

# Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak

HADI SUGIARTO

*Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak, Jalan Ahmad Yani Pontianak  
Alamat Korespondensi, Telp: 0561736189*

**Abstrak:** Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Sehingga bentuk gelombang tegangan dan arus tidak sinusoidal murni lagi. Beban-beban non linier adalah sebagai penyumbang harmonisa yang terjadi antara lain: *static power converter (rectifiers atau inverters)*, pengisi baterai (*bateray chargers*), *electronic ballast, variable frequency, electric arc furnace, thyristor ac power controllers, thyristor-controlled reactor (TCR), silicon controlled rectifier (SCR)*, dan *adjustable speed drive (ASD)*. Akibat dari harmonik yang terjadi adalah komponen-komponen peralatan dalam sistem akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih pada kawat netral, menimbulkan rugi-rugi pada sistem dan transformator serta dapat menghasilkan arus netral yang lebih tinggi dari arus phase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di gedung Administrasi POLNEP terjadi harmonisa arus dan tegangan. Harmonisa arus yang terjadi sebesar 2.7% dan harmonisa tegangan sebesar 10,6 masih dibawah standar yang diperbolehkan. Namun beban terdistribusi tidak merata pada masing-masing fasa sehingga menimbulkan arus netral yang cukup besar yaitu melebihi arus fasa terendah (fasa R) dan menyebabkan rugi daya pada kawat netral.

**Keywords:** Harmonik, arus, tegangan listrik, non linier, rugi daya

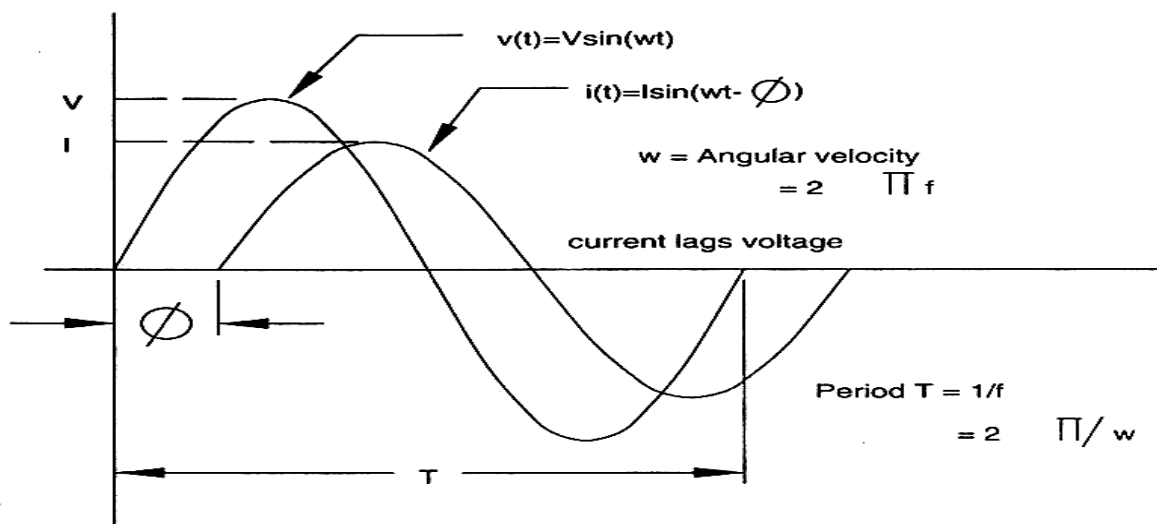
---

Bentuk gelombang tegangan yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan dalam sistem tenaga listrik yang ideal adalah gelombang sinus murni. Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya.

Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non liner ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak

