

ANALISIS HARMONISA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK DI GEDUNG DIREKTORAT TIK UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

Wasimudin Surya S¹, Dadang Lukman Hakim¹

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro – Universitas Pendidikan Indonesia

wasimudin@gmail.com, dadanglh@yahoo.com

ABSTRAK

Peralatan-peralatan seperti komputer, printer, scanner, inverter, konverter, dan lain sebagainya merupakan beban non-linier. Beban non-linier adalah beban dimana hubungan antara arus dan tegangannya tidak linier. Keberadaan beban non-linier pada sistem tenaga listrik akan menimbulkan gangguan harmonisa. Tingkat harmonisa yang melewati standar dapat menyebabkan terjadinya peningkatan panas pada peralatan. Bahkan pada kondisi terburuk dapat terjadi gangguan bahkan kerusakan permanen pada beberapa peralatan elektronik yang sensitif termasuk komputer. Selain itu juga dapat menyebabkan berkurangnya umur peralatan.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran kandungan harmonisa tegangan dan arus listrik di Gedung TIK UPI. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur Power Quality Analyzer Fluke 43B selama 2 (dua) hari kerja berturut-turut pada jam-jam tertentu dimana intensitas pemakaian komputer di gedung besar. Sebagai perbandingan, pengukuran juga dilakukan pada saat intensitas penggunaan komputer kurang. Hasil pengukuran selanjutnya akan dibandingkan dengan standar yang ada (dalam hal ini standar IEEE), sebagai evaluasi terhadap kualitas daya listrik di Gedung TIK UPI.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan harmonisa tegangan (%THDV) di Gedung TIK UPI pada jam sibuk berada pada rentang 5,5% – 8,3% dan pada jam kurang sibuk < 5% pada standar 5%, sedangkan kandungan harmonisa arus (%THDI) adalah 26,1% - 45,2% pada jam sibuk dan 23% - 31,3% pada jam kurang sibuk untuk standar 15%. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum kandungan harmonisa tegangan dan arus listrik di Gedung TIK UPI berada di atas standar yang diizinkan.

Kata kunci : harmonisa, beban non-linier

PENDAHULUAN

Pada saat perkembangan teknologi khususnya di bidang elektronika tidak secepat dan semodern seperti sekarang ini, sumber daya listrik umumnya digunakan untuk mencatu beban-beban seperti lampu pijar, pemanas, penyearah dengan dioda, dan sebagainya. Beban tersebut tidak mempengaruhi karakteristik pada tegangan, arus, frekuensi, dan bentuk gelombang, artinya bentuk tidak berubah (tetap) maka beban demikian disebut *beban linier*.

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang elektronika, kontrol dan komputer, terutama dengan 'otomatisasi'nya, beban-beban sumber daya listrik ternyata ada yang mempengaruhi karakteristik pada tegangan, arus, frekuensi dan bentuk gelombang, artinya bentuk gelombang

menjadi berubah atau cacat; beban seperti ini disebut *beban non-linier*^[4].

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang terjadi akibat dioperasikannya beban listrik nonlinier. Beban listrik nonlinier adalah beban listrik yang memiliki sifat menyimpang dari hukum ohm, dimana tegangan, arus, dan hambatan/impedansi tidak sebanding, artinya respon tegangan yang diberikan pada beban tidak sebanding dengan arus beban yang muncul. Penyebab utama terjadinya gangguan harmonisa pada sistem tenaga listrik adalah banyaknya pemakaian peralatan yang merupakan beban-beban nonlinier, seperti komputer, lampu hemat energi, sistem *air conditioner*, TV, kulkas, *oven microwave* dan lain sebagainya^[4].

Banyaknya aplikasi beban nonlinier pada sistem tenaga listrik telah membuat arus sistem menjadi sangat terdistorsi dengan persentase kandungan harmonisa

arus, THD (*total harmonic distortion*) yang sangat tinggi. Umumnya arus sistem tenaga listrik yang terdistorsi tersebut didominasi oleh arus harmonisa orde ganjil frekuensi rendah, yakni arus harmonisa orde lima, tujuh, sebelas, dan seterusnya, yang magnitud arus harmonisanya berbanding terbalik dengan orde harmonisanya^{[1][2]}.

