

HARMONISA ARUS MESIN INDUKSI

Agung Nugroho*

Abstrak - Penyaluran daya listrik yang ideal pada umumnya menggunakan frekuensi tunggal dan konstan serta pada tegangan tertentu. Harmonisa adalah tegangan atau arus yang sinusoidal dengan frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamental dari sistem tenaga. Peralatan listrik yang merupakan beban tidak linear, menimbulkan arus yang tidak linear, dan arus ini akan menginterferensi jaringan listrik.

I. PENDAHULUAN

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linear dan beban non linear. Sementara penyaluran daya listrik menggunakan frekuensi tunggal dan konstan serta pada tegangan tertentu, misalnya pada frekuensi 50 hz, 220 volt. Beban linear adalah beban yang memberikan bentuk keluaran linear, artinya daya yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linear adalah keluarannya tidak sebanding dengan tegangan, sehingga arus balik melalui kawat netral tidak sama dengan nol.

Penyebab ketidaksempurnaan ini antara lain adalah harmonisa dari peralatan-peralatan pemakai energi listrik, dimana peralatan tersebut mengeluarkan gelombang sendiri dan menginterferensi gelombang fundamental dan amplitudo dari arus maupun tegangan. Harmonisa ini akan menyebabkan gelombang fundamental maupun amplitudo terdistorsi. Akibat dari ketidaksempurnaan frekuensi maupun amplitudo berpengaruh pada :

1. Meningkatnya resonansi sistem penyaluran tenaga listrik.
2. Mengurangi efisiensi pembangkitan tenaga dan transmisi serta utilitasnya.
3. Mengurangi umur isolasi dari komponen penyaluran tenaga listrik.
4. Interferensi pada sistem proteksi, peralatan konsumen, saluran telekomunikasi.

Sumber-sumber harmonik peralatan penyaluran tenaga listrik antara lain konverter statis, magnetisasi transformator yang tidak linear, putaran mesin arus bolak-balik, tanur listrik, dan lampu flouresen.

Tulisan ini merupakan hasil penelitian dan kelanjutan dari tulisan di Journal Transmisi edisi Desember 2003, Volume 6. Teori untuk ulasan ilmiah in sudah disampaikan dalam edisi tersebut dengan judul Harmonisa Gelombang.

Dalam menentukan distorsi relatif yang dikarenakan adanya harmonisa pada sistem tenaga, dinyatakan dalam *total harmonic distorsion* (THD). THD diukur dari jumlah distorsi harmonisa yang disebabkan sistem tegangan, yang dinyatakan dalam persentase terhadap fundamentalnya, yaitu harmonisa ke-1.

Dalam penelitian ini hendak diukur amplitudo harmonisa arus dari lima buah mesin induksi tiga ϕ merek MEZ, dua mesin induksi merek Ff dan dua buah mesin induksi merek TECO pada tiga tegangan, yaitu pada tegangan 237 V, 420 V dan 472 V. Pengukuran amplitudo harmonisa dilakukan dari harmonisa ke-1 sampai dengan harmonisa ke-20, dan diulang sampai dengan 15 kali. Data pengukuran ditampilkan dalam bentuk gambar spektrum amplitudo dan dihitung THDya.

II. PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan di Laboratorium Sistem Tenaga dan Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro FT UNDIP. Rerata amplitudo arus ganjil dari penelitian ini ditampilkan dalam Tabel 1 sampai dengan Tabel 5. Spektrum amplitudo arus yang dihasilkan dalam penelitian diwakili tampilannya untuk mesin induksi MEZ, pada tegangan uji 237 V pada Gambar 1. Gambar 1.a menggambarkan spektrum amplitudo harmonisa ke-1 sampai dengan spektrum amplitudo harmonisa ke-20, untuk Gambar 1.b menggambarkan spektrum amplitudo harmonisa ke-2 sampai dengan ke-20. Sehubungan dengan amplitudo harmonisa genapnya terlalu kecil, maka dalam tulisan ini hanya akan dianalisa untuk amplitudo harmonisa ganjil saja. Bentuk spektrum amplitudo arus ganjil dari mesin merek Ff-1 pada tegangan uji 237 V ditunjukkan dalam Gambar 2, dan untuk mesin induksi merek Ff-2 untuk tegangan uji 472 V ditunjukkan dalam Gambar 3. Untuk merek TECO-1 pada tegangan uji 420 V, ditampilkan dalam Gambar 4 dan untuk mesin merek TECO-2 untuk tegangan uji 472 V ditampilkan dalam Gambar 5. Tidak semua hasil pengujian digambarkan disini. Penggambaran spektrum amplitudo arus untuk penelitian ini dimaksudkan hanya mewakili beberapa pengukuran saja, dengan maksud untuk memperjelas harmonisa dan perbandingannya, serta dengan pertimbangan bahwa semua bentuk spektrum

