

Rancang Bangun Modul Portable Power Analyzer Untuk Menganalisa Harmonisa

Wahyu Hidayat¹⁾, Agus Indra Gunawan²⁾, Eru Puspita³⁾

Department of Electrical Engineering, Faculty of Electronics Engineering Polytechnic Institut of Surabaya
ITS Surabaya Indonesia 60111

1) amru@student.eepis-its.edu, 2) agus_ig@eepis-its.edu, 3) eru@eepis-its.edu

Abstract - Tingginya kandungan harmonisa arus dan tegangan pada suatu sistem tenaga listrik dapat menyebabkan timbulnya beberapa persoalan harmonisa serius yang dapat menyebabkan penggunaan energi listrik menjadi tidak efektif. Untuk mengevaluasi efek distorsi dari bentuk gelombang arus dan tegangan non-sinusoidal yang disebabkan oleh beban-beban non-linear pada sistem daya listrik dapat dilakukan melalui pengukuran besar harmonisa yang terkandung dalam gelombang tersebut. Dengan menggunakan ATmega 32 sebagai kontroller dan *Analog to Digital Converter* (ADC) internal sebagai konverter sinyal analog ke digital, sistem menjadi lebih sederhana. Sinyal digital tersebut diproses di dalam Mikrokontroler berdasarkan komponen harmonisanya menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT). Hasil dari proses evaluasi tersebut ditampilkan pada LCD grafik G12864C. Dari pengujian sistem secara keseluruhan, menunjukkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik, terbukti jika dibandingkan dengan alat pembanding, yaitu fluke 41B power harmonic analyzer. Sebagai contoh pada pengujian dengan beban oscilloscope, terlihat pada alat yang dibuat nilai THD tegangan adalah 4,2 % dan THD arus adalah 58,4 %. Sedangkan pada Fluke 41B terlihat nilai THD tegangan adalah 3,2 % dan THD arus adalah 59 %. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa rata – rata selisih nilai THD tegangan antara alat yang dibuat dengan Fluke 41B yaitu 1,8 % dari 13 kali percobaan dengan beban yang berbeda. Sedangkan selisih nilai rata – rata THD arus selisihnya yaitu 1,96 % dari 13 kali percobaan dengan beban yang berbeda.

Index Terms— harmonisa, ADC, DFT, THD

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan adanya pasokan energi elektrik yang berkualitas terus meningkat dari waktu ke waktu. Tetapi, masalah kualitas sebenarnya adalah masalah yang subyektif, sehingga sulit untuk dikuantifikasi. Kualitas yang baik bagi satu pihak belum tentu baik bagi pihak yang lain. Antara perusahaan listrik dengan konsumen, baik rumah tangga, institusi, maupun industri akan mengalami kerugian besar bila muncul gangguan-gangguan yang disebabkan buruknya kualitas daya. Ma

salah kualitas daya yang relatif baru adalah harmonisa.

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. Penyimpangan dari bentuk gelombang yang ideal tersebut sering disebut sebagai *Total Harmonic Distortion* (THD).

Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non linier 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 antara lain : komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast, dan lain-lain.

Akibat dari ketidaksempurnaan frekuensi maupun amplitudo berpengaruh terhadap meningkatnya resonansi sistem penyaluran tenaga listrik, interferensi pada sistem proteksi, pada peralatan konsumen, maupun pada saluran telekomunikasi.

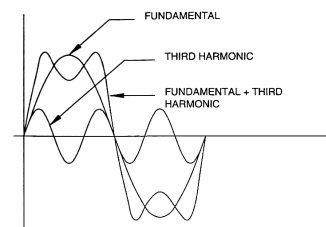
II. DASAR TEORI

A. Harmonisa

Dalam sistem tenaga listrik yang ideal, bentuk gelombang tegangan yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan 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. Beban non linier ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor. Beberapa contoh beban non linier antara lain : komputer, printer, lampu *fluorescent* yang menggunakan elektronik ballast, dan lain-lain.



Gambar 1. Hasil Penjumlahan Gelombang Fundamental Dengan Harmonik Ketiga [6]

Pengukuran terhadap besar arus dan tegangan terhadap komponen fundamentalnya sangat penting untuk mengetahui besar *total harmonic distortion*.