Tingginya persentase kandungan harmonisa arus (THD) pada suatu sistem tenaga listrik dapat menyebabkan timbulnya beberapa persoalan harmonisa yang serius pada sistem tersebut dan lingkungannya, seperti terjadinya resonansi pada sistem yang merusak kapasitor kompensasi faktor daya, membuat faktor daya sistem menjadi lebih buruk, menimbulkan interferensi terhadap sistem telekomunikasi, meningkatkan rugi-rugi sistem, menimbulkan berbagai macam kerusakan pada peralatan listrik yang sensitif, yang kesemuanya menyebabkan penggunaan energi listrik menjadi tidak efektif^{[1][2]}.

Sebagai lembaga yang memiliki tanggung jawab dalam pelayanan TIK, Direktorat TIK UPI memberikan beberapa bentuk layanan yang diberikan untuk menunjang kinerja organisasi Universitas dalam menjalankan tugas dan tanggung jawabnya. Agar layanan tersebut dapat diberikan sebaik mungkin maka Direktorat TIK UPI dilengkapi dengan infrastruktur seperti: (1) Sistem jaringan antar komputer (**computer networking system**) yang meliputi jaringan *local area network/ LAN, intranet, internet* dan *wide area network WAN*. (2) **Server** utama untuk berbagai aplikasi komputer yang berjalan pada infrastruktur jaringan komputer UPI (3) **Fasilitas penggunaan komputer** (*computing facilities*) baik di pusat layanan penggunaan komputer yang terpusat di Direktorat TIK (yang dahulu lebih dikenal sebagai UPInet), maupun beberapa tempat layanan penggunaan komputer yang tersedia di berbagai fakultas dan kampus daerah.

Seperti telah dibahas sebelumnya, komputer dan peralatannya merupakan beban listrik nonlinier yang dapat membangkitkan distorsi harmonik yang menyebabkan terganggunya kualitas daya listrik. Oleh karena itu bisa dibayangkan, bila di Direktorat TIK UPI terdapat ratusan perangkat komputer, ditambah lampu hemat

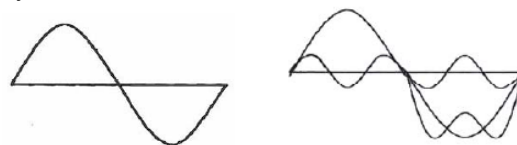
energi, *air conditioner*, dan peralatan elektronik lainnya, seberapa besar distorsi harmonisa arus dan tegangan listrik yang terjadi.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan mencoba mempelajari dan menganalisis berapa besar *Total Harmonic Distortion* (THD) yang terjadi di Gedung Direktorat TIK UPI sebagai akibat banyaknya beban-beban listrik nonlinier. Apabila THD tersebut ternyata tidak memenuhi standar yang sudah ditetapkan, maka hasil analisis diharapkan dapat memberikan rekomendasi tentang bagaimana cara mengatasi masalah tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Secara umum, di Indonesia masalah kualitas daya belum sampai menjadi perhatian secara nasional dan detail, beberapa hal memang sudah cukup diperhatikan dari pengguna namun masih dalam kaitan tegangan rendah atau tidak stabil atau pemadaman listrik. Padahal kualitas daya listrik bukan hanya masalah tegangan saja atau terputusnya catuan tetapi menyangkut karakteristik parameter kelistrikkannya seperti arus dan frekuensi dan kaitannya dengan harmonisa, arus bocor, tegangan transien, sag/dips, surge, swell, ripple, noise, dan lain sebagainya yang dapat merusak peralatan dan mengurangi umur perangkat/device.

Harmonisa merupakan fenomena dimana bentuk gelombang pada frekuensi-frekuensi tinggi merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya seperti (100Hz, 150Hz, 200Hz, dan seterusnya) yang dapat mengganggu suplai daya listrik pada frekuensi dasarnya (50Hz) sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan yang idealnya adalah sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi^[3].



Gambar 1^[3]. Bentuk gelombang arus/tegangan:

- (a) Tidak terdistorsi;
- (b) Terdistorsi harmonis

Tingkat harmonisa yang melewati standar dapat menyebabkan terjadinya peningkatan panas pada peralatan. Bahkan pada kondisi terburuk dapat terjadi gangguan (*hanging up*) bahkan kerusakan permanen pada beberapa peralatan elektronik yang sensitif termasuk komputer (*Personal Computer*). Selain itu juga dapat menyebabkan berkurangnya umur peralatan.

