

ANALISIS HARMONISA ARUS DAN TEGANGAN PADA GEDUNG B UNIVERSITAS 'AISYIYAH YOGYAKARTA

WITNU PRIAMBODO

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
Email: witnuprmbd@gmail.com

ABSTRAK

Harmonisa merupakan salah satu gangguan yang terdapat pada sistem kelistrikan gedung. Harmonisa yang berasal dari beban non-linier yang dapat memunculkan gelombang frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Penelitian Analisis Harmonisa Arus dan Tegangan pada Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta bertujuan untuk mengetahui nilai harmonisa pada sistem kelistrikan dengan acuan standar IEEE 519-1992. Parameter pengukuran yaitu tegangan, arus, *Total Harmonic Distortion Voltage* (THD_v), *Total Harmonic Distortion Current* (THD_i), dan *Total Demand Distortion Current* (TDD_i). Pengukuran menggunakan alat *Power Quality and Energy Analyze* METREL MI 2892. Penelitian bertempat di panel *Sub-Distribution Panel* (SDP) Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Waktu pengukuran selama seminggu dengan pengaturan waktu pada alat selama 24 jam dan selang waktu perekaman selama 30 menit. Hasil dari pengukuran menunjukkan nilai harmonisa arus paling tinggi sebesar 50.38% dan harmonisa tegangan 5.35% yang ada di Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta melebihi batas standar IEEE 519-1992 untuk harmonisa tegangan batas maksimum 5% dan harmonisa arus maksimal sebesar 8%. Harmonisa yang melebihi standar harus direduksi dengan menggunakan filter pasif *single tuned*.

Kata kunci: Harmonisa, THD_v, THD_i, TDD_i, *single tuned*

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan energi yang sangat paling sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Seiring perkembangan zaman, peralatan yang menggunakan listrik semakin variatif. Peralatan listrik yang ada pada saat ini berkembang dengan adanya beban-beban *non linier* yang penggunaannya semakin mudah, lebih menguntungkan karena efisiensinya tinggi, pengaturan pada alat control lebih mudah dan lebih fleksibel.

Peralatan yang termasuk ke dalam beban *non linier* diantaranya *air conditioner*, *refrigerator*, lampu hemat energi, *oven microwave*, TV, komputer dan lain sebagainya. Beban-beban *non linier* tersebut pada umumnya terbuat dari bahan semikonduktor dan elemen elektronika. Hal inilah yang dapat mengakibatkan bentuk arus yang diambil dari jala-jala sistem akan terdistorsi sehingga bentuk gelombang menjadi tidak sinusoidal murni atau bisa disebut juga *non-sinusoidal*.

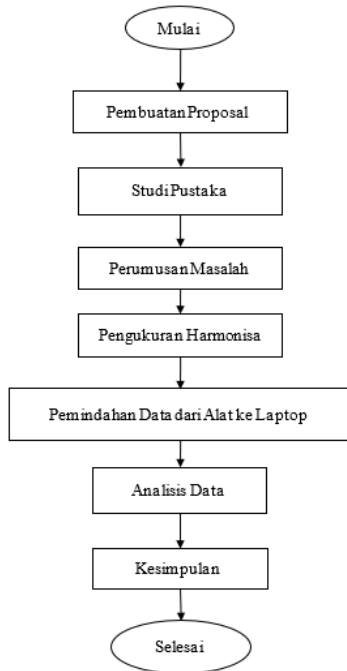
Berdasarkan analisis *fourier*, gelombang *non-sinusoidal* merupakan gelombang *sinusoidal* yang mengalami perubahan karena adanya beban *non-linier* yang membentuk gelombang harmonik atau gelombang *sinusoidal* terdistorsi. Gelombang seperti ini tidak hanya tersusun dari frekuensi yang berasal dari jala-jala, atau dengan kata lain gelombang fundamental, melainkan frekuensi

yang ditumpangi oleh frekuensi kelipatan ganjil. Hal ini terjadi pada gelombang *sinusoidal* arus maupun gelombang *sinusoidal* tegangan. Fenomena ini disebut dengan harmonisa.