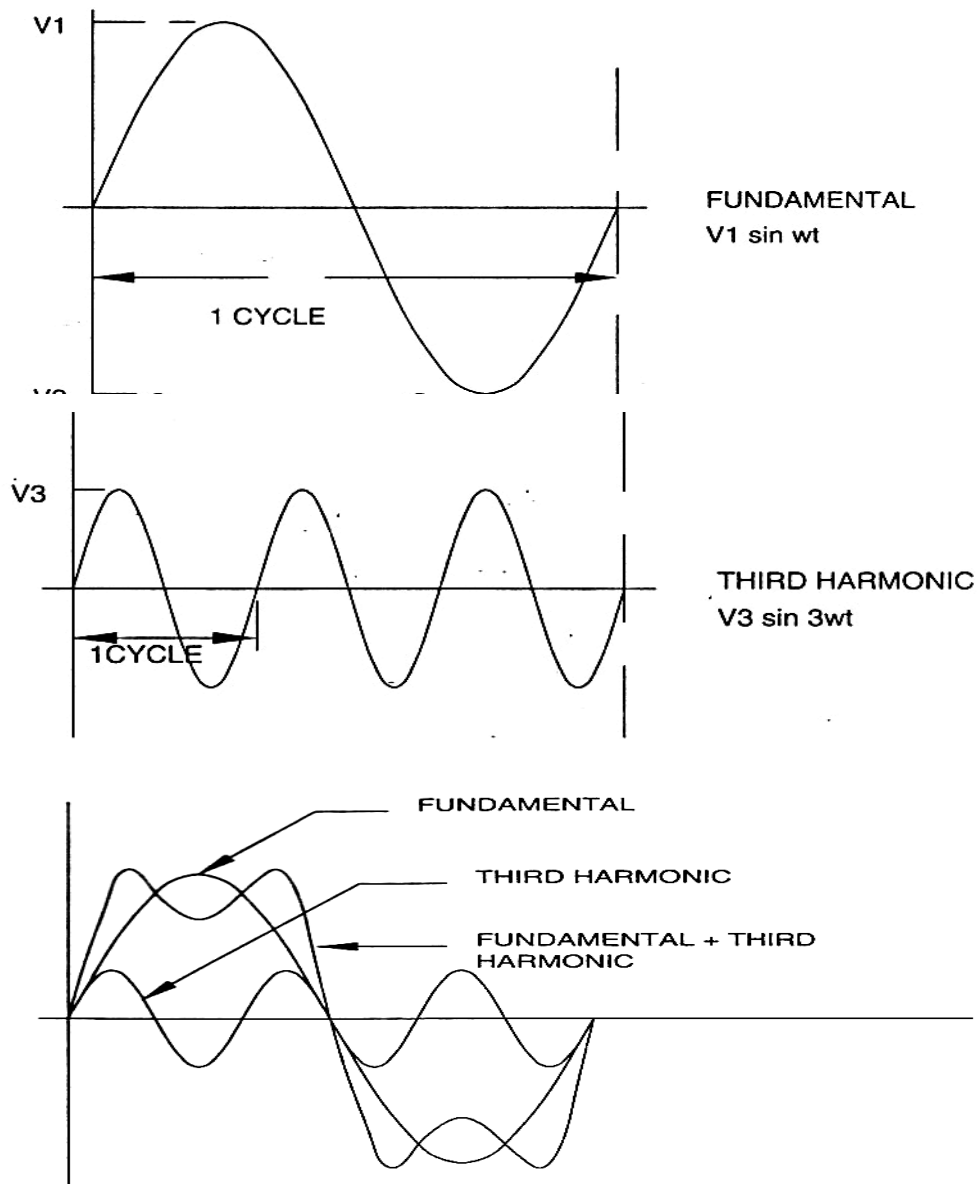
terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Beberapa contoh beban non linier adalah berupa aplikasi elektronika daya antara lain: *static power converter (rectifiers atau inverters)*, pengisi batere (*bateray chargers*), *electronic ballast*, *variable frequency*, *electric arc furnace*, *thyristor ac power controllers*, *thyristor-controlled reactor (TCR)*, *silicon controlled rectifier (SCR)*, dan *adjustable speed drive (ASD)*, yang ini semuanya merupakan penyumbang harmonik.

Distorsi harmonisa diterjemahkan melalui suatu distorsi dari gelombang arus dan tegangan di jaringan yang tidak lagi sinusoidal, hal tersebut akan menyebabkan timbulnya arus, tegangan dan daya harmonik di dalam jaringan yang mengandung beban-beban non linier. Distorsi harmonisa, yang membentuk suatu bentuk distorsi mutu dari pada arus, tegangan, daya jaringan adalah besaran variabel yang berubah-ubah, besaran distorsi tersebut dapat dinyatakan dengan *total harmonic distortion (THD)*. Beban non linier antara lain: *variable speed drive*, komputer, printer, lampu *fluorescent* yang menggunakan elektronik ballast.



