

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS SISTEM KELISTRIKAN PADA MESIN PIPET DAN  
PENGARUHNYA TERHADAP FAKTOR DAYA DI CV. FAJAR  
BARU**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD INDRA NST**

**NPM : 1307220030**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

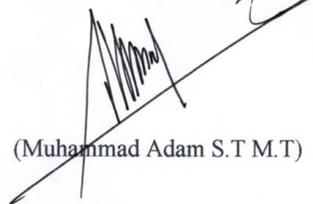
Nama : Muhammad indra nasution  
NPM : 1307220030  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Sistem Kelistrikan Pada Mesin Pipet Dan Pengaruhnya Terhadap Faktor Daya Di Cv Fajar Baru

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Maret 2019

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing I / Penguji



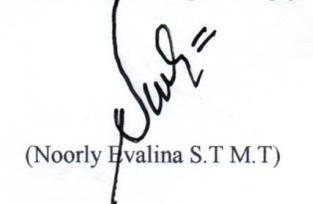
(Muhammad Adam S.T M.T)

Dosen Pembimbing II / Penguji



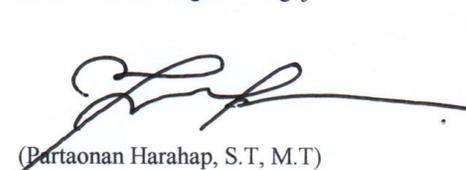
(Zulfikar, S.T, M.T)

Dosen Pembimbing I / Penguji



(Noorly Hvalina S.T M.T)

Dosen Pembimbing II / Penguji



(Partaonan Harahap, S.T, M.T)

Program Studi Teknik Elektro  
Kelas



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Indra Nasution  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 14 September 1993  
NPM : 1307220030  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

### **"Analisa Sistem Kelistrikan Pada Mesin Pipet Dan Pengaruhnya Terhadap Faktor Daya Di Cv Fajar Baru"**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila dikemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Muhammad indra Nst

## ABSTRAK

*Pemakaian energi listrik pada beban beban listrik, sering menimbulkan beberapa masalah karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban. Hal ini disebabkan karena faktor daya pada beban yang terpasang cukup rendah. Untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan pemanfaatan daya listrik yang di supply langsung dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Beban listrik di CV. Fajar Baru pada umumnya bersifat beban induktif, dicirikan dengan arus yang tertinggal terhadap tegangan. Untuk itu haruslah dilakukan perbaikan faktor daya pada instalasi dengan memperhitungkan kapasitas beban terpasang dengan faktor daya yang dihasilkan. Salah satu cara perbaikan faktor daya adalah dengan memasang kapasitor bank pada jaringan listrik. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa faktor daya yang dihasilkan oleh kapasitor dengan kapasitansi 31 uF. 5 KVAR, 415 Volt, 3phase 50 Hz adalah sebesar 0,95.*

*Kata Kunci: Faktor Daya, Perbaikan Faktor Daya*

## ABSTRACT

*The use of electrical energy in the load of electricity, often causes several problems because the power consumed does not match the power required by the load. This is because the power factor at the installed load is quite low. To optimize and maximize the utilization of electrical power supplied directly from PLN, the presence of reactive power must be kept to a minimum. Electricity load at CV. New Dawn is generally an inductive load, characterized by currents lagging behind voltage. For this reason, the power factor must be improved in the installation by calculating the installed load capacity with the power factor produced. One way to improve power factor is to install a bank capacitor on the electricity network. Based on the results of the analysis concluded that the power factor produced by the capacitor with a capacitance of 31  $\mu$ F. 5 KVAR, 415 Volt, 3phase 50 Hz is 0.95.*

Keywords: Power Factor, Power Factor Improvement

## KATA PENGANTAR



Tidak ada kata lain untuk menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT kecuali ucapan syukur atas segala nikmat dengan curahan kasih sayang-Nya atas selesainya penelitian ini dengan baik dengan judul “ANALISA SISTEM KELISTRIKAN PADA MESIN PIPET DAN PENGARUHNYA TERHADAP FAKTOR DAYA DI CV. FAJAR BARU.”

Penulisan penelitian ini dimaksudkan guna melengkapi sebagian persyaratan merahi gelarsarjana di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jurusan Teknik Elektro.

Di dalam menyusun penelitian ini penulis tidak dapat melupakan jasa orang – orang yang telah ikut berperan serta sehingga penelitian ini dapat selesai. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Agussani, M.AP, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT, selaku ketua prodi Jurusan teknik elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT, selaku wakil prodi jurusan teknik elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Muhammad Adam ST, MT Dosen pembimbing saya yang selalu mendukung saya dalam keadaan susah maupun duka yang tidak kenal lelah untuk selalu mengarahkan hingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Zulfikar ST, MT Dosen pembimbing saya yang selalu mendukung saya dalam keadaan susah maupun duka yang tidak kenal lelah untuk selalu mengarahkan hingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Kedua orang tua saya yakni Bapak Ahmad Gazali Nst dan Ibu Misnarina S.Pd yang selalu mendoakan dan selalu mendukung saya.
8. Kepada Bapak dan Ibu dosen juga staff karyawan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kakak dan adik-adik sepupu segenap keluarga tersayang yang telah memberikan dukungan kepada penulis sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga masih banyak hal yang perlu dikaji lebih lanjut untuk pengembangan penelitian dibidang ini. Akhirnya penulis berharap semoga penelitian ini memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dibidang Tenaga Listrik.

Wassalamua'alaikum Wr. Wb

Medan, 05 MARET 2019

Penulis

Muhammad Indra Nasution

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan masalah.....	3
1.4 Tinjauan penelitian.....	3
1.5 Metode penelitian.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Tinjauan pustaka relevan.....	4
2.2 Landasan Teori .....	4
2.3 Daya listrik .....	7
2.3.1 Daya aktif.....	10
2.3.2 Daya reaktif.....	10
2.3.3 Daya semu.....	11
2.4 Faktor daya .....	12
2.4.1 Faktor daya terbelakang (legging) .....	13
2.4.2 Faktor daya mendahului (leading) .....	13
2.5 Sifat beban listrik .....	15
2.5.1 Beban resistif.....	15
2.5.2 Beban induktif.....	16
2.5.3 Beban kapasitif.....	17
2.6 Drop tegangan .....	18
2.7 Kapasitor bank.....	19
2.7.1 Prinsip Kerja Kapasitor Bank.....	23
2.7.2 Komponen-komponen kapasitor bank .....	24

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi penelitian .....	30
3.2 Peralatan penelitian .....	30
3.3 Data penelitian .....	30
3.4 Flowchart penelitian.....	33

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PENYELESAIAN**

4.1 Pengukuran data kelistrikan .....	34
4.2 Pengukuran setelah perbaikan faktor daya.....	34
4.3 Pengaruh perbaikan faktor daya terhadap tagihan .....	35
4.4 Analisis Hasil Pengujian .....	38
4.5 Pemutus Daya untuk Kapasitor .....	40
4.6 Pengaruh Perbaikan Faktor Daya Terhadap Tagihan Listrik Bulanan dan Terhadap PLN .....	42

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran.....	44

### **DAFTAR PUSTAKA**

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang Masalah**

Tersedianya tenaga listrik merupakan faktor yang sangat penting pada era modern saat ini. Setiap tempat, seperti perkantoran, sekolah, pabrik, dan rumah menggunakan energi listrik. Listrik pada industri khususnya CV. Fajar Baru, juga tidak luput dari penggunaan listrik dalam menunjang setiap kegiatan pengelolaan. Hal ini menyebabkan permintaan akan tenaga listrik akan meningkat. Meningkatnya permintaan akan tenaga listrik harus diikuti dengan peningkatan kualitas sistem kelistrikan. Kualitas suatu sistem kelistrikan dapat diukur dari beberapa parameter. Salah satu parameter yang dapat dijadikan ukuran dalam sistem kelistrikan adalah faktor daya dan kandungan harmonisa dalam sistem tersebut.

Pemakaian energi listrik pada beban beban listrik sering menimbulkan problem karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban, hal ini disebabkan karena faktor daya pada beban terpasang cukup rendah. Oleh karena itu, agar pemanfaatan energi listrik yang tersedia dapat berfungsi secara optimal, haruslah dilakukan perbaikan faktor daya pada instalasi dengan memperhitungkan kapasitas beban terpasang dengan faktor daya yang dihasilkan. Salah satu cara perbaikan faktor daya adalah dengan memasang kapasitor.

Faktor daya dikatakan baik apabila mempunyai nilai mendekati satu. Sedangkan dari PLN sebagai penyedia listrik membatasi nilai minimal dari faktor daya yaitu sebesar 0,85. Jika faktor daya belum mencapai 0,85 maka akan

dikenakan (*power factor penalty*) pada konsumen tersebut. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Disamping itu penghematan energi merupakan sesuatu yang prioritas di tengah menipisnya persediaan energi listrik saat ini.