Pada gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta beroperasi pada tahun 2016 yang dimana akan bertambahnya beban seiring berjalannya waktu. Saat penambahan beban listrik terkadang tidak memperhatikan munculnya harmonisa yang muncul dari beban yang terpasang khususnya beban *non linier*. Harmonisa yang muncul karena pengaruh beban *non linier* akan mempengaruhi kualitas listrik. Salah satu parameter kualitas listrik adalah *Total Harmonic Distortion Voltage* (THD_v) & *Total Harmonic Distortion Current* (THD_i).

Oleh sebab itu, penelitian ini akan membahas, menganalisis dan mempelajari *Total Harmonic Distortion* (THD) yang muncul pada gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta (UNISA). Apabila THD telah dilakukan pengukuran THD tidak memenuhi standar IEEE 519-1992, maka hasil dari analisis dilakukan perhitungan tentang spesifikasi filter pasif *single tuned* dimana akan bekerja sesuai dengan frekuensi yang ditentukan yaitu frekuensi yang orde harmonisa yang melebihi batas standar IEEE 519-1992.

2. METODOLOGI



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

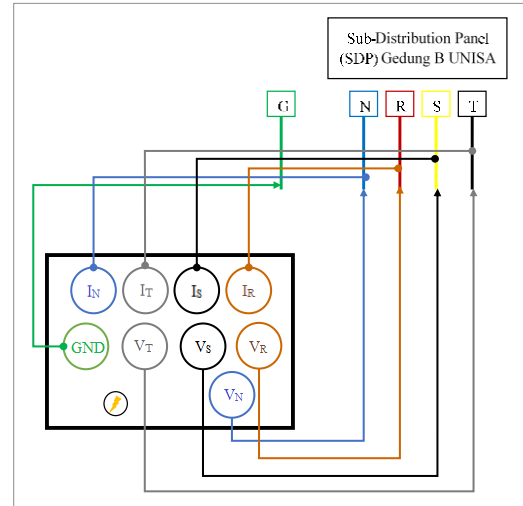
Pelaksanaan penelitian dilakukan pada tanggal 2 Januari 2019 hingga 9 Januari 2019 bertempat di ruang SDP (*Sub Distribution Panel*) Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta dengan alamat di Jalan Siliwangi (*Ring Road Barat*) No. 63 Mlangi, Nogotirto, Gamping, Sleman, Yogyakarta. 55292.

Penelitian menggunakan alat *Power Quality and Analyze METREL MI 2892 Power Master* dan untuk memindahkan data dari alat ke laptop dibutuhkan *software Metrel DataView* yang sudah ter-*install*. Waktu pengukuran berlangsung selama 24 jam, dengan interval 30 menit sekali alat akan merekam data.

Parameter penelitian sebagai berikut:

- Tegangan (V)
- Arus (A)
- *Total Harmonic Distortion Current* (THD_i) (%)
- *Total Harmonic Distortion Voltage* (THD_v) (%)
- *Total Demand Distortion Current* (TDD_i) (%)

Skematik pengkabelan saat melakukan pengukuran pada SDP (*Sub-Distribution Panel*) Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta menggunakan *METREL MI 2892*.



Gambar 2. Skematik Pengkabelan Pengukuran

Keterangan:



= Port untuk mengisi daya baterai *METREL MI 2892*.

Standar Harmonisa arus dan tegangan mengacu kepada standar yang dikeluarkan oleh IEEE 519-1992.

Tabel 1. Batas Harmonik Arus IEEE 519-1992

I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4,0%	2,0%	1,5%	0,6%	0,3%	5,0%
20-50	7,0%	3,5%	2,5%	1,0%	0,5%	8,0%
50-100	10,0%	4,5%	4,0%	1,5%	0,7%	12,0%
100-1000	12,0%	5,5%	5,0%	2,0%	1,0%	15,0%
>1000	15,0%	7,0%	6,0%	2,5%	1,4%	20,0%

Tabel 2. Batas Harmonik Tegangan IEEE 519-1992

Nominal Voltage	Individual Harmonic Order	THD
$V \leq 69 \text{ kV}$	3,0 %	5,0 %
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5 %	2,5 %
$V \geq 161 \text{ kV}$	1,0 %	1,5 %

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 menunjukkan nilai pengukuran tegangan selama seminggu dimana masih dalam batas toleransi standar yang berlaku yaitu minimum -10% dari 220V dan maksimum +5% dari 220V yang berarti batas nilai tegangan antara 198V – 231V. Tegangan netral tegangan netral yang terjadi sebesar 49.23V – 50.55V.