Gambar 1. Gelombang Sinus Arus dan Tegangan

Gelombang non sinusoidal dapat terbentuk dengan menjumlahkan gelombang-gelombang sinusoidal, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Gelombang Fundamental, Harmonik Ketiga dan Hasil Penjumlahannya

*Individual Harmonic Distortion* (IHD) adalah rasio antara nilai RMS dari harmonisa individual dan nilai RMS dari fundamental. *Total Harmonic Distortion* (THD) adalah rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Hubungan antara THD dengan IHD dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$THD = (IHD_2^2 + IHD_3^2 + IHD_4^2 + \dots + IHD_n^2)^{1/2}$$

Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yaitu batasan untuk harmonisa arus, dan batasan untuk harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio  $I_{sc}/I_L$ .  $I_{sc}$  adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan  $I_L$  adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standard

harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai. Standar distorsi harmonisa tegangan dan arus berdasarkan standar IEEE dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Standar Distorsi Harmonisa Tegangan Berdasarkan Standar IEEE

Distorsi Tegangan Harmonik Dalam % Nilai Fundamental			
Sistim Tegangan	< 69 kv	69 – 138 kv	>138 kv
T H D	5.0	2.5	1.5

Tabel 2. Standar Distorsi Harmonisa Arus erdasarkan Standar IEEE

Distorsi Arus Harmonik Maksimum Dalam % Nilai Fundamental	
Isc/IL	THD
<20	5.0
20 - 50	8.0
50 – 100	12.0
100 – 1000	15.0
>1000	20.0

T H D = total harmonic distorstion  
 Isc = arus hubung singkat maksimum  
 IL arus beban maksimum

### Akibat yang ditimbulkan oleh harmonik

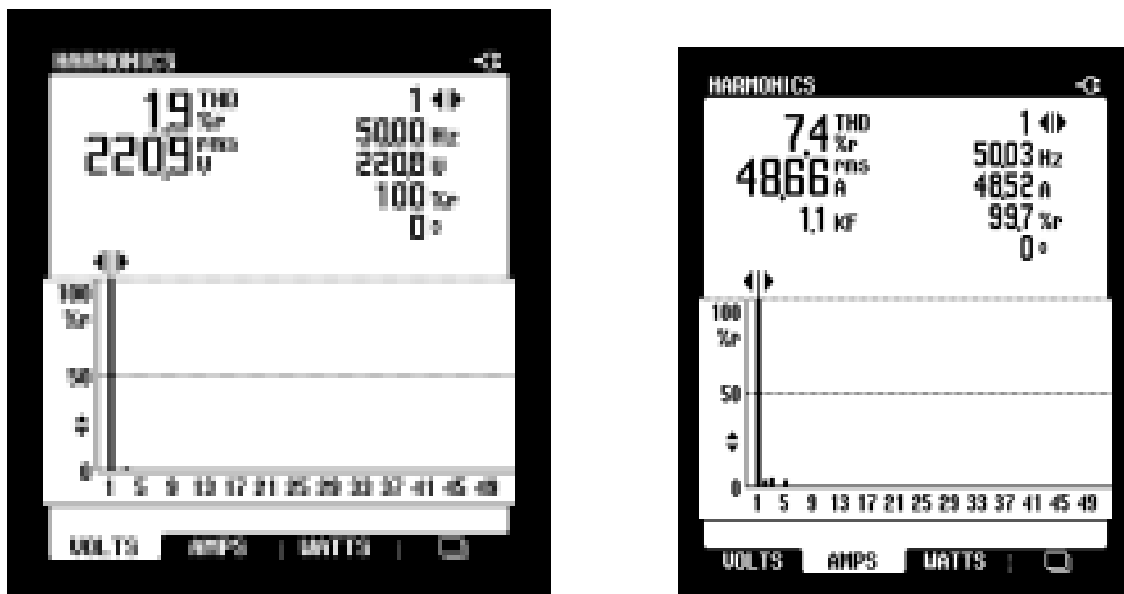
Pengaruh dari adanya harmonik yaitu rusaknya peralatan transformator, mesin-mesin listrik, switchgear, fuse dan rele proteksi. Transformator, motor listrik dan peralatan pemutus(switchgear) akan mengalami naiknya rugi-rugi dan pemanasan lebih. Motor induksi akan mengalami kegagalan start dan berputar pada kecepatan subsinkron (subsynchronous speeds). Pemutus tenaga akan mengalami kesalahan pemutusan arus. Umur kapasitas akan lebih pendek disebabkan panas dan stress dari dielektriknya. Karakteristik arus waktu dari fuse dapat berubah, dan rele proteksikan mengalami perilaku yang tak menentu.

