

ISSN 1411-1586

# Teodolita

JURNAL ILMU-ILMU TEKNIK

VOL. 16 NO. 2, Desember 2015

- ☛ Perbaikan Kualitas Daya Listrik Pada Sistem Distribusi Di Industri *Dody Wahjudi*
- ☛ Durasi Pada Proyek Konstruksi Berdasarkan Analisis SNI Menggunakan Borland Delphi 6 *Chrisna Pudyawardhana*
- ☛ Pembuatan Bahan Bangunan Bata Merah Secara Berkelanjutan Dengan Meminimalkan Kerusakan Lingkungan *F. Eddy Poerwodihardjo  
Dwi Istiningsih*
- ☛ Arsitektur Tradisional Jawa Banyumasan Pada Pendopo Duplikat Si Panji Di Kota Lama Banyumas *Budi Tjahjono K,  
R. Siti Rukayah,  
Edward Endrianto P*
- ☛ Pengaruh Variabel Ekonomi, Spekulasi Pasar dan Kebijakan Moneter Terhadap Harga Transaksi Properti Perumahan Di Wilayah Perkotaan di Indonesia *Basuki Partamihardja*

**UNIVERSITAS WIJAYAKUSUMA PURWOKERTO**

Teodolita	Vol. 16	NO. 2	Hlm. 1 - 33	ISSN 1411-1586	Purwokerto Desember 2015
-----------	---------	-------	-------------	-------------------	-----------------------------

Diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

# JURNAL TEODOLITA

**VOL. 16 NO. 2, Desember 2015**

**ISSN 1411-1586**

## **HALAMAN REDAKSI**

Jurnal Teodolita adalah jurnal ilmiah fakultas teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto yang merupakan wadah informasi berupa hasil penelitian, studi literatur maupun karya ilmiah terkait. Jurnal Teodolita terbit 2 kali setahun pada bulan Juni dan Desember.

Penanggungjawab : Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto  
Pemimpin Redaksi : Taufik Dwi Laksono, ST MT  
Sekretaris : Dwi Sri Wiyanti, ST MT  
Bendahara : Basuki, ST MT  
Editor : Drs. Susatyo Adhi Pramono, M.Si  
Tim Reviewer : Taufik Dwi Laksono, ST MT  
Iwan Rustendi, ST MT  
Yohana Nursruwening, ST MT  
Wita Widyandini, ST MT  
Priyono Yulianto, ST MT  
Kholistianingsih, ST MT  
Alamat Redaksi : Sekretariat Jurnal Teodolita  
Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto  
Karangsalam-Beji Purwokerto  
Telp 0281 633629  
Email : teodolitaunwiku@yahoo.com

Tim Redaksi berhak untuk memutuskan menyangkut kelayakan tulisan ilmiah yang dikirim oleh penulis. Naskah yang di muat merupakan tanggungjawab penulis sepenuhnya dan tidak berkaitan dengan Tim Redaksi.

# **PENGANTAR REDAKSI**

Jurnal Teodolita merupakan jurnal ilmiah yang memuat tulisan dari bidang Teknik Sipil, Teknik Arsitektur dan Teknik Elektro. Penulis pada edisi kali ini terdiri dari penulis yang berasal dari lingkungan Universitas WJjayakusuma Purwokerto maupun berasal dari luar lingkungan Universitas Wijayakusuma Purwokerto.

Edisi Desember 2015 ini terdiri dari makalah yang berkaitan dengan durasi proyek, material bangunan, kualitas listrik, tinjauan arsitektur tradisional dan hal-hal yang mempengaruhi terhadap harga transaksi perumahan. Bervariasinya materi yang ditampilkan diharapkan dapat memberikan tambahan ilmu pengetahuan bagi para pembacanya.

Redaksi mengajak kepada seluruh pihak untuk dapat berperan aktif dalam jurnal ini sehingga dapat memberikan kontribusi yang positif bagi dunia ilmu pengetahuan.

Kritik dan saran yang bersifat membangun yang diberikan dapat memacu kami untuk lebih baik lagi.

Kami banyak berharap kepada seluruh pihak untuk dapat berkontribusi menjadi penulis artikel ilmiah pada jurnal Teodolita terbitan berikutnya.

