

Kajian Harmonisa Arus pada Gedung M.Nuh Lantai 3 Politeknik Negeri Madiun

Hanifah Nur Kumala N.

Teknik Listrik

Politeknik Negeri Madiun, PNM
Madiun, Indonesia

hanifah_nkn@pnm.ac.id

Asih Setiari

Teknik Komputer Kontrol
Politeknik Negeri Madiun, PNM
Madiun, Indonesia
asih_setiari@yahoo.com

Abstrak— Energi listrik merupakan komponen utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik yang tersimpan dalam arus listrik dan tegangan listrik. Sebagian besar pemakaian beban listrik di masyarakat hampir 90% memakai beban elektronika atau beban *non linier*. Pemakaian beban *nonlinier* akan menimbulkan gangguan harmonisa, merupakan fenomena yang disebabkan oleh pengoperasian beban listrik yang tidak linier. Harmonisa ini mengakibatkan terbentuknya gelombang berfrekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar 50/60 Hz untuk gelombang AC, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan secara ideal akan menjadi cacat. Pada beban, harmonisa mengakibatkan *overheated* pada peralatan yang mengakibatkan *derating* pada insulasinya sehingga terjadi kerusakan pada peralatan elektronik. Parameter besarnya harmonisa sering dinyatakan dengan THD (*Total Harmonic Distortion*). Pada penelitian ini Gedung M. Nuh lantai tiga Politeknik Negeri Madiun sebagai objek penelitian karena merupakan pusat laboratorium untuk prodi Teknik Listrik dan Teknik Komputer Kontrol yaitu Laboratorium Komputer, Laboratorium Instalasi Listrik, dan Laboratorium PLC dan Mikrokontroler. Laboratorium tersebut terdapat banyak beban listrik *nonlinear* yang dapat membangkitkan distorsi harmonik sehingga menyebabkan terganggunya kualitas daya listrik. Berdasarkan pengukuran dan analisis besar *Total Harmonic Distortion* (THD) yang terjadi di Gedung M. Nuh lantai tiga Politeknik Negeri Madiun didapatkan hasil THD-F dan THD-R arus rata-rata pada segment utara (LP-3A) dan segment selatan (LP-3B) melebihi standar IEEE 512-1992 yaitu sebesar 5%; dan nilai THDi segment LP-3B lebih besar dibanding segment LP-3A.

Kata Kunci : *Overheated; Beban nonlinier; Total Harmonic Distortion.*

I. PENDAHULUAN

Saat ini sebagian besar pemakaian beban listrik di masyarakat hampir 90% memakai beban elektronika atau beban *non linier*. Pemakaian beban *nonlinier* yaitu, lampu *fluorescent*, televisi, komputer, *printer*, *scanner*, *charger*, pendingin ruangan, lemari es, pemanas air, setrika dan *rice cooker*, motor listrik, transformator, alat las, dan sebagainya. Harmonisa merupakan fenomena yang disebabkan oleh pengoperasian beban listrik yang tidak linier, yang mana akan terbentuk gelombang berfrekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar 50/60 Hz untuk gelombang AC, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan secara ideal merupakan gelombang sinusoidal murni akan menjadi cacat [1]-[6].

Pada sisi beban, harmonisa mengakibatkan *overheated* pada peralatan yang bisa menyebabkan berkurangnya umur peralatan. Oleh sebab itu, diperlukan harmonisa serendah mungkin. Parameter besarnya harmonisa sering dinyatakan dengan THD (*Total Harmonic Distortion*).