Tabel 3. Nilai Tegangan Selama Seminggu

	V _R (V)	V _S (V)	V _T (V)	V _N (V)
Minimum	211.07	217.16	215.60	0.25
Maksimum	225.32	230.74	229.80	51.84
Rata-rata	221.10	226.67	225.08	42.77

Tabel 4 menunjukkan nilai pengukuran arus selama seminggu. Dimana terjadi arus netral yang sangat besar. Arus netral terjadi karena beban yang terhubung pada tiap fase tidak seimbang.

Tabel 4. Nilai Arus Selama Seminggu

	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)	I _N (A)
Minimum	35.20	27.32	19.78	16.24
Maksimum	367.99	352.67	354.72	119.46
Rata-rata	153.26	151.48	158.35	55.06

Tabel 5 menunjukan nilai pengukuran THD_V (*Total Harmonic Distortion Voltage*). Pengukuran selama seminggu didapatkan nilai THD_V pada fase R yang melebihi standar IEEE 519-1992 dimana menyatakan batas maksimum untuk THD_V sebesar 5%.

Tabel 5. Nilai THD_V Selama Seminggu

	THD V _R (%)	THD V _S (%)	THD V _T (%)	THD V _N (%)
Minimum	2.77	2.19	2.05	15.24
Maksimum	5.35	4.16	4.38	126.23
Rata-rata	3.78	3.04	2.86	24.19

Perhitungan arus hubung singkat guna untuk mengetahui batasan maksimum THD_I dan TDD_I termasuk ke dalam kategori *range* yang terdapat pada IEEE 519-1992.

$$I_{sc} = \frac{S(kVA) \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times \%z}$$

$$I_{sc} = \frac{630 \times 100}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 4.0}$$

$$I_{sc} = \frac{63000}{2,77}$$

$$I_{sc} = 22743.68 \text{ A}$$

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_L = \frac{630000}{\sqrt{3} \times 400}$$

$$I_L = \frac{692.82}{909.33 \text{ A}}$$

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{22743.68}{909.33} = 25.01 \text{ A}$$

Tabel 6 menunjukkan nilai pengukuran THD_I (*Total Harmonic Distortion Current*). Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat, batasan THD_I termasuk dalam range 20-50 A, dimana nilai THD_I maksimum 8%.

Pengukuran selama seminggu didapatkan nilai THD_I pada fase R, S dan T yang melebihi standar IEEE 519-1992 dimana menyatakan batas maksimum untuk THD_I sebesar 8%. Nilai harmonisa yang tinggi menyebabkan nilai harmonisa netral yang muncul juga begitu besar. Perbedaan nilai harmonisa di tiap fasenya juga disebabkan oleh ketidakseimbangan beban.

Tabel 6. Nilai THD_I Selama Seminggu

	THD I _R (%)	THD I _S (%)	THD I _T (%)	THD I _N (%)
Minimum	6.13	5.95	4.88	13.72
Maksimum	25.46	23.45	50.38	816.17
Rata-rata	10.09	10.19	10.58	84.73

Tabel 7. menunjukan nilai pengukuran TDD_I (*Total Demand Distortion Current*). Hasil perhitungan didapatkan nilai rasio arus distorsi sebesar 25,01 A. Jika dilihat menurut standar IEEE 519-1992 nilai 25,01 termasuk ke dalam *range* 20-50 yang dimana nilai TDD_I maksimum 8,0%. Pengukuran persentase TDD_I pada panel SDP Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta selama seminggu didapatkan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh IEEE 519-1992 yaitu maksimum 8,0%. Kecuali, nilai TDD_I Netral yang melampaui batas standar 8%.

