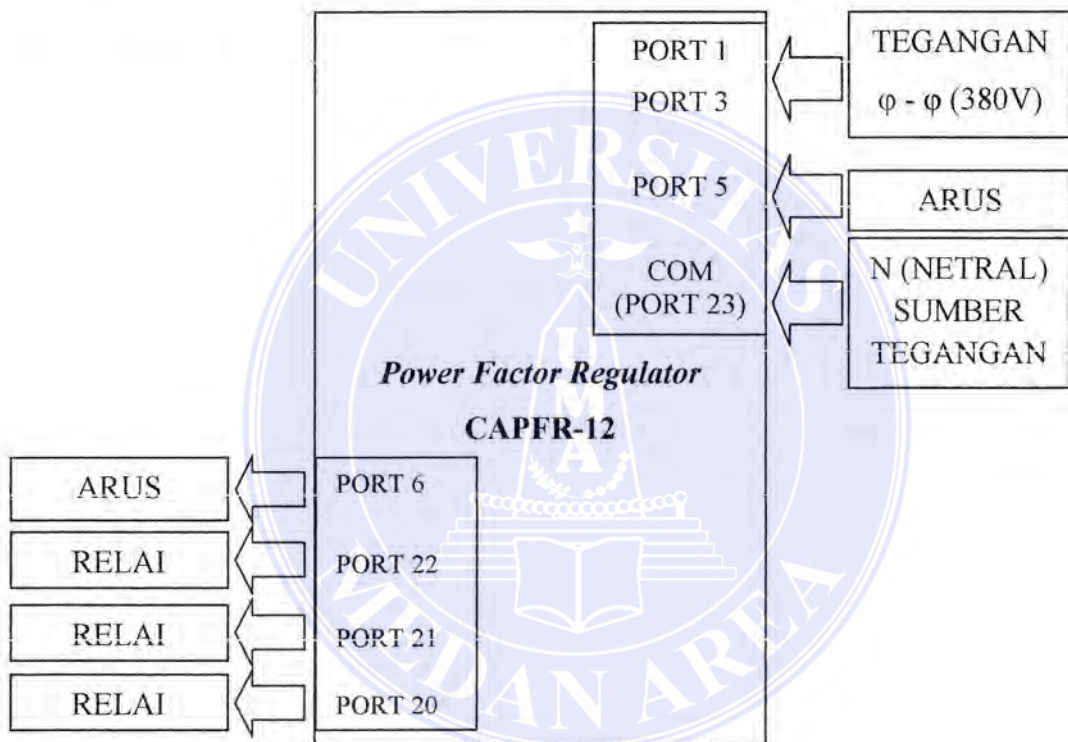
Washington State University Cooperative Extension Energy Program, 2003, *Reducing Power Factor Cost*, dengan menggunakan metoda analisis penyebab rendahnya faktor daya diperoleh hasil penelitiannya bahwa motor yang bekerja tanpa beban/tidak berbeban menghasilkan faktor daya yang rendah yang lebih dari setengah dari faktor daya pada saat motor berbeban penuh.

### BAB III

## PENINGKONDISIAN DAN PENGATURAN ALAT

### 3.1. Konfigurasi Sistem

Secara umum, konfigurasi sistem dari *Power Factor Regulator* (PFR) adalah seperti Gambar 3.1 di bawah ini:

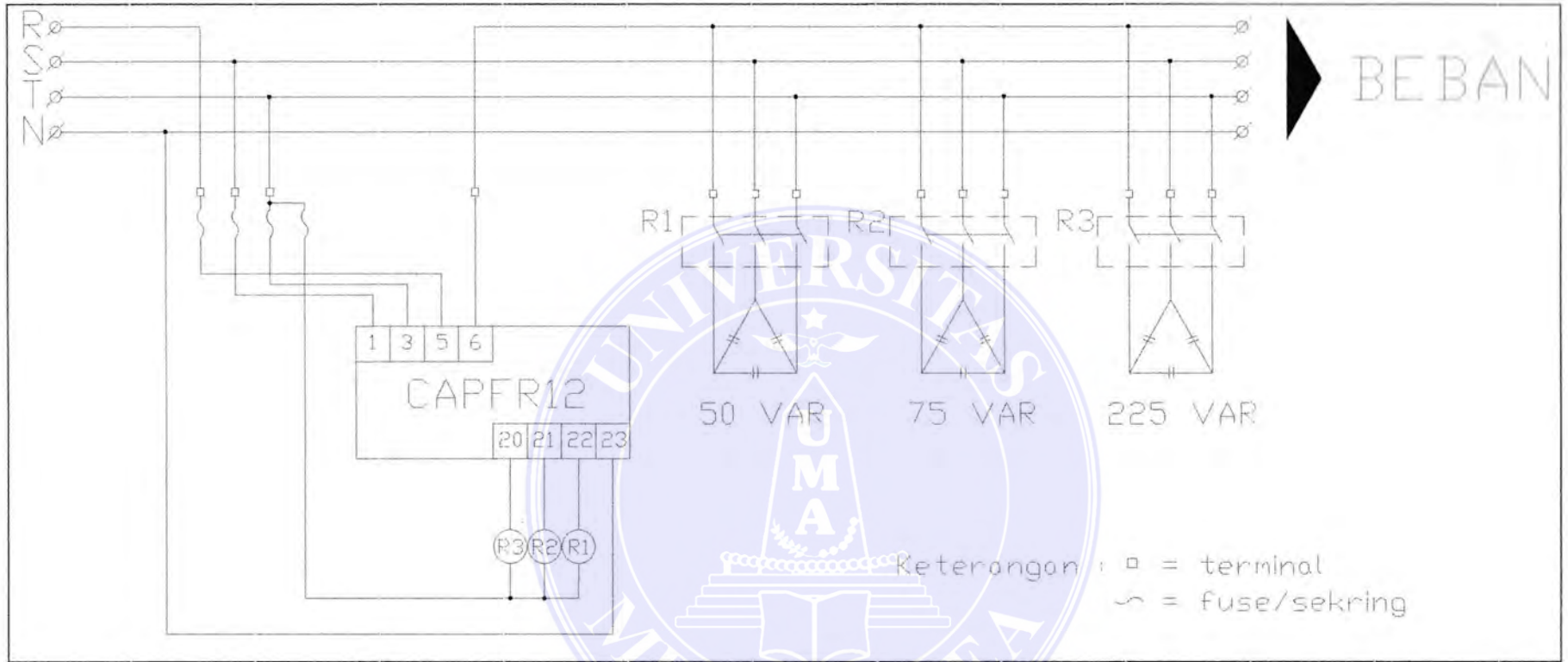


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Gambar 3.1 di atas menunjukkan bahwa dari sisi masukan (input) terdiri dari tegangan, arus *input* dan netral dari sumber tegangan, *Power Factor Regulator* yang digunakan adalah CAPFR-12, dan pada sisi keluaran (output) terdapat arus *output* dan relai.

### 3.2. Pengkondisian Perangkat Keras

Sistem perangkat keras disini terdiri dari *Power Factor Regulator* (PFR),  
 UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 Relai dan kapasitor