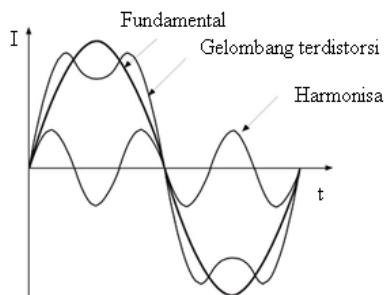
Gedung M. Nuh lantai tiga Politeknik Negeri Madiun merupakan pusat laboratorium untuk prodi Teknik Listrik dan Teknik Komputer Kontrol yaitu Laboratorium Komputer, Laboratorium Instalasi Listrik, dan Laboratorium PLC dan Mikrokontroler. Laboratorium tersebut terdapat banyak beban listrik *nonlinear* seperti motor listrik, generator, transformator, computer, dan peralatan praktikum lainnya yang dapat membangkitkan distorsi harmonik sehingga menyebabkan terganggunya kualitas daya listrik. Oleh karena itu jika Gedung M. Nuh lantai tiga terdapat puluhan perangkat komputer, lampu *Tube Lamp* (TL) air conditioner, motor listrik dan peralatan elektronik lainnya, maka distorsi harmonisa arus dan tegangan listrik yang terjadi bisa berpengaruh terhadap peralatan-peralatan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan mencoba mempelajari dan menganalisis berapa besar *Total Harmonic Distortion* (THD) yang terjadi di Gedung M. Nuh lantai tiga Politeknik Negeri Madiun sebagai akibat banyaknya beban-beban listrik *nonlinear*.

II. METODOLOGI

A. Harmonisa

Harmonisa adalah sebuah fenomena pada sistem tenaga listrik yang menimbulkan permasalahan kualitas dimana bentuk gelombang arus atau tegangan dari suplai akan menjadi terdistorsi sehingga bisa menimbulkan bahaya pada peralatan listrik. Dalam definisi lain harmonisa juga diartikan sebagai gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya [7]-[11]. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni atau aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang

murni sesaat dengan gelombang harmoniknya yang ditunjukkan dalam Gambar 1[12].



Gambar 1. Bentuk gelombang fundamental, gelombang harmonik dan gelombang fundamental yang terdistorsi [12]

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban *non linier* adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Fenomena ini disebut sebagai harmonisa. Timbulnya harmonisa pada sistem tenaga listrik salah satunya disebabkan oleh adanya alat-alat yang mempunyai impedansi tidak linier. Contoh peralatan dengan impedansi tidak linier yang sekarang pemakaiannya sangat berkembang adalah lampu hemat energi. Standar harmonisa diukur berdasarkan standar IEEE 519-1992 yang ditunjukkan dalam Tabel 1. 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} merupakan arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan I_L adalah arus beban fundamental nominal. Standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Standard harmonisa Arus [13]

I_{SC}/I_{Load}	Harmonic Order					Total Harmonic Distortion
	<11	11-16	17-22	23-24	>35	
< 20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20-50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50-100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100-1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Tabel 2. Standard harmonisa tegangan [13]

Maximum Distortion (in %)	System Voltage		
	< 69 kV	69–138 kV	>138 kV
Individual Harmonic	3.0	1.5	1.0
Total Harmonic	5.0	2.5	1.5

For condition lasting more than one hour. Shorter periods increase limit by

50%

B. Indeks Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang yang terdistorsi secara periodik yang terjadi pada gelombang tegangan, arus, atau daya terdiri dari gelombang-gelombang sinus yang frekuensinya merupakan kelipatan bulat frekuensi sumber / fundamental, sehingga bentuknya tidak sinusoidal. Hubungan antara frekuensi harmonik dan fundamental ditunjukkan dalam persamaan 1.

$$f_h = n f_i \quad (1)$$

Dengan f_n adalah frekuensi harmonic, n adalah kelipatan gelombang (bilangan bulat), dan f_i adalah frekuensi fundamental. Gelombang harmonik ini akan menumpang pada gelombang fundamental sehingga akan terbentuk gelombang yang terdistorsi. Ini dikarenakan efek penjumlahan dari gelombang harmonisa dengan gelombang fundamentalnya. Gelombang harmonisa ini dapat dijabarkan pada deret Fourier dalam persamaan 2.