**REDAKSI**

# JURNAL TEODOLITA

VOL. 16 NO. 2, Desember 2015

ISSN 1411-1586

## DAFTAR ISI

- Perbaikan Kualitas Daya Listrik Pada Sistem Distribusi Di Industri..... 1 - 4**  
*Dody Wahjudi*
- Durasi Pada Proyek Konstruksi Berdasarkan Analisis SNI Menggunakan Borland Delphi 6 ..... 5 - 10**  
*Chrisna Pudyawardhana*
- Pembuatan Bahan Bangunan Bata Merah Secara Berkelanjutan Dengan Meminimalkan Kerusakan Lingkungan.....11 - 17**  
*F. Eddy Poerwodihardjo, Dwi Istiningsih*
- Arsitektur Tradisional Jawa Banyumasan Pada Pendopo Duplikat Si Panji Di Kota Lama Banyumas .....18 - 24**  
*Budi Tjahjono K, R. Siti Rukayah, Edward Endrianto P*
- Pengaruh Variabel Ekonomi, Spekulasi Pasar dan Kebijakan Moneter Terhadap Harga Transaksi Properti Perumahan Di Wilayah Perkotaan di Indonesia .....25 - 33**  
*Basuki Partamihardja*

# IMPROVEMENT OF THE POWER QUALITY IN THE DISTRIBUTION SYSTEM IN THE INDUSTRY

## PERBAIKAN KUALITAS DAYA LISTRIK PADA SISTEM DISTRIBUSI DI INDUSTRI

Dody Wahjudi

Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

### ABSTRAK

Perbaikan kualitas daya listrik di Industri merupakan pendekatan sistematis untuk melaksanakan penggunaan energi secara efisien dan penyediaannya dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Kegiatan perbaikan kualitas daya listrik di industri menyangkut banyak aspek seperti rekayasa, manajemen dan hubungan manusia. Dengan manajemen power quality, akan diperoleh beberapa informasi permasalahan kualitas daya seperti drop tegangan, factor daya. Sebagian besar memburuknya kualitas daya disebabkan oleh beban penyebab fluktuasi seperti arc furnace, motor-motor listrik, las listrik, computer. Perbaikan factor daya akan diperoleh perbaikan tegangan sehingga peralatan beban industri dapat bekerja normal sesuai karakteristik bebannya.

**Kata kunci :** *power quality*, perbaikan faktor daya

### Pendahuluan

Masalah kualitas daya listrik adalah persoalan perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan atau misoperation peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen; artinya masalah kualitas daya listrik bisa merugikan pelanggan maupun PLN. Pada Suatu Sistem tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan (service requirement) kepada konsumennya yaitu :

1. Dapat memenuhi beban puncak
2. Memiliki deviasi tegangan dan frekuensi yang minimum.
3. Menjamin urutan phase yang benar.
4. Menjamin distorsi gelombang tegangan dan harmonik yang minimum dan bebas dari surja tegangan.
5. Menjamin suplai sistem tegangan dalam keadaan setimbang.
6. Memberikan suplai daya dengan keandalan tinggi dengan prosentase waktu layanan yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif.

Perbaikan kualitas daya listrik di Industri merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk melaksanakan pemanfaatan energi secara efisien dan penggunaannya dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Oleh karena itu dalam pembangkitan dan penyaluran energi harus dapat dilakukan secara ekonomis dan rasional. Keandalan sistem distribusi yang kurang baik dan penggunaan terhadap peralatan listrik juga dapat mempengaruhi kualitas daya listrik sehingga dapat menimbulkan pengaruh pada proses produksi di Industri.

Dalam kegiatan perbaikan kualitas daya listrik di bidang industri menyangkut beberapa aspek seperti rekayasa, manajemen dan hubungan manusia. Dari aspek rekayasa itu menghasilkan suatu perbaikan kualitas daya listrik ditentukan pada dua keadaan yaitu dalam keadaan *steady-state* dan dalam keadaan *transient*. Meningkatnya pemakaian peralatan listrik seperti Arc furnace, motor listrik, mesin pendingin, konverter, dan beberapa mesin industri lainnya serta computer sering menjadi potensi gangguan listrik yang sulit dideteksi kecuali pada peralatan listrik yang langsung mengalami kerusakan seperti akibat sambaran petir, ledakan tegangan, harmonisa dan gangguan akibat tegangan lebih.

