

PENGARUH LETAK KAPASITOR TERHADAP PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA INSTALASI MOTOR LISTRIK

Ahmad Rizal Sultan¹⁾, Ahmad Gaffar²⁾

^{1,2)}Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The addition of capacitors to the motor load acts as the reactive power supply required by the motor so that the motor load no longer draws much of the reactive power from the system. The reactive power of the unused power system into energy is only required to generate magnetic flux on the inductive load. However, this reactive power remains a burden for power generation which, when the value is large, causes the system power factor to decrease. The addition of capacitors as reactive power compensators to their applications, most of them are placed close to loads that require reactive power compensation. In this research, experimental research has been done by placing the capacitor compensator in different position to see the condition of the system response to the condition of the motor installation. Test results indicate the effect of capacitor's positioning as an improvement of the power factors for a power installation. Power factor improvements will be optimal when capacitors are placed for individual compensation positions compared to global compensation and group compensation positions.

Keywords: *Power factor improvement, motor installation*

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem tenaga listrik, terdapat tiga jenis daya yaitu daya semu, daya aktif, dan daya reaktif. Hal-hal yang mempengaruhi kebutuhan daya listrik dapat dipengaruhi oleh jumlah beban, jenis beban, jenis penghantar maupun jarak antara sumber listrik dengan beban. Semakin tinggi daya reaktif beban maka faktor daya akan semakin rendah begitupula ketika daya reaktif beban kecil maka faktor daya akan tinggi. Untuk beban rumah tangga, kebutuhan daya reaktif masih kecil dan dianggap normal, sedangkan pada beban industri yang menggunakan banyak beban yang bersifat induktif seperti motor listrik. Kebutuhan daya reaktif untuk beban industri sangat besar karena kebanyakan bebannya adalah motor-motor listrik, sehingga menyebabkan faktor daya sistem menjadi rendah. Untuk memperbaiki faktor daya tersebut, salah satu metode adalah dengan menambahkan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif.

Penambahan kapasitor pada beban motor berperan sebagai penyuplai daya reaktif yang dibutuhkan oleh motor sehingga beban motor tersebut tidak lagi menarik banyak daya reaktif dari sistem. Daya reaktif pada sistem tenaga listrik tidak terpakai menjadi energi hanya dibutuhkan untuk membangkitkan fluks magnet pada beban induktif. Namun daya reaktif ini tetap menjadi beban bagi pembangkit listrik yang ketika nilainya besar, menyebabkan faktor daya sistem menjadi menurun. Penambahan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif pada penerapannya, kebanyakan diletakkan dekat dengan beban yang membutuhkan kompensasi daya reaktif.

Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian eksperimental dengan meletakkan kapasitor kompensator di posisi dan letak jarak yang berbeda untuk melihat kondisi tanggapan sistem terhadap kondisi tersebut pada instalasi tenaga (motor listrik). Tujuan penelitian eksperimental ini yaitu mengidentifikasi pengaruh letak kapasitor terhadap unjuk kerja sistem instalasi tenaga dan membandingkan pengaruh nilai kapasitas kapasitor terhadap unjuk kerja sistem instalasi tenaga

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian eksperimental ini telah dilakukan di Bengkel Listrik PS Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kegiatan penelitian ini memanfaatkan waktu selama kurang lebih delapan bulan. Secara detail tahapan-tahapan penelitian ini antara lain :

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, semua peralatan (panel, kabel dan beban motor) dirangkai. Nilai faktor daya instalasi diukur dengan menggunakan alat ukur cos meter. Nilai kapasitas kapasitor untuk perbaikan faktor daya dihitung.