Perbaikan faktor daya akan memberikan keuntungan-keuntungan seperti, mengurangi biaya daya listrik yang digunakan, meningkatkan kapasitas sistem, meningkatkan tegangan serta mengurangi kerugian-kerugian pada sistem tersebut. Dalam perbaikan faktor daya ini perlu diperhitungkan jenis peralatan yang digunakan, letak peralatan serta pengaruh terhadap aliran daya dalam sistem tenaga listrik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan pada poin diatas, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah caranya analisa kinerja kapasitor agar nilai faktor daya yang lebih baik.
2. Bagaimanakah perbandingan nilai faktor daya sebelum dan sesudah dipasang kapasitor

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun yang menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Fokus pembahasan pada tugas akhir ini adalah analisis penggunaan kapasitor untuk perbaikan faktor daya.
2. Parameter yang dianalisa untuk mengetahui fakto rdaya, mengambil contoh pada pabrik pipet di CV. Fajar Baru

#### **1.4 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa kinerja kapasitor untuk mendapatkan nilai faktor daya yang lebih baik.
2. Mengetahui perbandingan nilai faktor daya antara sebelum dan sesudah dipasang kapasitor.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

##### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori dasar yang menjelaskan pengertian tentang faktor daya, beban aktif, reaktif dan pasif dan juga perhitungan teknis.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang gambaran dan penjelasan metode yang digunakan untuk penelitian.

##### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang hasil analisis faktor daya, perbedaan yang dihasilkan antara dan sesudah penggunaan.

##### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan penulis tentang hasil analisa sistem listrik pabrik pipet terhadap faktor daya pada CV. Fajar Baru.

## **BAB II LANDASAN TEORI**

### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Penelitian ini didasari oleh penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fahmi Hakim yang berjudul “Analisis Kebutuhan Kapasitor Bank beserta implementasinya untuk memperbaiki faktor daya listrik di Politeknik Kota Malang”. Penelitian tersebut bertujuan untuk memperbaiki kualitas daya listrik dalam hal ini perbaikan faktor daya listrik politeknik negeri malang (Eltek,2014;12). Hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu pemasangan Kapasitor Bank memperbaiki kualitas daya listrik Politeknik Kota Malang karena meningkatkan faktor daya menjadi 0,96 dan menurunkan daya reaktif menjadi 4,6 kVAr. Dengan meningkatnya faktor daya diatas 0,85 maka otomatis tagihan listrik direkening listrik PLN berupa denda kVAr akan hilang.

Memperbaiki Profil Tegangan Di Sistem Distribusi Primer Dengan Kapasitor Shunt. Peningkatan beban yang bersifat induktif dapat mengakibatkan pada penurunan faktor daya, peningkatan rugi-rugi jaringan, penurunan tegangan khususnya pada ujung saluran, dan regulasi tegangan yang memburuk. Berdasarkan pada Laporan Akhir Studi Pengembangan Sistem Distribusi Bali tahun 2004 terdapat beberapa penyulang yang memiliki profil tegangan dibawah standar yang diijinkan, diantaranya penyulang Susut. Alternatif yang dapat dilakukan untuk memperbaiki profil tegangan tersebut adalah dengan melakukan kompensasi daya reaktif yaitu dengan memasang kapasitor shunt. Dari hasil optimasi yang telah dilakukan pada penyulang Susut kapasitor shunt ditempatkan pada jarak 34,022 km (bus 70 A) dari sumber dengan kapasitas 2100 kVAR.

Kenaikan tegangan pada bus (penyulang Susut) yang memiliki tegangan paling rendah mencapai 19,070 kV dari tegangan awal 17,946 kV. (Ngakan Putu Satriya Utama: 2008).

Identifikasi Jenis Sambungan Penghantar Terhadap Jatuh Tegangan. Kehilangan tegangan pada penghantar sebagai masalah yang dihadapi. Tujuan identifikasi untuk memperoleh besarnya kehilangan tegangan pada penghantar. Cara identifikasi meliputi; pengujian terhadap empat jenis sambungan jaringan listrik, analisis besarnya jatuh tegangan pada saluran terhadap tiap jenis sambungan penghantar, pembahasan, dan penarikan simpulan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa untuk penghantar dengan luas penampang  $2 \times 25 \text{ mm}^2$  sepanjang 200 m mempunyai  $AV = 0,2 \text{ V}$ ,  $VR = 0,09 \%$ , dan  $AP = 0,5 \text{ VA}$  dari sambungan lilit dan puntir, lebih rendah bila dibandingkan dengan jenis sambungan untuk panjang penghantar 100 m yang mempunyai  $AV = 2 \text{ V}$ ,  $VR = 0,91 \%$  dan  $AP = 5$ . (Luwis H. Laisina dan Hamles L. Latupeirissa Luwis: 2008)

## **2.2 Kualitas Daya Listrik**

Peningkatan terhadap kebutuhan dan konsumsi energi listrik yang baik dari segi kualitas dan kuantitas menjadi salah satu alasan mengapa perusahaan utilitas penyedia listrik perlu memberi perhatian terhadap isu kualitas daya listrik. Terlebih pada konsumen perindustrian yang membutuhkan (*supply*) listrik yang baik yaitu dari segi kontinuitas dan juga kualitas tegangan yang di (*supply*), karena mesin - mesin pada perindustrian sensitif terhadap lonjakan/ketidakstabilan tegangan. Namun perlu diusahakan suatu sistem pendistribusian tenaga listrik yang dapat memberikan pelayanan yang memenuhi kriteria yang diinginkan konsumennya. Istilah kualitas daya listrik bukanlah hal yang baru melainkan

sudah menjadi isu penting pada industri sejak akhir 1980 - an. Kualitas daya listrik memberikan gambaran akan baik buruknya suatu sistem ketenagalistrikan dalam mengatasi gangguan-gangguan pada sistem tersebut.

Ada empat alasan utama perlunya perhatian lebih akan masalah kualitas daya. Perangkat listrik yang digunakan pada saat ini sangat sensitif terhadap kualitas daya listrik yang mana perangkat berbasis mikroprosesor dan elektronika daya lainnya membutuhkan tegangan pelayanan yang stabil dan level tegangannya juga harus dijaga pada tegangan kerja perangkat tersebut.

Peningkatan yang ditekankan pada efisiensi daya/sistem kelistrikan secara keseluruhan yang mengakibatkan pertumbuhan lanjutan dalam aplikasi perangkat dengan efisiensi tinggi, seperti pengaturan kecepatan motor listrik dan penggunaan kapasitor bank untuk koreksi faktor daya untuk mengurangi rugi – rugi. Hal ini mengakibatkan peningkatan tingkat harmonik pada sistem tenaga dan mengakibatkan banyak praktisi dibidang sistem tenaga listrikan khawatir akan dampak tersebut di masa depan, dikhawatirkan dapat menurunkan kemampuan dari sistem tersebut.

Meningkatnya kesadaran para konsumen akan masalah kualitas daya. Dimana pelanggan/konsumen menjadi lebih mengerti akan masalah seperti interupsi, sags, dan transien switching dan mengharapkan sistem utilitas listrik untuk meningkatkan kualitas daya yang dikirim.

Sistem tenaga listrik sekarang ini sudah banyak yang melakukan interkoneksi antar jaringan, di mana hal ini memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen akan mengakibatkan kegagalan pada komponen lainnya. (Roger C. Dugan, 1996).

Masalah yang dapat timbul dari sistem tenaga listrik dengan kualitas daya yang buruk dapat berupa masalah lonjakan/perubahan tegangan, arus dan frekuensi yang akan menimbulkan kegagalan peralatan. Yang mana kegagalan ini merusak peralatan listrik baik dari sisi pengirim maupun sisi penerima. Untuk itu demi mengantisipasi kerugian yang dapat terjadi baik dari pihak PLN maupun masyarakat, pihak PLN harus mengupayakan sistem ketenagalistrikan yang baik.

### 2.3 Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan (*Electrical Power*) adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Jadi daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam listrik daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan usaha atau kerja. (*Horsepower*) merupakan satuan daya listrik, dimana 1 HP setara 746 Watt/detik. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian dari Tegangan dan Arus. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan Watt, yang merupakan perkalian dari Tegangan (volt) dan arus (ampere). Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan:

$$P = \frac{W}{T}$$

$$P = \text{Watt} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$P =$  Besarnya daya (W)

$W =$  Usaha (J)

$T =$  Waktu(S)

Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi.

Satuan dari daya adalah Joule/detik atau Watt.