Gambar 3.2 Rangkaian Pengkondisian *Power Factor Regulator*, Relai dan Kapasitor



(a) Tampak Depan  
Alat Pengaturan Otomatisasi  
Kapasitor Bank

(b) Tampak Samping dan Belakang  
Alat Pengaturan Otomatisasi  
Kapasitor Bank

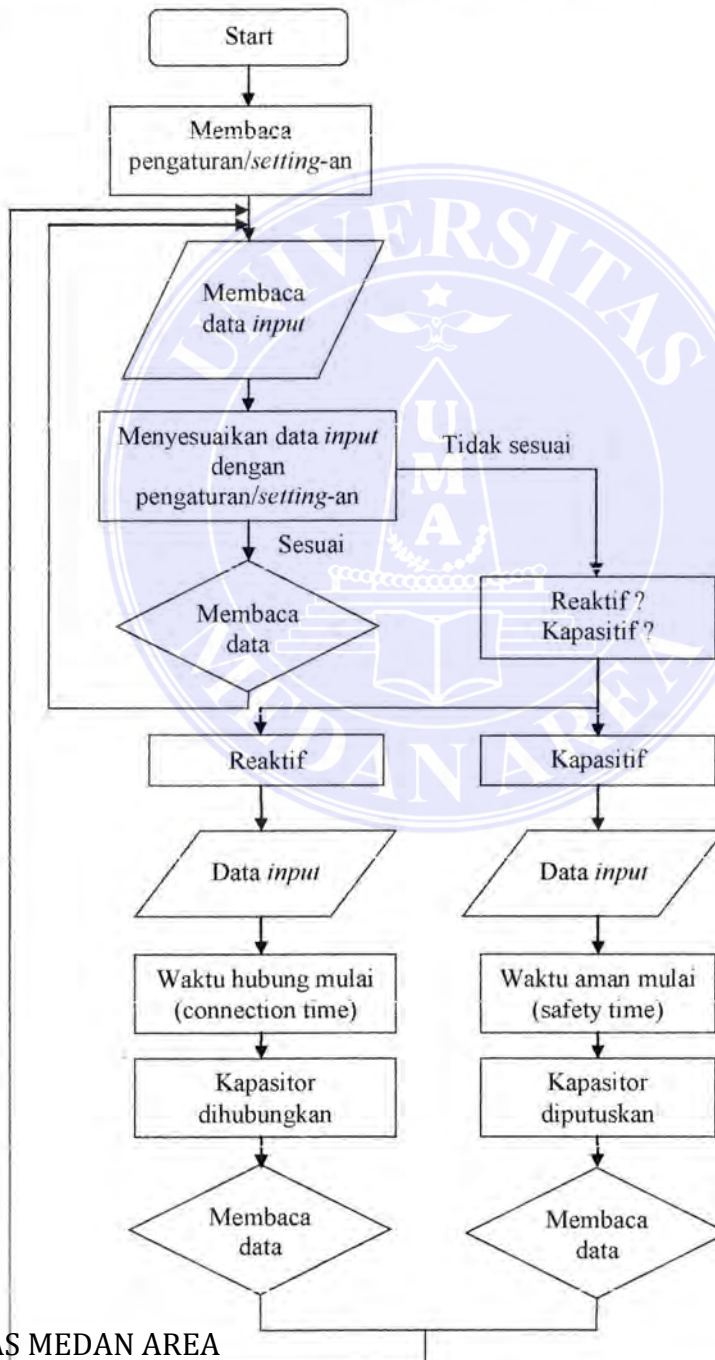


(c) Tampak Dalam Alat Pengaturan Otomatisasi Kapasitor Bank

Gambar 3.3 Tampak Depan, Samping, Belakang dan Dalam  
Alat Pengaturan Otomatisasi Kapasitor Bank

### 3.3. Pengaturan/Penyetingan Perangkat Lunak

Sistem perangkat lunak pada tugas akhir ini adalah mengaktifkan dan mematikan kapasitor secara otomatis dengan menggunakan relai yang secara keseluruhannya diatur oleh *Power Factor Regulator*. *Flowchart* dan pengaturan/penyetingan program *software* ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut:



UNIVERSITAS MEDAN AREA

### 3.3.1. Pengaturan/Penyetingan Program *Power Factor Regulator* CAPFR-12

Target Power Factor = 0.99

Input Time = 20 s

Cut Time = 25 s

Under and Over Voltage Preset = 350 – 420 V

Signal Initial Phase =  $180^0$

CT Transformation Ratio Preset = 30

Capacity of The First Loop Capacitor = 50 VAR

Capacity of The Second Loop Capacitor = 75 VAR

Capacity of The Third Loop Capacitor = 225 VAR

Capacity of The Fourth Loop Capacitor = 0

Capacity of The Fifth Loop Capacitor = 0

Capacity of The Sixth Loop Capacitor = 0

Capacity of The Seventh Loop Capacitor = 0

Capacity of The Eighth Loop Capacitor = 0

Capacity of The Nineth Loop Capacitor = 0

Capacity of The Tenth Loop Capacitor = 0

Capacity of The Eleventh Loop Capacitor = 0

Capacity of The Twelveth Loop Capacitor = 0

### 3.3.2. Keterangan Program *Power Factor Regulator* CAPFR-12

Target Power Factor = Faktor daya yang ingin dicapai

Input Time = *Delay* waktu mengaktifkan kapasitor

Cut Time = *Delay* waktu mematikan kapasitor

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

Under and Over Voltage Preset	= Pembatas tegangan turun dan tegangan lebih
Signal Initial Phase	= Sudut fasa antara tegangan dan arus yang digunakan
CT Transformation Ratio Preset	= Rasio/Perbandingan trafo arus yang digunakan
Capacity of The First Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-1
Capacity of The Second Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-2
Capacity of The Third Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-3
Capacity of The Fourth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-4
Capacity of The Fifth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-5
Capacity of The Sixth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-6
Capacity of The Seventh Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-7
Capacity of The Eighth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-8
Capacity of The Ninth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-9
Capacity of The Tenth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-10
Capacity of The Eleventh Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-11
Capacity of The Twelveth Loop Capacitor	= Kapasitas kapasitor ke-12