Akibat lain yang dapat ditimbulkan oleh adanya hamonisa antara lain adalah: 1) Timbulnya getaran mekanis pada panel listrik yang merupakan getaran resonansi mekanis akibat harmonik arus frekwensi tinggi. Harmonisa dapat menimbulkan tambahan torsi pada kWh meter jenis elektromekanis yang menggunakan piringan induksi berputar. Sebagai akibatnya terjadi kesalahan penunjukkan kWh meter karena piringan induksi tersebut dirancang hanya untuk beroperasi pada frekwensi dasar, 2) Interferensi frekwensi pada sistem telekomunikasi karena biasanya kabel untuk keperluan telekomunikasi ditempatkan berdekatan dengan kawat netral. Triplen harmonisa pada kawat netral dapat memberikan induksi harmonik yang mengganggu sistem telekomunikasi, 3) Pemutus beban dapat bekerja di bawah arus pengenalnya atau mungkin tidak bekerja pada arus pengenal, dan 4) Kerusakan pada sistem komputer.

## METODE

Kandungan harmonisa arus dan tegangan listrik pada penelitian ini, dapat diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. Alat ukur ini digunakan untuk mengukur arus, tegangan, daya, faktor daya, harmonisa (THD) arus dan tegangan. Tampilan hasil pengukuran dari alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B* dapat berbentuk gelombang, spektrum yang terjadi pada tiap-tiap orde harmonisa dan dapat berbentuk teks. Kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan standar harmonik yang diperkenankan dan seterusnya dilakukan analisa.

Tahapan pengukuran Harmonisa arus dan tegangan menggunakan *Power Quality Analyzer Fluke 43B* adalah sebagai berikut: 1) membuat hubungan seperti berikut: a) Terminal kawat hitam alat ukur dihubungkan ke kawat netral, b) Terminal kawat merah alat ukur dihubungkan ke kawat fasa, c) Terminal tang amper pada alat ukur ke tang amper; 2) membuka menu; 3) memilih harmonic; 4) menekan tombol enter; dan 5) memilih tegangan mengukur tegangan dan arus untuk mengukur arus sehingga akan dihasilkan screen hasil pengukuran.



Gambar 3. Spektrum harmonisa tegangan dan arus

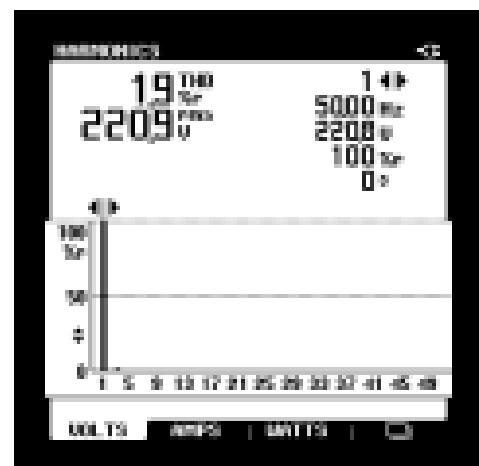
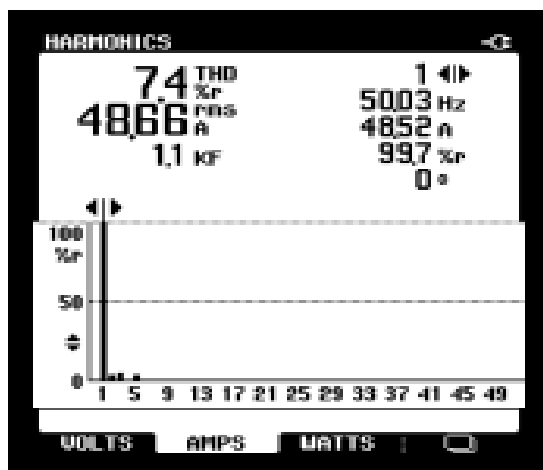
## HASIL

Melalui penggunaan *Power Quality Analyzer Fluke 43B* dilakukan pengukuran arus, tegangan, daya, factor daya, THDi %, THDv%, dan frekwensi pada masing-masing fasa R, S dan T.