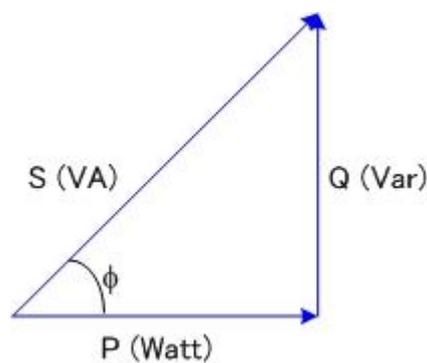
1. Besarnya energi atau beban listrik yang terpakai ditentukan oleh reaktansi (R), induksi (L), dan kapasitansi (C).
2. Sedangkan besarnya pemakaian energi listrik disebabkan oleh banyak dan beraneka ragamnya peralatan (beban) listrik yang digunakan dalam industri.

Terdapat tiga macam beban listrik yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Berikut ini akan dijelaskan tentang ketiga beban tersebut:

1. Pada umumnya beban listrik yang digunakan dalam industri bersifat induktif, beban induktif yang bersifat positif membutuhkan daya reaktif. Contoh dari beban Induktif ini adalah Trafo, motor induksi (AC), lampu TL dan sebagainya
2. Beban kapasitif yang bersifat negatif menghasilkan daya reaktif. Daya reaktif ini merupakan daya yang tidak dapat digunakan sebagai sumber tenaga, namun diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Contoh dari beban kapasitif ini adalah penggunaan kapasitor.
3. Beban Resistif adalah suatu alat yang membutuhkan daya listrik, berupa komponen yang terdiri dari Resistan (Ohm), dan bekerja/beroperasi berdasarkan prinsip kerja Resistansi (Hambatan). Beban Resistif hanya

mengonsumsi Daya Aktif, dan tidak menyebabkan perubahan nilai faktor daya, sehingga nilai Faktor daya tetap, yaitu sama dengan satu. Beban Resistif tidak mempengaruhi gelombang Tegangan dan Arus, sehingga posisi Gelombang Tegangan dan Arus tetap sefasa. Contoh dari penggunaan beban resistif adalah seperti pemakaian lampu pijar, heater dan alat pemanas lainnya.

Penjumlahan vektor dari daya reaktif (Q) dan daya aktif (P) biasa disebut dengan daya semu (S), daya semu adalah daya yang terukur atau terbaca pada alat ukur.



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Jika digambarkan dalam bentuk segitiga dayamaka daya nyata direpresentasikan oleh sisi miring. Daya aktif maupun reaktif, direpresentasikan oleh sisi-sisi segitiga yang saling tegak lurus. Dari gambar diatas terlihat pula bahwa semakin besar nilai daya reaktif (Q) akan meningkatkan sudut antara daya nyata dan daya semu atau biasa disebut dengan *power factor*/ $\text{COS } \phi$ . sehingga daya yang terbaca pada alat ukur (S) lebih besar daripada daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban (P).

Berdasarkan gambar diatas kita dapat simpulkan daya listrik dibagi dalam tiga macam daya sebagai berikut :

### 2.3.1 Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya di saat tegangan dan arus dalam satu fasa atau daya yang muncul akibat arus listrik mengalir melalui hambatan yang ada pada beban seperti lampu pijar, elemen panas dan heater. Saat tegangan dan arus dalam satu fasa, daya ini dipergunakan untuk melakukan kerja atau dengan kata lain daya yang benar-benar sesuai dengan kebutuhan tenaga kerja listrik, misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain.

Daya ini dipergunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja. Satuan untuk daya aktif adalah Watt dengan simbol P.

$$\text{Satu Fasa } P = V.I.\cos \phi$$

$$\text{Tiga Fasa } P = \sqrt{3}.V.I.\cos \phi \dots\dots\dots(2.2)$$

Daya ini sering digunakan secara umum oleh konsumen dan sebagai satuan yang digunakan untuk daya listrik dan dikonversikan dalam bentuk kerja. Jenis daya ini adalah daya yang sebenarnya dibutuhkan oleh beban, besarnya daya ini sangat dipengaruhi oleh efisiensi instalasi dan beban. Semakin banyak beban induksi yang tidak efisien maka semakin tinggi daya aktif ini. Contoh beban induksi adalah semua yang menggunakan kumparan (Pompa, Kulkas Freezer AC, Mesin Photo Copy, Mesin Bubut, Lampu TL, Peralatan Musik/Audio dll). Peralatan ini ketika Start memerlukan daya listrik sesaat yang jauh lebih besar dari yang tertera di peralatan, dan ketika sudah beroperasi memerlukan daya listrik sekitar 10%-30% lebih besar dari data peralatan (*name plate*) tergantung efisiensi.

### 2.3.2 Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet dimana tegangan dan arus ada dalam beda fasa. Saat tegangan dan

arus beda fasa, daya ini digunakan untuk membangkitkan medan magnet inductor, dari pembentukan medan magnet akan terbentuk (*fluks*) medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motordan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var. Daya Reaktif adalah. Ada 2 macam daya reaktif yaitu :

1. Daya Reaktif Induktif.

Daya yang muncul akibat mengalirnya arus listrik melalui kumparan-kumparan kawat, seperti pada motor-motor listrik, transformer, pada lampu neon dan lain lain.

2. Daya Reaktif Kapasitif.

Daya yang timbul akibat mengalirnya arus listrik pada sebuah kapasitor. Satuan dari daya reaktif adalah Volt Amper Reaktif (VAR) dengan simbol Q.

Daya reaktif adalah penyimpangan daya yang timbul akibat beban induksi. Daya reaktif merupakan daya yang digratiskan oleh PLN khusus untuk konsumen perumahan, akan tetapi untuk industri akan dikenakan denda jika melebihi nilai tertentu.

### 2.3.3 Daya Semu (S)

Daya semu atau daya total (S), ataupun juga dikenal dalam Bahasa Inggris (*Apparent Power*), adalah hasil perkalian antara tegangan efektif (*root-mean-square*) dengan arus efektif (*root-mean-square*).

Daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms pada suatu beban yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu dinyatakan dengan satuan *Volt-Ampere* (disingkat, VA),

menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator, transformator dan bahkan di KWh meter rumah kita. Daya semu juga dapat dikatakan adalah daya yang hilang pada saat terjadinya aliran listrik. Satuan Daya semu ini adalah VA dengan simbol S.

$$S = \sqrt{3}V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$$S = \text{Daya Semu (VA)}$$

$$V = \text{Tegangan (V)}$$

Daya nyata merupakan daya yang diberikan PLN ke konsumen, beban-beban yang bersifat daya nyata adalah peralatan yang menimbulkan energy panas (resitif). Antara lain : Setrika, Lampu Pijar, Rice Cooker, Solder, Pemanggang Roti, Dispenser Hot-Cold, Magic Jar dan lain-lain. Peralatan tersebut ketika start ataupun saat beroperasi memerlukan daya listrik sesaat yang sama dengan yang tertera diperalatan.

## 2.4 Faktor Daya

Faktor daya yang dinotasikan sebagai  $\cos \phi$  didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Daya reaktif yang tinggi meningkatkan sudut ini dan hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah.

$$\text{Faktor Daya} = \text{Daya Aktif (P)} / \text{Daya Semu (S)}$$

$$= \text{KW/KVA}$$

$$= V I \cos \phi / V I$$

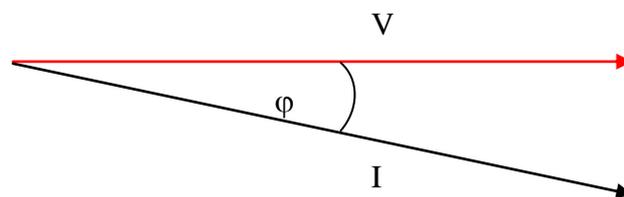
$$= \cos \phi \dots\dots\dots(2.4)$$

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*) yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada sistem.

