



**PENGARUH PENAMBAHAN KAPASITOR  
TERHADAP TEGANGAN, ARUS, FAKTOR DAYA,  
DAN DAYA AKTIF PADA BEBAN LISTRIK  
DI MINIMARKET**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh  
Fachry Azharuddin Noor  
UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
NIM.5301412035

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2017**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Fachry Azharuddin Noor  
NIM : 5301412035  
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan,  
Arus, Faktor Daya, Dan Daya Aktif Pada Beban Listrik  
di Minimarket

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES.

Pembimbing I



Drs. Henry Afanta, M.Pd.  
NIP. 195907051986011002

Semarang, 8 Agustus 2017

Pembimbing II



Drs. Said Sunardiyo M.T.  
NIP. 196505121991031003

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, Dan Daya Aktif Pada Beban Listrik di Minimarket ” telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 23 bulan Agustus tahun 2017.

Oleh

Nama : Fachry Azharuddin Noor  
NIM : 5301412035  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia

**Ketua Panitia**

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T.  
NIP. 197805312005011002

**Sekretaris**

Drs. Agus Suryanto, M.T.  
NIP. 196708181992031004

**Penguji I**

Drs. Isdiyarto, M.Pd.  
NIP. 195706051986011001

**Penguji II**

Drs. Henry Ananta, M.Pd.  
NIP. 195907051986011002

**Penguji III**

Drs. Said Sunardiyo, M.T.  
NIP. 196505121991031003

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik**



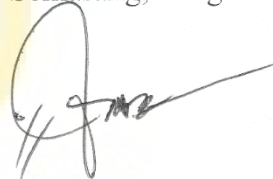
Dr. Nur Qudus M.T.  
NIP. 196911301994031001

## LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, ~~magister, dan/atau doktor~~), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing dan masukan tim penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 8 Agustus 2017



**Fachry Azharuddin Noor**

NIM. 5301412035

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. Sebuah tujuan yang disusun secara biasa – biasa saja akan ditinggalkan dengan mudah pada rintangan pertama (Zig Ziglar).
2. *Just keep moving forward* (Walt Disney).
3. Maka sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan, dan sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan (Q.S Al Insyirah 5-6).
4. Anak muda memang minim pengalaman, karena itu ia tak tawarkan masa lalu. Anak muda menawarkan masa depan (Anies Baswedan).

### PERSEMBAHAN

1. Ayah Ibu tercinta, karena peran kedua orangtua lah yang telah mengantarkanku sampai saat ini, senantiasa berdoa, berkorban, bersabar, dan selalu memberi dukungan. Semoga Allah SWT memberikan kelapangan serta kesehatan hingga akhir usia mereka.
2. Kakak – kakak dan adik – adikku tersayang, terutama Abib dan Isroi yang selalu menanyakan kabar perkembangan skripsi saya, memaksa menuntaskan garapan dengan cara-caranya yang unik.
3. Sahabat-sahabatku seperjuangan dan teman-teman Universitas Negeri Semarang yang selalu membantu. Terimakasih atas waktu dan dukungannya.
4. Almamater SMKN 7 (STEMBA) Semarang yang telah berjasa menjadikan jembatan ilmu hingga sampai pada tahap ini.

## ABSTRAK

Azharuddin Noor, Fachry. 2017. “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, Dan Daya Aktif Pada Beban Listrik di Minimarket”. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Drs. Henry Ananta, M.Pd., Drs. Said Sunardiyo M.T.

Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor secara paralel pada suatu instalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya ( $\cos\phi$ ). Selain dapat menaikkan efisiensi, hal lain yang dapat berubah nilai kualitas listriknya ialah arus, yang kemudian berdampak pada nilai daya aktif suatu peralatan listrik. Penting untuk diketahui bahwa pemasangan kapasitor daya akan efektif terhadap beban induktif. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan kapasitor daya pada beban-beban induktif yang ada pada minimarket terhadap kualitas listrik yang dipakai.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tujuan mengetahui pengaruh dari suatu perlakuan (dalam hal ini pengukuran). Pengukuran yang dilakukan menggunakan 3 beban listrik. Sementara variasi kapasitor yang dipasangkan pada beban listrik ialah 6 mikروفarad, 12 mikروفarad, 18 mikروفarad, 24 mikروفarad, dan 30 mikروفarad. Skenario penelitian yang dilakukan dengan melakukan rancangan kapasitor daya, menentukan titik beban pemasangan kapasitor daya dengan 3 beban listrik yakni *freezer*, kipas angin, dan *showcase*. Selanjutnya setelah pemasangan kapasitor daya adalah pengukuran parameter kelistrikan yang diteliti.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kapasitor daya berpengaruh terhadap besaran listrik yang bekerja. Pengaruh tertinggi didapatkan dari penambahan kapasitor terhadap beban *showcase*. Arus berhasil turun saat penambahan sebesar 30 mikروفarad, yaitu penurunan hingga 34 persen yang diikuti peningkatan faktor daya hingga 53,9 persen dibandingkan pada saat sebelum dipasang kapasitor daya.

Pengaruh penambahan kapasitor yang terpasang pada beban listrik minimarket berpengaruh terhadap arus dan faktor daya beban listrik. Semakin tepat nilai kapasitor yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai faktor daya beban listrik mendekati angka 1.

**Kata Kunci: Arus, Daya Aktif, Faktor Daya, Kapasitor daya, Kualitas Listrik.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, taufik, dan hidayahNya, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tuntasnya penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, arahan, saran, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

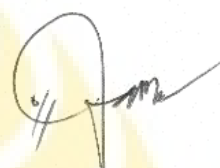
1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Henry Ananta, M.Pd. dan Drs. Said Sunardiyo M.T, selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh semangat telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi, dan saran kepada penulis.
3. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
5. Seluruh Dosen dan Staf Karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan bimbingan dan bantuan selama ini.
6. Seluruh laboran Laboratorium Teknik Elektro FT UNNES, Pak Sartono, Pak Siroj, Pak Lambang, Pak Arlinto yang telah memberikan arahan dan motivasi untuk penyelesaian skripsi ini.
7. Keluarga besar tercinta, Ayah, Ibu, Kakak, dan adik yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman PTE 2012 yang sudah membantu selama kuliah dan penyusunan skripsi.
9. Kawan – kawan alumni STEMBASE dan 5 sekawan yang sama-sama berjuang mendapatkan toga pada tahun ini.
10. Seluruh teman seorganisasi, Engineering Research Club FT UNNES, UKM Penelitian UNNES grup Inspirator dan grup Inovator, yang telah banyak membantu selama masa kuliah.

11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut serta memberikan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

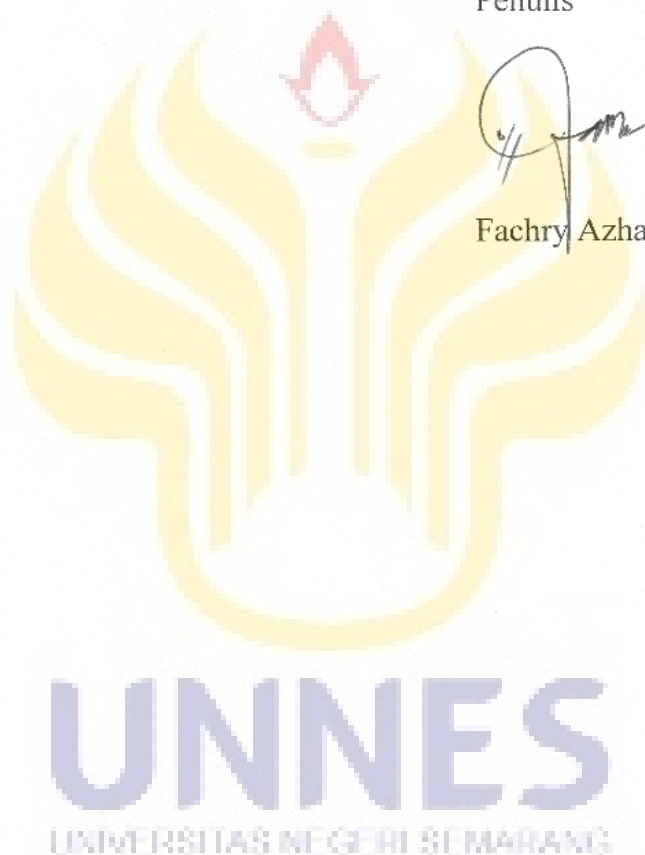
Tiada gading yang tidak retak, penulis mengakui manusia bukanlah makhluk yang sempurna. Kepada siapa pun yang ingin menyampaikan komentar, saran, dan kritik saya terima dengan lapang dada dan senang hati. Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya dan bagi perkembangan pendidikan serta ilmu pengetahuan.