## Hasil Pengukuran Fasa R

Tabel 3. Hasil Pengukuran Fasa R

Parameter	waktu		
	10.00	12.00	17.00
Tegangan rms (V)	220.9	213.9	223.5
Arus rms (A)	48.66	54.8	27.38
Arus Netral (A)	50.6	59.1	18.24
THDv (%)	1.9	12.4	1.6
THD I (%)	7.4	8	10.6
Frekwensi (HZ)	50	49.8.	50.3
P (KW)	10.3	11.9	5.5
S (KVA)	10.4	12	5.61
Q (KVAR)	1.8	1.8	0.81
PF	0.99	0.99	0.99

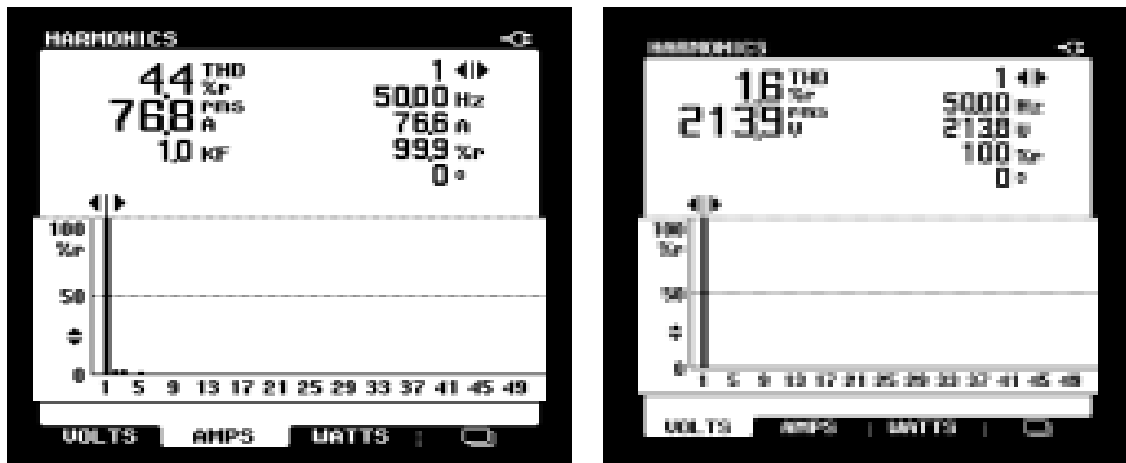


Gambar 4. Spektrum harmonisa arus dan harmonisa tegangan fasa R

## Hasil Pengukuran Fasa S

Tabel 4. Hasil Pengukuran Fasa S

1	Waktu		
	10.00	12.00	17.00
Tegangan rms (V)	213.9	209.5	222.8
Arus rms (A)	76.8	95.5	31.48
Arus Netral (A)	50.6	59.1	18.24
THDv (%)	1.6	1.9	1.5
THD I (%)	4.4	2.9	6.1
Frekwensi (HZ)	50	49.8.	50.3
P (KW)	16.2	18.6	7.08
S (KVA)	16.5	18.9	7.14
Q (KVAR)	3	3.5	0.99
PF	0.98	0.98	0.99