#### 2.4.1 Faktor Daya Terbelakang (Lagging)

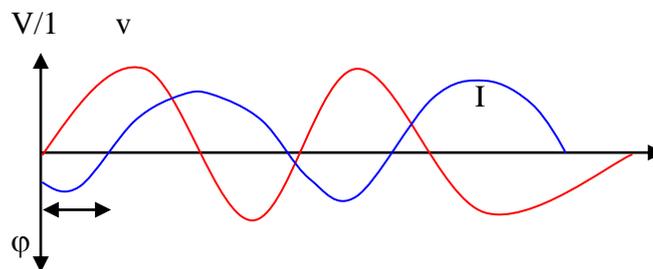
Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut
2. Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut  $\phi$



Gambar 2.2 Arus tertinggal dengan tegangan sebesar sudut  $\phi$

Dari gambar diatas terlihat arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya nyata, artinya beban membutuhkan atau menerima daya reaktif

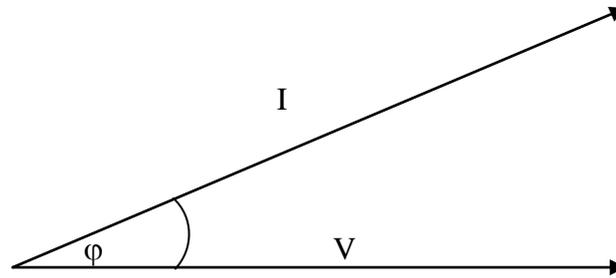


Gambar 2.3 Gelombang faktor daya terbelakang

#### 2.4.2 Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan factor daya saat memiliki kondisi-kondisi seperti berikut :

1. Beban atau peralatan memerlukan daya reaktif dari system atau beban bersifat kapasitif.
2. Arus (I) mendahului tegangan (V), V terbelakang dari I dengan sudut  $\phi$ .



Gambar 2.4 Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut  $\phi$ .

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.

$$\begin{aligned} \text{Tan} &= \frac{\text{Daya Reaktif (Q)}}{\text{Daya Aktif (P)}} \\ &= \frac{\text{KV AR}}{\text{Kw}} \dots\dots\dots(2.5) \end{aligned}$$

Karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAR berubah sesuai dengan faktor daya), dapat juga di tulis sebagai berikut:

DayaReaktif (Q)

$$\text{Daya Aktif (P) x Tan } \phi \dots\dots\dots(2.6)$$

Daya reaktif pada pf awal

$$\text{Daya Aktif (P) x Tan } \phi_1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Daya reaktif pada pf diperbaiki

$$\text{Daya Aktif (P) x Tan } \phi_2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Daya reaktif (kVAR)

$$\text{Daya Aktif (kW) x (Tan } \phi_1 - \text{Tan } \phi_2) \dots\dots\dots(2.9)$$

keuntungan meningkatkan faktor daya :

1. Kapasitas distribusi sistem tenaga listrik akan meningkat.
2. Mengurangi rugi-rugi daya pada system.
3. Tagihan listrik akan menjadi kecil (PLN akan memberikan denda jika pf lebih kecil dari 0,85).

## **2.5 Sifat Beban Listrik**

Beban listrik adalah suatu alat atau benda yang dapat bekerja atau berfungsi apabila dialiri arus listrik yang berpotensi (dapat bekerja dengan memanfaatkan energi listrik). Contoh: lampu, alat-alat rumah tangga, alat-alat elektronik, selain itu alat-alat yang digunakan untuk merubah energi listrik menjadi energi lain misal gerak dan panas, dan lain sebagainya.

Dalam suatu rangkaian listrik selalu dijumpai suatu sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi sumber DC adalah nol. Reaktansi induktif ( $X_L$ ) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut akan (*short circuit*). Reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan (*open circuit*). Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut :

### **2.5.1 Beban Resistif**

Beban yang memiliki sifat resistif akan memiliki sifat yang sama dengan resistor ( $R$ ). Apabila beban tersebut dialiri arus listrik maka arus listrik yang mengalir melalui beban tersebut adalah arus nominal pada beban dan memiliki nilai yang tetap sehingga tidak diaktifkan. Contoh beban beban listrik yang

bersifat resistif adalah lampu pijar (penerangan), setrika, teko listrik, dan alat-alat rumah tangga yang bersifat pemanas lainnya. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Tegangan dan arus se-fasa.

Secara matematis dinyatakan :

$$P = V \times I$$

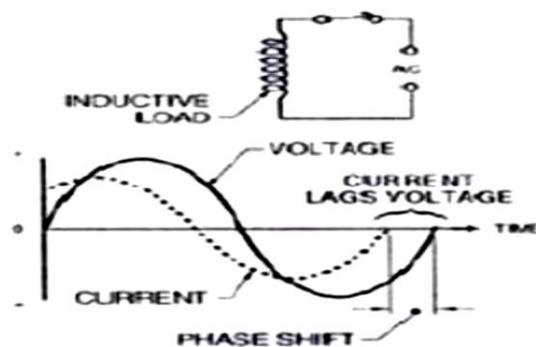
Dimana : P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

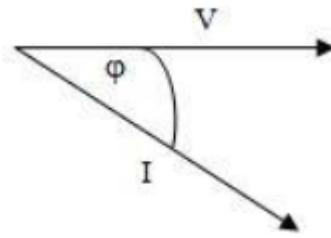
I = Arus (Ampere)

### 2.5.2 Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi, contoh: motor-motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1 (*lagging*). Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR). Tegangan mendahului arus sebesar  $\phi^\circ$ . Secara matematis dinyatakan :



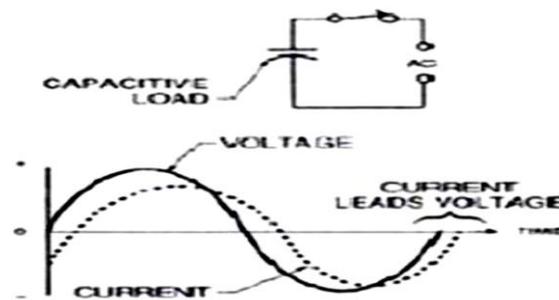
Gambar 2.5 Rangkaian Induktif gelombang AC



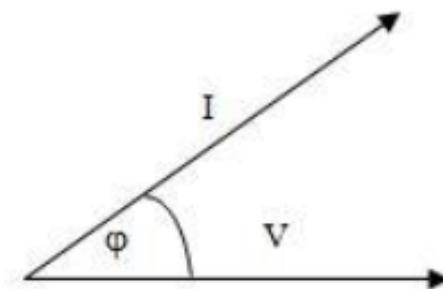
Gambar 2.6 Tegangan dan Arus pada beban induktif

### 2.5.3 Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0–1 (*leading*). Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Arus mendahului tegangan sebesar  $\phi^\circ$ . Secara matematis dinyatakan:



Gambar 2.7 Rangkaian kapasitif gelombang AC

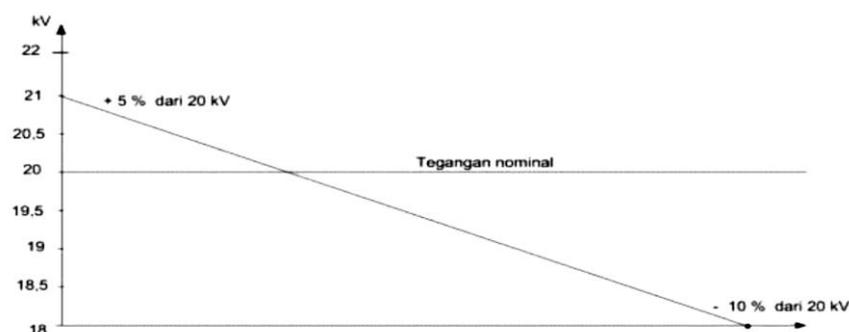


Gambar 2.8 Tegangan dan Arus pada beban kapasiti

## 2.6 Drop Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti (*PT.PLN*),2010: hal 20).

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh  $V$  pada penghantar semakin besar jika arus  $I$  di dalam penghantar semakin besar. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya (*Daryanto*,2010: hal 18 & 42).



Gambar 2.9 Toleransi Batas Tegangan yang diizinkan

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan jatuh tegangan di sisi penerima maksimal 10%. Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik ( $R$ ) dan reaktansi ( $X$ ). Jatuh tegangan phasor  $V_{drop}$  pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi ( $Z$ ) dan membawa arus ( $I$ ) dapat dijabarkan dengan rumus

$$V_I = \frac{I \cdot Z}{V_{L-N}} \dots \dots \dots (2.10)$$

## 2.7 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan elektrik untuk meningkatkan power factor (PF), yang akan mempengaruhi besarnya arus (Ampere). Pemasangan kapasitor bank pada sebuah sistem listrik akan memberikan keuntungan sebagai berikut:

1. Peningkatan kemampuan jaringan dalam menyalurkan daya.
2. Optimasi biaya : ukuran kabel diperkecil.
3. Mengurangi besarnya nilai (*drop voltage*).
4. Mengurangi naiknya arus/suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi-rugi daya.



Gambar 2.10 Kapasitor Bank

Peningkatan faktor daya ini tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (dalam kVAR), Sehingga denda VARh anda bisa dikurangi. Pada kehidupan modern dimana salah satu cirinya adalah pemakaian energi listrik yang besar. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Besarnya pemakaian energi listrik itu disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Di mana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada (*rectifier*), motor induksi (AC) dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif.

Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam menggunakan energi listrik ternyata pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR). Penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya nyata yang merupakan daya yang disuplai oleh PLN.