Tabel 1
Standar distorsi harmonisa yang digunakan berdasarkan standar IEEE

Distorsi Tegangan Harmonik dalam % Nilai Fundamental			
Sistem Tegangan	< 69 kV	69 – 138 kV	> 138 kV
THD	5,0	2,5	1,5

Distorsi Arus Harmonik Maksimum dalam % Nilai Fundamental	
I_{hs} / IL	THD
< 20*	5,0
20 – 50	8,0
50 – 100	12,0
100 – 1000	15,0
> 1000	20,0

*Seluruh perlengkapan pembangkitan daya dibatasi pada nilai arus distorsi ini, tanpa melihat nilai sebenarnya dari I_{hs} / IL

I_{hs} = arus hubung singkat maksimum; IL = arus beban maksimum

METODE PENELITIAN

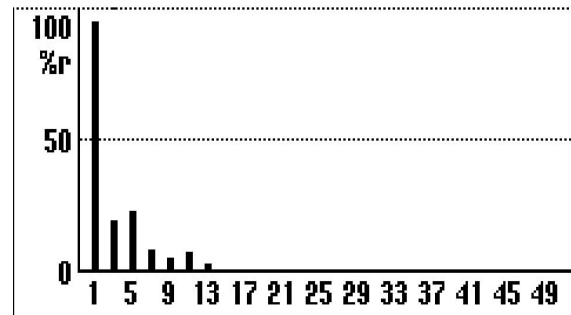
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kandungan harmonisa arus dan tegangan listrik dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B*. Alat ukur ini dapat digunakan untuk mengukur arus, tegangan, daya, faktor daya, harmonisa (THD) dan lain-lain. Tampilan hasil pengukuran dari alat ukur *Power Quality Analyzer Fluke 43B* dapat berbentuk gelombang, spektrum yang terjadi pada tiap-tiap orde harmonisa dan dapat berbentuk teks.

HASIL DAN ANALISIS

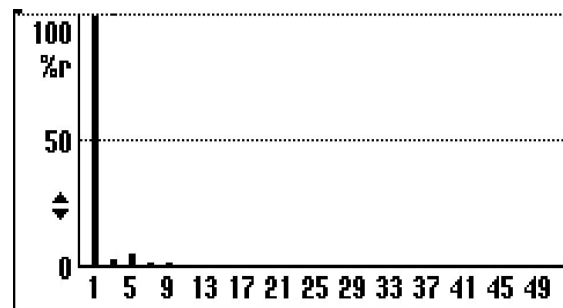
1. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran Hari Pertama (10 September 2008)

Tabel 2 Rekapitulasi Data Fasa R

Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 10.30	Jam 11.00	Jam 12.00	Jam 13.00	Jam 14.00
Tegangan rms (V)	218,6	216,3	218,4	216,1	216,8
Arus rms (A)	44,1	46,4	53,6	45,7	44,6
Arus Netral (A)	30,34	38,63	50,5	37,53	42,1
THD _V (%)	6,6	7,3	7,9	7,4	7,1
THD _I (%)	31,8	35,1	38,6	36	34,6
Frekuensi (Hz)	50	49,8	50,5	49,9	50
P (kW)	7,8	8,2	9,7	8,3	8,0
S (kVA)	9,4	9,9	11,7	10	9,6
Q (kVAR)	5,2	5,5	6,5	5,6	5,4
PF	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83



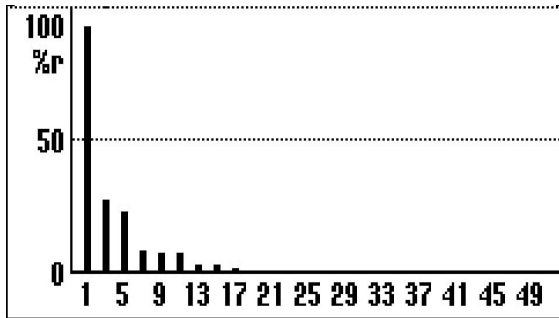
Gambar 2. Harmonisa Arus Fasa R (pengukuran hari-1 pukul 10.30 WIB)



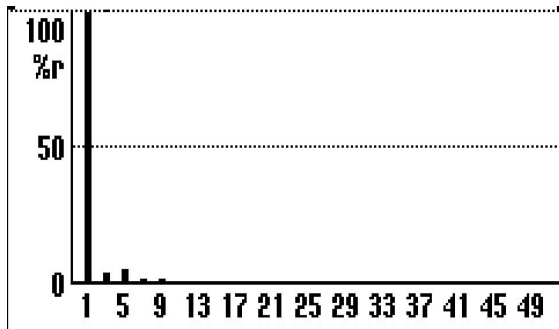
Gambar 3. Harmonisa Tegangan Fasa R (pengukuran hari-1 pukul 10.30 WIB)

