

# Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket

Fachry Azharuddin Noor<sup>1</sup>, Henry Ananta<sup>2</sup>, dan Said Sunardiyo<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia

azhar.fazan17@gmail.com<sup>1</sup>, henryananta@mail.unnes.ac.id<sup>2</sup>, saidelektro@mail.unnes.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak**— Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor secara paralel pada suatu instalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya (*cosphi*). Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan kapasitor daya pada beban-beban induktif yang ada pada minimarket terhadap kualitas listrik yang dipakai. Metode yang dipakai adalah metode eksperimen dengan tujuan mengetahui pengaruh dari suatu perlakuan (dalam hal ini pengukuran). Skenario penelitian yang dilakukan dengan melakukan rancangan kapasitor daya, menentukan titik beban pemasangan kapasitor daya dengan 3 beban listrik yakni *freezer*, *showcase*, dan kipas angin. Selanjutnya setelah pemasangan kapasitor daya adalah pengukuran parameter kelistrikan yang diteliti. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kapasitor daya menimbulkan pengaruh terhadap beban listrik. Pengaruh tertinggi didapatkan dari penambahan kapasitor terhadap beban *showcase*. Penambahan kapasitor yang terpasang pada beban listrik minimarket terbukti 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

## I. PENDAHULUAN

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 non rumah 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 [1] tentang tarif tenaga listrik yang disediakan oleh perusahaan (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 instalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya (*cosphi*). Rendahnya *power factor* 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 factor* sedekat mungkin ke angka satu [2]. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin [3]. 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%.

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 [4].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kapasitor terhadap tegangan, arus, faktor daya, dan daya aktif yang bekerja pada beban listrik di minimarket. Diharapkan dengan penelitian ini masyarakat mendapatkan manfaat yaitu lebih memahami penggunaan kapasitor daya yang sesuai dengan kapasitas beban daya di rumahnya sendiri serta lebih menyadari pengaruh sebenarnya dari kapasitor yang terpasang baik skala rumah tangga maupun skala usaha.

## II. PERBAIKAN FAKTOR DAYA

### A. Daya Listrik

#### 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 :

Untuk 1 fasa :  $P = V \cdot I \cdot \cos \phi$

Untuk 3 fasa :  $P = V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \sqrt{3}$  (1)

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Cos  $\phi$  = Faktor Daya

#### 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. Secara matematis dapat dituliskan :

Untuk 1 fasa :  $S = V \cdot I$

Untuk 3 fasa :  $S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$  (2)

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

#### 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 :  $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \cdot \sqrt{3}$  (3)

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Sin  $\phi$  = Besaran Vektor Daya

### B. 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  $\phi$  adalah sebagai berikut

$$pf = \frac{P \text{ (watt)}}{UI \text{ (voltampere)}} \quad (4)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{UI} = \frac{\text{daya nyata}}{\text{daya semu}} \quad (5)$$

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* [5].

Dengan menerapkan dalil phitagoras dan dalil-dalil trigonometri hubungan antara daya semu (s), daya nyata(p), daya reaktif (q) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Daya Semu } S = \sqrt{(\text{daya nyata } P)^2 + (\text{daya reaktif } Q)^2} \quad (6)$$

$$UI = \sqrt{(UI \cos \phi)^2 + (UI \sin \phi)^2} \quad (7)$$

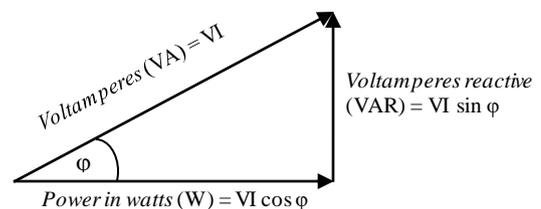
Selain itu, daya nyata dirumuskan sebagai berikut

$$P = UI \cos \phi \text{ (W)} \quad (8)$$

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

$$\cos \phi = \frac{P}{UI} = \frac{\text{daya nyata}}{\text{daya semu}} \quad (9)$$

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 1.



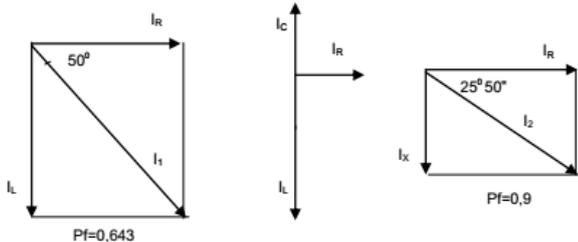
Gambar 1. Segitiga Daya

Segitiga daya dalam Gambar 1 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.