Jika nilai daya itu diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi-rugi daya menjadi besar sedang daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Dengan demikian produksi pada industri itu akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi untuk itu suplai daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya. Karena daya itu :

$$P = \frac{W}{T}$$

$$P = \text{Watt} \dots \dots \dots (2.11)$$

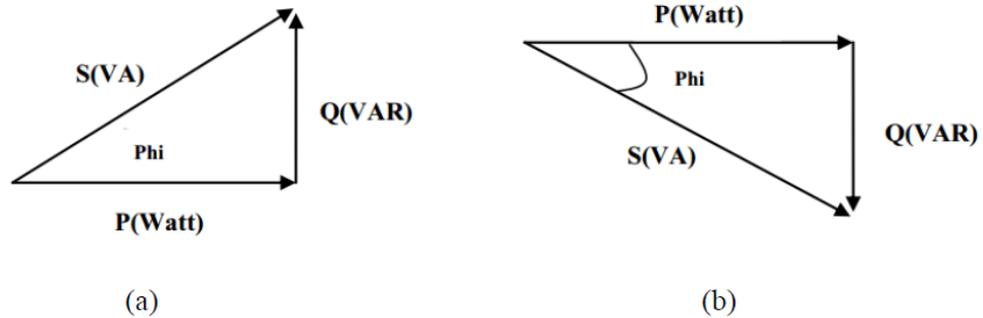
Keterangan :

P = Besarnya daya (W)

W = Usaha (J)

T = Waktu(S)

Maka dengan bertambah besarnya daya berarti terjadi penurunan harga V dan naiknya harga I. Dengan demikian daya aktif, daya reaktif dan daya semu merupakan suatu kesatuan yang kalau digambarkan seperti segi tiga siku-siku pada Gambar 2.11 berikut:



Gambar 2.11 Segitiga Daya, (a) Karakteristik beban Kapasitif (b) Karakteristik beban induktif

Seperti kita ketahui bahwa harga  $\cos \phi$  adalah mulai dari 0 s/d 1. Berarti kondisi terbaik yaitu pada saat harga P (kW) maksimum [  $P \text{ (kW)} = S \text{ (kVA)}$  ] atau harga  $\cos \phi = 1$  dan ini disebut juga dengan  $\cos \phi$  yang terbaik.

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

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

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = V \cdot I \dots \dots \dots (2.12)$$

Namun dalam kenyataannya harga  $\cos \phi$  yang ditentukan oleh PLN sebagai pihak yang mensuplai daya adalah sebesar 0,8. Jadi untuk harga  $\cos \phi$

<0,8 berarti pf dikatakan jelek. Jika pf pelanggan jelek (rendah) maka kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunakan pelanggan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan semakin menurunnya pf sistem kelistrikan pelanggan. Akibat menurunnya pf itu maka akan muncul beberapa persoalan sbb :

- a. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi.
- b. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR.
- c. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan.

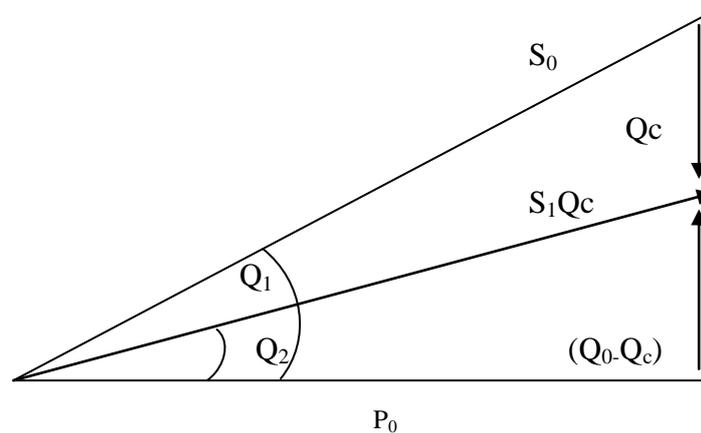
Secara teoritis sistem dengan pf yang rendah tentunya akan menyebabkan arus yang dibutuhkan dari pemasok menjadi besar. Hal ini akan menyebabkan rugi-rugi daya (daya reaktif) dan jatuh tegangan menjadi besar. Dengan demikian denda harus dibayar sebab pemakaian daya reaktif meningkat menjadi besar. Denda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

Berdasarkan dari cara kerjanya, kapasitor bank dibedakan menjadi 2:

1. **Fixed type**, yaitu dengan memberikan sebuah beban kapasitif yang tetap ataupun berubah-ubah pada beban. Biasanya digunakan pada beban langsung seperti pada motor induksi. Pada tipe ini harus dipertimbangkan adalah pada saat pemasangan kapasitor bank tanpa beban.
2. **Automatic type**, yaitu memberikan beban kapasitif yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan kapasitor bank yang terpasang. Pada tipe ini jenis panel dilengkapi dengan sebuah (*Power Factor Controller*) sebagai pengaman. PFC akan menjaga cos phi pada jaringan listrik yang sesuai dengan target

yang ditentukan. Apabila pada tipe ini terjadi perubahan beban, maka PFC secara otomatis akan memperbaiki  $\cos \phi$ .

Sebuah kapasitor daya atau yang dikenal dengan kapasitor bank harus mempunyai daya  $Q_c$  yang sama dengan daya reaktif dari sistem yang akan diperbaiki faktor dayanya. Jika keadaan ini dipenuhi, kapasitor bank akan memperbaiki faktor daya menjadi bernilai maksimum ( $\cos \phi = 1$ ). Besarnya daya reaktif yang diperlukan untuk mengubah faktor daya dari  $\cos \phi_1$  menjadi  $\cos \phi_2$  dapat ditentukan dengan:



Gambar 2.12 Perbaikan faktor daya dengan kapasitor

### 2.7.1 Prinsip Kerja Kapasitor

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar pf 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, maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron ( $I_c$ ) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya

treaktif ke beban. Keran beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil. Rugi-rugi daya sebelum dipasang kapasitor.

Rugi daya aktif

$$= I^2 \times R \text{ (Watt)} \dots \dots \dots (2.13)$$

Rugi daya reaktif

$$= I^2 \times X_c \text{ (Var)} \dots \dots \dots (2.14)$$

Rugi rugi daya setelah di pasang kapasitor :

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

Rugi daya reaktif

$$= (I^2 - I_c^2) \times X_c \text{ (Var)} \dots \dots \dots (2.15)$$

## 2.7.2 Komponen-Komponen Kapasitor Bank

### a. *Main switch / load Break switch*

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



Gambar 2.13 Load Breaker Switch

### b. Kapasitor Breaker

Kapasitor Breaker digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke Kapasitor bank dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas breaker yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal dengan  $I_m = 10 \times I_r$ . Untuk menghitung besarnya arus dapat digunakan rumus  $I_n = Q_c / 3 \cdot V_L$  Sebagai contoh: masing masing steps dari 10 steps besarnya 20 Kvar maka dengan menggunakan rumus diatas didapat besarnya arus sebesar 29 ampere, maka pemilihan kapasitas breaker sebesar  $29 + 50 \% = 43 \text{ A}$  atau yang dipakai 40 Ampere. Selain breaker dapat pula digunakan Fuse, Pemakaian Fuse ini sebenarnya lebih baik karena respon dari kondisi over current dan Short circuit lebih baik namun tidak efisien dalam pengoperasian jika dalam kondisi putus harus selalu ada penggantian fuse. Jika memakai fuse perhitungannya juga sama dengan pemakaian breaker.



Gambar 2.14 *Capasitor Breaker*

### *c. Magnetic Contactor*

Komponen (*Magnetic contactor*) diperlukan sebagai Peralatan kontrol. Beban kapasitor mempunyai arus puncak yang tinggi, lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan (*magnetic contactor*) minimal 10 % lebih tinggi dari arus nominal pada AC 3 dengan beban induktif/kapasitif. Pemilihan (*magnetic*) dengan (*range*) ampere lebih tinggi akan lebih baik sehingga umur pemakaian (*magnetic contactor*) lebih lama.



Gambar 2.15 *Magnetic Contactor*

#### d. Kapasitor Bank

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

#### e. *Reactive Power Regulator*

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/sistem dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama (*Breaker*) maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps.



Gambar 2.16 *Reactive Power Regulator*

Peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain :

1. (*Push button on* dan (*push button off*) yang berfungsi mengoperasikan (*magnetic contactor*) secara manual (*Selektor auto – off – manual*) yang

berfungsi memilih system operasional auto dari modul atau manual dari (*push button*).



Gambar 2.17 *Push Button*

2. (*Exhaustfan+thermostat*) yang berfungsi mengatur (*ambein temperature*) dalam ruang panel kapasitor. Karena kapasitor kontaktor dan kabel penghantar mempunyai disipasi daya panas yang besar maka temperature ruang panel meningkat. Setelah setting dari (*thermostat*) terlampaui maka kipas pembuangan akan otomatis berhenti.