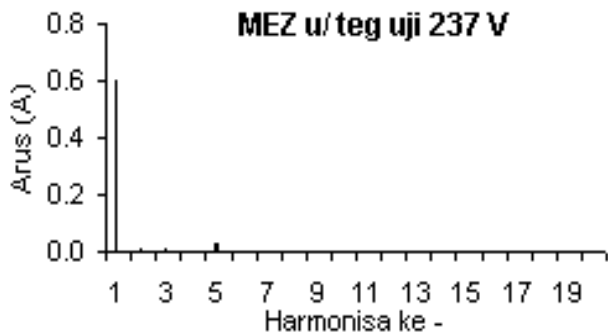
* Dosen Jurusan Teknik Elektro UNDIP

amplitudo arusnya seragam untuk seluruh benda uji dan untuk seluruh tingkat catu tegangan.

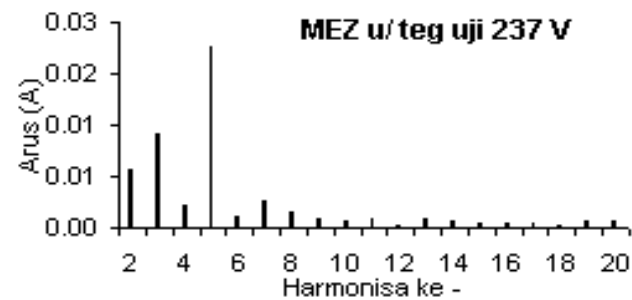
Tabel 1. Spektrum Amplitudo Arus Ganjil Mesin MEZ

Harm. Ke - (A)	Tegangan Uji (V)		
	237	420	472
h_1	0.6007	1.6360	3.1373
h_3	0.0129	0.0132	0.0174
h_5	0.0247	0.0545	0.1042
h_7	0.0038	0.0107	0.0165
h_9	0.0012	0.0010	0.0061
h_{11}	0.0012	0.0008	0.0044
h_{13}	0.0012	0.0010	0.0063
h_{15}	0.0006	0	0
h_{17}	0.0007	0.0013	0.0013
h_{19}	0.0009	0.0007	0
THD %	5.14	3.69	3.48

h_{11}	0.0012	0.0046	0.0134
h_{13}	0.0009	0.0008	0.0077
h_{15}	0.0004	0.0005	0
h_{17}	0.0003	0.0000	0.0000
h_{19}	0.0006	0.0006	0.0006
THD %	4.31	5.21	4.13



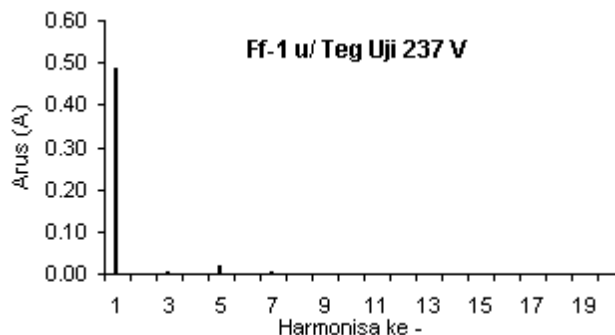
Gambar 1.a. Spektrum Amplitudo Arus $h_1 - h_{20}$



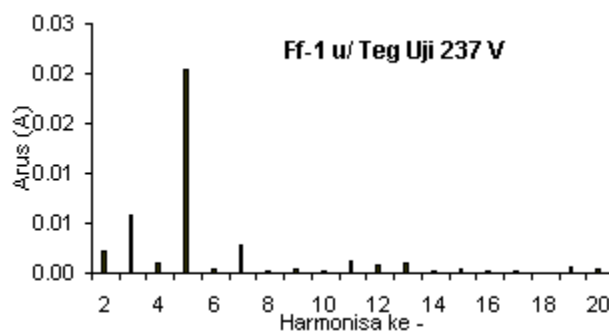
Gambar 1.b. Spektrum Amplitudo Arus $h_2 - h_{20}$

Tabel 2. Spektrum Amplitudo Arus Ganjil Mesin Ff -1

Harm. ke - (A)	Tegangan Uji (V)		
	237	420	472
h_1	0.4873	1.7373	2.6453
h_3	0.0057	0.0584	0.0244
h_5	0.0204	0.0672	0.1041
h_7	0.0028	0.0124	0.0180
h_9	0.0004	0.0027	0.0036