C. 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.

Referensi [6] 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.



Gambar 2. Faktor daya sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor

D. Alat Penghemat Daya Listrik

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 ( $\cos \phi$ )

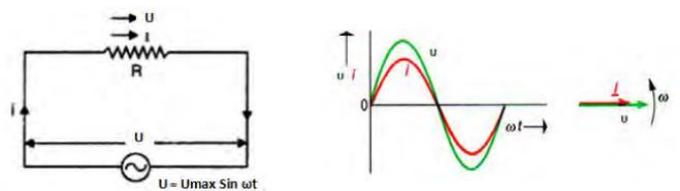
sehingga dapat mengurangi daya reaktif atau Q (VAR) yang dihasilkan oleh peralatan listrik, sehingga memaksimalkan kapasitas jaringan listrik yang kemudian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya listrik.

E. Jenis –jenis Beban Listrik

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

1) Beban Resistif (R)

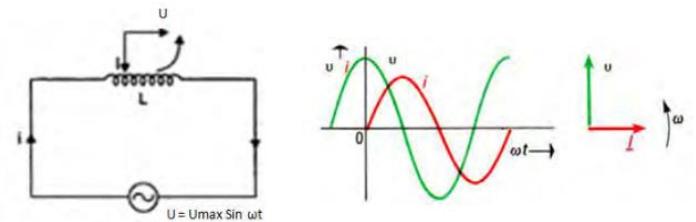
Beban resistif adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm / resistor murni, seperti elemen pemanas dan lampu pijar. Resistor tidak menyebabkan adanya geser fasa antara arus dan tegangan pada rangkaian AC. Apabila pada sebuah resistor diterapkan tegangan bolak-balik maka arus dan tegangan sefasa yang ditunjukkan pada Gambar 3 [5].



Gambar 3. Arus dan Tegangan Sefasa

2) Beban Induktif (L)

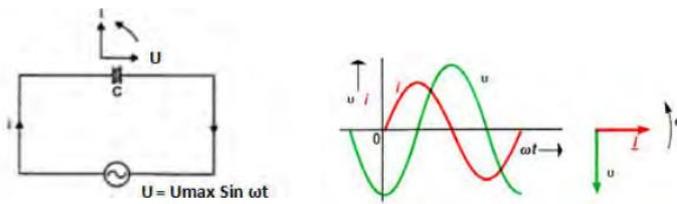
Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti *coil*, motor-motor listrik, transformator, dan selenoida. Beban jenis ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus sehingga bersifat *lagging*. Apabila arus yang berubah-ubah mengalir melewati induktor maka pada induktor tersebut terbangkit ggl. Arus AC adalah arus yang berubah-ubah [5]. Hubungan antara arus dan tegangan suplai pada induktor dapat juga secara grafis sinusoida ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Arus tertinggal 90° dari tegangan

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 5.



Gambar 5. Arus mendahului 90° dari tegangan

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

##### 1) Kapasitor Daya

- Kapasitor elco
- Kabel penyambung
- Dioda IN 4007
- Steker
- Led 3 mm
- Tutup pipa paralon warna hitam
- Sumber tegangan

##### 2) Alat Ukur

- Multitester (Heles U-78; 10-50-250-1.000V; sensitivity 9kΩ/v)
- Digital tester (Clamp Meter; 0-750 VAC; 50-500 Hz)
- Electronic Energy Meter (Dem1499; 230 V; 16 A/3680 W; 50/60 Hz)
- Alat penghemat listrik (Powerplus; 100 -250VAC; 50 Hz)

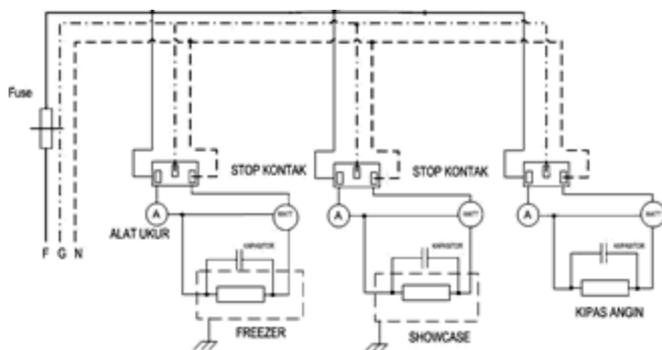
#### B. Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada minimarket dengan profil di bawah ini:

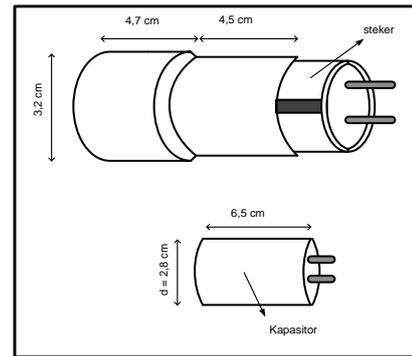
- Nama toko : Micromart
- Alamat : Jalan Banaran Raya
- Daya terpasang : 2.200 VA
- Tegangan : 220 Volt
- Frekuensi : 50 Hz

#### C. Alat dan Skema Rangkaian

Skema rangkaian dan alat ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Pemasangan kapasitor daya pada freezer, showcase, dan kipas angin



(a)



(b)

Gambar 7. Kapasitor daya a) tampak samping b) tampak fisik

#### D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 8.

##### 1) Proses Penelitian

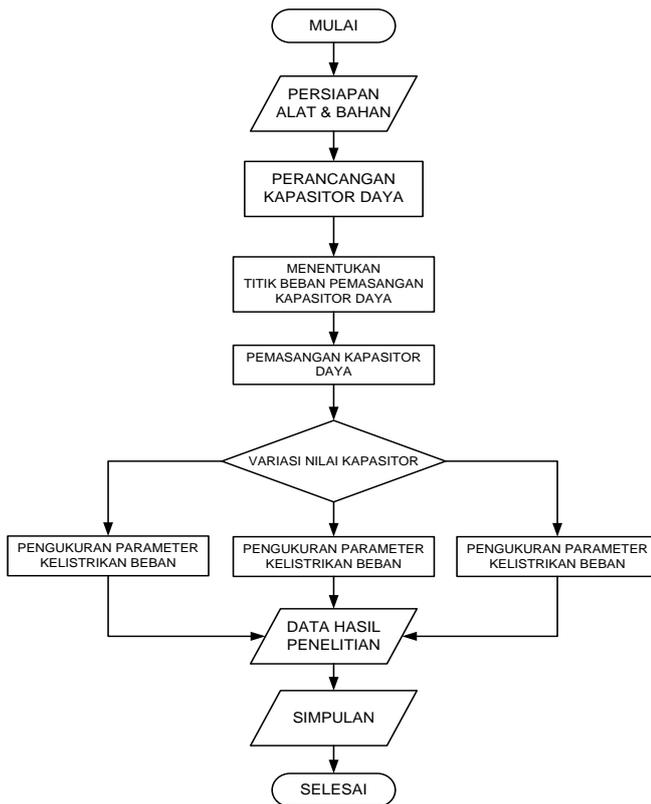
- Menentukan titik beban pemasangan alat.
- Rangkai peralatan satu persatu sesuai Gambar 6.
- Nyalakan beban terpasang dengan menghidupkan tombol ON.
- Amati dan catat hasil pengukuran pada multitester, digital meter, ampere meter, dan cosphi meter.
- Kemudian ulangi eksperimen sekali lagi.
- Catat hasil seluruh eksperimen untuk selanjutnya dianalisis.
- Lakukan langkah yang sama pada setiap pergantian variasi kapasitor

##### 2) Analisis Data

Metode analisis data adalah cara mengolah data yang diperoleh untuk kemudian dapat memberikan interpretasi. Metode penelitian kuantitatif merupakan metode ilmiah/scientific karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkrit/empiris, objektif, terukur, rasional, dan sistematis. Sedangkan penelitian diskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk menyelidiki keadaan, kondisi atau hal-hal lain yang sudah disebutkan, yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian [7]. Analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi [7].

### 3) Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi atau disebut eksperimen laboratoris yaitu memasang kapasitor daya pada masing-masing beban secara paralel. Dimana pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan seluruh alat indera yang ada atau bisa diartikan mengadakan percobaan secara langsung pada laboratorium. Data yang diperoleh berupa angka dari pembacaan alat ukur yang kemudian dituliskan dalam bentuk tabel dan grafik [8].