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \{a_n \cos(n\omega_0 t) + b_n \sin(n\omega_0 t)\} \quad (2)$$

dengan :

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_{T/2}^{T/2} f(t) dt \quad (3)$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_{T/2}^{T/2} f(t) \cos(n\omega t) dt \quad (4)$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_{T/2}^{T/2} f(t) \sin(n\omega t) dt \quad (5)$$

Dimana, A_0 adalah komponen DC, sedangkan A_n dan B_n adalah komponen AC.

Berdasarkan persamaan (2)-(5), secara umum harmonisa tegangan dan arus dinyatakan dalam deret fourier yang ditunjukkan dalam persamaan (6) dan (7).

$$v(t) = \sum_{h=1}^{\infty} A_n \cos(h\omega t + \phi_h) \quad (6)$$

$$i(t) = \sum_{h=1}^{\infty} B_n \cos(h\omega t + \theta_h) \quad (7)$$

Dimana h adalah orde harmonisa, yaitu bilangan 1,2,3,dan seterusnya.

Total Distorsi Harmonisa (THD) merupakan rasio nilai rms dari komponen harmonisa ke nilai rms dari komponen dasar yang biasanya dinyatakan dalam persen (%). Indeks tersebut digunakan untuk mengukur deviasi dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna. Persamaan (8)-(9) menunjukkan perhitungan THD tegangan dan arus.

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (8)$$

Dimana :

V_n = Nilai tegangan harmonisa

V_1 = Nilai fundamental

n = Komponen harmonisa maksimum yang diamati

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (9)$$

Dimana :

I_n = Nilai arus harmonisa

I_1 = Nilai fundamental

n = Komponen harmonisa maksimum yang diamati

Berdasarkan kesepakatan yang disepakati dunia internasional (standar IEEE 519-1992), THD yang diterima adalah apabila bernilai dibawah 5% dari tegangan atau arus fundamentalnya [10]. Apabila diatas batas tersebut maka bisa berefek pada peralatan elektronik.

Distorsi harmonisa individu (IHD) adalah rasio antara nilai rms dari harmonisa individual terhadap nilai rms dari dasar. Standar harmonisa yang digunakan adalah standar IEEE-519 [11]. Ada dua kriteria yang biasa digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa yaitu; batasan harmonisa pada arus dan batasan harmonisa untuk tegangan. Presentasi (%) I_{THD} adalah presentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya. Untuk menentukan presentasi (%) I_{THD} tergantung dari besarnya rasio dari I_{sc} dan I_L . V_{THD} adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya. Presentasi (%) V_{THD} ditentukan tergantung pada tegangan sistem yang dipakai. Persamaan THD dan hubungan antara THD dan IHD ditunjukkan dalam (10) dan (11).

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} \left(\frac{I_{sh}}{I_{s1}} \right)^2} \times 100 \% \quad (10)$$

dimana :

I_{sh} : arus harmonik pada orde ke-h (A)

I_{s1} : arus fundamental (A)

THD : Total Harmonic Distortion (%)

$$THD_{-F} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (11)$$

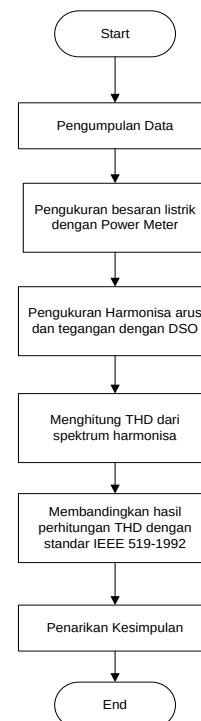
$$THD_{-R} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} \quad (12)$$

THD-F adalah perbandingan nilai komponen harmonik dengan nilai komponen utamanya, sedangkan THD-R adalah perbandingan komponen harmonik urutan ke-2 dan seterusnya terhadap total harmonik keseluruhannya. Besarnya THD-F dan THD-R ini tidak akan jauh berbeda, misalnya bila nilai THD-F sebesar 10% maka nilai THD-R sebesar 9,95% (perbedaannya hanya 0,05%)[14]. (2)

Harmonik pada peralatan menyebabkan efek jangka pendek berupa kesalahan operasi pada peralatan, dan efek jangka panjang berupa panas yang mempengaruhi umur isolasi, bahkan kerusakan pada peralatan. Efek dari harmonik ini tergantung dari nilai harmonik dan orde harmonik [15].

