

# STUDI KUALITAS DAYA UNTUK BERBAGAI VARIASI LETAK KAPASITOR PADA INSTALASI TENAGA

Muh.Yusuf.T<sup>1)</sup>, Ahmad Rizal Sultan <sup>2)</sup>, Sarma Thaha <sup>3)</sup>

Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

*muhyusuf041995@gmail.com*



## Abstrak

Salah satu permasalahan yang umumnya terjadi dalam proses penyaluran energi listrik yaitu rendahnya faktor daya pada sistem khususnya jika digunakan pada tingkat industri, Industri pada umumnya rata-rata menggunakan beban yang bersifat induktif sehingga dalam penerapannya diperlukan daya reaktif sebagai suplay beban induktif untuk memenuhi kebutuhan pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik. Faktor daya rendah dapat mengakibatkan kualitas daya terganggu, kualitas daya yang buruk maka akan berdampak mempengaruhi sistem secara keseluruhan dan dapat merusak peralatan maupun sistem tersebut, Sementara kualitas daya yang baik dapat mengoptimalkan kinerja system jaringan distribusi, peralatan dan beban yang terpasang. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas daya pada sistem instalasi tenaga dengan mengambil parameter yang dijadikan sebagai rujukan yaitu nilai faktor daya pada system. Adapun standar parameter sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PUIL dan IEEE. Dalam perbaikan faktor daya terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu metode Individual kompensasi, Grup kompensasi, Global kompensasi. Dari beberapa hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk perbaikan faktor daya yang efisien dalam penyaluran daya reaktif maka digunakan kompensator dengan metode individual kompensasi. Ketiga metode diatas dapat dibuktikan dengan menggunakan salah metode simulasi di aplikasi ETAP.

**Keywords:** *Kualitas daya, perbaikan faktor daya, kinerja sistem, software ETAP versi 12.6*

## I. PENDAHULUAN

Dalam sistem tenaga listrik, terdapat tiga jenis daya yaitu daya semu, daya aktif, dan daya reaktif. Dalam Penerapan pada umumnya ketiga daya diatas dapat ditinjau dari kualitas daya dengan mengacu pada beberapa tolak ukur termasuk kualitas daya. Kualitas daya yang baik dapat mengefisienkan proses distribusi tenaga listrik yang disuplai dari produsen ke konsumen atau dari PHB ke beban/peralatan. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kebutuhan Kualitas daya listrik seperti jumlah beban, jenis beban, jenis penghantar maupun jarak antara sumber listrik dengan beban, Namun didalam penelitian ini hanya membahas mengenai perbaikan faktor daya pada sistem dengan mempertimbangkan hal-hal diatas. Untuk menjaga sistem tetap stabil maka perlu diperhatikan keseimbangan faktor daya dalam sistem karena semakin tinggi kebutuhan 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 dan sebagainya yang kebutuhan daya reaktifnya cukup tinggi sehingga beban/peralatan industri yang seharusnya berfungsi secara maksimal kinerjanya menurun akibat suplay daya reaktif yang tidak efisien. Untuk memperbaiki faktor daya

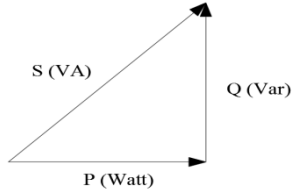
tersebut, salah satu metode yang akan digunakan ialah dengan menambahkan kapasitor bank sebagai kompensator daya reaktif. Penambahan kapasitor pada beban motor berperan sebagai penyuplai daya reaktif yang dibutuhkan oleh motor sehingga beban motor tersebut tidak lagi menarik banyak daya reaktif dari sistem yang akan berdampak pada pembangkit. Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian eksperimental dengan meletakkan kapasitor kompensator di posisi dan letak jarak yang berbeda untuk melihat kondisi tanggapan sistem (nilai faktor daya) terhadap kondisi beban tersebut pada instalasi tenaga (motor listrik).