Semarang, 8 Agustus 2017

Penulis



Fachry Azharuddin Noor





## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Batasan Masalah .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	7
2.1. Penelitian Terdahulu .....	7
2.2. Tegangan Listrik .....	9
2.3. Arus Listrik .....	10

2.4. Daya Listrik .....	11
2.3.1. Daya aktif.....	12
2.3.2. Daya Semu.....	12
2.3.3. Daya Reaktif.....	13
2.5. Daya pada Rangkaian Resistor Murni .....	13
2.6. Daya pada Rangkaian Induktif.....	15
2.7. Daya pada Rangkaian Kapasitif .....	16
2.8. Daya pada Rangkaian Reaktif .....	17
2.9. Faktor Daya dan Segitiga Daya.....	18
2.10. Penyebab Faktor Daya Rendah .....	20
2.11. Kerugian Akibat Faktor Daya Rendah .....	21
2.12. Perbaikan Faktor Daya .....	22
2.13. Kapasitor.....	23
2.13.1. Proses Kerja Kapasitor .....	24
2.13.2. Metode Pemasangan Kapasitor.....	25
2.13.3. Kapasitor Terhubung dengan Sumber Tegangan AC.....	26
2.14. Alat Penghemat Daya Listrik .....	28
2.15. Teknik Pengukuran Listrik.....	29
2.16. Jenis – Jenis Beban Listrik .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1. Bahan Penelitian .....	36
3.1.1 Kapasitor Daya .....	36
3.1.2 Alat Ukur .....	36
3.2. Objek Penelitian .....	36
3.3. Alat dan Skema Peralatan Penelitian.....	38

3.3.1	Desain Kapasitor Daya .....	38
3.3.2	Skema Pemasangan Kapasitor Daya .....	39
3.4.	Prosedur Penelitian .....	40
3.4.1	Skenario Penelitian .....	40
3.4.2	Proses Penelitian .....	41
3.4.3	Data Penelitian .....	41
3.4.4	Analisis Data .....	42
3.4.5	Teknik Pengumpulan Data .....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		43
4.1.	Deskripsi Data .....	43
4.2.	Analisis Data .....	45
4.2.1.	Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Tegangan .....	45
4.2.2.	Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Arus .....	46
4.2.3.	Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Faktor Daya .....	48
4.2.4.	Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Daya Aktif .....	50
4.3.	Pembahasan .....	52
4.3.1.	Pengaruh penambahan kapasitor terhadap tegangan yang bekerja pada beban listrik di minimarket .....	52
4.3.2.	Pengaruh penambahan kapasitor terhadap arus yang bekerja pada beban listrik di minimarket .....	54
4.3.3.	Pengaruh penambahan kapasitor terhadap faktor daya yang bekerja pada beban listrik di minimarket .....	54
4.3.4.	Pengaruh penambahan kapasitor terhadap daya aktif yang bekerja pada beban listrik di minimarket .....	55
4.4.	Keterbatasan Penelitian .....	56

BAB V PENUTUP.....	58
5.1. Simpulan.....	58
5.2. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN.....	62



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perhitungan Tegangan dan Arus Setiap saat .....	14
Tabel 3.1. Pengukuran.....	41
Tabel 4.1. Data Pengukuran .....	45



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kurva Karakteristik Daya.....	15
Gambar 2.2. Kurva Daya pada Rangkaian Induktif .....	15
Gambar 2.3 Kurva Daya pada Rangkaian Kapasitif .....	17
Gambar 2.4. Kurva Daya pada Rangkaian Reaktif .....	18
Gambar 2.5. Segitiga Daya .....	20
Gambar 2.6. Faktor Daya Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor .....	23
Gambar 2.7. Simbol Kapasitor.....	24
Gambar 2.8. Rangkaian Kapasitor Terhubung Dengan Sumber.....	27
Gambar 2.9. Hubungan $v$ dan $i$ secara vektor .....	29
Gambar 2.10. Arus dan Tegangan Sefasa .....	32
Gambar 2.11. Arus Tertinggal $90^\circ$ dari Tegangan .....	33
Gambar 2.12 Arus Mendahului $90^\circ$ Dari Tegangan.....	35
Gambar 3.1. Micromart .....	38
Gambar 3.2. Kapasitor Daya Tampak Samping .....	39
Gambar 3.3. Pemasangan Kapasitor Daya pada Freezer, Showcase, dan Kipas Angin .....	40
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian .....	41
Gambar 4.1 Variasi kapasitor terhadap tegangan .....	46
Gambar 4.2 Variasi kapasitor terhadap arus .....	48
Gambar 4.3 Variasi kapasitor terhadap faktor daya .....	50
Gambar 4.4 Variasi kapasitor terhadap tegangan .....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Usulan Dosen Pembimbing .....	63
Lampiran 2. Surat Tugas Dosen Pembimbing .....	64
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian .....	65
Lampiran 4. Dokumentasi Kapasitor Daya dan Beban Listrik .....	66
Lampiran 5. Buku Manual Wattmeter Digital .....	67



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat di era globalisasi ini. Penggunaan listrik bertambah seiring dengan meningkatnya permintaan pasang baru. Masyarakat menggunakan energi listrik mulai dari mengisi ulang baterai ponsel, menyetrika, menonton televisi, mencuci, dan memasak. Bagi kalangan nonrumah tangga seperti industri dan pelaku usaha, listrik sudah menjadi kebutuhan vital demi kelancaran usaha mereka, seperti misalnya minimarket.

Seringkali demi menghemat pos-pos pengeluaran, pelaku usaha minimarket melakukan berbagai upaya untuk menekan angka tersebut. Diantara upaya yang dilakukan antara lain: membeli peralatan elektronik dengan berdaya rendah, mematikan peralatan saat malam hari, ataupun membeli peralatan penghemat energi. Sementara kebutuhan listrik untuk minimarket sudah cukup tinggi dengan adanya pendingin dan freezer, ditambah upaya penghematan dengan mematikan tidak efektif. Kemudian dengan adanya keberagaman golongan tarif bagi konsumen listrik sesuai Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No. 28 tahun 2016 tentang tarif tenaga listrik yang disediakan oleh perusahaan



persero (Persero) PT. Perusahaan Listrik Negara menjadi 8 golongan serta dihapusnya bbm subsidi bagi golongan 900 VA ke atas membuat harga per satuan daya PLN (kWh) dianggap cukup mahal bagi sebagian besar pelaku usaha tersebut. Bagi golongan listrik untuk usaha/bisnis B-1/ TR dengan batas daya 2.200 VA, tarif per kWh sebanyak Rp1.100,00. Pemasangan kapasitor menjadi salah satu alternatif untuk menyiasati penghematan pada listrik ialah dengan memasang kapasitor daya (*energy saver*)

Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor secara paralel pada suatu intalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya ( $\cos\phi$ ). Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin (Harpawi Noptin, 2010). Sebaliknya, PLN sebagai penyedia layanan listrik menghitung berdasarkan daya yang terpakai oleh peralatan listrik per satuan waktu yang diakumulasikan pada akhir bulan. Bagi masyarakat umum yang kurang memahami, hal ini bisa menjadi celah bagi penjual yang memasarkan *energy saver* (kapasitor daya). Penjual menyatakan *energy saver* dengan merek "Power Plus" dapat menghemat hingga 40% ([www.penghematlistrik.net](http://www.penghematlistrik.net)).

Apabila kapasitor daya dipasang pada instalasi rumah tangga hasilnya tidak akan terlalu signifikan dalam menurunkan arus total pada jaringan. Hal ini dapat terjadi karena arus resistif murni nilainya tidak berubah sehingga nilai energi yang terukur pada kWh meter tidak terjadi

perubahan (Prasetyo, dkk, 2010). Akhirnya, penulis tertarik untuk membuat skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, Dan Daya Aktif Pada Beban Listrik di Minimarket”.

## **1.2. Perumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh penambahan kapasitor terhadap tegangan yang bekerja pada beban listrik di minimarket?
2. Bagaimana pengaruh penambahan kapasitor terhadap arus yang bekerja pada beban listrik di minimarket?
3. Bagaimana pengaruh penambahan kapasitor terhadap faktor daya yang bekerja pada beban listrik di minimarket?
4. Bagaimana pengaruh penambahan kapasitor terhadap daya aktif yang bekerja pada beban listrik di minimarket?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh penambahan kapasitor terhadap tegangan yang bekerja pada beban listrik di minimarket.
2. Mengetahui pengaruh penambahan kapasitor terhadap arus yang bekerja pada beban listrik di minimarket.
3. Mengetahui pengaruh penambahan kapasitor faktor daya yang bekerja pada beban listrik di minimarket.
4. Mengetahui pengaruh penambahan kapasitor daya aktif yang bekerja pada beban listrik di minimarket.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dan masyarakat pada umumnya diantaranya :

1. Meluruskan anggapan masyarakat tentang penghematan energi listrik dengan melalui pemasangan kapasitor daya yang benar.
2. Masyarakat dapat memahami pengaruh sebenarnya dari pemasangan kapasitor daya terhadap peralatan listrik baik skala rumah tangga maupun usaha.
3. Membuktikan teori dan penelitian penelitian yang sebelumnya sudah ada dengan dipasangnya kapasitor daya pada minimarket.