C. Tahapan Penelitian

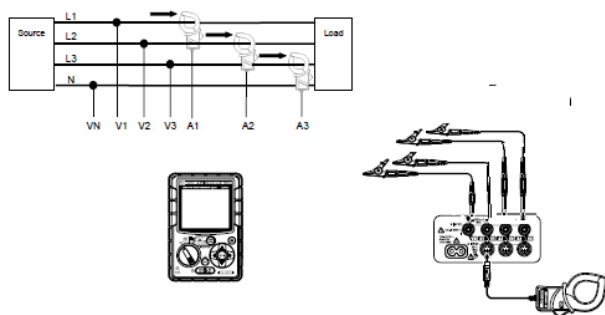
Pada penelitian ini, dilakukan kajian tentang harmonisa arus dan tegangan pada Gedung M.Nuh Lantai 3 Politeknik Negeri Madiun. Alat yang digunakan untuk mengetahui spektrum harmonisa adalah Power Quality Analyzer, akan tetapi karena alat tersebut belum ada di Politeknik Negeri Madiun, maka alat tersebut dapat digantikan dengan Power Meter dan Osiloskop yang dilengkapi FFT Analysis. Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang harmonisa, harmonisa mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap peralatan. Oleh karena itu, perlu adanya studi lebih tentang harmonisa pada Lantai 3 Gedung M.Nuh. Flowchart tahapan penelitian untuk Kajian Harmonisa Arus ditunjukkan dalam Gambar 2.



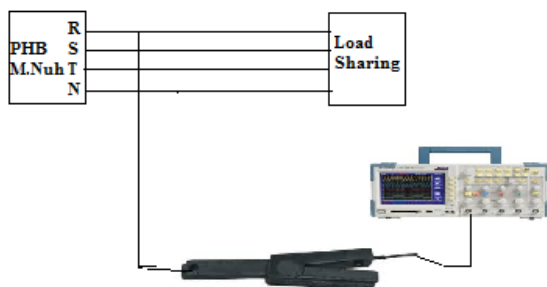
Gambar 2. Flowchart Penelitian

Pengukuran besaran daya listrik dengan Power Meter Kyoritsu 6305 pada panel listrik di lantai 3 Gedung M. Nuh Politeknik Negeri Madiun. Dalam proses pemasangan *power meter* yang berfungsi untuk membaca besaran listrik seperti, daya, arus, tegangan, faktor daya, frekuensi, harmonik, beban puncak, arus maupun tegangan maksimum dan minimum, dll, yang dikonsumsi oleh Politeknik Negeri Madiun khususnya Gedung M.Nuh lantai 3. *Power meter* ini dipasang pada panel hubung bagi yang ada pada sisi bagian utara dan sisi bagian selatan. Gambar 3 menunjukkan Skema Pengukuran besaran daya listrik dengan Power Meter Kyoritsu 6305[16].

Pengukuran pada panel penerangan Pengukuran harmonisa arus dan tegangan dengan menggunakan Osiloskop Tektronik TPS 2014B dengan *FFT Analysis*. *Digital Storage Oscilloscope* yang dilengkapi dengan *FFT Analysis* berfungsi untuk membaca spektrum harmonisa pada saluran antara sumber dengan beban (*load*). *FFT analysis* pada Osiloskop Tektronik TPS 2014B digunakan untuk menampilkan spektrum harmonisa, harmonisa mana yang lebih dominan muncul dan sebagai acuan untuk menghitung *Total Harmonic Distortion* (THD) dari arus. Skema pengukuran spektrum harmonisa dengan oscilloscope pada panel hubung bagi ditunjukkan dalam Gambar 4.