## II. KAJIAN LITERATUR

Kualitas daya merupakan hal penting dalam sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik dengan kualitas daya yang baik berdampak pada terjaganya kontinuitas pelayanan daya listrik. Disamping itu mempengaruhi pula terpeliharanya keselamatan manusia dan peralatan dari sengatan listrik serta dapat menghemat energi listrik maupun biaya penggunaan listrik. Kualitas daya adalah syarat umum yang menggambarkan karakteristik parameter catuan seperti arus, tegangan, frekuensi dan bentuk gelombang dibandingkan dengan standar atau harapan/tuntutan (Heydt, 1991).

### A. Faktor Daya

Faktor daya (Cosφ) dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA) yang digunakan dalam listrik arus bolak balik. Faktor daya dapat juga didefenisikan sebagai beda sudut antara nilai tegangan (V) dan nilai arus (I) yang biasanya dinyatakan dalam besaran cos φ. Hal ini dapat dinyatakan seperti pada Gambar 1 :



Gambar 1 Segitiga Daya

I.A Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya umumnya adalah penambahan komponen kapasitor sebagai pembangkit daya reaktif yang memungkinkan untuk mensuplai kebutuhan kVAR pada beban-beban induktif. Untuk merencanakan suatu sistem dalam memperbaiki faktor daya, dapat dipergunakan suatu konsep yaitu kompensator ideal, dimana sistem ini dapat dihubungkan pada titik penyambungan secara paralel dengan beban dan memenuhi 3 fungsi utama, yaitu memperbaiki faktor daya mendekati nilai 1 (*unity power factor*), mengurangi atau mengeliminasi regulasi tegangan dan menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa. Untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka perlu dilakukan pemilihan sumber daya reaktif untuk perbaikan faktor daya (*Stevenson, 1993*),.

II.A. Kapasitor Bank untuk perbaikan factor daya

Sebuah kapasitor variabel yang terpasang paralel pada suatu beban induktif dapat diatur sedemikian rupa sehingga arus yang mendahului pada kapasitor menjadi tepat sama besar dengan komponen arus pada beban induktif yang tertinggal 90° terhadap tegangan. Jadi arus total sefasa dengan tegangan. Rangkaian induktif masih memerlukan daya reaktif positif, tetapi daya reaktif nettonya nol. Inilah alasannya mengapa insinyur sistem tenaga lebih suka menganggap kapasitor sebagai pencatu daya reaktif kepada beban induktif (*Stevenson, 1993*),.

Untuk memperbaiki faktor daya dapat meningkatkan nilai dari cos φ<sub>1</sub> menjadi cos φ<sub>2</sub> dengan tingkat distorsi yang rendah dan tidak terjadi resonansi pada impedansi bus-bus utama. Berdasarkan atas pengukuran pemakaian beban puncak sebelum dilakukan pemasangan kompensator daya reaktif tambahan berupa kapasitor bank dapat ditentukan kebutuhan daya aktif dan daya reaktifnya;

$$\text{Cos } \phi \text{ (pf)} = \frac{P}{S} = \frac{V.I.\text{Cos } \phi}{V.I}$$

dimana : Cos φ = Faktor Daya  
 P = Daya Aktif (kW)  
 S = Daya Semu (kVA)

V.I.Cos φ adalah total daya aktif (P total) pada saat operasi beban penuh maka:

$$\text{Daya Aktif (P)} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{cos } \phi$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif (Q)} &= \sqrt{kVA^2 - kW^2} \\ &= kVA \text{ Sin } \phi \\ &= kW \text{ Tan } \phi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu (S)} &= \sqrt{kW^2 + kVAR^2} \\ &= \frac{kW}{\text{Cos } \phi} \end{aligned}$$

Untuk meningkatkan nilai Cos φ<sub>2</sub> mendekati nilai ideal yaitu 1 (*Unity Power faktor*). Dalam hal ini, dengan melihat karakteristik beban yang fluktuatif maka target perbaikan faktor daya adalah dari Cos φ<sub>1</sub> menjadi Cos φ<sub>2</sub>. Sehingga kebutuhan daya reaktifnya akan berubah menjadi :

$$Q_b = P \text{ tan } \phi_1$$

$$Q_t = P \text{ tan } \phi_2$$

Sehingga :

$$Q_c = Q_b - Q_t$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi.f.V^2.10^{-6}}$$

