

RANCANGAN ALAT UKUR HARMONISA DAYA MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER

A.Kasim^{1*}, N.Paramytha IS¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Bina Darma, Palembang

Corresponding author : ali.kasim@binadarma.ac.id, nina_paramitha@binadarma.ac.id

ABSTRAK: Alat ukur yang dapat mengetahui nilai tegangan, arus, daya nyata, dan kualitas daya melalui nilai THD pada suatu instalasi listrik. Sensor tegangan dan sensor arus sebagai referensi dalam pengukurannya. Untuk analisisnya menggunakan analisis transformasi fourier diskrit pada sinyal tegangan. Sinyal yang dihasilkan sensor tegangan dan arus tersebut diolah menjadi sinyal digital oleh mikrokontroler yang akan ditampilkan ditampikan ke LCD. Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian, alat ukur perancangan dapat mengukur tegangan AC dengan tingkat akurasi sebesar 99,68% dan dapat mengukur arus yang mengalir pada beban dengan tingkat akurasi sebesar 99,97%. Untuk pengukuran nilai *Total Harmonic Distortion (THD)* dengan beban berbeda, alat ukur perancangan memiliki tingkat akurasi sebesar 95,75% sedangkan pada pengukuran nilai *Total Harmonic Distortion (THD)* dengan waktu berbeda, alat ukur perancangan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,88%.

Kata kunci : Harmonisa, *Total Harmonic Distortion*, Mikrokontroler

ABSTRACT: Measuring devices that can determine the value of voltage, current, real power, and power quality through the THD value on an electrical installation. Voltage sensor and current sensor as a reference in the measurement. For analysis using discrete fourier transformation analysis of voltage signals. The signal generated by the voltage and current sensor is processed into a digital signal by a microcontroller which will be displayed displayed to the LCD. Based on the design and test results, the design measuring instrument can measure AC voltage with an accuracy level of 99.68% and can measure the current flowing on the load with an accuracy level of 99.97%. For the measurement of the Total Harmonic Distortion (THD) value with different loads, the design measuring instrument has an accuracy level of 95.75% while in the measurement of the Total Harmonic Distortion (THD) value at different times, the design measuring instrument has an accuracy rate of 99.88%.

Keywords: Harmonics, *Total Harmonic Distortion*, Microcontroller

PENDAHULUAN

Perangkat piranti elektronik merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting dalam penggunaan sekarang ini. Dalam kondisi saat ini banyak perangkat elektronik yang sangat membantu kebutuhan manusia dalam segala seperti perkantoran, pusat-pusat bisnis, sekolah, peribadatan maupun rumah tangga. Perangkat elektronik tersebut secara teoritis dapat digolongkan sebagai beban *non-linier* yang memerlukan daya yang tidak sedikit dan dijaga stabil agar perangkat tersebut tidak mengalami kerusakan. Untuk menjaga kondisi ini Beban *non-linier* (Dwi, 2007) yang mengakibatkan arus dari jala-jala dari pusat pembangkit dan distribusi listrik menjadi non sinusoidal terdistorsi atau memiliki *Total Harmonic Distortion (THD)* yang cukup tinggi dari ukuran normalnya. Untuk mengetahui nilai THD(Nur, 2013) pada suatu instalasi listrik

dibutuhkan alat ukur harmonisa yaitu *Harmonic Analyzer* (Febrian, 2014) Tetapi alat ukur harmonisa tersebut masih relatif mahal.

Dengan adanya beban nonlinear ini didapatkan sebuah ide untuk menggunakan atau mencoba merancang alat ukur yang lebih sederhana serta memiliki tingkat akurasi yang hampir menyamai perangkat alat ukur *Harmonic Analyzer* kualitas pemakaiannya. Dalam rancangan dan penggunaan, sensor tegangan dan sensor arus yang diperoleh untuk mendapatkan nilai daya nyata. Adapun penggunaan transformasi fourier diskrit untuk mendapatkan nilai harmonisa THD.