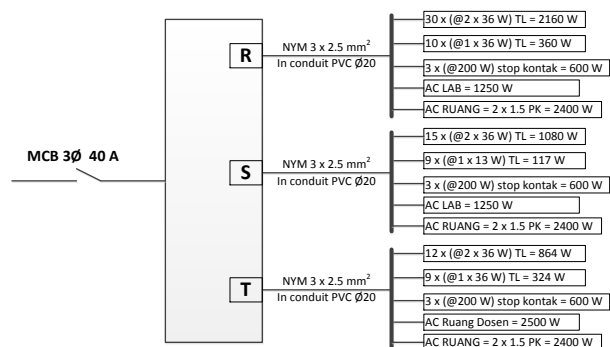
Gambar 3. Skema Pengukuran besaran daya listrik dengan Power Meter Kyoritsu 6305



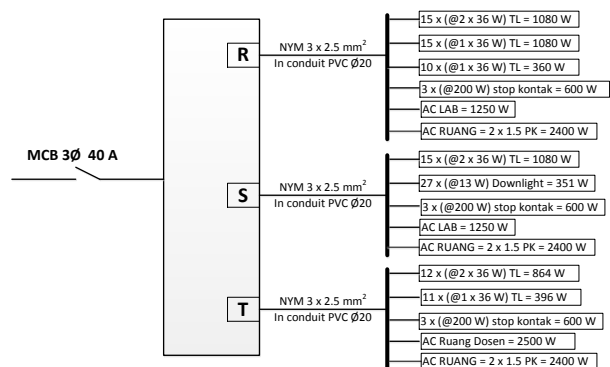
Gambar 4. Skema Pengukuran spektrum harmonisa dengan *Oscilloscope* TPS 2014B pada panel hubung bagi (PHB)

Jenis beban yang ada pada lantai 3 gedung M.Nuh sebagian besar merupakan beban non linier. Pembagian beban berdasarkan R, S, dan T pada segment LP-3A (utara) dan LP-3B (selatan) dibagi berdasarkan kapasitas pembebanannya. Pada panel Utama Gedung M.Nuh terdapat MCB 3 fasa dengan kapasitas 40A masing-masing untuk segment LP-3A

dan LP-3B. Untuk tiap grup beban, di proteksi dengan MCB 1 fasa dengan kapasitas 10 A, 16 A, dan 20 A. Pembagian beban terdapat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Pembagian beban tiap fasa pada segment 3A (utara)



Gambar 6. Pembagian beban tiap fasa pada segment 3B (selatan)