¹ Korespondensi: Ahmad R. Sultan, +(62) 8124123572, rizal.sultan@poliupg.ac.id

b. Tahap Pengujian

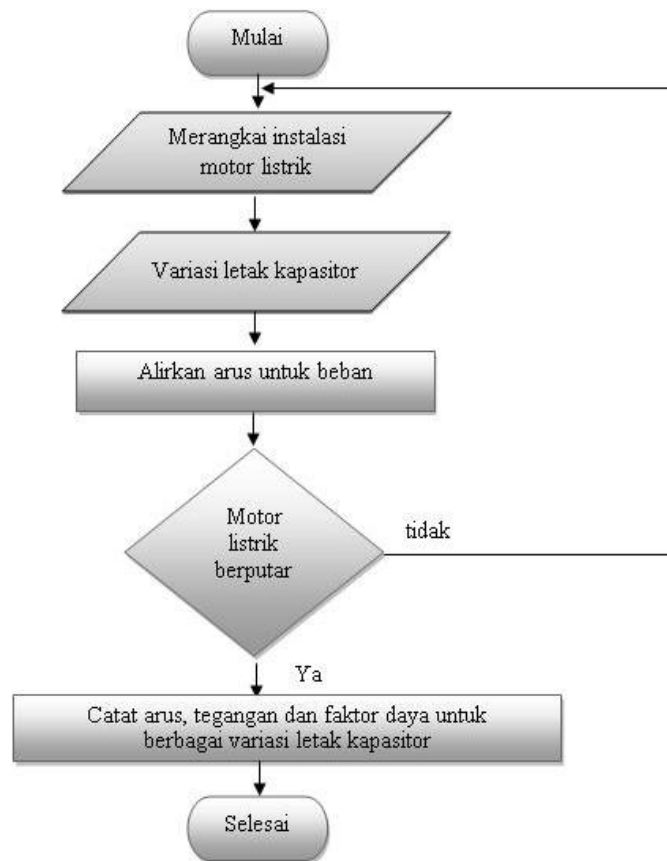
Melakukan pengamatan pada alat ukur (arus, tegangan dan faktor daya) untuk tiga kondisi pemasangan kapasitor untuk perbaikan faktor daya yaitu untuk tiap pemasangan kapasitor untuk lokasi pemasangan *global compensation*, *group compensation* dan *individual compensation*. Pengujian ini dilakukan juga untuk berbagai variasi letak pemasangan kapasitor. Diagram alir tahap pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

c. Tahap Analisis Hasil Pengujian

Melakukan analisis data hasil eksperimen pengaruh letak kapasitor sebagai perbaikan faktor daya pada instalasi tenaga. Analisis dilakukan untuk variasi letak kapasitor.

d. Tahap Penyusunan Laporan

Setelah penelitian eksperimental dan analisis hasil pengujian, maka disusunlah tulisan dalam bentuk laporan lengkap penelitian



Gambar 1. Diagram alir tahap pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ekperimental ini dilaksanakan di Bengkel Teknik Listrik Polieteknik Negeri Ujung Pandang. Foto pengujian dari penelitian eksperimental ini dapat dilihat pada lampiran. Jenis motor listrik yang beban instalasi tenaga terdiri atas :

Motor 1
Motor induksi tiga phase (TECO)
Daya 1 HP (0.75 kW)

Motor 2
Motor induksi tiga phase (TECO)
Daya 2 HP (1,5 kW)