Gambar 2.18 *Exhaust Fan*



Gambar 2.19 *Thermostat*

**f. *Setup C/K PFR***

(*Capacitor Bank*) agar (*Power Factor Regulator*) yang terpasang pada (*Panel Capacitor Bank*) dapat bekerja secara maksimal dalam melakukan otomatisasi mengendalikan kerja kapasitor maka diperlukan pengaturan C/K yang sesuai.



Gambar 2.20 *Power Factor Regular*

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di gedung Pabrik Pipet CV. Fajar Baru, Jalan Kelambir V/Ulayat Raya No.12 Deli Serdang.

### **3.2 Peralatan Penelitian**

a. Tang Meter Digital

Merk	: Hioki
Nomor Seri	: 3286-20
Pengukuran arus berkisar	: 1000A
Pengukuran Tegangan	: 600V
Sumber energi	: Baterai 9V
Pengukuran faktor daya	

b. Multimeter

Merk	: Sanwa
Nomor Seri	: 161211302443
Pengukuran tegangan	: 750 VAC
Pengukuran Tahanan	: 100k $\Omega$

c. Kamera

d. Handphone

e. Tespen

### **3.3 Data Penelitian**

Secara garis besar ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya faktor daya yang dihasilkan oleh beban itu sendiri antara lain:

## 1. Beban Penerangan

Peralatan penerangan merupakan peralatan yang menghasilkan cahaya, hal ini digunakan untuk menerangi tempat-tempat yang kurangnya suplai cahaya dari matahari. Penerangan yang terdapat pada pabrik pembuatan pipet ini khusus nya pada CV. Fajar Baru terdiri atas Lampu XL, Lampu TL, Lampu Merkuri dan sebagainya.

## 2. Beban Motor

### a. Mesin Pipet

Peralatan yang digunakan di dalam pabrik pembuatan pipet yang berada di CV. Fajar Baru ini adalah kebanyakan penggunaan motor yang dimana motor merupakan beban induktif.

### b. Kipas Angin/Exhasut Fan

Kipas merupakan daya yang sangat ringan penggunaannya dari pada penggunaan AC (*Air Conditioner*) untuk menyejukan ruangan. Sedangkan exhasut fan sendiri penggunaannya berbeda dari pada penggunaan kipas pada umumnya. Kipas pada umumnya untuk menyejukan ruangan dengan cara memberi udara di lingkungan sekitar penggunaannya sedangkan (*exhasut fan*) umumnya digunakan untuk membuang hawa panas atau asap yang berasal dari pabrik ke luar tujuannya agar tidak terjadi pengumpulan hawa panas/asap di area lingkungan pabrik.

c. Pompa Air

Pada umumnya pompa air yang digunakan di pabrik pembuatan pipet ini sendiri untuk menyalurkan air ke saluran air dari mesin pipet agar mensirkulasikan dan menjaga kualitas dari pipet itu sendiri.

d. Kompresor

Kompresor merupakan alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara. Penggunaan di dalam pabrik pembuatan pipet ini adalah untuk membentuk bahan plastik yang telah dipanaskan dan menjadi lunak kemudian di bentuk dengan bantuan kompresor dimana fungsi kompresor itu sendiri memberi tekanan ke bahan agar bahan plastik dapat di bentuk ke dalam bentuk pipet sesuai dengan tekanan yang kebutuhan.

3. Beban Pemanas

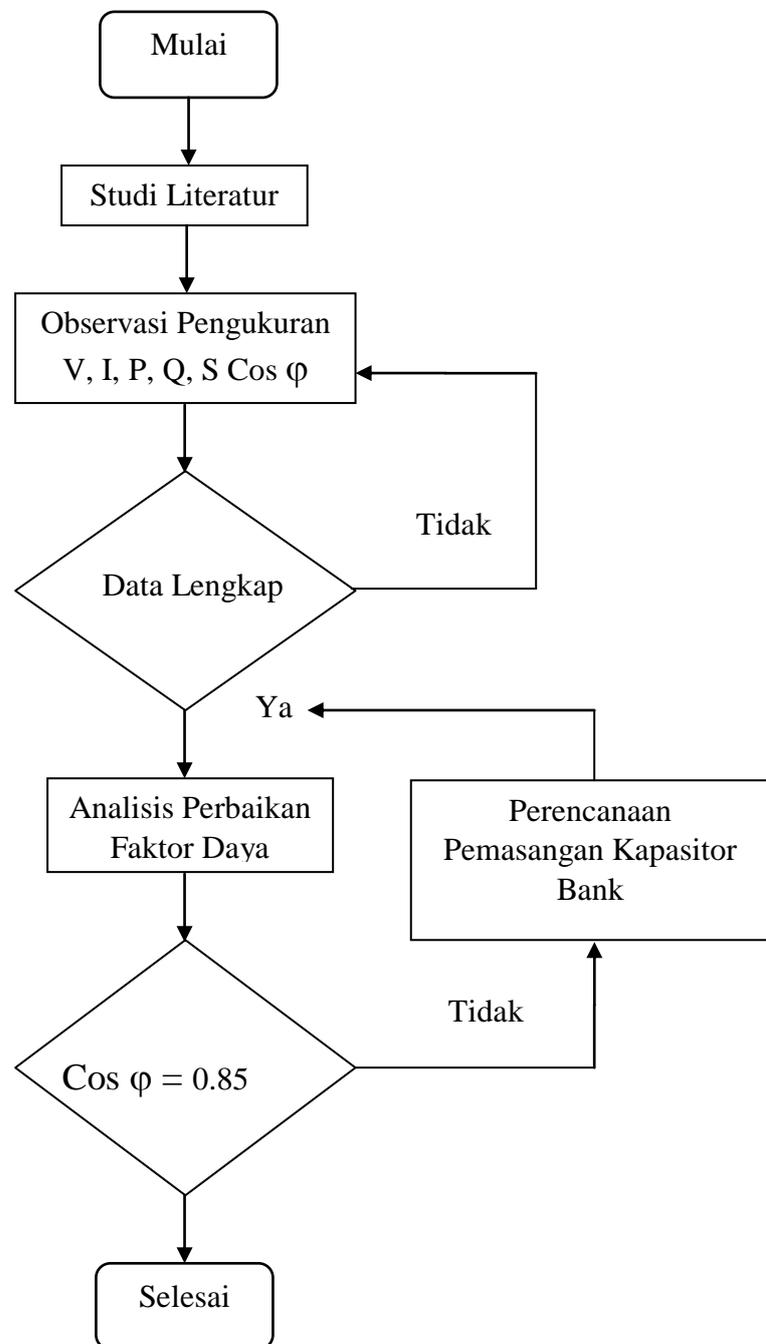
Penggunaan pemanas pada mesin pipet adalah untuk meleburkan bahan plastik menjadi lunak agar dapat dibentuk dengan menggunakan kompresor sesuai tekanan yang disesuaikan.

4. Beban elektronika

Beban elektronika khususnya beban yang di hasilkan komputer dimana komputer itu sendiri merupakan media teknologi yang digunakan untuk menunjang kualitas dari bagian administrasi karyawan tersebut.

### 3.4 Flowchart Penelitian

Prosedur penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flowchart Penyusunan Tugas Akhir

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran Data Kelistrikan

Untuk mengukur besaran listrik yang diperlukan digunakan alat ukur (*Clam On Power HiTester 3286-20*) merek *HIOKI*. Alat ukur ini mampu mengukur parameter-parameter yang diperlukan, antara lain: arus, tegangan, faktor daya, %THDi pada pengukuran satu fasa dan untuk sistem tiga fasa mampu mengukur daya aktif, daya reaktif daya semu, dan urutan fasa.