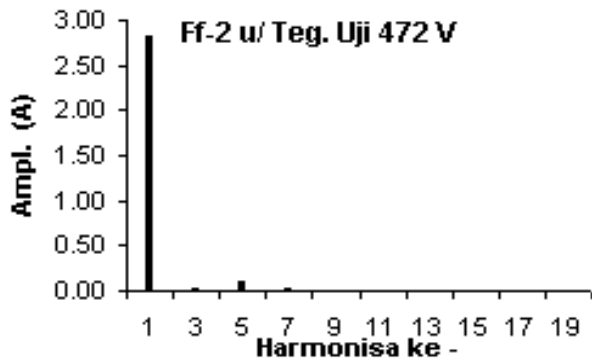
Gambar 2.a. Spektrum Amplitudo Arus $h_1 - h_{20}$



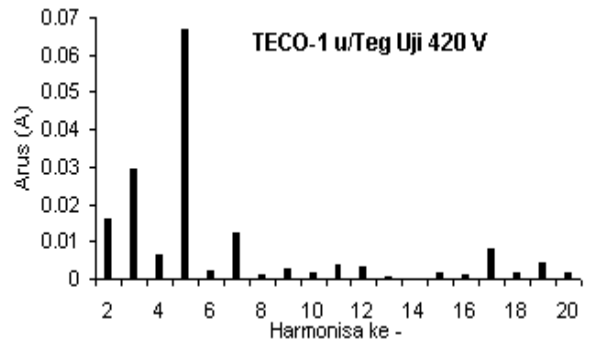
Gambar 2.b. Spektrum Amplitudo Arus $h_2 - h_{20}$

Tabel 3. Spektrum Amplitudo Arus Ganjil Mesin Ff-2

Harm. ke - (A)	Tegangan Uji (V)		
	237	420	472
h_1	0.5220	1.7573	2.8340
h_3	0.0061	0.0617	0.0259
h_5	0.0219	0.0685	0.1113
h_7	0.0029	0.0132	0.0176
h_9	0.0003	0.0033	0.0042
h_{11}	0.0015	0.0061	0.0121
h_{13}	0.0010	0.0013	0.0083
h_{15}	0.0005	0.0006	0
h_{17}	0.0004	0.0000	0.0000
h_{19}	0.0008	0.0008	0.0011
THD %	4.39	5.35	4.14



Gambar 3.a. Spektrum Amplitudo Arus Mesin Ff-2

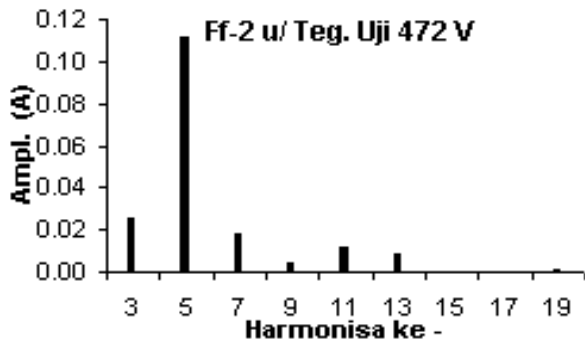


C

harmonisa arus ke-2

Tabel 5. Spektrum Amplitudo Arus Ganjil TECO-2

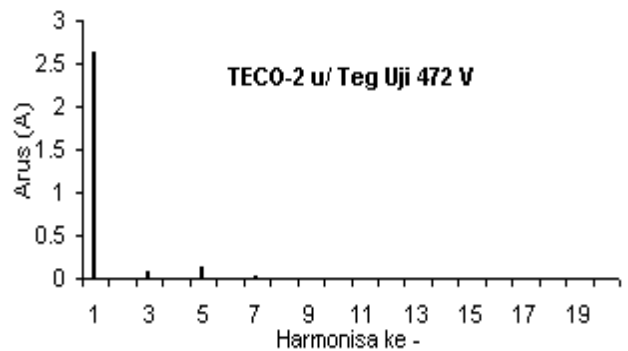
Harm. ke - (A)	Tegangan Uji (V)		
	237	420	472
h_1	0.6073	1.7393	2.6320
H_3	0.0051	0.0285	0.0905
H_5	0.0189	0.0664	0.1242
h_7	0.0018	0.0136	0.0168
h_9	0.0006	0.0043	0.0035
h_{11}	0.0009	0.0041	0.0056
h_{13}	0.0008	0.0015	0.0014
h_{15}	0.0009	0.0022	0.0016
h_{17}	0.0005	0.0089	0.0084
h_{19}	0.0005	0.0051	0.0104
THD %	3.46	4.40	5.92