#### 1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu adanya pebatasan masalah agar penelitian lebih terarah dan terfokus. Adapun batasan masalah dalam penelitian ialah beban listrik yang dipakai ialah kipas angin, *freezer*, dan *showcase* serta kerja beban listrik yang menjadi parameter ialah tegangan (V), arus (I), faktor daya ( $\cos\phi$ ), dan daya nyata (P). Selain itu dalam penelitian ini dibatasi pengukuran besaran listrik sesaat, tidak sampai mengetahui besaran daya dalam kurun waktu bulanan.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas garis besar dalam penyusunan skripsi ini maka dicantumkan sistematikanya. Adapun susunan sistematikanya terdiri dari bagian awal, isi dan akhir :

## 1. Bagian awal skripsi

Bagian awal ini berisi : Halaman judul (*title page*), halaman pengesahan skripsi, abstrak, motto dan persembahan, kata pengantar pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.

## 2. Bagian skripsi

Bagian ini terdiri dari :

### BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini penulis menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### BAB II Kajian Pustaka

Bab ini berisi teori yang menunjang penelitian, yakni menguraikan penelitian sebelumnya yang sudah ada ditambah teori dasar mengenai kapasitor dan fungsinya.

### BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi jenis penelitian, alat dan bahan penelitian, skenario dan rancangan penelitian, langkah penelitian, dan metode analisis data

### BAB IV Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Bab ini merupakan lanjutan dari bab sebelumnya, yaitu pelaksanaan pengolahan data yang telah diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan sebelumnya disertai analisis dan pembahasan.

### BAB V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran sebagai

implikasi dari hasil penelitian.

3. Bagian akhir skripsi

Bagian ini berisi : Daftar pustaka dan lampiran – lampiran



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Toto Sukisno (2007) dalam penelitiannya menghasilkan simpulan pada beban resistif jenis lampu pijar, pemasangan energy saver mengakibatkan penambahan konsumsi daya nyata sebesar 2,54% dari daya nyata pengukuran hingga 4,51% tergantung pada merek energy savernya. Sementara pada beban induktif jenis AC, pemasangan energy saver mengakibatkan penurunan konsumsi daya nyata sebesar 3,72% dari daya nyata pengukuran pada AC sampai 1,05% tergantung pada merek energy savernya, sedangkan THD (Total Harmonic Distortion) arusnya berkurang menjadi 3,27% hingga 3,67%. Pada beban non linear jenis Personal Computer, pemasangan energy saver mengakibatkan peningkatan konsumsi daya nyata sebesar 2,07% dari daya nyata pengukuran pada Personal Computer hingga 1,49 %, sedangkan THD arus bertambah menjadi 3,13% hingga 7,84%.

Pranyoto (2005) dalam penelitiannya menyatakan bahwa besarnya rupiah dari pemakaian energi listrik yang disedot oleh pemanfaat listrik tidak dapat dikurangi dengan pemasangan alat kompensator daya jenis ini. Sedangkan kemampuan mengurangi rugi hantaran sangat rendah, karena hantaran instalasi rumah umumnya tidak terlalu panjang. Untuk rumah tinggal pada umumnya, penghematan yang dapat diperoleh dari

pemasangan kompensator daya ini hanya berkisar antara Rp 3.000,- s/d Rp 5000,- per bulan. Kondisi inipun dapat dicapai jika faktor daya dari beban listrik di rumah tersebut sangat jelek ( $\text{Cos } \phi = 0,5$ ). Bila faktor daya beban sudah baik, maka pemasangan kompensator daya justru akan menaikkan rupiah per bulan.

Noptin Harpawi (2010) dalam tugas akhirnya menyimpulkan bahwa *Mini Capacitor Bank* akan bermanfaat jika dipasang pada jaringan listrik yang memiliki beban induktif. Diantara manfaat yang dihasilkan pada listrik rumah tangga yang dijadikan objek adalah: peningkatan power factor (dari 0.95 *lagging* menjadi 0.99 *lagging*), mengurangi drop tegangan (karena turunnya arus dari 4.13A menjadi 3.89A, mengurangi daya total yang ditarik dari jala-jala PLN (dari 900 VA menjadi 850VA). Kemudian, pemasangan kapasitor *bank* tidak mengurangi tagihan listrik bulanan. Karena yang dikompensasi oleh alat ini hanya daya reaktif bukan daya aktif. Tetapi dengan pemasangan alat ini akan terjadi optimalisasi pemanfaatan daya berlangganan. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa kebutuhan daya total menjadi turun dari 900 VA menjadi 850 VA (turun 5.6 %).

Samarjit, dkk (2011) dalam International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) yang berjudul Case Study on Power Factor Improvement menyatakan bahwa rendahnya power faktor merupakan hal yang sangat tidak diinginkan selama hal itu menyebabkan peningkatan arus, yang menyebabkan bertambahnya kehilangan daya aktif pada semua elemen sistem tenaga listrik dari pusat pembangkit listrik hingga ke pemakai listrik.

Dalam rangka memastikan kondisi yang paling menguntungkan (baik) untuk suplai sistem tenaga listrik dari sudut teknik dan sudut ekonomis, penting untuk mempunyai power faktor sedekat mungkin ke angka satu.

Tony & Lukman (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa efektifitas dapat didapatkan dari pemasangan kapasitor daya yaitu [1] akan menimbulkan penurunan arus total rangkaian yang merupakan akumulasi dari beberapa komponen arus. [2] Efektifitas tertinggi dari penurunan arus total jaringan didapatkan dari pemilihan harga induktansi dan harga kapasitansi kapasitor yang akan digunakan sesuai dengan tabel efisiensi. [3] Pemilihan harga induktansi dan harga kapasitansi kapasitor yang tidak sesuai akan menimbulkan penurunan efektifitas pemasangan kapasitor. [4] Pemasangan kapasitor dalam rumah tangga tidak terlalu signifikan dalam menurunkan arus total jaringan, tetapi kalau dipasang secara serentak pada suatu wilayah akan sangat signifikan sekali dalam penurunan arus total, sehingga bisa menjadi acuan untuk berbagai kepentingan termasuk mengatasi krisis energi listrik dalam skala besar.

## 2.2. Tegangan Listrik

Dalam sebuah rangkaian listrik, diperlukan suatu tenaga yang digunakan untuk mengalirkan sejumlah muatan dari suatu kedudukan ke kedudukan lainnya. Konsep tegangan / potensial yang didefinisikan sebagai tenaga yang diperlukan satu satuan muatan untuk bergerak dari suatu titik ke titik lain karena pengaruh gaya listrik (Mismail, 1995). Dalam Sistem Satuan Internasional besaran potensial listrik disimbolkan dengan  $V$



kemudian satuannya adalah volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Berdasarkan nilai tegangannya, tegangan listrik dibagi atas empat jenis, yaitu tegangan rendah, tegangan menengah, tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi.

Secara matematis berdasarkan hukum Ohm dapat dituliskan :

$$V = I \times R$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Tahanan (Ohm)

### 2.3. Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan yang melewati suatu luas penampang tertentu dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu (Mismail, 1995).

Arus listrik dapat diukur dalam satuan coulomb/detik atau Ampere. Arus listrik dibagi atas dua jenis, yaitu arus bolak – balik (*Alternating Current*) dan arus searah (*Dirrect Current*). Arus bolak – balik adalah arus yang nilainya berubah terhadap satuan waktu. Arus bolak – balik biasanya dihasilkan oleh pusat – pusat pembangkit tenaga listrik. Sementara arus searah adalah arus yang nilainya tetap atau konstan terhadap satuan waktu. Arus listrik searah biasanya dihasilkan oleh baterai dan akumulator (*accu*).

Secara matematis berdasarkan hukum Ohm dapat dituliskan :

$$I = V / R$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Tahanan (Ohm)

#### 2.4. Daya Listrik

Daya listrik adalah laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt, yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Dalam rangkaian arus searah besarnya daya yang diserap dalam suatu beban listrik ditentukan oleh nilai tahanan beban serta besar arus yang mengalir pada beban tersebut. Pada rangkaian DC, daya dalam watt merupakan perkalian antara arus (I) dan tegangan (V). Jadi  $P = V I$ . Tetapi dalam rangkaian AC, persamaan  $P = V I$  hanya benar untuk harga sesaat saja atau kondisi tertentu yaitu pada saat arus dan tegangan sefasa (beban resistif). Tetapi dalam banyak hal beban-beban listrik tidak hanya terdiri dari resistansi saja, melainkan kombinasi dari beberapa jenis tahanan. Misalnya resistansi dengan reaktansi induktif, resistansi dengan reaktansi kapasitif atau kombinasi dari ketiganya (Nuraeni dan Charles, 2013).