Gambar 8. Diagram alir penelitian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Deskripsi Data

Penelitian tentang kualitas beban listrik dengan penambahan kapasitor daya menghasilkan data-data yang berupa angka dalam tabel dan gambar grafik yang meliputi pengukuran tegangan, arus, daya aktif, dan faktor daya. Pengukuran dilakukan terhadap 3 objek beban listrik minimarket. Pengambilan data dengan pengukuran menggunakan alat ukur bertujuan untuk mengambil data tegangan, arus, faktor daya, dan daya nyata selama 10 menit pada tanggal 28 Maret – 4 April 2017. Variasi pengambilan data dilakukan pada pagi hari dan sore hari dengan mengabaikan ketidakstabilan tegangan dari PLN.

Data pengukuran kualitas listrik yang diukur meliputi tegangan, arus, faktor daya, dan daya nyata menggunakan Wattmeter digital. Adapun variasi kapasitor yang dipakai ialah 6  $\mu\text{F}$ , 12  $\mu\text{F}$ , 18  $\mu\text{F}$ , 24  $\mu\text{F}$ , dan 30  $\mu\text{F}$ . Untuk variasi

24  $\mu\text{F}$  digunakan pemasangan kapasitor yang dipasang secara paralel dengan 2 buah kapasitor senilai yaitu 18  $\mu\text{F}$  dan 6  $\mu\text{F}$  serta variasi 30  $\mu\text{F}$  menggunakan kapasitor senilai 12  $\mu\text{F}$  dan 18  $\mu\text{F}$  yang dipasang secara paralel. Sebagai acuan dalam penelitian ini diukur pula sebelum penambahan kapasitor yang divariasikan sesuai rencana awal penelitian. Adapun hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel I.

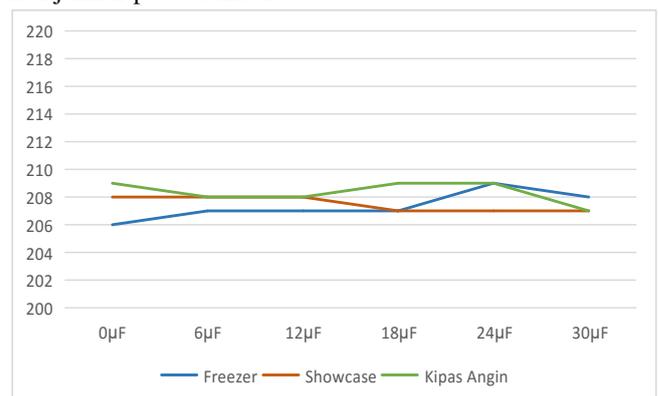
TABEL I. DATA PENGUKURAN

Beban Listrik	Nilai Kapasitor	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Faktor Daya	Daya Aktif (Watt)
Freezer	0 $\mu\text{F}$	206	1,19	0,69	167
	6 $\mu\text{F}$	207	0,93	0,87	161,5
	12 $\mu\text{F}$	207	0,80	0,97	161,5
	18 $\mu\text{F}$	207	0,9	0,91	168,5
	24 $\mu\text{F}$	209	1,12	0,69	163,5
Showcase	0 $\mu\text{F}$	208	2,52	0,63	330
	6 $\mu\text{F}$	208	2,28	0,73	338
	12 $\mu\text{F}$	208	1,99	0,81	340
	18 $\mu\text{F}$	207	1,76	0,88	335
	24 $\mu\text{F}$	207	1,71	0,95	335
Kipas Angin	0 $\mu\text{F}$	209	0,21	1	44,5
	6 $\mu\text{F}$	208	0,49	0,47	46,5
	12 $\mu\text{F}$	208	0,21	1	43
	18 $\mu\text{F}$	209	1,2	0,19	44,5
	24 $\mu\text{F}$	209	1,66	0,14	46
	30 $\mu\text{F}$	207	1,96	0,12	45

### B. Analisis Data

#### 1) Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Tegangan

Uji kapasitor daya terhadap besaran tegangan listrik menunjukkan hasil yang beragam. Guna mempermudah analisis data, akan disajikan data dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Variasi kapasitor terhadap tegangan

Pada beban *freezer* hasil pengukuran menunjukkan bahwa tanpa ada penambahan kapasitor (0  $\mu\text{F}$ ) tegangan sebesar 206. Sedangkan dengan penambahan kapasitor mulai dari 6  $\mu\text{F}$  – 30  $\mu\text{F}$  mengalami perubahan berupa peningkatan. Peningkatan nilai tegangan paling besar terjadi pada variasi 24  $\mu\text{F}$  yaitu sebesar 1,46%.