Tabel 7. Nilai TDD_I Selama Seminggu

	TDD I _R (%)	TDD I _S (%)	TDD I _T (%)	TDD I _N (%)
Minimum	0.95	0.88	0.63	9.79
Maksimum	7.78	7.67	8.00	63.86
Rata-rata	3.36	3.42	3.40	26.16

Mereduksi harmonisa pada arus dengan memasang filter pasif *single tuned* dimana filter ini bekerja pada hanya bekerja pada satu frekuensi yang akan diredam. Berdasarkan data pengukuran yang telah didapatkan, terdapat orde yang melebihi standar IEEE 519-1992, dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai Orde THD_I

Waktu	Fasa	%h	Orde	Arus (A)
02-01-19	R	11.29	5	11.67
	S	14.22	3	3.328
	T	31.91	3	2.938
03-01-19	R	20.96	5	13.26
	S	17.33	3	8.748
	T	42.67	3	5.175

04-01-19	R	18.54	5	13.6
	S	27.13	3	8.08
	T	27.61	3	2.57
05-01-19	R	16.91	5	10.8
	S	17.44	5	12.54
	T	33.32	3	2.185
06-01-19	R	19.17	5	12.59
	S	17.9	5	12.19
	T	19.38	5	15.58
07-01-19	R	17.82	5	14.05
	S	13.68	5	15.17
	T	14.8	5	10.85
08-01-19	R	19.82	5	12.38
	S	16.33	5	11.07
	T	20.04	5	15.54
09-01-19	R	16.8	5	12.73
	S	13.95	5	12.75
	T	18.86	5	13.37

Berdasarkan data pada tabel 8, diambil nilai arus yang paling besar di orde 3 dan 5 untuk perhitungan filter pasif *single tuned* dalam menentukan spesifikasi filter. Perhitungan dipisahkan untuk orde 3 dan orde 5.

- Perhitungan nilai Filter Pasif *Single Tuned* pada orde ke-3:

- Nilai Resistor

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{380}{8.784}$$

$$R = 43.26 \Omega$$

- Rating Daya* Resistor

$$P = V \times I$$

$$P = 380 \times 8.784$$

$$P = 3.338 \text{ KW}$$

- Nilai Q Faktor

Nilai Q faktor 30-100, diambil nilai 30

$$Q = 30$$

- Nilai X_n , X_L dan X_C

$$X_n = X_L = X_C$$

Maka,

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 43.26$$

$$X_n = 1297.8 \Omega$$

Jadi, $X_n = 1297.8 \Omega$; $X_L = 1297.8 \Omega$; $X_C = 1297.8 \Omega$

- Nilai Induktor

Frekuensi fundamental sebesar 50Hz, maka frekuensi harmonisa orde ke-3 adalah 150Hz.

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{1297.8}{2 \times 3.14 \times 150}$$

$$L = 1.425 \text{ H}$$

- Nilai Kapasitor

Frekuensi fundamental sebesar 50Hz, maka frekuensi harmonisa orde ke-3 adalah 150Hz.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 150 \times 1297.8}$$

$$C = 0.846 \mu\text{F}$$

- Perhitungan nilai Filter Pasif *Single Tuned* pada orde ke-5:

- Nilai Resistor

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{380}{15.58}$$

$$R = 24.39 \Omega$$

- Rating Daya* Resistor

$$P = V \times I$$

$$P = 380 \times 15.58$$

$$P = 5.92 \text{ KW}$$

- Nilai Q Faktor

Nilai Q faktor 30-100, diambil nilai 30

$$Q = 30$$

- Nilai X_n , X_L dan X_C

$$X_n = X_L = X_C$$

Maka,

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 24.39$$

$$X_n = 731.7 \Omega$$

Jadi, $X_n = 731.7 \Omega$; $X_L = 731.7 \Omega$; $X_C = 731.7 \Omega$

- Nilai Induktor

Frekuensi fundamental sebesar 50Hz, maka frekuensi harmonisa orde ke-5 adalah 250Hz.

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{731.7}{2 \times 3.14 \times 250}$$

$$L = 47.556 \text{ H}$$

f. Nilai Kapasitor

Frekuensi fundamental sebesar 50Hz, maka frekuensi harmonisa orde ke-5 adalah 250Hz.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 250 \times 731.7}$$

$$C = 0.883 \mu F$$

Hasil perhitungan sudah didapatkan spesifikasi filter *Single Tuned* untuk orde ke-3 dan ke-5. Jadi, spesifikasi filter *single tuned* untuk mereduksi harmonisa orde ke-3 dan ke-5 di Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta dapat dirangkum pada tabel 9 dan tabel 10.