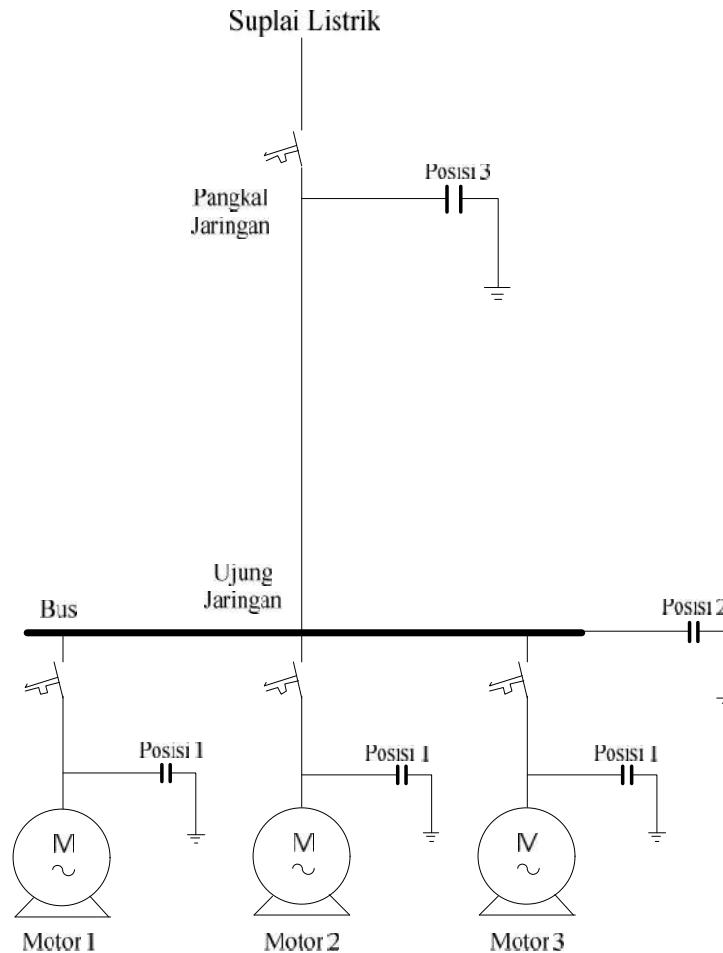
Motor 3
Motor induksi tiga phase (TECO)
Daya 2 HP (1,5 kW)

Putaran 920 rpm
IP 54
Tegangan 380 Volt, 50 Hertz

Putaran 2860 rpm
IP 54
Tegangan 380 Volt, 50 Hertz

Putaran 2860 rpm
IP 54
Tegangan 380 Volt, 50 Hertz

Pemodelan beban instalasi tenaga dapat dilihat pada gambar 2. Dari gambar tersebut terlihat variasi letak kapasitor untuk perbaikan faktor daya yaitu posisi-1 untuk model *individual compensation*, posisi-2 untuk model *group compensation* dan posisi-3 untuk *global compensation*

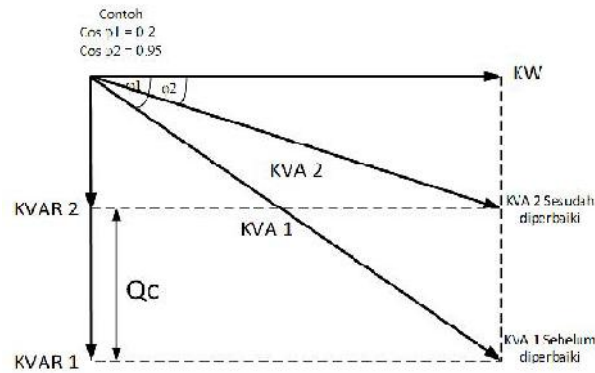


Gambar 2. Posisi berbagai letak kapasitor untuk perbaikan faktor daya

Faktor daya pada kondisi awal

Pada kondisi awal, nilai faktor daya pada saat ketiga beban instalasi tenaga dihubungkan pada sistem adalah 0,2 (nilai faktor daya saat motor listrik tidak dibebani). Nilai faktor daya inilah yang digunakan sebagai dasar analisis untuk menentukan nilai kapasitas kapasitor yang akan digunakan untuk perbaikan faktor daya pada berbagai metode pemasangan kapasitor.

Sebagai dasar perhitungan nilai kapasitas kapasitor, nilai faktor yang menjadi acuan dalam perbaikan faktor daya adalah 0.95. Nilai daya kapasitor bank yang akan digunakan tergantung pada nilai faktor daya yang diinginkan (0,95) dan nilai faktor daya pada kondisi awal (0.2) Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram kompensasi berikut :



Gambar 3. Diagram daya untuk menentukan daya kapasitor

Sebelum ada perbaikan faktor daya, nilai $\cos \phi_1 = 0,2$ dan setelah dilakukan perbaikan sesuai yang diinginkan ditunjukkan dengan nilai $\cos \phi_2 = 0,95$. Maka besar daya kapasitor yang diperlukan adalah :

$$Q_c = kW (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Dari gambar 3 tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar rentang nilai antara nilai ϕ_1 dan ϕ_2 maka semakin besar daya kapasitor yang akan digunakan (Q_c).