Alat ini di rancang dengan menggunakan komponen-komponen tahanan,dioda, Integarated Circuit (IC), sensor-sensor. Sehingga tercipta berupa alat yang dapat mendeteksi harmonisa gelombang sinusoidal.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada tulisan ini adalah :

- Listrik arus bolak-baliik (AC) satu fasa 50 Hz
- Analisis harmonisa 1 sampai 8 menggunakan analisis transformasi fourier diskrit (Raharjo, 2006)
- Angka yang dilihat hanya *Total Harmonic Distortion* (THD) pada beban *non-linier*.
- Proses pengukuran dilakukan 5 kali dalam 1 hari dalam rentang waktu 120 menit.
- Mikrokontroler yang dipakai adalah mikrokontroler Atmega128 dan menggunakan bahasa pemrograman yaitu bahasa C.(Hani , 2009)

Rumusan Masalah

Rumusan masalahnya;

- Melihat daya tampak pada beban dengan menggunakan sensor tegangan dan arus.
- Total *Harmonic Distortion* (THD) pada harmonisa 1 sampai 8.
- Mikrokontroller Atmega128 pendeteksi yang digunakan dalam perhitungan tegangan, arus, daya tampak, dan nilai THD.

Tujuan

Dengan adanya masalah diatas maka tujuan dari penulisan ini adalah:

- Membuat power meter dan harmonik meter sederhana.
- Mengetahui kualitas daya pada setiap harmonisa yang dihasilkan.
- Menganalisa bentuk gelombang pada suatu instalasi listrik dengan menggunakan analisa transformasi fourier diskrit.

METODE PENELITIAN

Pengertian Daya (Ramdani, 2008)

Daya listrik adalah jumlah energi yang digunakan untuk melakukan usahan atau kerja. Satuan SI daya listrik adalah watt. Secara umum, besarnya daya dengan sumber searah atau DC dinyatakan oleh :

$$P = V \times I \tag{1}$$

Daya Nyata

Daya Nyata (Real Power) merupakan daya yang dimanfaatkan untuk melakukan aktifitas kerja . Satuan SI daya nyata adalah watt (W).

$$P = V \times I \times \text{Cos } \varphi \tag{2}$$

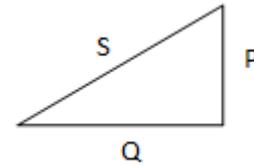
Dalam ditribusi listrik PLN, daya yang tercatat dalam kWh meter dan wajib dibayar oleh pelanggan adalah daya nyata.

Gambar 1 menunjukkan penjumlahan trigonometri daya nyata dan daya semu.

$$S = V \times I$$

$$Q = V \times I \times \text{Sin } \varphi$$

$$P = V \times I \times \text{Cos } \varphi$$



Gambar 1 Penjumlahan Trigonometri Daya nyata, Reaktif dan Semu

Daya Reaktif

Daya reaktif daya yang diperlukan untuk memindahkan energi dari satu ke lainnya tergantung kebutuhan energi yang digunakan.

Daya reaktif merupakan daya terhasil dari kapasitor atau induktor pada arus listrik bolak-balik dengan nilai tegangan dan arus merupakan nilai efektif.. Satuan SI daya reaktif adalah volt ampere reaktif (VAR).

$$Q = V \times I \times \text{Sin } \varphi \tag{3}$$

Daya Semu / Daya Tampak (Ramdani, 2008)

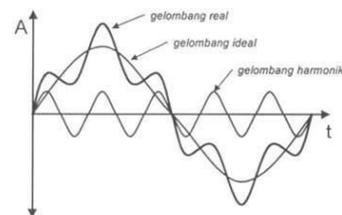
Daya semu (Apparent Power) merupakan secara keseluruhan daya. Daya ini nilai terpasang pada sistem kelistrikan yang sebelum masuk beban. Berasal dari pembangkit terus masuk transmisi yang diteruskan sampai kepada konsumen

Daya semu atau dayakonsumen merupakan daya yang disuplai oleh PLN ke pelanggan.. Secara matematis, daya nyata dinyatakan dalam rumus:

$$S = V \times I \tag{4}$$

Pengertian Harmonisa(Nur, 2013)

Harmonisi merupakan cacat gelombang pada gelombang sebenarnya yang berbentuk sinusoidal yang ada pada jaringan PLN. Akibat dari banyak pemakaian beban non linear atau beban elektronik dibawah ini gambar tentang harmonisa Gambar 2