Tabel 9. Spesifikasi Filter Psif *Single Tuned* Orde ke-3

Filter Pasif <i>Single Tuned</i> Orde ke-3	
X _n	1297.8 Ω
X _L	1297.8 Ω
X _C	1297.8 Ω
P	3.338 KW
R	43.26 Ω
L	1.425 H
C	0.846 μF

Tabel 10. Spesifikasi Filter Psif *Single Tuned* Orde ke-5

Filter Pasif <i>Single Tuned</i> Orde ke-5	
X _n	731.7 Ω
X _L	731.7 Ω
X _C	731.7 Ω
P	5.92 KW
R	24.39 Ω
L	47.556 H
C	0.883 μF

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian Analisis Harmonik Arus dan Tegangan pada Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta yang dilakukan pada tanggal 2 Januari – 9 Januari 2019, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan IEEE 519-1992, nilai maksimum THD_V sebesar 5%. Nilai THD_V yang terukur untuk THD V_S dan THD V_T berada dibawah standar maksimum yang

ditetapkan. Sedangkan untuk THD V_R bernilai 5,35% yang berarti berada di atas maksimum yang ditetapkan.

- Berdasarkan IEEE 519-1992, dengan nilai rasio arus distorsi sebesar 25,01 A dan termasuk *range* 20-50 yang berarti nilai THD_I maksimum sebesar 8,0%. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa THD I_R, I_S, dan I_T, melampaui nilai 8,0%. Besarnya nilai THD_I disebabkan karena ketidakseimbangan beban yang dibuktikan dengan perbedaan nilai arus fasa R, S, dan T.
- Berdasarkan IEEE 519-1992, dengan nilai rasio arus distorsi sebesar 25,01 A dan termasuk *range* 20-50 yang berarti nilai TDD_I maksimum sebesar 8,0%. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa TDD I_R, I_S, dan I_T, tidak melebihi batas nilai 8,0%.
- Berdasarkan IEEE 519-1992, dengan nilai rasio arus distorsi sebesar 25,01 A dan termasuk *range* 20-50 yang berarti nilai orde harmonisa untuk orde <11, maksimum sebesar 7,0%. Dari pengukuran yang didapat, orde 3 dan 5 melebihi ketentuan standar tersebut.
- Setelah melakukan perhitungan, didapatkan spesifikasi perencanaan filter pasif *single tuned* untuk orde ke-3 dan ke-5 dapat dilihat pada tabel 9 dan tabel 10.

Referensi

- Hoevenaars, Tony., Kurt LeDoux, Matt Colosino. 2003. *Interpreting IEEE Std 519 and Meeting its Harmonic Limits in VFD Application*. Jurnal. Amerika. Paper No. PCIC-2013-15.
- IEEE Std 519-1992. *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*. New York, NY: IEEE.
- Kumala, Hanifah ; Setiarini, Asih. 2016. *Kajian Harmonisa Arus pad Gedung M.Nuh Lantai 3 Politeknik Negeri Madiun*. Jurnal. Madiun.
- Mulyana, Elih. 2008. *Pengukuran Harmonisa Tegangan dan Arus Listrik di Gedung Direktorat TIK Universitas Pendidikan Indonesia*. Jurnal. Bandung.
- Nugroho, Slamet Supriyo. 2018. *Analisis Harmonik Arus dan Tegangan Pada Gedung AR Fakhruddin B Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta.
- Pramnamto, Aris. 2008. *Analisis Penggunaan Single Tuned Filter Sebagai Salah Satu Solusi Masalah Harmonik Pada Beban Rumah Tangga*. Skripsi. Depok.

- Sugiarto, Hadi. 2012. *Kajian Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak*. Jurnal. Pontianak.
- Sunanda, Wahri ; Gusa Rika Favoria. 2012. *Aplikasi Low Pass RC Filter Untuk Mengurangi Harmonisa Pada Lampu hemat Energi*. Jurnal. Pangkalpinang.
- Suryadi, Aris. 2016. *Studi Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik Pada Kampus Politeknik Enjineri Indorama*. Jurnal. Purwakarta.