Nilai kapasitas kapasitor yang dibutuhkan dapat dihitung dengan metode perhitungan sederhana sebagai berikut :

- Daya Reaktif Sebelum Dikompensasi (kVAR)

$$\cos \phi_1 = 0,2, \text{ maka } \phi_1 = 1,3694$$

- Daya Reaktif Setelah Dikompensasi (kVAR)

$$\cos \phi_2 = 0,95, \text{ maka } \phi_2 = 0,4510$$

- Daya kapasitor bank yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} Q_c &= kW (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\ &= 3,75 (\tan 1,3694 - \tan 0,4510) \\ &= 16555 \text{ VAR} \end{aligned}$$

- Kapasitas kapasitor yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} C &= \frac{Q}{2\pi f V^2 \cdot 10^{-6}} \\ &= \frac{1}{2,31 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-6}} \\ &= \frac{1}{4,3} = 365,117 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki $\cos \phi_1$ 0,2 menjadi $\cos \phi_2$ 0,95 adalah 365,117 μF atau bisa digenapkan menjadi 400 μF . Oleh karena tidak didapatkan kapasitor sebesar 400 μF , maka sebagai data perbandingan untuk melihat variasi letak kapasitor untuk perbaikan faktor daya pada posisi *global compensation*, *group compensation* dan *individual compensation* maka digunakan kapasitor dengan nilai 20 μF yang dipasang secara .

Metode pemasangan kapasitor secara *Global Compensation*

Pada kondisi *global compensation* ini, kapasitor 20 μF dipasang pada posisi-3 (lihat Gambar 2). Dari hasil eksperimental terlihat bahwa untuk kondisi motor 1 yang beroperasi, maka faktor daya berubah dari 0,2 lag menjadi 0,25 lag. Keadaan yang juga terjadi saat motor 2 dan motor 3 beroperasi, maka nilai faktor daya berubah dari 0.825 lag menjadi 0.86 lag. Demikian pula pada saat tiga beban motor dioperasikan secara bersamaan, maka nilai faktor daya berubah dari 0.2 lag menjadi 0.25 lag. Perbandingan hasil eksperimental dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan nilai cos untuk pemasangan kapasitor untuk *Global Compensation*

No	Kondisi operasi motor listrik	Nilai faktor daya	
		Sebelum pemasangan kapasitor	Setelah Pemasangan Kapasitor
1	Motor 1 beroperasi	0.2 lag	0.25 lag
2	Motor 2 dan 3 beroperasi	0.825 lag	0.86 lag
3	Motor 1,2 dan 3 beroperasi	0.2 lag	0.25 lag

Metode pemasangan kapasitor secara *Group Compensation*

Pada kondisi ini, kapasitor 20 μF dipasang pada posisi-2 (lihat Gambar 2). Dari hasil eksperimental terlihat bahwa untuk kondisi motor 1 yang beroperasi, maka faktor daya berubah dari 0,2 lag menjadi 0,1 lead. Keadaan yang juga terjadi saat motor 2 dan motor 3 beroperasi, maka nilai faktor daya berubah dari 0.825 lag menjadi 0.18 lead. Demikian pula pada saat tiga beban motor dioperasikan secara bersamaan, maka nilai faktor daya berubah dari 0.2 lag menjadi 0.15 lead. Perbandingan hasil eksperimental dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai cos untuk pemasangan kapasitor untuk *Group Compensation*

No	Kondisi operasi motor listrik	Nilai faktor daya	
		Sebelum pemasangan kapasitor	Setelah Pemasangan Kapasitor
1	Motor 1 beroperasi	0.2 lag	0.1 lead
2	Motor 2 dan 3 beroperasi	0.825 lag	0.18 lead
3	Motor 1,2 dan 3 beroperasi	0.2 lag	0.15 lead