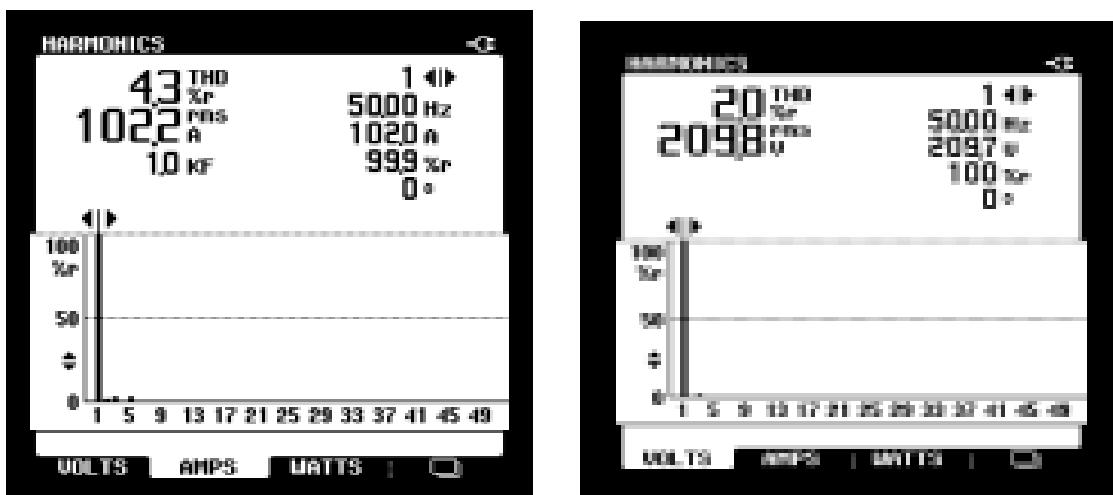


Gambar 5. Spektrum harmonisa arus dan tegangan fasa S

**Hasil Pengukuran Fasa T**

Tabel 5. Hasil Pengukuran Fasa R

Parameter	Waktu		
	10.00	12.00	17.00
Tegangan rms (V)	209.8	206.2	217.5
Arus rms (A)	102.2	123.6	72.1
Arus Netral (A)	50.6	59.1	18.24
THDv (%)	2.0	2.7	1.8
THD I (%)	4.3	4.9	6.0
Frekwensi (HZ)	50	49.8.	50.3
P (KW)	21.5	25.9	15.3
S (KVA)	21.6	26.1	15.4
Q (KVAR)	1.5	2.9	1.9
PF	0.99	0.99	0.99



Gambar 6. Spektrum harmonisa arus dan tegang

## PEMBAHASAN

Tabel 6. Pengukuran Arus

Waktu Pengukuran	Arus Fasa			
	IR	IS	IT	IN
10.00	48,66	76,8	102,2	50.6
12.00	54.8	95.9	123.6	59.1
17.00	27.38	31.48	72.1	18.24

$$\text{Arus fasa (IR rata - rata)} = \frac{\text{IR} + \text{IS} + \text{IT}}{3}$$

Tabel 7. Arus Rata-rata

Parameter	Waktu		
	Jam 10.00	Jam 12.00	Jam 17.00
Arus rata-rata (I rata-rata)	75,88 A	91,43 A	43,65 A

$$\text{Persentase arus fasa (\% I)} = \frac{\text{I fasa}}{\text{I rata - rata}}$$

$$\text{Persentase arus fasa R (\% IR)} = \frac{\text{IR}}{\text{I rata - rata}}$$

Tabel 8. Hasil Pengukuran Tegangan

Waktu Pengukuran	Tegangan		
	VR	VS	VT
10.00	220.9	213.9	209.8
12.00	219.3	209.5	206.2
17.00	223.5	222.8	217.5

Berdasarkan data hasil pengukuran dapat diketahui bahwa beban pada Gedung Administrasi dalam kondisi tidak seimbang. Hal ini ditandai dengan terjadinya perbedaan nilai arus dan daya pada setiap fasa. Beban terbesar terjadi pada fasa T dimana arus pada fasa T sebesar 102.2 Amper (jam 12.00). Akibat dari ketidakseimbangan beban menyebabkan terjadinya arus pada netral yang besarnya menyamai arus pada salah satu fasa yaitu fasa R.

Beban yang tidak seimbang ini menimbulkan rugi-rugi pada netral yang besarnya:

$$P_{\text{Netral}} = I_N^2 \cdot R_N$$

$$P_{\text{Netral}} = (50,6)^2 \times 0,6842 = 1751,798 \text{ Watt} = 1,752 \text{ KW (pada jam 10.00)}$$

$$P_{\text{Netral}} = (59,1)^2 \times 0,6842 = 2389,780 \text{ Watt} = 2,389 \text{ KW (pada jam 12.00)}$$

$$P_{\text{Netral}} = (18,24)^2 \times 0,6842 = 227,63 \text{ Watt} = 0,228 \text{ KW (pada jam 22.00)}$$

Tegangan yang diijinkan turun sebesar 10% dan naik sebesar 5% dari tegangan standar 220V dengan demikian tegangan masih dalam batas tegangan yang diperbolehkan berkisar



antara 198-231 V. Dimana hasil pengukuran berada pada tegangan 206,2 V pada fasa T dan 223.5 V pada fasa R.