Permasalahan pada kualitas daya listrik (*power quality*) dalam kondisi *steady state* ditentukan oleh beberapa hal yaitu factor daya, variasi tegangan, variasi frekuensi, distorsi harmonik, ketidakseimbangan tegangan (*unbalance, interruptions, transients*) (Dugan R, 1996).

Penurunan tingkat kualitas daya listrik dalam waktu yang cukup lama akan mempengaruhi operasi peralatan baik di sisi pelanggan maupun disisi pengelola sistem kelistrikan juga mempengaruhi karakteristik pemakaian energi di beban industri. Artikel ini yang ditinjau adalah kualitas daya listrik dalam kondisi *steady state* tentang perbaikan factor daya dengan kapasitor dan gelombang harmonik.

### Fluktuasi Tegangan

Penggunaan peralatan listrik dalam industri seperti arc furnace, motor listrik, las listrik, mesin-mesin industri kapasitas besardan lain-lain akan menarik

arus yang besar dari jala-jala listrik, adanya arus yang berfluktuasi melewati impedansi-impedansi system *supply* dan tegangan sepanjang saluran itu akan berfluktuasi, sehingga besarnya fluktuasi tegangan tergantung besarnya impedansi system *supply* dan arus yang melaluinya.

Penyebab *drop* tegangan yaitu arus yang mengalir melalui impedansi, perubahan tegangan sebesar  $r\Delta V$  diakibatkan oleh adanya resistor (R) dan Reaktans (X) dalam suatu saluran. Perubahan tegangan ini bisa berupa drop tegangan atau kenaikan tegangan  $\Delta V$  bernilai positif (drop tegangan) untuk circuit yang memiliki factor daya lagging dan bernilai negative untuk jenis industri yang memiliki factor daya leading. Besarnya *drop* tegangan adalah:

$$\Delta V = I (R + jX) \text{ Volt}$$

dimana:

I = Arusbeban (Amper),

R = Resistansial saluran ( $\Omega$ )

X = Reaktansial saluran ( $\Omega$ )

Dari Persamaan di atas diketahui bahwa semakin besar arus beban semakin besar drop tegangannya. Pada saat beban puncak drop tegangan akan semakin besar, maka kualitas daya listrik menjadi rendah dan akan merusak peralatan yang digunakan.

Tinggi rendahnya tegangan yang berada di luar daerah aman (batas-batas toleransi peralatan) akan mengganggu bahkan dapat menyebabkan kerusakan baik pada perangkat keras maupun pada perangkat lunak. Untuk mempertahankan kerja peralatan listrik yang normal menurut Dugan & Beatty (1996) tegangan *supply* diizinkan adalah + 5% dan - 5 %, sedangkan standar PUIL (2000) bahwa batas toleransi variasi tegangan adalah + 5 % dan -10 % dari tegangan nominal.

### Pengurangan Arus pada Saluran

Menurut Dugan & Beatty (1996) bahwa pemasangan kapasitor dapat menurunkan arus yang mengalir pada saluran. Besarnya penurunan arus pada dalam saluran dapat dihitung dengan rumus seperti berikut :

$$\% \Delta I = 100 \left[ 1 - \left( \frac{\cos \phi_{before}}{\cos \phi_{after}} \right) \right]$$

dengan :

%  $\Delta I$  = % penurunan arus

$\phi_{before}$  = sudut factor daya sebelum koreksi

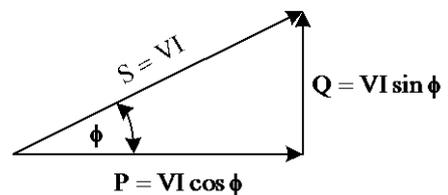
$\phi_{after}$  = sudut factor daya sesudah koreksi

### Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya penting dilakukan untuk mendapatkan kapasitas penggunaan energi sesuai dengan beban yang ada, Faktor daya yang kurang dari 1, berakibat arus beban menjadi besar dengan tegangan yang tetap, maka akan terjadi pemakaian energi akan lebih besar dibandingkan dengan faktor daya mendekati 1. Oleh karena rendahnya factor daya akan mengakibatkan memburuknya karakteristik kerja peralatan pada system distribusi baik secara teknis maupun dari segi ekonomis. Untuk menghitung factor daya dengan rumus :

$$Pf = \frac{P}{VI} = \frac{VICos\phi}{VI} = Cos\phi$$

Hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya nyata dapat digambarkan seperti segitiga daya di bawah ini :