- Besar rms dari arus dan tegangan [2]

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{V_n^2}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_n^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

V_n = tegangan harmonisa ke-n

I_n = arus magnitude ke-n

$V_{nrms} = V_n / \sqrt{2}$

$I_{nrms} = I_n / \sqrt{2}$

- Pengukuran *total harmonic distortion* [2]

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

B. Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi-elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik, maka jumlah garis gaya magnet menjadi berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi dan pada sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,

N_p = Jumlah lilitan primer

N_s = Jumlah lilitan sekunder

V_p = Tegangan primer

V_s = Tegangan sekunder

I_p = Arus primer

I_s = Arus Sekunder

C. Clamper

Sebelum membahas rangkaian clamper yang khusus, ketahuilah bahwa clamper harus menambah tegangan dc pada sinyal yang datang. Clamper merupakan suatu rangkaian yang mendorong sinyal ke atas, sehingga puncak negatif jatuh pada level 0 V. bentuk sinyal asli akan tetap dipertahankan, dan yang terjadi adalah pergeseran sinyal secara vertikal. Rangkaian ini bias menggunakan pembagi tegangan menggunakan resistor untuk mendapatkan seberapa besar sinyal akan dinaikkan. Dan bisa juga menggunakan rangkaian summing menggunakan op-amp.

D. Mikrokontroler ATmega 32

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR ini berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*).

Didalam mikrokontroler ATmega 32 sudah terdiri dari :

- Saluran I/O ada 32 buah, yaitu PORT A, PORT B, PORT C, dan PORT D.
- ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 channel.
- Tiga buah timer / counter, dua buah 8 bit dan satu 16 bit.
- CPU yang terdiri dari 32 buah register.
- Watchdog Timer dengan osilator internal.
- Dan lain-lain.

E. LCD Grafik 128x64

LCD grafik 128x64 pixel digunakan untuk menampilkan informasi berupa gambar ataupun tulisan. Karena display ini bertipe grafik dan bukan bertipe karakter, maka untuk menampilkan teks, karakter harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi format data gambar. Display ini dibagi menjadi dua kontroler, masing - masing mengendalikan 64x64 pixel. Setiap kontroler dibagi lagi menjadi 8 halaman (page), dan masing-masing halaman terdapat 64 byte.

F. Discrete Fourier Transform

Sebelum kita berbicara tentang *discrete fourier transform* (DFT) atau transformasi fourier diskrit, terlebih dahulu perlu diketahui mengenai *Fourier Transform* (FT). *Fourier transform* atau transformasi fourier merupakan metode tradisional untuk menentukan kandungan frekuensi dari sebuah sinyal. *Fourier transform* pada dasarnya membawa sinyal dari kawasan waktu (*time-domain*) ke dalam kawasan frekuensi (*frekuensi-domain*). Pada sisi lain *fourier transform* dapat dipandang sebagai alat yang mengubah sinyal menjadi jumlah sinusoidal dengan beragam frekuensi. *Fourier transform* menggunakan basis sinus dan kosinus yang memiliki frekuensi berbeda. Hasil *fourier transform* adalah distribusi densitas spektral yang mencirikan amplitudo dan fase dari beragam frekuensi yang menyusun sinyal. Hal ini merupakan salah satu kegunaan *fourier transform*, yaitu untuk mengetahui kandungan frekuensi sinyal.

Fourier transform untuk sebuah sinyal waktu kontinyu $x(t)$ secara matematis dituliskan sebagai berikut dalm bentuk real dan imajiner.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} \cos(k\omega_0 n) - j \sin(k\omega_0 n) \quad (6)$$

Dimana, $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$

III. METODE

Metode-metode atau sistem desain yang digunakan dalam melakukan proyek akhir ini meliputi :

A. Pemahaman Materi

Pada tahap ini dilakukan upaya memahami materi dari beberapa literatur yang digunakan baik berupa buku, website atau jurnal ilmiah tentang mikrokontroler ATmega32, ADC, teori sampling, perhitungan Vrms, Irms, daya, THD dan literatur-literatur yang lain yang dapat membantu penyelesaian proyek akhir ini.