Tabel 9. THD<sub>v</sub> (%) dan THDI (%)

Parameter	Jam 10.00			Jam 12.00			Jam 17.00		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
THD <sub>v</sub> (%)	1.9	1.6	2.0	2.4	1.9	2.7	1.6	1.5	1.8
THD <sub>i</sub> (%)	7.4	4.4	4.3	8	2.9	4.9	10.6	6.1	6.0

Dari spectrum harmonisa arus dan tegangan frekuensi yang muncul tidak hanya frekuensi fundamentalnya saja (50 Hz), tetapi muncul juga nilai frekuensi harmonisa ganjil yang terlihat pada spektrum harmonisa arus dengan adanya orde harmonisa kesatu, ketiga, kelima, ketujuh dan seterusnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem listrik Gedung Administrasi mengalami gangguan harmonisa, yang ditandai dengan bentuk gelombang tegangan yang sinusoidal, sedangkan bentuk gelombang arus tidak sinusoidal (mengandung riak) dengan distorsi total harmonisa arus (THDI) tidak melebihi batas 15% dan distorsi total harmonisa tegangan (THDV) tidak melebihi batas 5% (Standar IEEE No. 519-1992). Selain itu arus netral yang terukur juga sangat besar, bahkan besarnya menyamai arus fasa.

Tabel 9 menunjukkan bahwa % THD<sub>v</sub> di Gedung Administrasi POLNEP berada pada kisaran 1,5% (fasa S, pukul 17.00) - 2,7 % (fasa R, pukul 12.00). Bila mengacu kepada standar IEEE bahwa %THD<sub>v</sub> paling besar adalah 5%, maka % THD<sub>v</sub> di Gedung Administrasi POLNEP saat ini masih memenuhi standar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa % THDI di Gedung Administrasi POLNEP berada pada kisaran 2,6 % (fasa S, pukul 12.00) – 10,6 % (fasa R, pukul 17.00). Bila mengacu kepada standar %THDI 15%, maka %THDI di Gedung Administrasi POLNEP saat ini masih memenuhi standar yang diizinkan.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Terjadi harmonisa arus dan tegangan di gedung Administrasi POLNEP dengan harmonisa tegangan yang terjadi sebesar 2,7 % masih di bawah yang diijinkan sebesar 5% sedangkan harmonisa arus yang terjadi sebesar 10,6 masih di bawah yang diijinkan sebesar 15 %. Namun demikian kondisi beban di Gedung Adminstrasi POLNEP mengalami ketidakseimbangan beban yang cukup signifikan dimana beban fasa T hampir dua kali beban fasa R. Akibat yang adanya arus netral rugi-rugi daya pada kawat netral sebesar 2389 watt.

### Saran

Kondisi beban listrik pada gedung Administrasi POLNEP , beban tidak terdistribusi merata pada masing-masing fasa, sehingga pada kawat netral mengalir arus yang dapat membahayakan

sistem dan menimbulkan rugi-rugi, untuk itu disarankan perlu ditinjau kembali pembagian beban atau penambahan beban baru disambungkan pada fasa yang bebannya masih rendah agar lebih merata.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arrilaga, J., 1997. *Power System Harmonics*. New York: Wiley & Son.
- Dugan, Roger. 1996. *Electrical Power System Quality*. New York: Marcell Deker.
- Harsono, T dan Pratilastiarso, J. 2003. *Harmonisa dan Pengaruhnya pada faktor Daya*. Jurnal IES.
- Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, dan Yohanes Cipta Wijaya. *Pengaruh Harmonisa Pada Gardu Trafo Tiang Daya 100 kVA di PLN APJ Surabaya Selatan*. Jurnal UK Petra Surabaya.
- Enjeti, P. N. 1996. *Analysis and design of a new active power filter to cancel neutral current harmonisas in theree-phase fourwire electric distribution sistem*. IEEE Trans. Power delivery, pp. 736-744.
- Rice, David E., 1986. *Adjustable Speed Drive and Power Rectifier Harmonics - Their Effect on Power Systems Componen*. IEEE Trans. Ind. Appl. IA-22, 161-177
- Stratford, Ray P., 1980. *Rectifier Harmonics in Power System*. IEEE Trans. Ind. Appl. 29, 528-535.