Tabel 3 Rekapitulasi Data Fasa S

Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 10.30	Jam 11.00	Jam 12.00	Jam 13.00	Jam 14.00
Tegangan rms (V)	220,4	217,3	220,5	216,7	217,4
Arus rms (A)	36,97	47,0	51	43,1	50,2
THD _v (%)	6,6	7,7	8,3	7,7	8,1
THD _i (%)	38,3	43,3	44,9	42,4	44,5
Frekuensi (Hz)	50,1	49,9	50	49,6	50,2
P (kW)	6,59	8,4	9,3	7,8	9,1
S (kVA)	7,87	10,1	11,3	9,4	11
Q (kVAR)	4,3	5,6	6,4	5,2	6,1
PF	0,84	0,83	0,82	0,88	0,83



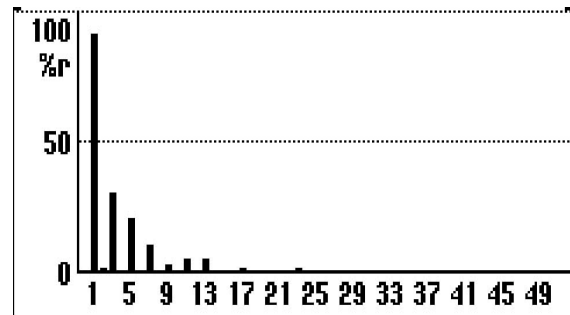
Gambar 3. Harmonisa Arus Fasa S (pengukuran hari-1 pukul 10.30 WIB)



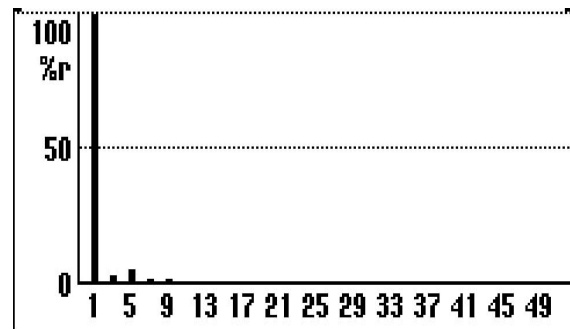
Gambar 4. Harmonisa Tegangan Fasa S (pengukuran hari-1 pukul 10.30 WIB)

Tabel 4 Rekapitulasi Data Fasa T

Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 10.30	Jam 11.00	Jam 12.00	Jam 13.00	Jam 14.00
Tegangan rms (V)	224,8	222,7	225,2	221,1	222,2
Arus rms (A)	28,96	32,4	40,8	37,6	36,2
THD _v (%)	5,9	6,5	6,5	6,6	6,5
THD _i (%)	39,4	43,1	45,2	42,1	40,5
Frekuensi (Hz)	50	49,9	50	49,7	50
P (kW)	5,81	6,72	8	7,4	7,1
S (kVA)	6,47	7,6	9,2	8,4	8,1
Q (kVAR)	2,85	3,54	4,6	4,0	3,8
PF	0,9	0,87	0,87	0,88	0,88



Gambar 5. Harmonisa Arus Fasa T (pengukuran hari-1 pukul 10.30 WIB)



Gambar 6 Harmonisa Tegangan Fasa T (pengukuran hari-1 pukul 10.30 WIB)

2. Rekapitulasi Data Hasil Pengukuran Per Fasa (11 September 2008)

Tabel 5 Rekapitulasi Data Fasa R

Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 08.30	Jam 09.00	Jam 09.30	Jam 10.00	Jam 10.30
Tegangan rms (V)	213,6	218,9	218,6	217,1	215,7
Arus rms (A)	33,38	35,44	35,26	35,54	43,0
Arus Netral (A)	14,41	17,13	16,93	20,74	29,57
THD _V (%)	4,9	5,4	5,1	5,8	6,4
THD _I (%)	23,0	24,2	23,7	26,1	32,4
Frekuensi (Hz)	49,7	50	49,8	49,9	49,8
P (kW)	5,93	6,38	6,31	6,62	7,7
S (kVA)	7,16	7,76	7,69	7,96	9,3
Q (kVAR)	4,01	4,41	4,42	4,4	5,1
PF	0,83	0,82	0,82	0,83	0,84
DPF	-	-	-	-	0,9
Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 11.00	Jam 12.00	Jam 13.00	Jam 13.30	Jam 14.00
Tegangan rms (V)	215,5	219,3	217,3	215,9	215,3
Arus rms (A)	43,6	46,4	49,2	45,9	46,9
Arus Netral (A)	30,8	35,39	38,09	39,94	35,98
THD _V (%)	6,9	7,0	7,2	7,3	7,3
THD _I (%)	34,2	34,0	35,6	34,2	34,5
Frekuensi (Hz)	50,4	50,2	49,9	50,2	49,7
P (kW)	7,9	8,5	8,9	8,3	8,5
S (kVA)	9,4	10,2	10,6	9,9	10,1
Q (kVAR)	5,1	5,7	5,8	5,4	5,5
PF	0,84	0,83	0,84	0,84	0,84
DPF	0,91	0,9	0,91	0,91	0,91