B. Perancangan Sistem

Pada tahap ini yang dilakukan adalah membuat perancangan sistem yaitu masukan (input) sinyal berupa arus dan tegangan dari sensor, penaik sinyal, ADC, kontroler, dan keluaran (output) LCD Grafik.

C. Pembuatan Program

Sedangkan untuk pembuatan perangkat keras meliputi pembuatan sensor arus dan tegangan, rangkaian clamber, minimum sistem ATmega32, modul LCD Grafik, dan Power Supply.

D. Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan uji coba alat untuk mengetahui hasil dari program yang telah dibuat serta melakukan perbaikan apabila terjadi kesalahan pada program.

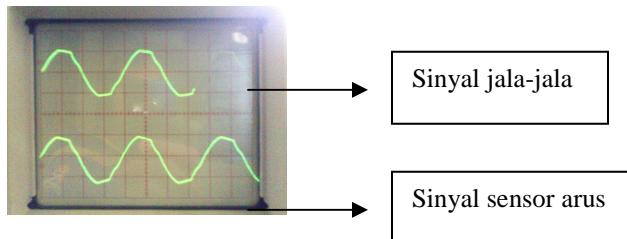
E. Analisa Hasil Program

Melakukan evaluasi dan presentasi hasil, yaitu melakukan evaluasi cara kerja sistem yang telah dibuat untuk mengetahui aspek-aspek yang mempengaruhi kinerja alat tersebut.

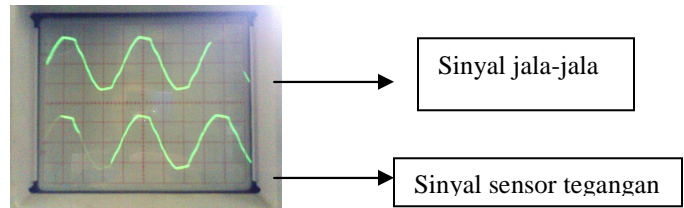
IV. HASIL PENELITIAN

A. Pengujian Sensor Arus Dan Sensor Tegangan

Sensor arus dan sensor tegangan dapat dikatakan baik, jika sinyal keluaran dari kedua sensor sama dengan sinyal jala-jala.

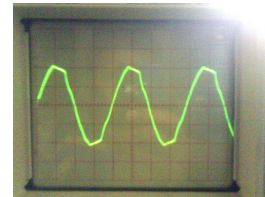


Gambar 2. Sinyal Sensor Arus Dengan Sinyal Jala - Jala



Gambar 3. Sinyal sensor Tegangan Dengan Sinyal Jala - Jala

Sinyal dari kedua output sensor harus sefasa, dan jika sudah sefasa maka sensor bisa dikatakan baik.