Pengukuran dilakukan pada keluaran dari power supply, pada kasus ini setelah keluaran kwh meter. Berikut hasil pengukuran pada sistem listrik dari industri pabrik yang berlangganan 53000 VA sebelum dipasang kapasitor yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

<b>Besaran Listrik</b>	<b>Sebelum Perbaikan Faktor Daya</b>
Arus (I)	73 A
Tegangan (V)	380 V
$\cos \phi$	0,75 Lagging
$\phi^{-1}$	41,4°
Daya Semu	53000 VA
Daya Reaktif	35049 VAR
Daya Aktif	39755 Watt

**Tabel 4.1.** Hasil pengukuran besaran listrik sebelum perbaikan faktor daya

## 4.2 Menghitung Daya Reaktif Sebelum Perbaikan

Perhitungan daya reaktif harus dilakukan perhitungan dengan cermat. Kelebihan kompensasi akan menyebabkan jaringan menjadi kapasitif, selain itu akan meningkatkan suhu pada jaringan, arus dan tegangan akan meningkat. Ada beberapa cara menentukan daya reaktif ( $Q_1$ ) diantaranya adalah:

Metode ini dipergunakan agar dapat menentukan  $Q_1$ . Biasanya dilakukan untuk memperkirakan berapakah kapasitor yang dibutuhkan untuk suatu pabrik dimana perusahaan industri banyak sekali menggunakan beban induktif. Hasil dari pengukuran yang telah dilakukan didapatkan faktor daya sebesar 0,75. Dimana daya terpasang dari supply PLN adalah sebesar 53KVA

Diketahui,

$$S = 53\text{KVA}$$

$$P = 53 \text{ KVA} \times 0,75$$

$$= 39755 \text{ KW}$$

Jadi nilai yang akan dihasilkan dari daya reaktif dimana hasil dari sebelum perbaikan faktor daya adalah

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{53^2 - 39,7^2}$$

$$= \sqrt{2809} - 1576,1$$

$$= \sqrt{1232,9}$$

$$= 35112 \text{ VAr}$$

$$= 35,1 \text{ KVAr}$$

Maka diketahui  $Q_1$  adalah sebesar 35112 Var, atau sebesar 35,1 KVAr

Untuk dapat memperbaiki daya reaktif ( $Q_2$ ) pada suatu pabrik industri dimana Faktor daya yang dihasilkan penggunaan di suatu pabrik banyak menggunakan beban induktansi, jadi hal yang harus diperbaiki adalah faktor daya dan kita harus menentukan seberapa besar Faktor daya yang ingin kita capai agar rugi-rugi daya dapat dimanfaatkan agar bekerja sesuai kebutuhan dan tidak berlebihan. Misalnya Faktor daya dari industri pabrik pipet CV. Fajar Baru ingin diperbaiki dari nilai 0,75 menjadi 0,95.

Diketahui,

$$S = 53 \text{ KVA}$$

$$\begin{aligned} P &= 53 \text{ KVA} \times 0,95 \\ &= 50,3 \text{ KW} \end{aligned}$$

Jadi nilai yang akan dihasilkan dari daya reaktif dimana hasil dari sebelum perbaikan faktor daya adalah

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{50,3^2 - 39,7^2} \\ &= \sqrt{2530,1} - 1576,1 \\ &= \sqrt{954} \\ &= 30886 \text{ VAr} \\ &= 30.88 \text{ KVAr} \end{aligned}$$

Maka diketahui  $Q_2$  adalah sebesar 30886 Var atau sebesar 30.88 KVAr.

### 4.3 Menghitung Kebutuhan Kapasitor Bank

Kapasitor adalah komponen yang hanya dapat menyimpan dan memberikan energi yang terbatas yaitu sesuai dengan kapasitasnya, pada dasarnya kapasitor terdiri atas dua keping sejajar yang dipisahkan oleh medium dielektrik.

Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya, karenanya memasang/menambah kapasitor pada sistem jaringan listrik akan mengurangi kerugian daya listrik. Dalam kapasitor seri daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus beban, sedang pada kapasitor paralel sebanding dengan kuadrat tegangan. Pemasangan komponen kapasitor seri dan paralel pada jaringan distribusi listrik mengakibatkan kerugian (*losses*) aliran daya reaktif pada jaringan dapat dikurangi sehingga kebutuhan arus menurun dan tegangan mengalami kenaikan sehingga kapasitas sistem jaringan bertambah. Kapasitor seri tidak digunakan secara luas dalam jaringan distribusi, karena adanya berbagai permasalahan resonansi distribusi dalam transformator.

Jadi,

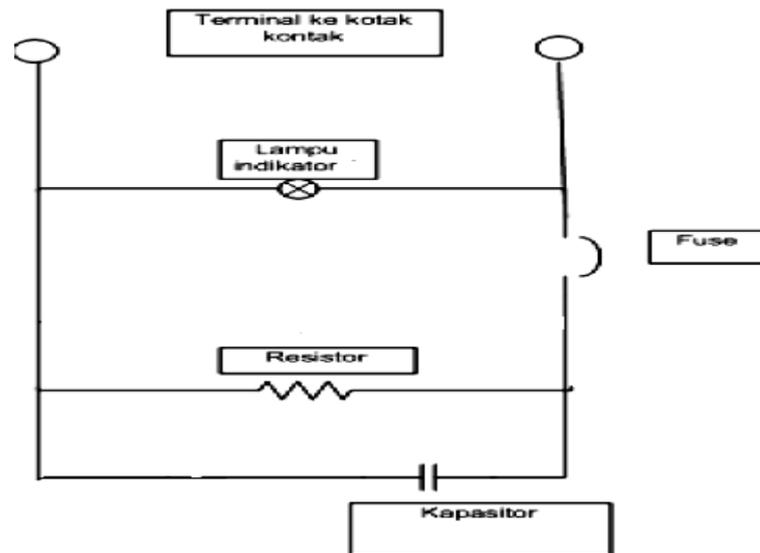
$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 35,1 - 30,88$$

$$Q_c = 4,22 \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 422000 \text{ VAR}$$

Besar kapasitansi kapasitor yang diperlukan untuk mengubah faktor daya dari  $\cos \phi = 0.75$  menjadi  $\cos \phi^2 = 0.95$ . Dikarenakan kapasitor yang tersedia di pasaran tidak memiliki nilai kapasitor sebesar 4.22 Kvar maka dapat menggunakan kapasitor dengan nilai 5 KVAR dengan spesifikasi 415 Volt, 3 Fasa, 50 Hz dan dengan kapasitansi sebesar  $3 \times 31 \mu\text{F}$ . Pada Gambar 3.1 berikut ditunjukkan rangkaian alat yang akan digunakan untuk memperbaiki faktor daya



Gambar 4.1 Rangkaian alat perbaikan faktor daya

#### 4.4 Analisis Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pemasangan alat perbaikan faktor daya pada sistem instalasi listrik pada pabrik industri pipet CV. Fajar Baru yang berlangganan listrik PLN 53000 VA saat beban rata-rata, maka hasil pengukurannya ditunjukkan pada berikut:

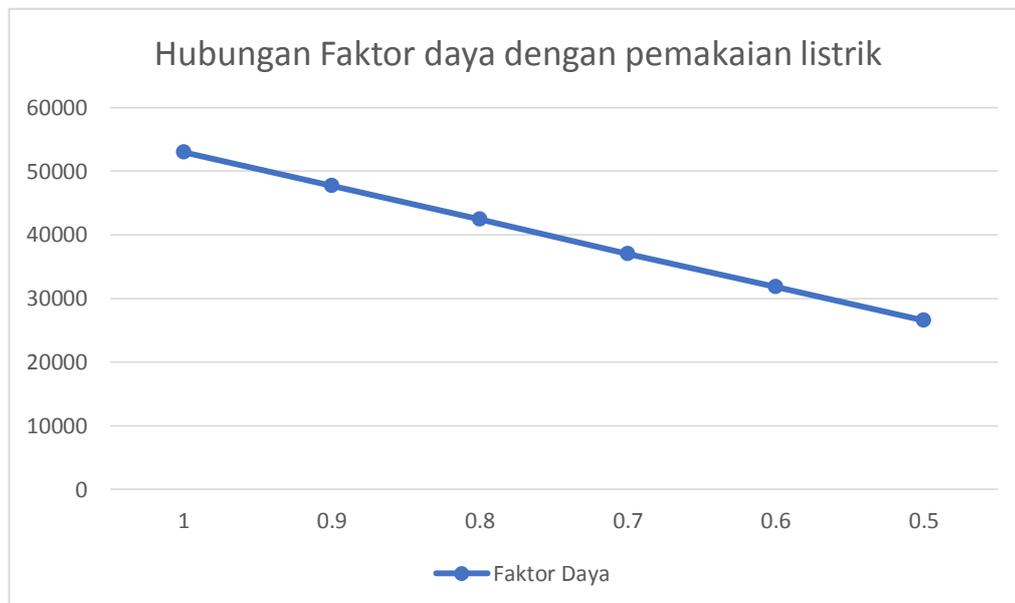
<b>Besaran Listrik</b>	<b>Sebelum Perbaikan Faktor Daya</b>	<b>Sesudah Perbaikan Faktor Daya</b>
Arus (I)	73	67
Tegangan (V)	380	205
$\cos \phi$	0,75 Lagging	0,95 Lagging
$\cos \phi^2$	41,4	18,19
Daya Semu Max ( $S_{\max}$ )	53000VA	53000VA
Daya Semu	44895 VA	41205 VA

Daya Aktif (P)	39755 Watt	39755 Watt
Daya Reaktif (Q)	35049 VAR	16544 VAR

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Setelah Perbaikan Faktor Daya

Berdasarkan Tabel 4.2, pada saat sistem  $\cos \phi^1 = 0.75$  lagging disuplai dari sumber dengan kapasitas daya terpasang sebesar 53 KVA (konstan), maka beban maksimum yang dapat dilayani adalah:  $P_1 = 39750$  Watt.