Oleh sebab itu dapat di pastikan dalam banyak kondisi pada rangkaian arus bolak-balik akan terjadi geseran fasa antara arus dan tegangan. Hal ini akan mempengaruhi perhitungan daya, dimana perkalian antara arus dan tegangan belum menghasilkan daya nyata dalam watt, tetapi merupakan daya semu.

### 2.3.1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang memang benar – benar digunakan dan terukur pada beban. Daya aktif dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa atau tiga fasa.

Secara matematis dapat ditulis :

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \cdot \sqrt{3}$$

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Cos  $\varphi$  = Faktor Daya

### 2.3.2. Daya Semu

Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui penghantar. Daya semu dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa dan tiga fasa.

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Secara matematis dapat dituliskan :

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V \cdot I$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

### 2.3.3. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh peralatan – peralatan listrik. Sebagai contoh, pada motor listrik terdapat 2 daya reaktif panas dan mekanik. Daya reaktif panas karena kumparan pada motor dan daya reaktif mekanik karena perputaran. Daya reaktif adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus dengan vektor daya. Secara matematis dapat dituliskan :

Untuk 1 fasa :  $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$

Untuk 3 fasa :  $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \cdot \sqrt{3}$

Keterangan :

$Q$  = Daya Reaktif (VAR)

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

$\sin \phi$  = Besaran Vektor Daya

### 2.5. Daya pada Rangkaian Resistor Murni

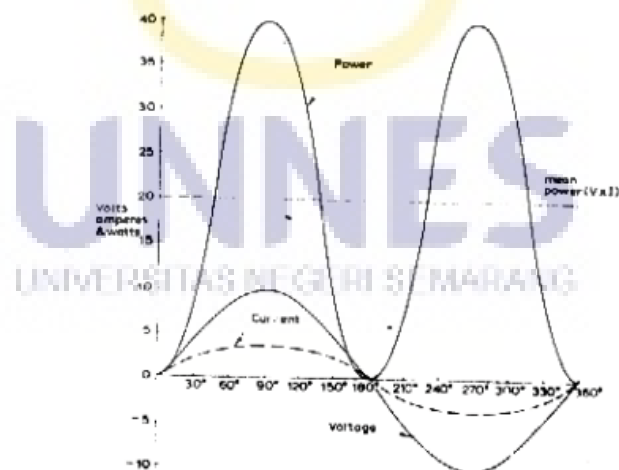
Apabila suatu sumber tegangan bolak balik diterapkan pada resistor murni maka arus listrik yang mengalir melewati Resistor itu sefasa dengan tegangan yang diterapkan padanya. Daya dalam watt setiap saatnya dapat diperoleh dengan mengalikan arus dan tegangan pada setiap saatnya.

Tabel 2.1 Perhitungan Tegangan dan Arus Setiap Saat

$\phi$	$v = V_{maks} \cdot \sin \phi$	$i = I_{maks} \cdot \sin \phi$	$p = V \cdot I$
$0^\circ$	$10 \times 0 = 0$	$4 \times 0 = 0$	$0 \times 0 = 0$

30°	$10 \times 0,5 = 5$	$4 \times 0,5 = 2$	$5 \times 2 = 10$
60°	$10 \times 0,866 = 8,66$	$4 \times 0,866 = 3,46$	$8,66 \times 3,46 = 30$
90°	$10 \times 1 = 10$	$4 \times 1 = 4$	$10 \times 4 = 40$
120°	$10 \times 0,866 = 8,66$	$4 \times 0,866 = 3,46$	$8,66 \times 3,46 = 30$
150°	$10 \times 0,5 = 5$	$4 \times 0,5 = 2$	$5 \times 2 = 10$
180°	$10 \times 0 = 0$	$4 \times 0 = 0$	$0 \times 0 = 0$
210°	$10 \times (-0,5) = -5$	$4 \times (-0,5) = -2$	$-5 \times (-2) = 10$
240°	$10 \times (-0,866) = -8,66$	$4 \times (-0,866) = -3,46$	$-8,66 \times (-3,46) = 30$
270°	$10 \times (-1) = -10$	$4 \times (-1) = -4$	$-10 \times (-4) = 40$
300°	$10 \times (-0,866) = -8,66$	$4 \times (-0,866) = -3,46$	$-8,66 \times (-3,46) = 30$
330°	$10 \times (-0,5) = -5$	$4 \times (-0,5) = -2$	$-5 \times (-2) = 10$
360°	$10 \times 0 = 0$	$4 \times 0 = 0$	$0 \times 0 = 0$

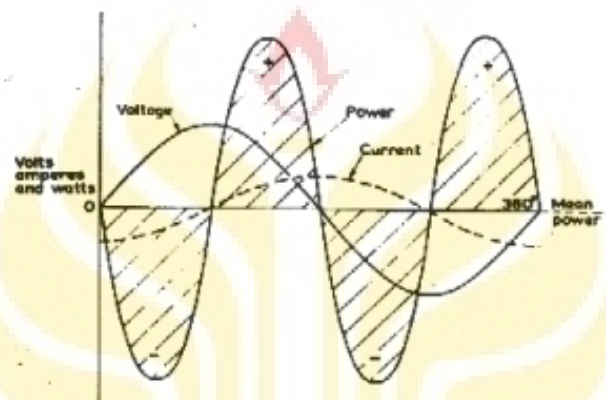
Berdasarkan tabel 2.1 maka kurva karakteristik arus, tegangan, dan daya adalah sebagai berikut



**Gambar 2.1. Kurva Karakteristik Daya**  
(Nuraeni dan Charles, 2013: 73)

## 2.6. Daya pada Rangkaian Induktif

Apabila suatu sumber arus bolak-balik dihubungkan pada suatu rangkaian induktif yang Resistansinya sangat kecil sehingga dapat diabaikan, maka arus listrik yang melewati rangkaian induktif dimaksud memiliki fasa tertinggal  $90^0$  dari fasa tegangan suplai.



**Gambar 2.2. Kurva Daya pada Rangkaian Induktif**

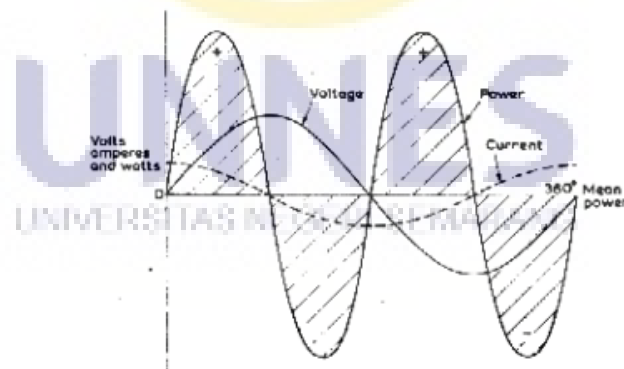
(Nuraeni dan Charles, 2013: 74)

Terlihat dari gambar 2.2 bahwa kurva daya tidak hanya terletak di bagian atas garis nol seperti pada rangkaian resistif, karena beberapa saat tertentu dimana tegangan positif, ternyata arus negatif demikian pula pada saat dimana tegangan negatif ternyata arus positif. Dengan demikian perkalian tegangan dan arus sesaat pada waktu-waktu tertentu memungkinkan nilainya negatif sehingga kurvanya digambar pada bagian bawah garis nol. Bagian positif kurva daya merepresentasikan daya listrik disuplai ke rangkaian, sedangkan bagian negatifnya menyatakan daya balik ke sumber suplai. Untuk mengilustrasikan hal tersebut, dapat dipelajari dari kenyataan bahwa apabila suatu sumber daya listrik dipakai

untuk mengisi suatu *battery* maka sepanjang tegangan sumber masih lebih tinggi dari pada tegangan *battery*, arus listrik akan mengalir di dalam *battery* sehingga ada usaha untuk melakukan perubahan kimia di dalam *battery* dimaksud. Dalam kondisi ini daya yang positif akan mensuplai *battery*. Selanjutnya apabila pada suatu saat tegangan *battery* menjadi lebih besar dari tegangan suplai maka daya listrik akan dikirim kembali dari *battery* ke suplai. Pada saat inilah maka bagian daya yang negatif akan mensuplai *battery*. Perlu diingat bahwa pada rangkaian induktif murni, tidak ada daya nyata (watt) jadi apabila pada rangkaian dimaksud dipasang wattmeter maka penunjukannya sama dengan nol.