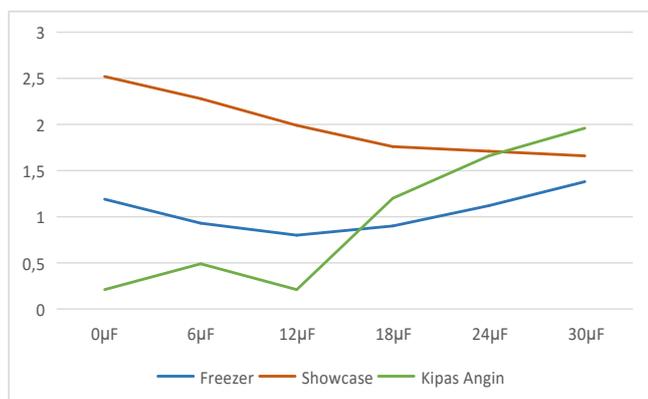
Pada beban *showcase* uji kapasitor daya terhadap besaran tegangan menunjukkan bahwa tanpa ada penambahan kapasitor ( $0 \mu\text{F}$ ) dibandingkan dengan penambahan kapasitor sebesar  $30 \mu\text{F}$ , tegangan listrik mengalami perubahan nilai yang menurun sebesar  $0,48\%$ .

Uji kapasitor daya terhadap besaran tegangan pada beban kipas angin menunjukkan bahwa variasi nilai kapasitor yang dipasang dari  $0 \mu\text{F} - 30 \mu\text{F}$  membuat tegangan yang bervariasi pula, sesuai yang terlihat pada Gambar 9 penurunan terendah terjadi pada variasi kapasitor  $30 \mu\text{F}$  sebesar  $0,95\%$  dibandingkan tanpa pemasangan kapasitor.

Secara keseluruhan dari ketiga beban listrik yang dipasang kapasitor daya pada minimarket menghasilkan pengaruh berupa peningkatan dan / penurunan tegangan listrik.

### 2) Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Arus

Uji kapasitor daya terhadap besaran arus listrik menunjukkan hasil yang bervariasi. Guna mempermudah analisis data, akan disajikan data dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Variasi kapasitor terhadap arus

Pada beban *freezer*, sesuai pada Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai arus listrik mengalami penurunan sebesar  $22\%$  pada variasi kapasitor  $6 \mu\text{F}$ , dibandingkan sebelum penambahan kapasitor daya arusnya bernilai  $1,19 \text{ A}$ , kemudian diikuti pula pada variasi kapasitor  $12 \mu\text{F}$  dimana arus listrik turun pada titik terendah sebesar  $33\%$ . Pada penambahan kapasitor dengan nilai variasi  $18 \mu\text{F}$  dan  $24 \mu\text{F}$  arus listrik beban *freezer* mengalami penurunan arus hanya sebesar  $24\%$  dan  $6\%$  dibandingkan tanpa ditambahi kapasitor daya. Lain yang terjadi pada penambahan kapasitor daya dengan nilai variasi  $30 \mu\text{F}$  mengalami peningkatan arus listrik  $16\%$  yakni menjadi  $1,38 \text{ A}$ .