Dimana : Q<sub>b</sub> = Daya reaktif sebelum perbaikan (VAR)

Q<sub>t</sub> = Daya reaktif setelah perbaikan

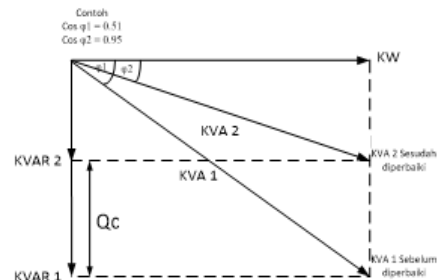
(VAR)

Q<sub>c</sub> = Daya reaktif yang dikompensasi

(VAR)

C = Kapasitansi kapasitor (μF)

Dengan demikian untuk menaikkan faktor daya dari Cos φ<sub>1</sub> menjadi Cos φ<sub>2</sub> diperlukan kapasitor bank sebesar C (μF). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram Gambar 2



Gambar 2 Contoh diagram daya untuk menentukan daya kapasitor

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi terjadinya faktor daya rendah ataupun tinggi (lagging/leading) pada sistem jaringan listrik, konsep rancangan megacu pada variasi letak kapasitor dengan beberapa metode yaitu metode: Kompensasi Global, Kompensasi Grup, dan Kompensasi Individu. Adapun alat dan bahan yang digunakan tabel 1;

No	Alat dan bahan	Jumlah
1	Cos φ meter	1 buah
2	Multitester	1 buah

3	Power Quality Meter(PQM)	1 buah
4	Metrel	1 buah
5	Panel	3 buah
6	Motor listrik	5 buah
7	Obeng (+/-)	1 buah
8	Tang kombinasi	1 buah
9	Tang potong	1 buah
10	Isolasi	1 buah
11	Terminal	2 unit
12	Kapasitor Bank	8 buah
13	Kabel NYM 3x2,5	Secukupnya

Untuk pengumpulan data digunakan metode kualitatif dan kuantitatif.

**C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

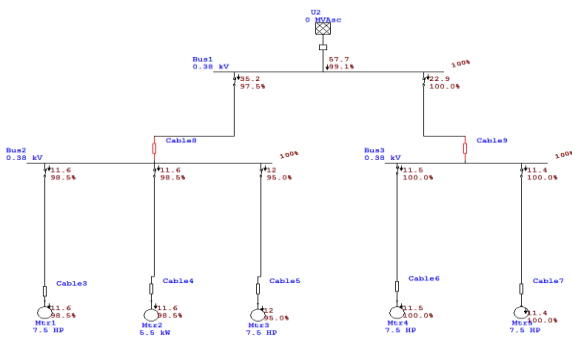
Dalam pengambilan data maka digunakan table acuan sebagai langkah awal untuk melakukan pengambilan data mangacu pada standar yang ada seperti yang ditetapkan oleh IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) sebagai berikut:

Tabel 2 Tabel STD IEEE 446-1995.

No.	Parameter	Range
1	Voltage limit steady-state(all phase)	+6%, -13% surge +15% for 0,5 s maximum Sag-18% for 0,5 s maximum Transient over voltage 150 - 200% for 0.2 ms
2	voltage disturbances (all phases)	
3	harmonic content	5% maximum with equipment operating
4	electromagnetic compatibility	1 v/m maximum
5	frequency limits	60/50 Hz ± 0,5
6	frequency rate of change	1 Hz/s (slew rate)
7	three-phase voltage unbalance	2,5% of arithmetic average
8	three-phase load unbalance	5-20% maximum for any one phase

Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE 446-1995)

Berikut gambar simulasi sesuai dengan data nama plate pada beban dan hasil perhitungan arus nominal pada gambar 3



Gambar 3 Gambar simulasi sesuai dengan name plate.