### 2.7. Daya pada Rangkaian Kapasitif

Kurva daya untuk rangkaian kapasitif murni, dimana arus mendahului tegangan sekitar  $90^\circ$ , ditunjukkan dalam gambar 2.3.



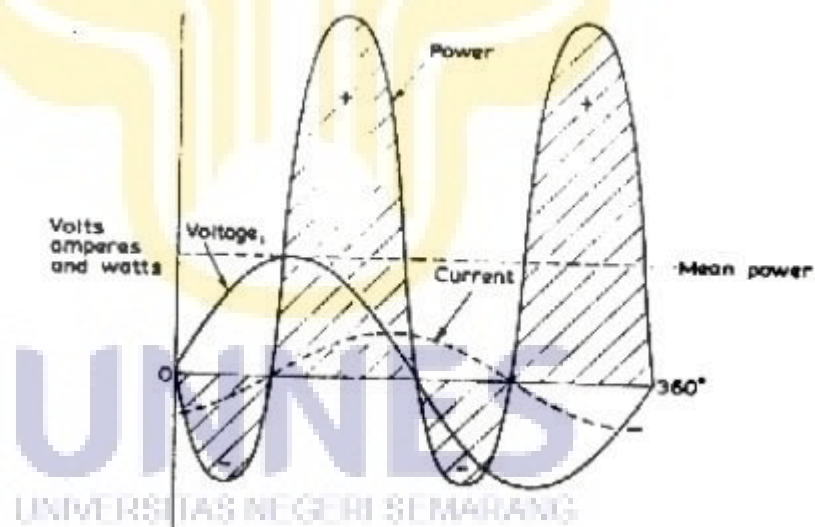
**Gambar 2.3. Kurva Daya pada Rangkaian Kapasitif**

(Nuraeni dan Charles, 2013: 75)

Dari gambar 2.3 dapat dilihat bahwa kurva daya memiliki kedudukan simetris terhadap garis nol dimana bagian positif dan bagian negatif mempunyai besar yang sama sehingga daya rata-rata untuk satu periodenya sama dengan nol.

## 2.8. Daya pada Rangkaian Reaktif

Apabila sebuah Resistor dihubungkan seri dengan sebuah induktor maka arus dalam rangkaian akan memiliki fasa tertinggal dari tegangan sebesar kurang dari  $90^\circ$ , katakanlah. Kurva arus dan tegangan serta dayanya ditunjukkan dalam gambar 2.4.



**Gambar 2.4. Kurva Daya pada Rangkaian Reaktif**

(Nuraeni dan Charles, 2013: 76)

Terlihat bahwa kurva daya menempati porsi yang lebih besar pada bagian di atas garis nol dibandingkan dengan bagian di bawah garis nol. Daya pada rangkaian reaktif tidak dapat ditentukan dengan mengalikan



arus dan tegangan seperti pada Rangkaian dc. Hasil kali antara arus efektif dan tegangan efektif disebut voltampere (VA) atau kilovoltampere (KVA). Pada rangkaian ac, daya watt hanya terdisipasi pada Resistansi R dan harga daya dimaksud dinyatakan dengan persamaan  $P = I^2 R$  dimana I adalah harga efektif arus listrik

## 2.9. Faktor Daya dan Segitiga Daya

Menurut sejarahnya, penggunaan konsep daya semu (*apparent power*) dan faktor daya (*power factor*) diperkenalkan oleh kalangan industri penyedia daya listrik, yang bisnisnya memindahkan energi listrik dari satu titik ke titik lain. Efisiensi proses pemindahan daya listrik ini terkait langsung dengan biaya energi listrik yang pada gilirannya menjelma menjadi biaya yang harus dibayarkan oleh konsumen. Hal yang mempengaruhi perpindahan energi listrik tersebut adalah faktor daya. Untuk mencapai efisiensi pemindahan energi 100 %, maka rangkaian harus memiliki nilai faktor daya sebesar 1. Namun hal ini sulit dicapai karena adanya rugi – rugi yang ditimbulkan oleh penghantar listrik dan juga beban listrik, terutama beban induktif. Perbandingan antara daya nyata (watt) terhadap perkalian arus dan tegangan (voltampere) disebut faktor daya (pf). Secara matematis faktor daya (pf) atau disebut  $\cos \varphi$  adalah sebagai berikut

$$pf = \frac{P(\text{watt})}{UI(\text{voltampere})}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{\text{daya nyata}}{\text{daya semu}}$$

Pada rangkaian induktif, arus tertinggal dari tegangan, oleh sebab itu rangkaian ini memiliki faktor daya tertinggal atau *lagging*. Sedangkan pada rangkaian kapasitif, arus mendahului tegangan, oleh sebab itu rangkaian ini memiliki faktor daya mendahului atau *leading*.

Dengan menerapkan dalil Phitagoras dan dalil-dalil Trigonometri hubungan antara Daya Semu (S), Daya Nyata(P), Daya Reaktif (Q) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu } S &= \sqrt{(\text{daya nyata } P)^2 + (\text{daya reaktif } Q)^2} \\ UI &= \sqrt{(UI \cos \varphi)^2 + (UI \sin \varphi)^2} \end{aligned}$$

Selain itu, daya nyata dirumuskan sebagai berikut

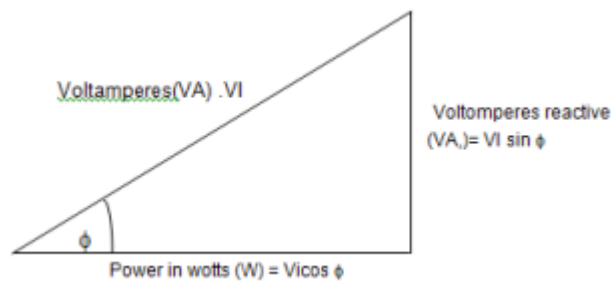
$$P = UI \cos \varphi \text{ (W)}$$

Persamaan ini pada umumnya disebut daya listrik, jika kita uraikan menjadi

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{\text{daya nyata}}{\text{daya semu}}$$

Dari sini selain daya semu UI (VA) yang diserap oleh beban pada kenyataan terdapat juga faktor, faktor ini disebut Faktor Daya (*Power Factor*).

Hubungan vektoris antara daya nyata (watt) dan daya voltampere diperlihatkan dalam segitiga daya pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5. Segitiga Daya**

(Nuraeni dan Charles, 2013: 84)

Segitiga daya dalam gambar 2.5. diperoleh dari segitiga impedansi yaitu dengan mengalikan masing-masing sisinya dengan arus kuadrat. Proyeksi horizontal dari daya voltampere (VA) adalah daya nyata (watt), sedangkan proyeksi vertikalnya adalah daya voltampere reaktif (VAR). Peralatan-peralatan suplai listrik seperti alternator dan transformator, rating dayanya tidak dinyatakan dalam satuan kilowatt karena beban-beban yang dilayaninya memiliki faktor daya bermacam-macam.

#### **2.10. Penyebab Faktor Daya Rendah**

Faktor daya yang rendah disebabkan oleh peralatan listrik seperti motor induksi, unit – unit ballast yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Alat – alat seperti ini memerlukan arus listrik untuk membangkitkan medan, sehingga menimbulkan panas dan daya mekanis yang dapat menimbulkan rugi – rugi. Penggunaan kapasitor yang berlebihan dalam suatu instalasi juga akan menyebabkan faktor daya yang buruk, namun hal ini jarang terjadi.

### 2.11. Kerugian Akibat Faktor Daya Rendah

Hal yang menyebabkan menyebabkan rendahnya faktor daya adalah besarnya daya reaktif. Daya reaktif yang terlalu besar ini tidak memberikan nilai kerja, melainkan diserap oleh saluran dan disimpan dalam bentuk elektromagnetik. Dengan bertambahnya daya reaktif, maka faktor daya menjadi rendah, sehingga akan menyebabkan beberapa kerugian, diantara lain :

Kapasitas penyaluran daya dari saluran penghantar akan menurun. Bila faktor daya rendah maka arus akan membesar sedangkan kapasitas penghantar adalah tetap. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya kapasitas penyaluran daya dari saluran penghantar.