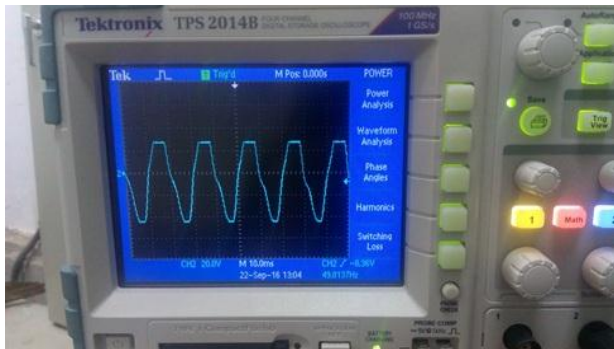
III. HASIL DAN ANALISA

Pada penelitian ini yang dihitung adalah harmonisa arus pada panel hubung bagi yang memisahkan beban berdasarkan fasanya. Dengan menggunakan oscilloscope tipe TPS 2014B (dengan *FFT analysis*) maka spektrum harmonisanya bisa didapatkan dengan memasang *probe* arus pada fasa yang diukur. Penelitian dilakukan dengan menghitung harmonisa arus pada tiap fasa dengan sampling 3 data pada pukul 12.00, 13.00 dan 14.00. Penelitian disini dilakukan hanya pada waktu tersebut, karena penggunaan ruang untuk gedung M.Nuh lantai 3 sangat padat, sehingga data tersebut dianggap mewakili pengukuran aktual untuk harmonisa arus. Hasil spektrum harmonisa dengan menggunakan TBS-1056 pada fasa S pada pukul 12.30-13.00 segment 3B ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hasil spektrum harmonisa dengan menggunakan TBS-1056 pada fasa S pada pukul 12.30-13.00 segment 3B

Berdasarkan tampilan spektrum harmonisa pada Oscilloscope TPS 2014B, individual harmonisa berdasarkan orde bisa diperoleh dengan meletakkan cursor pada orde harmonik yang ingin ditampilkan nilainya. Nilai THD-F dan THD-R didapatkan berdasarkan total harmonik disemua orde. Dalam Gambar 7 didapatkan nilai harmonik orde-3 sebesar 6,6%, nilai THD-F sebesar 8,5%, dan nilai THD-R sebesar 8,47%. Bentuk gelombang arus pada fasa S pukul 12.30-13.00 tidak berbentuk sinusoidal murni yang ditunjukkan dalam Gambar 8. Hal ini bisa diindikasikan bahwa nilai harmonik arusnya cukup tinggi. Hasil pengukuran tiap orde harmonik tiap fasa pada waktu-waktu pengukuran dituangkan dalam tabel 3.



Gambar 8. Bentuk gelombang arus pada fasa S pada pukul 12.30-13.00 segment 3B

A. Hasil Pengukuran Harmonisa Arus pada LP-3A(utara)

Pada segment LP-3A, nilai orde harmonik yang paling menonjol adalah harmonik ganjil dengan yang paling dominan harmonik orde-3 dan orde-5. Di beberapa waktu, muncul harmonik orde genap yaitu orde-2. Hasil pengukuran harmonisa arus berdasarkan orde dan nilai THD-F dan THD-R pada tiap fasa pada layout 3A (utara) ditunjukkan dalam Tabel 3. Nilai harmonik paling besar ada pada fasa R. Hal ini dipengaruhi oleh pembagian beban pada tiap fasa. Pada fasa R beban yang paling dominan adalah beban dengan lampu TL, lampu TL ini mempunyai *ballast electronic* untuk proses penyalan yang bisa menyebabkan nilai harmonisanya tinggi.

Tabel 3. Hasil pengukuran harmonisa arus berdasarkan orde dan nilai THD-F dan THD-R pada tiap fasa pada layout 3A (utara)

	11.30-12.00			12.30-13.00			13.30-14.00		
Orde	R	S	T	R	S	T	R	S	T
2	-	-	-	-	-	-	-	6	-
3	6.9	6.5	7.8	6.3	4	7.5	5.6	5	6.7
5	5.2	4.2	4.7	6	4.2	5.2	-	4.7	-
6	-	-	-	-	-	-	5.2	3.4	3.2
7	1.6	2.5	1.3	1.2	1.3	1.1	1.9	3	2.1
9	0.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.4	0.8	0.7	0.6
11	0.2	0.4	0.4	0.1	0.3	0.2	0.6	0.3	0.4
13	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	1.5	0.4	0.3
THD-F	10.1	8.48	9.74	10.3	6.3	9.5	15.7	11.1	8.51
THD-R	10.1	8.46	9.72	10.2	6.2	9.47	15.4	11	8.46