Tabel 6 Rekapitulasi Data Fasa S

Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 08.30	Jam 09.00	Jam 09.30	Jam 10.00	Jam 10.30
Tegangan rms (V)	216,4	221,1	220,8	219,0	217,3
Arus rms (A)	25,83	28,63	23,82	31,14	35,89
THD _V (%)	5,0	5,2	5,6	6,0	7,1
THD _I (%)	28,7	30,6	31,3	34,8	40,7
Frekuensi (Hz)	49,9	50,1	49,9	49,9	49,7
P (kW)	4,8	5,41	5,42	5,78	6,65
S (kVA)	5,57	6,31	6,34	6,76	7,88
Q (kVAR)	2,84	3,28	3,27	3,49	4,22
PF	0,86	0,86	0,86	0,86	0,84
DPF	-	-	-	-	0,94
Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 11.00	Jam 12.00	Jam 13.00	Jam 13.30	Jam 14.00
Tegangan rms (V)	217,7	223,1	219,4	218,1	218,5
Arus rms (A)	36,15	38,3	40,5	38,5	38,5
THD _V (%)	6,9	7,2	7,5	7,4	7,3
THD _I (%)	40,7	41,9	42,7	41,5	41,9
Frekuensi (Hz)	50	50,3	50,1	50,1	50,2
P (kW)	6,62	7,1	7,4	7,0	7,1
S (kVA)	7,89	8,5	8,8	8,4	8,5
Q (kVAR)	4,27	4,8	4,9	4,6	4,6
PF	0,84	0,83	0,83	0,84	0,84
DPF	0,94	0,93	0,94	0,94	0,94

Tabel 7 Rekapitulasi Data Fasa T

Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 08.30	Jam 09.00	Jam 09.30	Jam 10.00	Jam 10.30
Tegangan rms (V)	219,4	224,5	223,1	221,8	220,8
Arus rms (A)	23,17	24,86	23,79	26,86	32,90
THD _V (%)	4,7	4,8	4,9	5,5	6,2
THD _I (%)	26,7	24,5	27,2	32,0	37,8

Frekuensi (Hz)	50,1	50,1	49,7	50	50,1
P (kW)	4,8	5,19	4,95	5,49	6,52
S (kVA)	5,1	5,57	5,31	5,96	7,24
Q (kVAR)	1,71	2,01	1,9	2,32	3,17
PF	0,94	0,93	0,93	0,92	0,9
DPF	-	-	-	-	0,99
Parameter	Waktu Pengukuran				
	Jam 11.00	Jam 12.00	Jam 13.00	Jam 13.30	Jam 14.00
Tegangan rms (V)	221,0	225,7	221,8	221,2	221,2
Arus rms (A)	34,7	34,72	37,6	35,5	38,3
THD _V (%)	6,3	6,3	6,4	6,5	6,6
THD _I (%)	39,5	37,0	37,8	39,9	39,8
Frekuensi (Hz)	50,5	50	49,9	50,1	50,3
P (kW)	6,87	7,01	7,5	6,99	7,5
S (kVA)	7,68	7,85	8,4	7,84	8,4
Q (kVAR)	3,45	3,54	3,8	3,56	3,8
PF	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
DPF	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98

Berdasarkan hasil pengukuran di sisi suplai dapat dilihat bahwa beban pada Gedung Direktorat TIK dalam kondisi tidak seimbang. Hal ini ditandai dengan terjadinya perbedaan nilai arus tiap fasa dan perbedaan nilai daya tiap fasa serta 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 di atas menunjukkan bahwa sistem listrik Gedung Direktorat TIK (Perpustakaan) mengalami gangguan harmonisa, yang ditandai dengan bentuk gelombang tegangan yang sinusoidal, sedangkan bentuk gelombang arus tidak sinusoidal (mengandung riak) dengan distorsi total harmonisa arus (THD_I) melebihi batas 15% dan distorsi total harmonisa tegangan (THD_V) melebihi batas 5% (Standar IEEE No. 519-1992). Selain itu arus netral yang terukur juga sangat besar, bahkan mendekati arus fasa.