**Gambar 1**

Segitiga daya daya aktif, daya reaktif dan daya nyata

Keuntungan perbaikan factor daya menurut Dugan & Beatty (1996) antara lain adalah :

- Memperbaiki tegangan pada beban
- Memperkecil rugi-rugi pada saluran berupa  $I^2 X$
- Memperkecil rugi-rugi pada saluran berupa  $I^2 R$
- Memperkecil rugi-rugi pada transformator
- Mengurangi kebutuhan kVA

### Pemilihan Jumlah dan Kapasitas Kapasitor

Pemilihan kapasitas Kvar kapasitor menurut Dugan & Beatty (1996) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Kvar = Kw (\tan \phi_{orig} - \tan \phi_{new}) = Qc$$

$$Qc = kW \left[ \sqrt{\frac{1}{Pf_{orig}^2} - 1} - \sqrt{\frac{1}{Pf_{new}^2} - 1} \right]$$

dengan :

Kvar = diperlukan penggantian dalam Kvar;

Kw = daya rial

$\phi_{orig}$  = sudut fasa factor daya semula

$\phi_{new}$  = sudut fasa factor daya yang diinginkan

$Pf_{orig}$  = factor daya semula, dan

$Pf_{new}$  = factor daya yang diinginkan

Penentuan Kvar kapasitor dapat juga dihitung dengan memperhatikan Kw multifier, dimana Kw multifier dapat

diamati dari faktor daya semula dengan factor daya yang diinginkan

$Kvar_{cap} = Kw \text{ multifier} \times \text{daya nyata (Kw)}$

Maka kapasitas kapasitor dengan frekwensi dasar 50 Herzt adalah sebagai berikut :

$$Q_c = I_c^2 \cdot X_c = V \cdot I_c$$

$$Q_c = \frac{V}{X_c} = V^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

$$C = \frac{Q_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2}$$

dengan :

C = kapasitas dari kapasitor (Farad)

$Q_c$  = dayareaktif (var);

F = frekwensi (Hz);

V = tegangan system (volt)

Suatu system distribus itenaga listrik yang terdiri dari beberapa kelompok beban penetapan untuk factor dayanya harus tepat sebab penentuan factor daya total dan penentuan kVar covensator sangat mempengaruhi analisis selanjutnya. Menurut Lazar (1980) bahwa cara untuk menentukan Kvar covensator dan koreksi factor daya pada kelompok beban dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots + Q_n$$

$$\frac{P_{total}}{S_{total}} = \frac{kW}{kVA}$$

$$S_{total} = \sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2}$$

Penentuan rating kapsitor, kabel dan saluran yang digunakan harus sesuai dengan besarnya aliran arus dan disesuaikan dengan standar yang telah ditetapkan. Menurut Lazar (1980) standar rating kapasitor pada saluran seperti pada tabel 1 berikut :

No.	Rating Kvar	Arus (Amp)	AWG Or MCM	Conduit (inc)
1	5	6,01	12	0,5
2	7	9,02	12	0,5
3	10	12	10	0,75
4	15	18	8	0,75
5	20	24	8	0,75
6	25	30,1	8	0,75
7	40	48,1	3	1,25
8	50	60,1	2	1,25
9	80	96,2	1/0	2
10	120	144	4/0	2,5
11	160	192	350	3
12	240	289	2) 4/0	2,5
13	360	433	(2) 500	3

### Gelombang Harmonik

Harmonik tegangan dan arus diukur berdasarkan besar masing-masing komponen harmonik yang yang berfrekuensi kelipatan frekuensi dasar di Indonseia 50 Hz relatif terhadap komponen dasar 50 Hz sinusoidal dalam %. Untuk memperoleh satu parameter yang dipakai menilai harmonik-hamonik tersebut digunakan besaran yang disebut cacat harmmonik total (*total harmonic distortion-THD*) (Dugan & Beaty, 1996) yang dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1}$$

dimana :

*THD* : *total harmonic distortion*

$M_h^2$  : besar harmonik ke-h

$M_1$  : besar harmonik ke 1

Sumber harmonik secara umum disebabkan oleh tanur listrik (*furnace*), pengendali motor secara elektronik (*adjustable speed drives*), penyearah terkendali (*integrated gate commutated thyristor-IGCT*), lampu neon (*fluorescent*), lampu hemat enegi dan lain-lain. Beban-beban tersebut merupakan jenis beban non linier.