Gambar 4. Penggabungan Sinyal Sensor Arus Dengan Sensor Tegangan

TABEL I
DATA PENGUJIAN SENSOR ARUS DAN SENSOR TEGANGAN

	BEBAN	DATA PENGUJIAN				
		ALAT TA				
		V (V)	I (A)	P (VA)	THDV (%)	THDI (%)
	BEBAN LINIER :					
1	BOLAM 60W	220,23	0,29	64,18	4,07	11,05
2	SOLDER 40W	217,09	0,14	30,14	4,92	22,44
3	HEATER 300W	217,47	1,64	357,59	4,85	4,51
4	SETRIKA	219,16	1,76	385,39	4,19	4,33
	BEBAN NON LINIER :					
5	OSCILOSCOPE	220,84	0,2	43,27	4,2	58,4
6	FUNCTION GENERATOR	219,34	0,06	13,48	4,04	89,83
7	OSCILOSCOPE + FG	220,74	0,24	52,32	4,10	56,16
8	BOR LISTRIK	217,78	1,27	276,29	5,83	13,83
9	PC + MONITOR	219,04	0,93	202,92	4,6	103,35
10	2 PC + 2 MONITOR	219,94	2,03	446,67	4,49	86,35
11	KIPAS AC	221,13	0,13	28,84	4,44	28,56
12	DESPENSER	218,57	1,71	374,32	5,14	5,18
	BEBAN CAMPURAN :					
13	BOLAM 60W + ELECTRIC LAMP 8 W	218,14	0,34	73,08	4,8	14,05
	BEBAN	FLUKE 41 B (ALAT PEMBANDING)				
		V (V)	I (A)	P (VA)	THDV (%)	THDI (%)
	BEBAN LINIER :					
1	BOLAM 60W	220	0,26	57	3,7	16,5
2	SOLDER 40W	219	0,18	38	3,2	25,5
3	HEATER 300W	218	1,38	300	3,2	4,4
4	SETRIKA	218	1,47	320	3,3	4,3
	BEBAN NON LINIER :					
5	OSCILOSCOPE	220	0,2	43	3,2	59
6	FUNCTION GENERATOR	220	0,11	23	3,2	92,6
7	OSCILOSCOPE + FG	219	0,23	51	3	55
8	BOR LISTRIK	219	1,02	220	3,3	11
9	PC + MONITOR	219	0,8	170	3,5	97,3
10	2 PC + 2 MONITOR	218	1,7	370	3,4	90,3
11	KIPAS AC	221	0,17	37	2,9	28,4
12	DESPENSER	219	1,35	300	3,7	4,7
	BEBAN CAMPURAN :					
13	BOLAM 60W + ELECTRIC LAMP 8 W	219	0,31	68	3,2	14,2

B. Pengujian Clamper

Rangkaian clamper ini merupakan rangkaian yang sederhana, hanya dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan resistor untuk mendapatkan seberapa besar level dc yang dinaikkan. Dan juga digunakan komponen kapasitor untuk menghalangi sinyal dc masuk ke input, dan sebaliknya sinyal input akan mampu melewati kapasitor, sehingga tujuan yang diharapkan akan tercapai,

C. Pengujian ADC

TABEL II
DATA SAMPLING DENGAN BEBAN BOLAM 60W

No.	Sampling ADC		Sampling Real	
	V	I	V	I
0	252	137	596,53	15,44
1	254	137	601,27	15,44
2	240	137	568,12	15,44
3	216	136	511,31	15,32
4	202	136	478,17	15,32
5	188	136	445,03	15,32
6	164	135	388,22	15,21
7	143	135	338,51	15,21
8	123	134	291,16	15,10
9	99	133	234,35	14,99
10	79	132	187,01	14,87
11	64	132	151,50	14,87
12	45	131	106,52	14,76
13	29	131	68,65	14,76
14	19	131	44,98	14,76
15	9	130	21,30	14,65
16	3	130	7,10	14,65
17	2	130	4,73	14,65
18	1	130	2,73	14,65
19	0	130	0	14,65
20	0	130	0	14,65
21	1	130	2,37	14,65
22	23	131	54,45	14,76
23	45	131	106,52	14,76
24	56	131	132,56	14,76
25	75	132	177,54	14,87
26	99	133	234,35	14,99
27	118	133	279,33	14,99
28	141	134	333,77	15,10
29	163	135	385,85	15,21
30	180	135	426,09	15,21
31	197	136	466,34	15,32
32	216	136	511,31	15,32
33	229	137	542,09	15,44
34	238	137	563,39	15,44
35	250	137	591,80	15,44
36	251	137	594,16	15,44
37	252	137	596,53	15,44
38	254	137	601,27	15,44
39	254	137	601,27	15,44

D. Pengujian DFT

TABEL III
DATA DFT DENGAN BEBAN BOLAM 60W

No.	DFT ADC		DFT Real	
	V	I	V	I
0	129,35	133,72	306,20	15,07
1	132,43	3,79	313,49	0,43
2	2,10	0,21	4,98	0,02
3	3,85	0,24	9,11	0,03
4	0,55	0,05	1,31	0,01
5	0,30	0,05	5,44	0,01
6	0,30	0,13	0,71	0,01
7	2,41	0,07	5,71	0,01
8	0,49	0,05	1,16	0,01
9	1,61	0,03	3,81	0
10	0,45	0,11	1,06	0,01
11	1,23	0,11	2,91	0,01
12	0,98	0,05	2,33	0,01
13	1,95	0,14	4,61	0,02
14	0,36	0,15	0,85	0,02
15	0,38	0,05	0,89	0,01
16	0,25	0,05	0,59	0,01
17	0,23	0,08	0,54	0,01
18	0,17	0,12	0,39	0,01
19	0,36	0,05	0,85	0,01