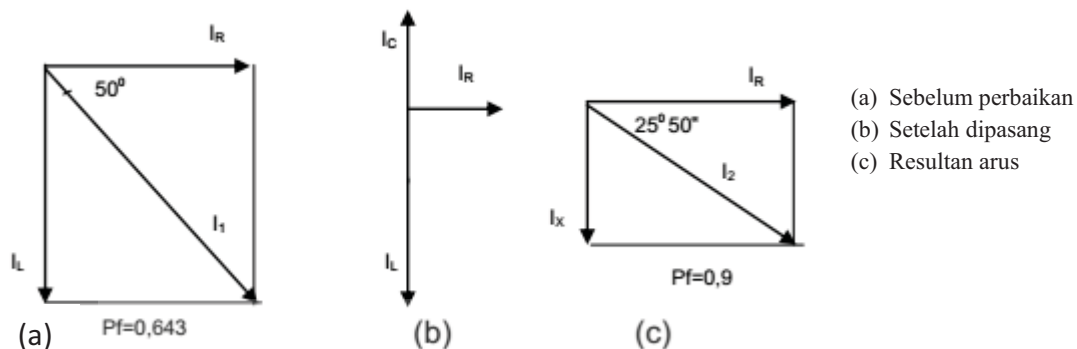
Dengan bertambahnya daya reaktif, maka kebutuhan akan arus induktifnya akan menjadi lebih besar sehingga akan mendapatkan daya aktif, diperlukan penambahan daya semu dan hal ini berarti harus memperbesar kapasitas (kebutuhan instalasi listrik), yaitu dengan memperbesar rating pengaman arus lebih dan ukuran penghantar yang lebih besar. Sehingga dibutuhkan penambahan biaya dengan kata lain kebutuhan listrik yang lebih besar.

Bertambahnya rugi – rugi pada saluran penghantar dan peralatan listrik. Hal ini biasanya berupa rugi – rugi penyaluran daya yang diakibatkan oleh panas yang timbul.

### 2.12. Perbaikan Faktor Daya

Prinsip dasar dari peningkatan faktor daya adalah dengan menyuntikkan arus dengan fase mendahului ke dalam rangkaian agar menetralkan arus yang ketinggalan fase. Salah satu caranya yaitu dengan memasang kapasitor pada rangkaian.

Noel (1998:98) dalam buku Aplikasi Listrik dan Elektronika menyatakan bahwa kebanyakan instalasi industrial menggunakan menggunakan motor induksi untuk mengendalikan beban mekanis. Kecuali jika bekerja menggunakan beban penuh (atau mendekati beban penuh), faktor daya dari motor ini dapat cukup rendah. Akibatnya pemakaian kVA-nya pada beban kecil lebih besar daripada keluarannya. Sebaliknya, beban kecil pada motor ini mengakibatkan tingginya biaya kVA. Jika faktor daya dari jaringan diperbaiki dengan menghubungkan kapasitor ke tiap motor induksi besar, maka kVA permintaan maksimum dari instalasi berkurang. Akibatnya, koreksi faktor daya mempunyai efek sekunder dalam mengurangi arus yang dalirkan oleh kombinasi motor – kapasitor jika dibandingkan dengan motor saja. Tentunya harus diperhatikan bahwa jika perbaikan faktor daya dari suatu instalasi mengakibatkan berkurangnya kVA, perbaikan faktor daya itu tidak mempengaruhi beban dalam kW dari jaringan (karena hal ini tergantung pada banyaknya kerja yang diselesaikan oleh jaringan). Secara logika, perbaikan faktor daya ditunjukkan dalam bentuk diagram vektor pada gambar 2.6.

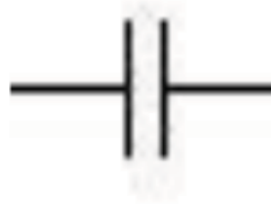


**Gambar 2.6. Faktor Daya Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor**  
(Nuraeni dan Charles, 2013: 85)

Terlihat dari diagram vektor bahwa arus yang ditarik rangkaian total menjadi lebih kecil setelah faktor daya rangkaian diperbaiki. Dengan demikian maka daya yang dipasangkan PLN atau *Rating* daya mesin pembangkit listrik dapat dimanfaatkan secara optimal

### 2.13. Kapasitor

Kapasitor atau Kondensator adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor memiliki satuan yang disebut Farad (F). Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub, yaitu positif (+) dan negatif (-) serta memiliki cairan elektrolit dan pada umumnya berbentuk tabung, sedangkan kapasitor nilai kapasitansinya lebih rendah, tidak memiliki kutub positif (+) dan negatif (-) pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna cokelat, merah, hijau seperti tablet.



**Gambar 2.7 Simbol Kapasitor**

(Sudaryono, 2012)

Satuan dari kapasitor adalah Farad (F), tetapi karena nilai dalam Farad sangat besar, maka lebih sering digunakan :

Pikofarad (pF) =  $1 \times 10^{-12}$  F

Nanofarad (nF) =  $1 \times 10^{-9}$  F

Mikrofarad ( $\mu$ F) =  $1 \times 10^{-6}$  F

Sistem kapasitif adalah sistem yang dapat menyimpan muatan atau medan listrik. Sedangkan kapasitor adalah sistem kapasitif yang dibuat agar mempunyai harga kapasitansi tertentu.

### 2.13.1. Proses 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 (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor

mengeluarkan elektron ( $I_c$ ) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Keran beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.

Rugi-rugi daya sebelum dipasang kapasitor

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

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

Rugi-rugi daya sesudah dipasang kapasitor

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

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

### 2.13.2. Metode Pemasangan Kapasitor

Adapun cara pemasangan kapasitor daya pada instalasi listrik dapat dibagi menjadi 3 bagian menurut Syawal (2015) yaitu

#### 1) Global compensation

Dengan metode ini kapasitor bank dipasang pada induk panel mine distribution panel (MDP) dan arus yang turun dari pemasangan model ini hanya pada penghantar antara panel MDP dan transformator.

#### 2) Sectoral Compensation

Dengan metoda ini pemasangan kapasitor bank yang terdiri dari beberapa panel kapasitor yang akan dipasang pada setiap panel sub distribution panel (SDP).

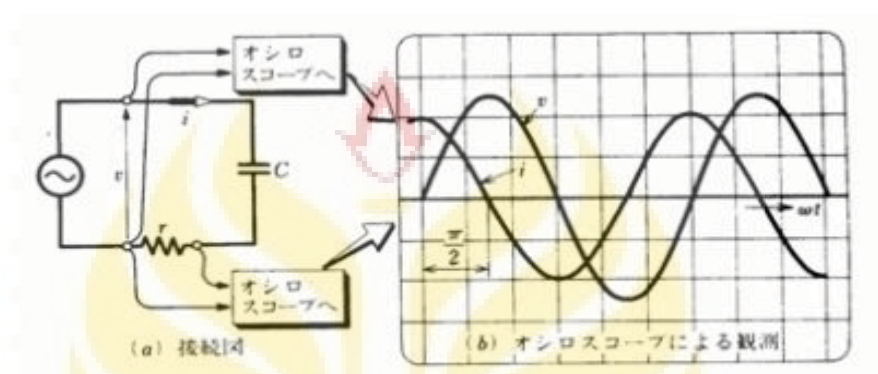
#### 3) Individual Compensation

Dengan metoda ini kapasitor bank langsung dipasang pada masing – masing beban yang akan digunakan.



### 2.13.3. Kapasitor Terhubung dengan Sumber Tegangan AC

Rangkaian yang terlihat pada gambar 2.8. adalah kapasitansi ( $C$ ) disuplai oleh tegangan bolak-balik  $v$  (V), hubungan tegangan ( $v$ ) dan arus  $i$  (A) yang mengalir dapat dilihat dengan oscilloscope



Gambar 2.8. Rangkaian Kapasitor Terhubung Dengan Sumber Tegangan AC

(Nuraeni dan Charles, 2013: 53)

Arus  $i$  yang mengalir melalui kapasitor  $C$  adalah mendahului  $\pi/2$  rad dari tegangan  $v$ . Misalkan pada gambar 2.8, tegangan bolak-balik yang disuplai pada kapasitor  $C$  adalah :

$$v = \sqrt{2}V \sin \omega t (V) \quad (1)$$

Maka besarnya muatan listrik  $q$  pada kapasitor dapat dihitung sebagai berikut

$$q = Cv = \sqrt{2}CV \sin \omega t \quad (2)$$

Sedangkan besarnya arus yang mengalir adalah

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

$$i = \sqrt{2} \omega CV \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) (A) \quad (4)$$

Jika persamaan (4) dengan persamaan (1) jelas terlihat bahwa antara arus dan tegangan terdapat geseran fasa. Dalam hal ini arus mendahului (*leading*) terhadap tegangan sejauh  $\pi/2$  (rad) atau dengan kata lain tegangan tertinggal (*lagging*) dari arus sejauh  $\pi/2$  rad. Adapun bentuk gelombang sesaat (grafik sinusoidal) dapat dilukiskan pada gambar 2.8

Dari persamaan  $I = \sqrt{2} \omega CV \sin(\omega t + \pi/2)$  dapat diketahui bahwa ada saat  $\sin(\omega t + \pi/2) = 1$  harga arus mencapai maksimum, sehingga

$$\omega = 2 \pi f$$

$$I_m = \sqrt{2} \omega CV (A)$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \omega CV = \frac{V}{1/\omega C}$$