B. Hasil Pengukuran Harmonisa pada LP-3B

Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran harmonisa arus berdasarkan orde dan nilai THD-F dan THD-R pada tiap fasa pada layout 3B (selatan). Nilai orde harmonik yang paling menonjol pada segment 3B (selatan) adalah harmonik ganjil dengan yang paling dominan harmonik orde-3 dan orde-5. Di beberapa waktu, muncul harmonik orde genap yaitu orde-2. Nilai harmonik paling besar ada pada fasa R. Dimana hal ini dipengaruhi oleh pembagian beban pada tiap fasa. Pada fasa R beban yang paling dominan adalah beban dengan lampu TL, lampu TL ini mempunyai *ballast electronic* untuk proses penyalan, dimana komponen dari *ballast* ini menggunakan komponen *switching* yang bisa menyebabkan nilai harmonisanya tinggi.

Tabel 4. Hasil pengukuran harmonisa arus berdasarkan orde dan nilai THD-F dan THD-R pada tiap fasa pada layout 3B (selatan)

	11.30-12.00			12.30-13.00			13.30-14.00		
Orde	R	S	T	R	S	T	R	S	T
2	-	-	-	-	7.4	-	-	16	-
3	11.6	7.3	13.1	10.6	7.1	10.8	12.5	8.6	12.4
5	6.9	8.7	6.7	6.8	7.2	7.8	6.7	5.7	8.6
7	2.1	1.1	1.3	0.8	1.8	1.6	2.3	2.6	1.4
9	0.4	0.7	0.2	0.4	0.6	0.4	0.9	0.8	0.6
11	0.6	0.6	0.3	0.1	0.4	0.2	0.7	0.6	0.3
13	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.6	0.1
THD-F	16.2	11.1	15	13.4	13.3	14.7	18.9	20	15.9
THD-R	16	10.5	13.5	13.1	13	14.3	18.5	19	15.3

Tabel 5 menunjukkan nilai harmonisa rata-rata untuk tiap fasa pada segmen 3B. Tabel 6 menunjukkan nilai harmonisa rata-rata untuk tiap fasa pada segmen 3B. Data tersebut didapatkan nilai harmonisa arus pada segment LP-3B (selatan) lebih besar dibanding segmen LP-3A(utara). Hal ini disebabkan pembagian beban pada segment LP-3B lebih banyak lampu TL yang mempunyai *ballast electronic* dan terdapat Laboratorium komputer di segmen LP-3B maka nilai harmonisa arusnya lebih besar dibandingkan dengan segment LP-3A.

Tabel 5. Rata-rata hasil THDi untuk tiap fasa pada segment 3A(utara)

Rata - rata	R	S	T
THD-F	11.6	9.8	9.5
THD-R	11.5	9.7	9.5

Tabel 6. Rata-rata Hasil THDi untuk tiap fasa pada segment 3B (selatan)

Rata - rata	R	S	T
THD-F	16.2	14.7	15.2
THD-R	15.9	14.3	14.4

Hasil pengukuran besaran listrik pada segmen 3A dan 3B dengan menggunakan *Power Meter kyoritsu 6305* ditunjukkan dalam Tabel 7 dan Tabel 8. Analisis yang didapatkan bahwa faktor daya untuk tiap fasa masih sangat baik, hanya pada fasa R di LP-3B saja yang faktor dayanya tidak sesuai standar.

Tabel 7. Pengukuran besaran listrik pada segment 3A dengan menggunakan power meter

Indikator	Fasa		
	R	S	T
Frekuensi (Hz)	50	50	50
Tegangan (V)	224,5	228	226
Arus (A)	37	20,9	13,9
Daya (kW)	8,07	4,7	3,11
Faktor Daya	0,98	0,98	0,98

Hasil pengukuran *clamp meter* yang ditunjukkan dalam Tabel 9 didapatkan pembagian beban tiap fasa tidak seimbang. Pada fasa R, beban lampu *Tube Lamp* menarik arus yang besar, sehingga terdapat ketidakseimbangan beban yang menyebabkan ada arus yang mengalir ke netral.