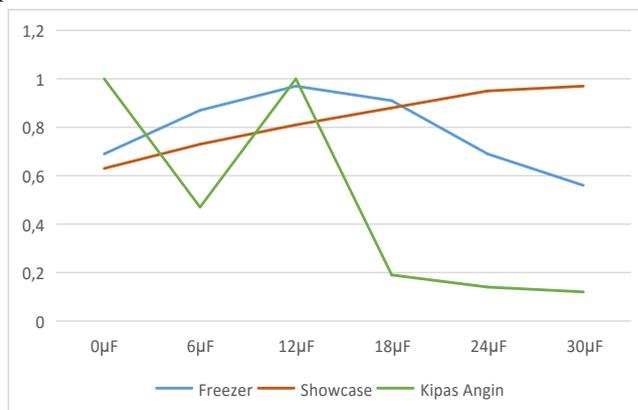
Pada pengukuran arus listrik beban *showcase* menunjukkan hasil yang menurun secara signifikan yang ditunjukkan sesuai pada Gambar 10 dengan arah grafik menurun lurus ke bawah. Apabila dibandingkan penurunan arus listrik dari variasi  $0 \mu\text{F}$  dengan  $6 \mu\text{F}$ ,  $12 \mu\text{F}$ ,  $18 \mu\text{F}$ ,  $24 \mu\text{F}$ , dan  $30 \mu\text{F}$  berturut-turut adalah  $10\%$ ,  $21\%$ ,  $30\%$ ,  $32\%$ , dan  $34\%$ . Semakin banyak nilai kapasitor daya yang dipasang pada beban *showcase* maka nilai arus listrik pun semakin turun.

Pengukuran pada kipas angin menunjukkan hasil yang berbeda, pada pemasangan kapasitor daya dengan nilai variasi  $6 \mu\text{F}$ , arus listrik yang mengalir sempat mengalami peningkatan sebesar  $131\%$  dibandingkan sebelum pemasangan kapasitor daya. Selanjutnya pada variasi  $12 \mu\text{F}$  arus tidak mengalami perubahan nilai, yang kemudian meningkat secara bertahap menuju titik tertinggi pada variasi  $30 \mu\text{F}$  sebesar  $833\%$ .

Secara keseluruhan dari ketiga beban listrik yang dipasang kapasitor daya pada minimarket menghasilkan pengaruh berupa peningkatan dan / penurunan arus listrik.

### 3) Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Faktor Daya

Uji kapasitor daya terhadap besaran daya aktif menghasilkan hasil yang berbeda dari besaran lain sebelumnya. Guna mempermudah dalam menganalisis data, akan disajikan data dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Variasi kapasitor terhadap faktor daya

Pengukuran faktor daya beban *freezer* menunjukkan bahwa nilai faktor dayanya mengalami peningkatan pada variasi kapasitor  $6 \mu\text{F}$  dan  $12 \mu\text{F}$ . Peningkatan terbesar sebesar  $40,57\%$  terjadi pada variasi  $12 \mu\text{F}$  jika dibandingkan sebelum dipasang kapasitor daya ( $0 \mu\text{F}$ ). Selanjutnya *freezer* mengalami penurunan faktor daya pada variasi kapasitor  $18 \mu\text{F}$ ,  $24 \mu\text{F}$ , dan terakhir pada variasi  $30 \mu\text{F}$  sebesar  $18,8\%$ .

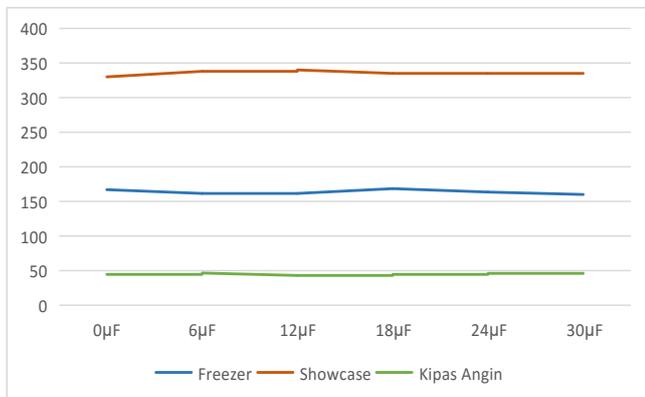
Pada pengukuran faktor daya *showcase* menunjukkan hasil yang meningkat sedikit demi sedikit dari variasi  $6 \mu\text{F}$  hingga menunjukkan peningkatan signifikan pada variasi  $30 \mu\text{F}$  sebesar  $53,9\%$  dibandingkan tanpa pemasangan kapasitor daya ( $0 \mu\text{F}$ ).

Pada pengukuran faktor daya kipas angin menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu pada variasi  $6 \mu\text{F}$  mengalami penurunan sebesar  $53\%$  berlanjut variasi  $12 \mu\text{F}$  tidak ada perubahan nilai faktor daya. Terakhir faktor daya menjadi menurun secara bertahap hingga menuju titik terendah pada variasi  $30 \mu\text{F}$  sebesar  $88\%$  dibandingkan tanpa pemasangan kapasitor daya ( $0 \mu\text{F}$ ).