Besaran  $1/\omega C$  disebut sebagai reaktansi kapasitif yang dinotasikan dengan  $X_c$ , jadi  $X_c = 1/\omega c$

Karena

Maka

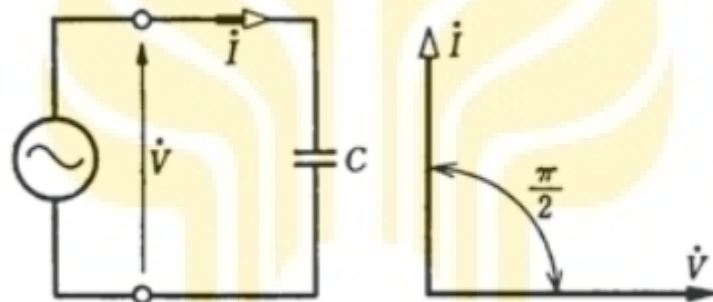
Keterangan :

$X_c$  = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

$f$  = Frekuensi (Hz)

$C$  = kapasitas (F)

Hubungan  $V$  dan  $I$  dapat digambarkan secara vektor yang diperlihatkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Hubungan  $v$  dan  $i$  secara vektor

(Nuraeni dan Charles, 2013: 55)

#### 2.14. Alat

#### Penghemat Daya Listrik

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

Alat penghemat daya listrik atau

kapasitor bank atau bisa disebut juga kapastir daya adalah suatu alat yang oleh perusahaan pembuatnya diklaim mampu menghemat penggunaan daya listrik pada instalasi rumah tinggal. Alat tersebut juga diklaim mampu menghemat biaya pemakaian listrik dari 10 % hingga 30%. Alat penghemat daya listrik bekerja dengan cara memperbaiki faktor daya ( $\text{Cos}\phi$ ) sehingga

dapat mengurangi daya reaktif atau  $Q$  (VAR) yang dihasilkan oleh peralatan listrik, sehingga memaksimalkan kapasitas jaringan listrik yang kemudian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya listrik.

Alat penghemat daya tersebut dipasang pada rumah, ruko atau kantor dengan daya terpasang antara 450 VA hingga 2200 VA. Tersedia satu stop kontak untuk pemasangan alat penghemat daya tersebut. Alat penghemat daya listrik akan bekerja lebih efektif dan maksimal pada instalasi yang menggunakan peralatan – peralatan beban induktif, seperti lemari es, kipas angin, lampu TL, televisi, motor listrik, blender dan lain – lain.

## **2.15. Teknik Pengukuran Listrik**

Teknik pengukuran listrik adalah suatu cara untuk mengetahui nilai dari suatu besaran listrik, baik listrik arus searah ataupun bolak – balik. Pada umumnya, sistem (cara) pengukuran listrik ini dapat dibedakan dalam :

2.12.1 Sistem pengukuran yang berdasarkan khusus dari ilmu pengetahuan.

2.12.2 Sistem pengukuran teknik.

Adapun yang dimaksud dengan pengukuran teknik adalah pengukuran besaran listrik seperti kuat arus, tegangan, tahanan, induksi, daya, frekuensi, faktor kerja dan pengukuran terhadap listrik untuk menentukan harga besaran yang sifatnya lain, seperti suhu, susunan kimia dan lainnya.

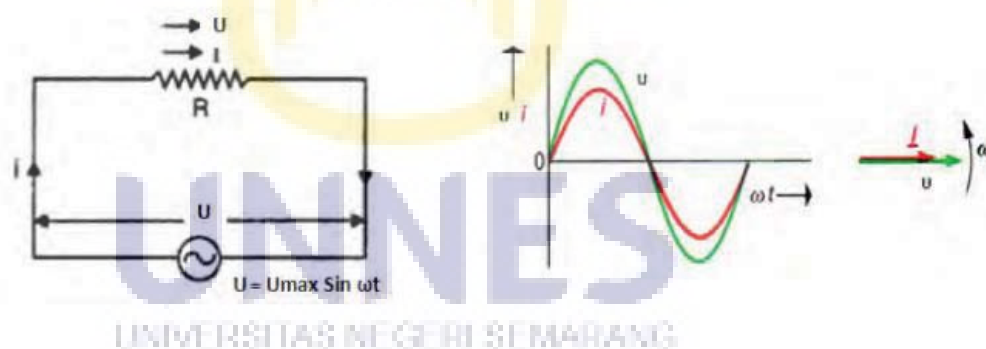
Di dalam pelaksanaan sehari – hari, alat ukur ini telah dibentuk dan dapat dibedakan dalam beberapa jenis :

- 1) Instrumen papan penghubung (*Schakel Board Instrument*)  
Alat ini dipasang pada papan penghubung atau di dalam almaripenghubung (*Schakel Kosten*). Alat ukur ini diperdagangkan dalam berbagai bentuk dan jenis. Ketelitian pengukuran papan penghubung ini tidak terlalu besar, biasanya instrumen ini termasuk dalam kelas 1,5 atau 2,5.
- 2) Instrumen Pasang Alat ukur jenis ini adalah suatu alat pengukur yang mudah dan dapat dipindah – pindahkan. Ukuran dari alat ini biasanya tidak terlalu besar dan bodynya terbuat dari bahan ebonit yang dipress. Contohnya adalah Voltmeter, Multimeter, dan beberapa alat ukur lain.
- 3) Instrumen Laboratorium / Instrumen Persisi Instrumen ini dipakai untuk pengukuran laboratorium dan instrumen ini termasuk dalam kelas 0,2 dan 0,5. Biasanya alat ini tidak untuk dipindah – pindahkan. Umumnya pembacaan alat ukur harus dikoreksi menurut suhu disekitarnya.
- 4) Pengukur Catat (*Recorder*) Alat ukur ini berfungsi untuk mengukur suatu besaran secara kontiniu dan pada waktu – waktu tertentu. Dengan dilengkapi pena recorder, alat ini akan menunjukkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik di atas sebuah kertas.

## 2.16. Jenis – Jenis Beban Listrik

Dalam sistem listrik arus bolak balik, jenis – jenis beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Beban Resistif (R). Beban resistif adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm / resistor murni, seperti elemen pemanas dan lampu pijar. Nuraeni dan Charles (2013) dalam bukunya menyebutkan bahwa beban resistor tidak menyebabkan adanya geser fasa antara arus dan tegangan pada rangkaian ac. Apabila pada sebuah resistor diterapkan tegangan bolak-balik maka arus dan tegangan sefasa yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



**Gambar 2.10. Arus dan Tegangan Sefasa**

(Nuraeni dan Charles, 2013: 46)

Bila tegangan  $U = V = U_m \sin \omega t$  diberikan pada rangkaian dengan tahanan  $R$  maka arus dalam rangkaian adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{U}{R}$$

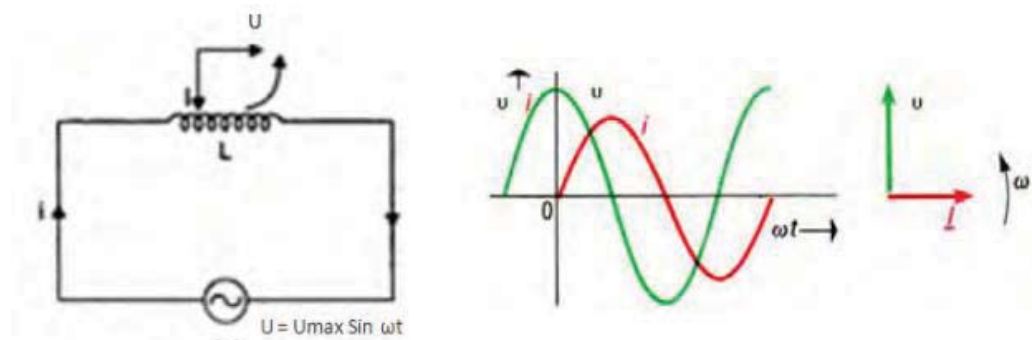
$$I = \frac{U_m \sin \omega t}{R}$$

$$I = I_m \sin \omega t$$

Dengan demikian dapat mengerti bahwa  $R = (U_m/I_m)$  dan gelombang arus, bersamaan fasanya dengan tegangan, atau beda fasa antara arus dan tegangan adalah nol. Bila impedansi kita nyatakan dengan  $Z$  maka impedansi untuk  $R$  adalah  $Z_R$  secara vektoritas dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_R = R < 0^\circ$$

2. **Beban Induktif ( L).** **Beban induktif ( L)** yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti coil, motor – motor listrik, transformator, dan selenoida. Beban jenis ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus sehingga bersifat *lagging*. Nuraeni dan Charles (2013) dalam bukunya menyebutkan bahwa apabila arus yang berubah-ubah mengalir melewati induktor maka pada induktor tersebut terbangkit ggl. Arus ac adalah arus yang berubah-ubah. Hubungan antara arus dan tegangan suplai pada induktor dapat juga secara grafis sinusoida ditunjukkan dalam gambar 2.11.