Berikut merupakan hasil pengukuran data beban dengan alat ukur Power Quality Meter(PQM), adapun data

berikut mencakup data arus, tegangan, daya, frekuensi, dan harmonisa dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Data Pengukuran Tiap Beban (Motor) berupa Arus, Tegangan, Frekuensi, berikut tabel pengukuran;

Arus					
	M1	M2	M3	M4	M5
Ia	5	6	5	5	7
Ib	4	5	4	4	6
Ic	5	6	6	6	7
Iavg	5	6	5	5	7

Tegangan					
	M1	M2	M3	M4	M5
Va-n	232	224	233	231	232
Vb-n	223	212	224	223	223
Vc-n	231	224	232	232	232
Vavg L-N	228	221	229	231	229
Va-b	393	378	394	393	393
Vb-c	395	380	396	396	396
Vc-a	400	387	402	401	400
Vavg L-L	396	382	397	396	396

Frekuensi					
	M1	M2	M3	M4	M5
F	49,94 Hz	49,98 Hz	50,12 Hz	50,06 Hz	49,97 Hz

**Perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor**

Kebutuhan daya reaktif Panel Induk untuk perbaikan faktor daya 0,95.

$$\begin{aligned} \cos \phi_1 &= 0,43 \\ \cos \phi_2 &= 0,95 \\ &= 64,532^\circ \\ &= 18,194^\circ \\ &= 1,125 \text{ rad.} \\ &= 0,317 \text{ rad.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= kW(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\ &= 27,9 (\tan (64,532^\circ) - \tan (18,194^\circ)) \\ &= 27,9 (2,099 - 0,328) \\ &= 27,9 (1,771) \\ &= 49,426 \text{ kVar} \end{aligned}$$

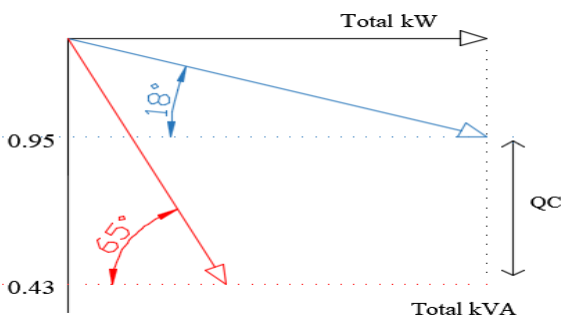
$$\begin{aligned} C &= \frac{Q_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2 \cdot 10^{-6}} \\ &= \frac{49,426}{23,14 \cdot 50 \cdot 380^2 \cdot 10^{-6}} \\ &= \frac{49,426}{45,3416} = 1090 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Tabel 5 Nilai daya reaktif dan kapasitas kapasitor

No.	Nama	kVar	C
1	Motor 1	21,856	482 μF
2	Motor 2	22,583	498 μF
3	Motor 3	21,856	482 μF
4	Motor 4	20,814	454 μF
5	Motor 5	24,235	534 μF

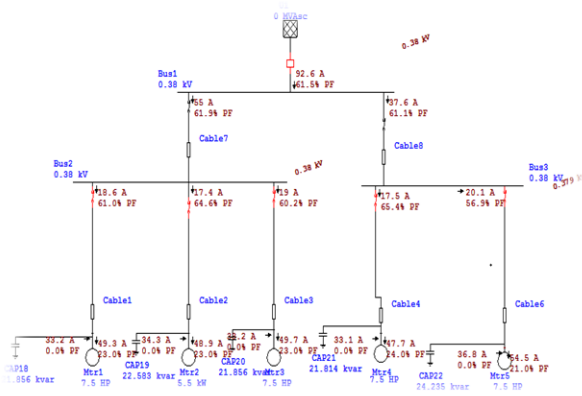
6	Panel Induk	49,426	1090 $\mu$ F
---	-------------	--------	--------------