Secara keseluruhan perubahan variasi kapasitor terhadap faktor daya dari ketiga beban listrik yang dipasang kapasitor daya pada minimarket menghasilkan pengaruh berupa peningkatan dan / penurunan faktor daya.

#### 4) Uji Kapasitor Daya Terhadap Besaran Daya Aktif

Uji kapasitor daya terhadap besaran daya aktif menghasilkan hasil yang berbeda dari besaran lain sebelumnya. Guna mempermudah dalam menganalisis data, akan disajikan data dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Variasi kapasitor terhadap daya aktif

Hasil pengukuran daya aktif *freezer* menunjukkan bahwa nilai daya aktif yang dipasang kapasitor daya mengalami penurunan pada variasi kapasitor 12 μF sebesar 3,29% dibandingkan dengan tanpa pemasangan kapasitor daya (0 μF). Pada variasi selanjutnya beban ini mengalami peningkatan nilai daya aktif kembali pada variasi 18 μF sebesar 0,8% dan terakhir penurunan nilai daya aktif paling rendah pada variasi 30 μF sebesar 4,19%.

Pada pengukuran daya aktif *showcase* menunjukkan hasil yang meningkat pada titik tertinggi pada variasi 12 μF sebesar 3,03% dibandingkan tanpa pemasangan kapasitor daya (0 μF). Kemudian pada variasi selanjutnya mengalami penurunan nilai daya aktif sampai titik terendah pada variasi 30 μF sebesar 1,21%.

Pengukuran daya aktif pada kipas angin menunjukkan hasil yang berbeda pada variasi 6 μF mengalami peningkatan sebesar 4,5% dibandingkan tanpa pemasangan kapasitor daya (0 μF). Selanjutnya pada variasi 12 μF daya aktif beban ini turun sebesar 3,37% yang merupakan titik terendah.

Secara keseluruhan perubahan variasi kapasitor terhadap daya aktif dari ketiga beban listrik yang dipasang kapasitor daya pada minimarket menghasilkan pengaruh berupa peningkatan dan / penurunan faktor daya.

### C. Pembahasan

#### 1) Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan yang Bekerja pada Beban Listrik di Minimarket

Dari beban listrik yang telah dijadikan eksperimen penelitian penambahan kapasitor tidak menimbulkan pengaruh terhadap tegangan yang bekerja pada beban listrik di minimarket. Peningkatan dan penurunan tegangan listrik masing-masing beban tidak memiliki pola garis lurus, baik peningkatan maupun penurunan terjadi secara tidak menentu. Adapun beban *freezer*, *showcase*, dan kipas angin perubahan tegangan yang ditimbulkan dari pemasangan kapasitor daya tidak melebihi angka 5%. Hal tersebut dianggap sebagai

tegangan yang ditoleransi PLN dimana batasan titik sambung untuk konsumen tegangan 400/230 V merupakan tegangan nominal 400 V antar fase dan 230 V fase ke netral dengan batas +5% maksimal (420 V/241,5 V) dan minimal -10% (360V/207 V) [9]. Sehingga peningkatan maupun penurunan tegangan dari masing-masing beban bukanlah pengaruh penambahan kapasitor daya.

Pemasangan kapasitor daya yaitu akan menimbulkan penurunan arus total rangkaian yang merupakan akumulasi dari beberapa komponen arus [4]. Kapasitor daya 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*) [3]. Referensi [4] menunjukkan bahwa efektivitas yang didapatkan dari pemasangan kapasitor daya didapatkan dari pemilihan harga induktansi dan harga kapasitansi kapasitor yang sesuai dengan tabel efisiensi.

#### 2) Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Arus yang Bekerja pada Beban Listrik di Minimarket

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian yang membuktikan bahwa penambahan kapasitor daya mempengaruhi nilai arus yang mengalir pada beban listrik di minimarket. Penurunan yang paling terlihat jelas terjadi pada beban *showcase* dengan penurunan terendah pada variasi kapasitor 30 μF dari sebelumnya 2,52 A menjadi 1,66 A. Penambahan nilai kapasitor justru mengakibatkan arus beban listrik melonjak naik pada beban kipas angin dan beban *showcase* dengan penambahan kapasitor yang terlalu besar nilai kapasitansinya. Pengaruh yang ditimbulkan dari masing-masing beban tidak bisa seragam, dalam artian bahwa beban-beban tersebut memiliki spesifikasi tersendiri sehingga efek dari penambahan kapasitor yang diharapkan harus disesuaikan dengan nilai induktansi beban. Pemilihan harga induktansi dan harga kapasitansi kapasitor yang tidak sesuai akan menimbulkan penurunan efektifitas pemasangan kapasitor.