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Secara keseluruhan pengaturan otomatisasi pada kapasitor bank ini dapat bekerja dengan baik yang ditunjukkan dengan dapat menambah dan mengurangi serta menentukan jumlah step kapasitor yang dipakai sesuai kebutuhan daya beban. *Power Factor Regulator* CAPFR-12 bekerja dengan baik, dan unjuk kerja ini dapat dilihat dari sensitifitas *Power Factor Regulator* dalam memproses nilai input dari beban. Semakin besar faktor daya ( $\cos \phi$ ) maka semakin besar pula daya yang bisa diefektifkan dan sistem akan semakin baik. Penambahan daya beban bisa saja dilakukan tanpa harus menambah sumber pembangkit listrik yang baru kalau faktor daya ( $\cos \phi$ ) dari sumber pembangkit yang lama diperbesar (mendekati satu). Pemakaian kapasitor secara step/unit akan lebih menguntungkan dibanding memakai kapasitas kapasitor dalam rating kVAR terbesar, karena tidak selamanya suatu pabrik/industri memakai daya listrik maksimum secara terus menerus. Dalam upaya penghematan energi listrik, perbaikan faktor daya ( $\cos \phi$ ) tidak hanya menguntungkan bagi pihak konsumen tetapi juga menguntungkan bagi pihak pensuplai sumber energi listrik (PLN).

#### 5.2. Saran

Untuk daya yang besar seperti pada industri/pabrik, dapat menggunakan kontaktor sebagai penghubung dan pemutus (switch) kapasitor. Untuk perancang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

berikutnya, alat ini dapat dikembangkan untuk pemakaian non-industri (tegangan

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23



1 $\phi$ /220 V) agar pemakaian kapasitor bank lebih efektif dan efisien baik untuk industri maupun non-industri. Untuk ketelitian dan ketepatan dalam pembacaan data, gunakanlah alat ukur digital dengan galat sekecil mungkin.



## DAFTAR PUSTAKA

Al-Naseem, Osama A. & Ahmad Kh. Adi, 2011, *Impact of Power Factor Correction on the Electrical Distribution Network of Kuwait – A Case Study*, The Online Journal on Power and Energy Engineering, Electrical Engineering Department College of Engineering and Petroleum Kuwait University, Kuwait.

Champman, Stephen J., 1991, *Electric Machinery Fundamental*, Second Edition, Mc. Graw Hill International Edition, New York.

Herman, Stephen L., Alerich, Walter N., 1985, *Industrial Motor Control*, Delmai Publisher Inc., New York.

Kadir, Abdul, 1984, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Edisi Kedua, Penerbit: LP3S, Jakarta.

Lister, Drs. Hanapi Gunawan (Penerjemah), 1993, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Edisi Keenam, Penerbit: Erlangga, Jakarta.

Meintyre, Robert L., Rex Losee, 1991, *Industrial Motor Control Fundamentals*, Fourth Edition, Mc. Graw Hill Publishing Company, New York.

Onohaebi, S.O., O.F. Odiase, and S.I. Osafehinti, 2010, *Improving The Efficiency of Electrical Equipment by Power Factor Correction – A Case Study of Medium Scale Industry in Nigeria*, Journal of Mathematics and Technology, Department of Electrical and Electronic Engineering University of Benin, Nigeria.

Petruzella, Frank D., 1996, *Industrial Electronics*, Third Edition, Mc. Graw Hill Publishing Company, New York.

Theraja, B.L., 1973, *A Text Book of Electrical Technology*, Penerbit: S. Chand & Company LTD Ram Nagar, New Delhi.

Washington State University Cooperative Extension Energy Program, 2003, *Reducing Power Factor Cost*, Washington State University Cooperative Extension Energy Program and the Northwest Energy Efficiency Alliance, Washington DC.

Zuhal, 1993, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Penerbit: PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23