Berikut gambar 4 Grafik hasil perbandingan daya reaktif



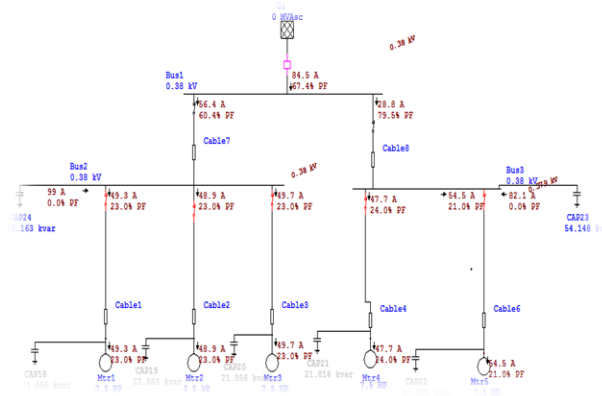
Gambar 4 Grafik hasil perbandingan daya reaktif

Berikut gambar 5 hasil simulasi Aplikasi ETAP menggunakan metode *Individual Compensation*



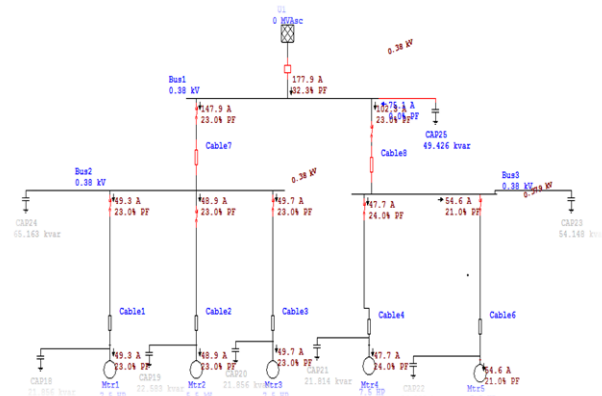
Gambar 5 Metode *Individual Compensation*

Berikut gambar 6 hasil simulasi Aplikasi ETAP menggunakan metode *Grup Compensation*



Gambar 6 Metode *Grup Compensation*

Berikut gambar 7 hasil simulasi Aplikasi ETAP menggunakan metode *Global Compensation*



Gambar 7 Metode *Global Compensation*

**D. KESIMPULAN**

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu metode kompensasi individual, kompensasi grup, dan kompensasi global.

Metode individual memberikan hasil dimana ketika faktor daya beban baik, maka seluruh sistem jaringan faktor dayanya akan menjadi baik sedangkan,

Pada metode kompensasi grup hanya memperbaiki faktor daya dari bus cabang ke bus induk.

Metode kompensasi global hanya memperbaiki faktor daya pada induk namun hasilnya tidak maksimal karena disebabkan oleh faktor daya yang diperbaiki merambat ke jaringan produsen.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.Ir.H Hamzah Yusuf, M.S., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Ibu Dr.Ir.Hafsah Nirwana,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Sofyan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Listrik
4. Bapak Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D.sebagai Pembimbing I dan Ibu Sarma Thaha, S.T.,M.T. sebagai Pembimbing II yang telah mencurahkan waktu, tenaga, materi dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Para Dosen dan Staf Jurusan Teknik Listrik yang telah banyak membantu dari awal hingga akhir pembuatan skripsi ini.
6. Saudara-saudara seperjuanganku dan seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga terutama orang tua yang memberikan doa dan dukungan selama penyusunan laporan skripsi. Semoga skripsi ini dapat memberikan nilai tambah dan manfaat bagi kita semua. Aamiin

#### REFERENSI

- [1] Badan standar IEEE .1995.*Institute of Electrical and Electronics Engineers 446.*
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik.*
- [3] Gonen, T., 1986., *Electric Power Distribution System Engineering.*, Mc Graw-Hill Book Company.
- [4] Harten, P.V. 1991., "*Instalasi Listrik Arus Kuat III*".Bina Cipta, Bandung.
- [5] Thompson, F.G.1992. "*Electrical Installation and Workshop Technology*", Longman Scientific & Technical.