Hasil pengukuran tegangan listrik memberikan kisaran tegangan antara 213,6 V – 225,7 V yang menunjukkan bahwa nilai tegangan masih sesuai dengan standar yang diizinkan (untuk tegangan rms 220 V, batas naik turun tegangan adalah 198 – 231 V).

Hasil pengukuran arus listrik menunjukkan bahwa beban berada pada keadaan tidak seimbang. Hal ini ditunjukkan dengan nilai arus per fasa yang memiliki perbedaan cukup besar. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa arus netral yang mengalir memiliki nilai sangat besar, bahkan hampir mendekati arus fasa. Arus netral yang besar akan menyebabkan rugi-rugi akibat arus netral menjadi besar, yang berarti telah terjadi pemborosan energi listrik.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa %THD_V di Gedung Direktorat TIK UPI berada pada kisaran 4,7% (fasa T, pukul 08.30) – 8,1% (fasa S, pukul 14.00) dengan nilai rata-rata 6,64% (fasa R), 6,91% (fasa S) dan 6,01% (fasa T). Bila mengacu kepada standar IEEE bahwa %THD_V paling besar adalah 5%, maka %THD_V di Gedung Direktorat TIK UPI saat ini tidak memenuhi standar.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa %THD_I di Gedung Direktorat TIK UPI berada pada kisaran 23,0% (fasa R, pukul 08.30) – 45,2% (fasa T, pukul 12.00) dengan nilai rata-rata 31,87% (fasa R), 39,21% (fasa S) dan 36,83% (fasa T). Bila mengacu kepada standar %THD_I 15%, maka %THD_I di Gedung Direktorat TIK UPI saat ini tidak memenuhi standar yang diizinkan, dengan penyimpangan yang sangat signifikan.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan analisis data, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengukuran di sisi suplai, diketahui bahwa beban listrik di Gedung Direktorat TIK UPI berada pada kondisi tidak seimbang. Hal ini terlihat dari berbedanya nilai arus yang mengalir pada masing-masing fasa.
2. Fluktuasi nilai tegangan yang berada di Gedung Direktorat TIK UPI berada di kisaran 213,6 V s.d. 225,2 V. Nilai tegangan ini masih sesuai dengan

standar yang telah ditentukan (198 V – 231 V).

3. Arus netral yang mengalir pada jaringan tenaga listrik di Gedung Direktorat TIK UPI berada pada nilai yang jauh di atas normal, bahkan pada jam-jam tertentu nilainya bisa mendekati arus fasa. Ini berarti rugi-rugi daya yang terjadi sangat besar.
4. Kandungan harmonisa tegangan (%THDV) di Gedung Direktorat TIK UPI secara umum berada di atas standar yang diizinkan (5%), kecuali pada waktu-waktu tertentu pada saat sedikitnya penggunaan komputer/peralatan elektronik lainnya di gedung tersebut.
5. Kandungan harmonisa arus (%THDI) di Gedung Direktorat TIK UPI berada di atas standar yang diizinkan (15%), bahkan pada waktu pemakaian beban yang besar nilainya bisa mencapai 44,9%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syafrudin, Pekik A. Dahono, Sukisno, T.M Soelaiman, "*Analisis Penggunaan autotrafo penggeser fasa sebagai minimisator harmonisa arus di sistem distribusi tenaga listrik*", Proceedings Institut Teknologi Bandung, 1999.
- [2] Syafrudin M, "*Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Tenaga Listrik Perumahan Modern*", Jurnal Rekayasa Elekrika Vol. 3 No.2, 2004.
- [3] Turchan.(2002). Studi Efek harmonisa Terhadap Kualitas Daya Listrik Di PT Easterntex. Skripsi Sarjana pada FTI UK Petra Surabaya:tidak diterbitkan.
- [4] _____, "*Pengaruh Harmonisa Pada Energy Quality Untuk Catuan Perangkat Infokom*", Telkom RDC Media, 2006. Tersedia:
<http://www.ristinet.com/index.php?ch=8&lang=&n=354&page=2>