#### 3) Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Faktor Daya yang Bekerja pada Beban Listrik di Minimarket

Hasil dari penambahan kapasitor daya pada beban minimarket mengakibatkan peningkatan faktor daya yang baik. Pada objek *freezer*, faktor daya memiliki kecenderungan peningkatan yang terbaik pada variasi kapasitor 12 μF kemudian terjadi penurunan pada variasi selanjutnya seiring variasi kapasitor yang ditambahkan semakin besar. Hal yang berbeda ditunjukkan pada *showcase* yang malah semakin baik nilai faktornya mendekati angka 1 sejak penambahan kapasitor pada variasi terkecil kemudian semakin bertambah hingga variasi kapasitor terbesar.

Pemakaian kapasitor mengakibatkan nilai *cosphi* semakin besar, jadi cocok dipasang pada kWh meter induksi satu fasa perumahan yang mempunyai banyak beban induktif, sebaliknya bila dipakai pada perumahan yang memiliki banyak beban kapasitif pemakaian kapasitor pada kWh meter induksi satu fasa justru akan merugikan [10].

#### 4) Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Daya Aktif yang Bekerja pada Beban Listrik di Minimarket

Daya aktif adalah daya yang memang benar-benar digunakan dan terukur pada beban. Pada sistem 1 fasa daya aktif merupakan hasil dari pengukuran tegangan ( $V$ ) dikali dengan arus ( $I$ ) dan dikali dengan faktor daya ( $\cos\phi$ ). Pada subbab sebelumnya telah ditunjukkan bahwa hasil pengukuran tegangan maupun pengukuran arus pada setiap kali eksperimen mengakibatkan perubahan nilainya pada tiap eksperimen.

Dari analisis yang telah dilakukan penambahan kapasitor terhadap daya aktif yang bekerja pada beban *freezer*, beban *showcase*, dan beban kipas angin tidak menimbulkan pengaruh. Pengaruh disini dilihat dari perubahan nilai daya aktif yang tidak melebihi 5%. Oleh karena pada alat ukur wattmeter digital terdapat toleransi pengukuran 5% maka nilai terukur daya aktif yang mengalami peningkatan maupun penurunan merupakan hal yang wajar. Hal tersebut sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa 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) [6].

### V. PENUTUP

#### A. Simpulan

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.

#### B. 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 memperpanjang jangka waktu hingga 1 bulan atau lebih, guna mengetahui tingkat efektivitas dan efisiensi daya yang didapat.

### REFERENSI

- [1] Peraturan Menteri Energi Sumber Daya dan Mineral No. 28 Tahun 2016. Tarif Tenaga Listrik. Jakarta.
- [2] 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.
- [3] Harpawi, N. 2010. Analisis Pengaruh Pemasangan *Mini Capacitor Bank* Terhadap Kualitas Listrik Rumah Tangga Serta Perancangan Filter Aktif Menggunakan Kontroler Pi Sebagai Pelindung Kapasitor Dari Hammonisa. Tugas Akhir program SI Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [4] Prasetyo, M.T. dan L. Assefat. 2010. Efektifitas Pemasangan Kapasitor Sebagai Metode Alternatif Penghemat Energi Listrik. *Jurnal Media Elekrika* 3(2):2-32.
- [5] Nuraeni, R. Dan C. A. Selan. 2013. *Dasar Pengukuran Listrik 2*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [6] Morris, Noel M. 1998. *Aplikasi Listrik dan Elektronika*. Jakarta: PT. Elek Media Komputindo.
- [7] Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [8] Arikunto, S. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [9] Peraturan Menteri Energi Sumber Daya dan Mineral No. 4 Tahun 2009. *Aturan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta.
- [10] Tumanggor, I. 2009. Analisis Pengaruh Pemakaian Kapasitor Terhadap Kerja KWH Meter Induksi. Tugas Akhir. Program SI Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.