**Gambar 2.11. Arus Tertinggal  $90^\circ$  dari Tegangan**

(Nuraeni dan Charles, 2013: 47)

Pergeseran fasa ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser dan menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menghisap daya aktif dan daya reaktif. Induktor dalam rangkaian ac memiliki reaktansi yang dinotasikan dengan simbol  $X_L$ , dan  $X_L$  ini mempunyai nilai sebagai berikut :

$$X_L = \frac{U}{I} \text{ Ohm}$$

Dimana :

$U$  adalah tegangan pada induktor

$I$  adalah arus ac yang melewati induktor

Jika induktor disuplai dengan tegangan bolak-balik sinusoida maka untuk menghitung besarnya reaktansi induktif ( $X_L$ ) dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2\pi \times f \times L$$



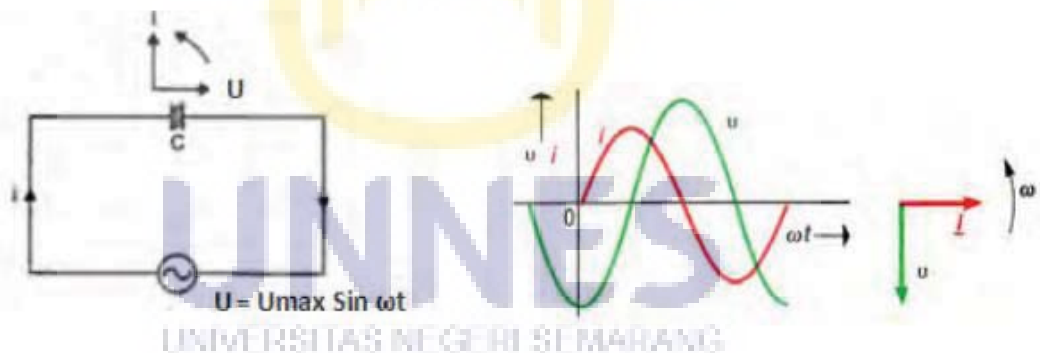
Keterangan :

$X_L$  = Reaktansi induktif ( $\Omega$ )

$f$  = Frekuensi ( Hz )

$L$  = Induktansi ( Henry )

3. Beban Kapasitif (C). Beban kapasitif yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian dielektrik (*electrical charge*) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus mendahului tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Hubungan antara arus dan tegangan ac pada kapasitor ditunjukkan pada gambar 2.12



**Gambar 2.12. Arus Mendahului  $90^\circ$  Dari Tegangan**

**(Nuraeni dan Charles, 2013: 48)**

Terlihat dari gambar 2.12. bahwa arus yang melewati kapasitor memiliki fasa  $90$  mendahului tegangan yang diterapkan padanya. Kapasitor dalam rangkaian ac memiliki reaktansi kapasitif

yang dinotasikan dengan simbol  $X_c$ . Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif ( $X_c$ ) adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_C = \frac{U}{I} \text{ Ohm}$$

Keterangan :

U adalah tegangan pada kapasitor.

I adalah arus pada kapasitor

Jika kapasitor disuplai dengan tegangan bolak-balik sinusoida maka reaktansi kapasitor

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \text{ Ohm}$$

Keterangan :

$X_c$  = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

f = Frekuensi (Hz)

C = Kapasitansi (Farad)

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian penambahan variasi kapasitor daya terhadap kualitas listrik instalasi minimarket yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan kapasitor daya pada beban listrik minimarket mengakibatkan pengaruh terhadap arus dan faktor daya yang bekerja. Dalam hal ini penambahan dipasang secara paralel dekat dengan beban listrik.
2. Nilai daya aktif beban listrik tidak akan berpengaruh terhadap penambahan kapasitor daya. Sementara nilai arus akan semakin turun disertai peningkatan faktor daya yang baik (mendekati angka 1).
3. Penambahan kapasitor daya yang tidak tepat dengan jenis beban listrik justru mengakibatkan arus semakin bertambah diikuti nilai faktor daya yang semakin jelek (menjauhi angka 1). Penting dilakukan adalah pengukuran awal nilai daya aktif, arus, dan faktor daya pada beban listrik yang akan dipasang kapasitor daya.

## 5.2. Saran

1. Penambahan kapasitor daya dianjurkan pada beban listrik induktif yang memiliki daya besar dan digunakan secara terus – menerus, seperti misalnya kulkas dan *freezer*.
2. Konsumen yang akan membeli kapasitor daya yang beredar di pasaran harus lebih selektif terhadap alat yang akan dibelinya. Apabila tidak terjadi penghematan pada pembayaran listrik, besar kemungkinan peralatan listrik yang ada di rumah sudah efisien dan hemat energi. Lebih bagus lagi bila kapasitor daya yang dibeli sudah otomatis sehingga bisa membaca parameter kelistrikan sebelum dan sesudah dipasang.
3. Perlu diperbanyak lagi variasi kapasitor yang diujicobakan terhadap beban listrik sehingga diketahui batas maksimal dan minimal dalam pemasangan alat.
4. Pengukuran besaran listrik yang diambil untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan memperperpanjang jangka waktu hingga 1 bulan atau lebih, guna mengetahui tingkat efektivitas dan efisiensi daya yang didapat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Assefat, Luqman Dan M. T. Prasetyo. 2010. Efektivitas Pemasangan Kapasitor Sebagai Metode Alternatif Penghemat Energi Listrik. *Jurnal Media Elekrika* 3 (2): 22-32
- Bhattacharyya, S., A. Choudhury, dan H.R. Jariwala. 2011. Case Study On Power Factor Improvement. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)* 3(12): 8372-8378.
- Harpawi, Noptin. 2010. *Analisis Pengaruh Pemasangan Mini Capacitor Bank Terhadap Kualitas Listrik Rumah Tangga Serta Perancangan Filter Aktif Menggunakan KOntroller Pi Sebagai Pelindung Kapasitor Dari Harmonisa*. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12857-analisis-pengaruh-pemasangan-mini-capacitor-bank-terhadap-kualitas-listrik-di-rumah-tangga-serta-per.pdf>. 29 Maret 2016 (12:09).
- Khanchi, S. Dan V.K. Garg. 2013. Power Factor Improvement of Induction Motor by Using Capacitors. *Internasional Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* 4 (7):2967-2971.
- Mismail, Budiono. 1995. *Rangkaian Listrik*. Bandung: ITB
- Morris, Noel M. 1998. *Aplikasi Listrik dan Elektronika*. Jakarta: PT. Elek Media Komputindo
- Nahvi, M. Dan J. Edminister. 2003. *Schaum's Outlines of Theory and Problems of Electric Circuits*. Fourth Edition. USA: McGraw – Hill. Terjemahan G. Prasetio dan W. Kastawan. 2004. *Schaum's Outlines Teori dan Soal – soal Rangkaian Listrik*. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Nuraeni, R. Dan C. A. Selan. 2013. *Dasar Pengukuran Listrik 2*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia
- Peraturan Menteri Energi Sumber Daya dan Mineral No. 28 Tahun 2016. *Tarif Tenaga Listrik*. Jakarta
- Peraturan Menteri Energi Sumber Daya dan Mineral No. 4 Tahun 2009. *Aturan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta

- Pranyoto. 2005. Energy Saver Alat Penghemat Listrik Untuk Rumah Tangga Tinjauan Terhadap Kemampuan Menghemat. *Majalah Energi & Listrik* 15 (1/2).
- Prasetyo, M.T. dan L. Assefat. 2010. Efektifitas Pemasangan Kapasitor Sebagai Metode Alternatif Penghemat Energi Listrik. *Jurnal Media ElektriKa* 3(2):2-32.
- Ramdhani, M. 2005. *Rangkaian Listrik*. Bandung: STT TELKOM.
- Sudirham, S. 2012. *Analisis Rangkaian Listrik Jilid 1 (Rangkaian Arus Searah dan Arus Bolak – Balik Keadaan Mantap)*. Bandung: Darpublic.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukisno, T. 2007. Pengaruh Pemasangan Energy Saver Pada Beban Rumah Tangga Ditinjau Dari Potensi Penghematan Energi dan Kualitas Daya. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* 10(2): 213-223.
- Syawal, Rahmat Putra. 2015. Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya (Studi Kasus Gardu Distribusi Fakultas Teknik Universitas Halo Oleo). *Skripsi*. Program S1 Teknik Elektro Universitas Halo Oleo.
- Tumanggor, I. 2009. Analisis Pengaruh Pemakaian Kapasitor Terhadap Kerja KWH Meter Induksi. *Tugas Akhir*. Program S1 Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.