Metode pemasangan kapasitor secara *Individual Compensation*

Pada pemasangan kapasitor secara *Individual Compensation* ini, kapasitor 20 μF dipasang pada posisi-1 (lihat Gambar 2). Pada kondisi, kapasitor dipasang bergantian untuk setiap motor. Dari hasil eksperimental terlihat bahwa untuk kondisi motor 1 yang beroperasi, maka faktor daya berubah dari 0,2 lag menjadi 0,1 lead. Keadaan yang juga terjadi saat motor 2 dan motor 3 beroperasi, maka nilai faktor daya berubah dari 0.825 lag menjadi 0.18 lead. Demikian pula pada saat tiga beban motor dioperasikan secara bersamaan, maka nilai faktor daya berubah dari 0.2 lag menjadi 0.15 lead. Perbandingan hasil eksperimental dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai cos untuk pemasangan kapasitor untuk *individual Compensation*

No	Kondisi operasi motor listrik	Nilai faktor daya	
		Sebelum pemasangan kapasitor	Setelah Pemasangan Kapasitor
1	Motor 1 beroperasi	0.2 lag	0.1 lead
2	Motor 2 dan 3 beroperasi	0.825 lag	0.18 lead
3	Motor 1,2 dan 3 beroperasi	0.2 lag	0.15 lead

Dari tabel 1, 2 dan tabel 3 di atas terlihat bahwa faktor daya total semua unit motor listrik ketika beroperasi didapatkan nilai faktor daya 0.2. Ketika kapasitor untuk perbaikan daya dipasang pada posisi *global compensation*, maka nilai faktor daya menjadi 0.25 lag. Nilai ini berbeda ketika unit kapasitor perbaikan faktor daya dipasang pada posisi *group compensation* dan *individual compensation* nilai faktor dayanya menjadi 0.15 lead. Hal ini disebabkan pada pemasangan untuk *global compensation*, daya reaktif akibat pemasangan kapasitor akan mengalir juga ke jaringan suplai sehingga perubahan nilai faktor daya sangat kecil. Kondisi ini berbeda ketika, kapasitor dengan nilai kapasitansi yang sama dipasang pada posisi *group compensation* dan *individual compensation* akan terjadi *over compensation* pada instalasi tersebut sehingga faktor daya total instalasi menjadi 0.15 lead.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan penelitian eksperimental dengan meletakkan kapasitor kompensator di posisi yang berbeda untuk melihat kondisi tanggapan sistem terhadap kondisi tersebut pada

instalasi tenaga (motor listrik). Hasil eksperimental menunjukkan adanya pengaruh letak kapasitor sebagai perbaikan faktor daya untuk suatu instalasi tenaga saat motor listrik tidak berbeban. Perbaikan faktor daya akan optimal bilamana kapasitor diletakkan untuk posisi *individual compensation* dibandingkan dengan posisi *global compensation* dan *group compensation*.

Untuk menghasilkan hasil analisis yang lebih optimal, pengujian dapat dilaksanakan untuk kondisi motor listrik berbeban, penggunaan beberapa unit motor listrik serta variasi jarak letak pemasangan kapasitor untuk posisi *individual compensation*, *global compensation* dan *group compensation*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*.
- Gonen, T., 1986., *Electric Power Distribution System Engineering*,. Mc Graw-Hill Book Company
- Grainger, J John dan William D Stevenson. 1994. *Power Sistem Analysis*. Singapore. Mc Graw-Hill Book Company.
- Harten, P.V. 1991., “*Instalasi Listrik Arus Kuat III*”. Bina Cipta, Bandung
- Nasar, Syed H. 1990. *Electric Power Sistem*. USA. Mc Graw-Hill Book Co.
- Parmar, Jignesh. 2013. Defining Size and Location of Capacitor in Electrical Sistem. *Technical Article*, (Online). (<http://electrical-engineering-portal.com>), diakses 7 Desember 2016).
- Thompson, F.G.1992. “ *Electrical Installation and Workshop Technology*”, Longman Scientific & Technical

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada anggota *Power Energy System - Research Group*, Jurusan Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang atas kerjasamanya sehingga penelitian ini berjalan dengan baik. Terima kasih juga disampaikan Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendanaan melalui DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksana Penelitian Nomor :021/PL10.13/PL/2017, tanggal 12 April 2017.