### Ketentuan Standar

Standar mengenai distorsi harmonik yang telah diterbitkan oleh berbagai badan international yang ada di Belanda, Swedia, Jerman dan Inggris, menggunakan standar ANSI/IEEE. Standar IEEE 519,1981 tentang

total harmonic distortion (THD) tegangan seperti pada tabel berikut :

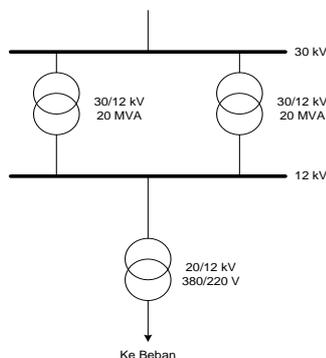
Tabel 2 Batas Total harmonic distortion (THD THD)

No	Level Tegangan (kV)	THD (%) Dedicated System	THD (%) General System
1	Tegangan Rendah 0,45	10	5
2	Tegangan Menengah 2,4 – 69	8	5
3	Tegangan Tinggi 115 keatas	1,5	1,5

### Penerapan perhitungan fluktuasi tegangan pada rel 12 kV

Perhitungan fluktuasi tegangan pada rel 12 kV dengan data-data seperti di bawah:

- Trafodistribusi dengan kapasitas 2000 kVA melayani empat buah motor induksi yang berkapasitas besar dan beban lainnya.
- Tegangan kerja motor induksi 380/ 220 volt,
- Pengukuran tegangan sebelum rolling mill bekerja = 11,25 kV, setelahbekerja 11,5kV,



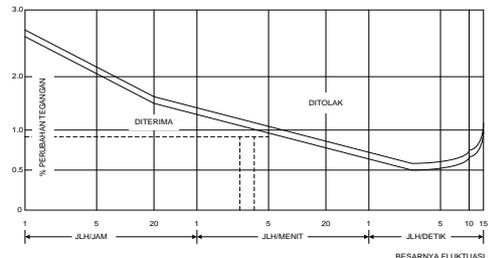
Besar prosentase perubahan tegangan =

$$\frac{11,5 - 11,15}{11,25} \times 100\% = 0,8888 \%$$

Prosentase perubahan tegangan tersebut terlihat pada tabel di bawah ini:

PENGAMATAN	ΣPERUBAHAN TEGANGAN PER MENIT
I	5 KALI
II	4 KALI
III	3 KALI

Dari perubahan tegangan pada tabel di atas dengan melihat posisinya pada kurva flicker seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.



### Kesimpulan

Dari uraian diatas dasar-dasar manajemen Power Quality dapatdisimpulkan :

- Dengan manajemen power quality, akan diperoleh beberapa informasi permasalahan kualitas dayas eperti drop tegangan tegangan, faktordaya.
- Sebagian besar memburuknya kualitas daya disebabkan oleh oleh beban penyebab fluktuasi seperti arc furnace, motor-motor listrik, las listrik, computer.
- Perbaikan factor daya akan diperoleh perbaikan`tegangan sehingga peralatan bebanindustri dapatbekerjanormasesuai karakteristik bebannya.
- Dari hasil perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan metode analisa prosentase tegangan pada rel 12 kV ternyata fluktuasi yang terjadi pada rel tersebut yang disebabkan oleh beban motor induksi dari *curve flicker* dinyatakan belum mengganggu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Pabla, A.S.,1981, Electrical Power Distribution System, Tata McGraw-Hill Publishing CompanyLimited, New Delhi.
- GonenTuren, 1986, Electric Power Distribution System Engineering,McGraw-Hill Book Company. New York
- Dugan.R.C., McGranaghan.M.F., Beaty H.W., 1996, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill
- IEEE Standar 399-1990. IEEE Recommended Practices for Industrial and Commercial Power System Analysis.
- Rusli, 1976, Analisa Flicker Tegangan pada Bus 20 kV di GI Waru II