Tabel 8. Pengukuran besaran listrik pada segment 3B dengan menggunakan power meter

Indikator	Fasa		
	R	S	T
Frekuensi (Hz)	50	50	50
Tegangan (V)	225	227	225
Arus (A)	25	28,5	19
Daya (kW)	2,35	6,45	4,19
Faktor Daya	0,42	0,98	0,98

Tabel 9. Pengukuran dengan clamp meter

Ruangan	Fasa		
	R	S	T
LP-3A	35,2 A	20,1 A	13,69 A
LP-3B	25,2 A	27,9 A	19,08 A

IV. KESIMPULAN

Pengukuran harmonisa arus pada segment LP-3A dan LP-3B maka didapatkan nilai THD-F dan THD-R nya tidak memenuhi standar yang diijinkan ($THDi < 5\%$), dengan harmonik orde ganjil yang dominan terutama orde ke-3 dan

ke-5. Nilai THDi pada segment LP-3B lebih tinggi dibanding LP-3A dan nilai harmonik terbesar pada kedua segment berada pada fasa R. Hal ini disebabkan jenis beban pada R yang berupa lampu *Tube Lamp* (TL) yang mempunyai *ballast electronic*. Hal tersebut bisa berbahaya untuk peralatan. Untuk penanganan lebih lanjut perlu adanya desain filter harmonisa untuk mengurangi nilai THDi pada lantai 3 gedung M.Nuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arrilaga, Jos and Watson, Neville. *Power System Harmonics*. Chicester: John Walley and Sons. 2003.
- [2] Skvarenia, Timothy.L and Dewitt, William.E. *Electrical Power and Controls*. New Jersey : Prentice hall. 2001
- [3] Sankaran, C. *Power Quality*. Florida : CRC Press LLC, 2002.
- [4] Sergio Manuel Rivera Sanhueza, Fernando Lessa Tofoli, Fabio Lima de Albuquerque, José Carlos de Oliveira, and Geraldo Caixeta Guimarães, "Analysis and Evaluation of Residential Air Conditioners for Power System" Studies IEEE Transactions on Power Systems, vol. 22, no. 2, May 2007.
- [5] *Manual Book Power Harmonics Analyzer Fluke 41B*. New York: Fluke Corporation, July 1995.
- [6] Rice, David E., "Adjustable Speed Drive and Power Rectifier Harmonics - Their Effect on Power Systems Component", IEEE Trans. Ind. Appl. IA-22, 161-177. 1986.
- [7] Stratford, Ray P., "Rectifier Harmonics in Power System", IEEE Trans. Ind. Appl. 29, 528-535.1980.
- [8] Harsono, T dan Pratilastiarso, J. *Harmonisa dan Pengaruhnya pada faktor Daya*. Jurnal IES. 2003
- [9] Sugiarto, Hadi. "Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak". Volume 8, Nomor 2. Juni 2012.
- [10] Setiawan, Awan. "Kajian Pengaruh Harmonisa Terhadap Sistem Tenaga Listrik". Jurnal ELTEK, Vol. 05 No. 02. 2007
- [11] *Manual Book Power Harmonics Analyzer Fluke 41B*. New York: Fluke Corporation, July 1995.
- [12] Priyadi, Irnanda. Studi Penggunaan Rangkaian Filter Untuk Mengurangi Efek Harmonisa Pada Lampu Hemat Energi.
- [13] IEEE Std 519-1992. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.
- [14] Shmilovitz, Doron. On the Definition of Total Harmonic Distortion and its Effect on Measurement Interpretation. IEEE Transactions on Power Delivery (Volume: 20, Issue: 1, Jan. 2005)
- [15] Baghini, Angelo. Handbook Of Power Quality. John Wiley and Son. 2008
- [16] *Manual Book Power Meter Kyoritsu 6305*. Tokyo: Kyoritsu Electrical Instrument Works, Ltd.