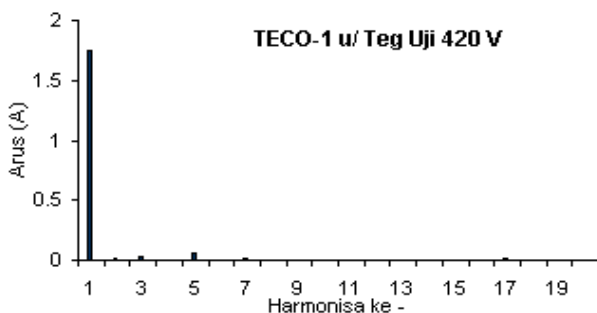
Gambar 3.b. Spektrum Amplitudo Arus Mesin Ff-2 mulai harmonisa arus ke-3

Tabel 4. Spektrum Amplitudo Arus Ganjil TECO-1

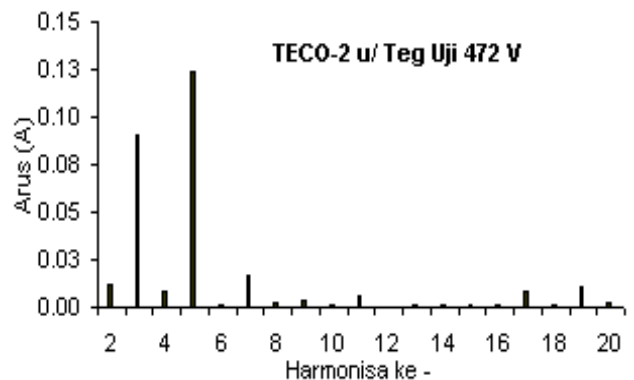
Harm. ke - (A)	Tegangan Uji (V)		
	237	420	472
h_1	0.6013	1.7513	2.5793
h_3	0.0055	0.0292	0.0850
h_5	0.0184	0.0666	0.1193
h_7	0.0016	0.0125	0.0158
h_9	0.0004	0.0029	0.0038
h_{11}	0.0010	0.0035	0.0058
h_{13}	0.0005	0.0007	0.0009
h_{15}	0.0007	0.0016	0.0009
h_{17}	0.0002	0.0082	0.0093
h_{19}	0.0007	0.0041	0.0105
THD %	3.36	4.42	5.75



Gambar 5.a. Spektrum Amplitudo Arus Msn TECO-2



Gambar 4.a. Spektrum Amplitudo Arus Msn TECO-1



Gambar 5.b. Spektrum Amplitudo Arus Msn TECO-2 mulai harmonisa arus ke-2

III. KESIMPULAN

1. Hasil pengukuran lima benda uji menunjukkan keseragaman spektrum amplitudo harmonisa arus. Berdasarkan urutan tinggi amplitudo adalah amplitudo harmonisa arus ke-1, ke-5, ke-3, ke-7, ke-9 dan selanjutnya.
2. Berdasarkan teori, harmonisa yang muncul adalah harmonisa ke-1, ke-5, ke-7, ke-13, dan selanjutnya. Dari pengujian, amplitudo harmonisa arus ke-3 dan ke-9 juga muncul.
3. Amplitudo harmonisa arus lima benda uji, menunjukkan harmonisa ke-5 mempunyai besaran tertinggi setelah amplitudo harmonisa arus ke-1 yaitu arus fundamental.
4. Berdasarkan pengujian, semakin tinggi tegangan catu, harmonisa ke-1 juga meningkat sebanding dengan besarnya tegangan.
5. *Total harmonic distortion* tidak meningkat sebanding dengan meningkatnya tegangan uji, dan harganya cukup kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdul Kadir. (1986). *Mesin Tak Serempak*. Jambatan, Jakarta.
- [2]. Anonymous. (2001). *Electrical Transient Analysis Program*. Power Station User Guide Operation Technology. Southern, California.
- [3]. Arrillaga, J. (1985). *Power System Harmonik*. John Wiley & Sons, New York.
- [4]. Fitzgerald, A.E. (1986). *Mesin-mesin Listrik*. Erlangga, Jakarta.
- [5]. Johan, L. (2001). *On Harmonic Distortion in Power Systems*. Chalmers University of Technology, Sweden.
- [6]. Julian, G.J. (2001). *An Investigation of Harmonik Content on Electrical Netwok*, The University of Queensland, Queensland.
- [7]. Lister, E.C. (1988). *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Erlangga, Jakarta.
- [8]. M.E. Van Valkenburg. (1988). *Analisis Jaringan Listrik*. Erlangga, Jakarta.
- [9]. Wallace, Y.C. (2000). *Effects of Power Quality on Personal Computer*. University of Queensland, Queensland.
- [10]. William, H.J. (1982). *Rangkaian Listrik*. Erlangga, Jakarta.