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sensor arus yang telah dibuat berdasarkan metode perbandingan jumlah lilitan pada toroida dapat menghasilkan sinyal sinus yang jika dibandingkan dengan sinyal jala – jala mempunyai bentuk yang sama, sehingga sensor dalam keadaan baik.
2. Sensor tegangan menggunakan trafo yang ada dipasaran, dan sinyal keluarannya juga sama dengan sinyal jala – jala, sehingga sensor dalam keadaan baik.
3. Rangkaian clamper dengan menggunakan komponen pasif yaitu kapasitor dan resistor dengan prinsip pembagi tegangan dapat mengangkat sinyal AC ke level positif sebesar 2,5 Vdc. Sehingga sinyal dapat dibaca ADC dengan baik.
4. ADC internal ATmega 32 berhasil membaca sinyal yang dikeluarkan sensor, karena sinyal telah diclamper sehingga sinyal berada pada range 0 – 5 V.
5. Jumlah sampling yang diinginkan telah terpenuhi, yaitu 40 kali dengan waktu setiap sampling selama 0,5 ms. Dan 40 titik sampling yang dilakukan tidak melebihi 1 gelombang sinyal penuh.
6. LCD grafik berhasil menampilkan informasi, berupa data sampling, DFT, V rms, I rms, Daya, THD arus, THD tegangan, dan grafik harmonisa.
7. Dari pengujian sistem secara keseluruhan, menunjukkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik, terbukti jika dibandingkan dengan alat pembanding, yaitu fluke 41B

power harmonic analyzer. Sebagai contoh pada pengujian dengan beban oscilloscope, terlihat pada alat yang dibuat nilai THD tegangan adalah 4,2 % dan THD arus adalah 58,4 %. Sedangkan pada Fluke 41B terlihat nilai THD tegangan adalah 3,2 % dan THD arus adalah 59 %. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa rata – rata selisih nilai THD tegangan antara alat yang dibuat dengan Fluke 41B yaitu 1,8 % dari 13 kali percobaan dengan beban yang berbeda. Sedangkan selisih nilai rata – rata THD arus selisihnya yaitu 1,96 % dari 13 kali percobaan dengan beban yang berbeda.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Bejo. 2008. *C&AVR*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Grady, W. Mack. 1993. *Harmonics And How They Relate To Power Factor*. Texas: The University of Texas at Austin.
- [3] Khozain, M. 2008. *Rancang Bangun Modul Portable Power Analyzer untuk Menganalisa Daya Listrik*. Surabaya: EEPIS.
- [4] Malvino, Albert Paul. 1989. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Rinelda, Yunta Dwi. 2008. *Algoritma Pengukuran Harmonisa dan Power Faktor pada Modul Portable Power Analyzer*. Surabaya: EEPIS.
- [6] Setiadji, Julius Sentosa, dkk. Pengaruh Harmonisa pada Gardu Trafo Tiang Daya 100 KVA di PLN APJ Surabaya Selatan. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- [7] Widodo Budiharto. 2008. *Panduan Praktikum Mikrokontroller AVR ATmega 16*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [8] Yusak, Tanoto, dkk. 2005. *Simulasi Active Filter dan Sistem Kerja Rangkaian Dalam Meredam Harmonisa pada Vacuum Casting Induction Furnace Dengan Daya 9 kW, 13.8 kVA, 200 V, 3 Fasa , 50/60 Hz*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_Fourier_transform
- [10] <http://id.wikipedia.org/wiki/Induktor>
- [11] <http://simbangando.wordpress.com/2007/07/02/harmonisa-dan-kualitas-daya/>
- [12] <http://www.datasheetarchive.com/ATMEGA32-datasheet.html>
- [13] <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener36.html>
- [14] <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener36b.html>