Bila Faktor daya di perbaiki menjadi  $0.95$  lagging ( $\cos \phi^2 = 0.965$ ), maka sekarang sekarang beban yang terpasang dapat dilayani sebesar :  $P_2 = 50350$  Watt. Dari perhitungan diatas, dengan adanya perbaikan faktor daya dari  $\cos \phi^1 = 0.75$  (lagging) menjadi  $\cos \phi^2 = 0.95$  (lagging), ini memperlihatkan bahwasannya perbaikan faktor daya ini menghasilkan penambahan daya yang lebih besar (dari 39750 Watt, menjadi 50350 Watt) seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4.2 berikut ini



Gambar 4.2 Hubungan Faktor Daya dengan Pemakaian listrik.

Dari grafik diatas diketahui bahwa hasil daya dimana sebelum perbaikan faktor daya  $\cos \phi^1 = 0.75$  lagging dengan daya 39750 Watt, setelah faktor daya di perbaiki menggunakan kapasitor bank dengan kapasitor 5 KVA, 415 Volt, 3 Phasa, 50 Hz dan dengan kapasitansi sebesar  $3 \times 31 \mu\text{F}$  mampu menaikkan faktor daya menjadi  $\cos \phi^2 = 0.95$  dengan peningkatan daya sebesar 10600 Watt atau sebesar 50350 Watt.

Dari hasil percobaan, perbaikan faktor daya dapat mengurangi pemakaian arus yang mengalir pada suatu sistem. Berikut perhitungan pengurangan pemakaian arus yang terjadi:

$I_1$  = Arus sebelum perbaikan faktor daya

$I_2$  = Arus setelah perbaikan faktor daya

Maka pengurangan pemakaian arus yang terjadi ( $\Delta I$ ) adalah:

% pengurangan pemakaian arus

$$\% \Delta I = \frac{\Delta I}{I_1} \times 100\%$$

$$\% \Delta I = \frac{73 - 67}{73} \times 100\%$$

$$\% \Delta I = \frac{73 - 67}{73} \times 100\%$$

$$\% \Delta I = \frac{6}{73} \times 100\%$$

$$\% \Delta I = 8,2\%$$

Dari hasil perhitungan diatas setelah perbaikan faktor daya pemakaian arus listrik berkurang sebesar 8,2% dengan beban yang sama.

#### 4.5 Pemutus Daya Untuk Kapasitor

Pemutus daya diperlukan sebagai alat proteksi kapasitor bank. Kapasitor pemutus alat ini minimal harus sama dengan hubung singkat maksimum yang mungkin terjadi pada sekitar pangkal kapasitor bank (tumpuk kapasitor), untuk menghitung besarnya arus tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_n = \frac{Q_c}{U \sqrt{3}}$$

Dimana:  $I_n$  = Arus nominal (Ampere)

$Q_c$  = Daya kapasitor (VAR)

$U$  = Tegangan 3 Fasa (Volt)

	<b>In(arus nominal) 3phase, 400V (A)</b>	<b>Tipe Pemutus Daya</b>	<b>Setting Ir minimum Pemutus daya (A)</b>
5	8	NC 100 L/LH, 16 A	10
7,5	11	NC 100 L/LH, 16 A	15
10	14	NC 100 L/LH, 20 A	20
15	22	NC 100 L/LH, 32 A	29
20	29	NC 100 L/LH, 40 A	39
30	43	NC 100L/LH, 63 A	59
40	58	NS 100N/H/L, TM 80 D	79
50	72	NS 100N/H/L, TM 100 D	98
60	87	NS 100N/H/L, TM 125 D	118
70	101	NS 100N/H/L, TM 160 D	137
80	115	NS 100N/H/L, TM 160 D	157
140	202	NS 400N/H/L, STR 23SE	275
180	260	NS 400N/H/L, STR 23SE	353
200	289	NS 400N/H/L, STR 23SE	393

240	346	NS 630N/H/L, STR 23SE	471
250	361	NS 630N/H/L, STR 23SE	491
300	433	NS 630N/H/L, STR 23SE	589
360	520	NS 801N/H/L, STR 25SE	707

Tabel 4.3 penggunaan pemutus daya

Catatan: relai termis untuk circuit breaker di setting 1.36 In, rating minimum untuk pemutus daya 1.5 In.

#### **4.6 Pengaruh Perbaikan Faktor Daya Terhadap Tagihan Listrik Bulanan dan Terhadap PLN**

Untuk pelanggan rumah tangga hanya dikenakan biaya pemakaian Kilo Watt Jam (KWh). Sehingga pengaruh pemasangan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif tidak akan mengurangi tagihan bulanan untuk pemakaian daya aktif yang sama. Karena KW hmeter hanya mengukur daya aktif saja. Walaupun ada pengurangan daya aktif ketika dipasang kapasitor, itu hanya sedikit yaitu berkurangnya rugi-rugi panas di saluran instalasi rumah karena berkurangnya arus total. Dengan memperbaiki faktor daya pelanggan dapat mengurangi pemakaian daya Semu (S) sebesar 8,2%. Sehingga pelanggan dapat mengoptimalkan pemakaian energi listrik tanpa harus menambah besar langganan listrik ke PLN. Semakin optimalnya daya aktif yang dimanfaatkan di sisi pelanggan. Dengan demikian jumlah pelanggan yang minta tambahan daya ke PLN akan berkurang. Ini sangat membantu PLN yang masih kesulitan menangani permintaan dari pelanggan baik sambungan baru maupun permintaan tambahan daya.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian perhitungan dan analisa data yang diperoleh selama melakukan studi Analisa Sistem Kelistrikan Pada Pabrik Pipet dan Pengaruhnya Terhadap Faktor Daya Pada CV. Fajar Baru adalah sebagai berikut:

1. Cara menganalisa agar mendapatkan faktor daya yang lebih baik yaitu dengan cara mencari daya reaktif dari (*power supply*) PLN. Ketika sudah didapatkan daya reaktif maka langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan kapasitor yang diperlukan. Apabila kapasitor melebihi dan melewati dari kebutuhannya maka kapasitor akan menjadi beban kapasitif.
2. Perbandingan nilai faktor daya sebelum diperbaiki dan sesudah di perbaiki adalah sebesar 2:3. Pada beban pabrik industri pembuatan pipet ini banyak menggunakan beban yang bersifat induktif dan daya berlangganan 53000 VA kapasitor yang digunakan akan bermanfaat untuk memperbaiki faktor daya. Pada sistem listrik rumah tangga pada beban terpasang yang tetap 39755 Watt dengan faktor daya sebelumnya 0,75 *lagging* menjadi 0,95 *lagging*. Mengurangi drop tegangan karena turun nya arus dari 73A menjadi 67A.

## 5.2 Saran

Dari hasil analisis kegiatan penelitian sampai uji lapangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa saran sebagai berikut.

1. Diperlukan panel kapasitor bank dan harus mempunyai  $\cos \phi$  meter agar faktor daya dapat di jaga (*maintanance*) dan tidak melampaui batas minimalnya.
2. Diperlukan penelitian lanjutan agar kapasitor bank dapat dibuat menjadi otomatis dan tidak manual lagi. Agar kapasitor tidak menjadi beban kapasitif dan bekerja sesuai kebutuhan beban yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

Daryanto, (2010). *Media Pembelajaran Peranannya Sangat Penting Dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran*, Yogyakarta: Gava Media.

Noptin H, “*Analisis Pengaruh Pemasangan Mini Kapasitor Bank Terhadap Kualitas Listrik Di Rumah Tangga Serta Perancangan Filter Aktif Menggunakan Kontroler PI Sebagai Pelindung Kapasitor Dari Harmonisa*”, Fakultas Teknik ITS. 2012.

Ngakan Putu Satriya Utama. *Teknologi Elektro*. 45. Vol. 7 No. 1 Januari-Juni 2008

PT.PLN(Persero). *Standart Konstruksi Jaringan*. 20 Vol. 3. 2010

Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara

R.C Dugan, M. F. McGranaghan, and H. W. Beaty, 1996. *Electrical Power System Quality*. New York : McGraw-Hill.

Vlad grigore, *Topological Issues in Single Phase Power Factor Correction*, Institute of Intelligent Power electronic Publication, Helsinki University technology, 2011.(Dissertation of PhD)

Widastra, W. 2004. *Analisis Kompensasi daya Reaktif Dengan Pemasangan Capacitor Bank*.