Gambar 2 Bentuk Gelombang Fundamental, Gelombang Harmonisa dan Gelombang Fundamental Terdistorsi

Perhitungan Distorsi Harmonisa

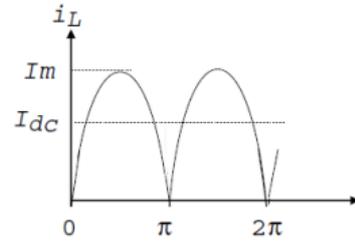
Dalam pengujian efek harmonisa khususnya pada sistem tenaga, perlu dilakukan perhitungan yang biasanya disebut dengan *Total Harmonic Distortion* (THD). THD adalah total nilai presentasi komponen harmonisa terhadap komponen *fundamental*. THD dapat dituliskan sebagai berikut.

1) Rumus faktor distorsi tegangan

$$THD_{tegangan} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (5)$$

2) Rumus faktor distorsi arus

$$THD_{arus} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (6)$$



Gambar 4 Hasil Penyearah Gelombang Penuh

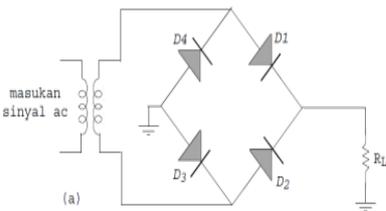
Transformasi Fourier Diskrit (Raharjo, 2006)

Transformasi Fourier Diskrit (TFD) atau disebut dengan *Discrete Fourier Transform* (DFT) bertujuan untuk mentransformasikan sinyal aperiodik ke spektrum diskrit. Jika sinyal diskrit aperiodik dianalisis menggunakan Transformasi Fourier Waktu Diskrit maka akan menghasilkan spektrum kontinu yang periodik dengan perioda 2π . Jika dianalisis menggunakan Transformasi Fourier Diskrit maka spektrum kontinu yang periodik $X(\Omega)$ tersebut dapat disampling dengan N titik. Sehingga akan didapat persamaan sebagai berikut.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-\frac{j2\pi nk}{N}} \quad (7)$$

Penyearah Gelombang Penuh (Full Wave Rectifier)(Rober, 2014)

Penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan ini dapat menggunakan trafo atau bahkan dapat juga tidak menggunakan trafo. Rangkaian dasar dari penyearah gelombang penuh adalah sebagai berikut (Gambar 3).



Gambar 3 Rangka Penyearah Gelombang Penuh

Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal AC, maka D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat *forward bias* sedangkan D2 dan D4 mati (OFF karena mendapat *reverse bias*. Sehingga arus mengalir melalui D1, R_L dan D3. Sedangkan apabila jembatan memperoleh bagian siklus negatif, maka D1 dan D4 hidup (ON), karena mendapat *forward bias*, tetapi D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat *reverse bias*. Sehingga arus mengalir melalui D2, R_L , dan D4. Semua arah arus yang melewati R_L akan menuju ground. Gambar 4 merupakan Hasil Penyearah Gelombang Penuh.

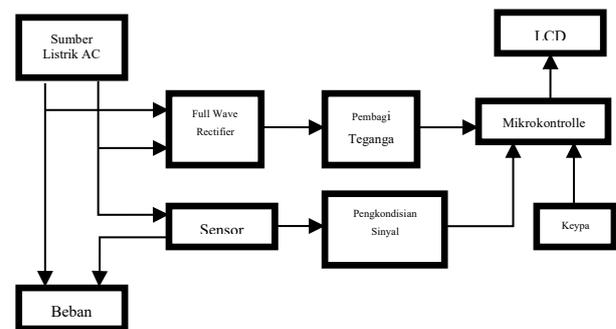
Sensor Arus (Aleero, 2006)

Sensor arus adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi nilai arus yang mengalir pada suatu rangkaian. Pengukuran arus umumnya membutuhkan *resistor shunt* yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut lalu diumpankan ke *current transformer* terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian pengkondisi sinyal. Teknologi efek Hall yang diterapkan oleh perusahaan *Allegro* menggantikan *resistor shunt* dan *current transformer* menjadi sebuah sensor yang ukuran yang relatif jauh lebih kecil.

Desain dan realisasi sistem

Diagram Blok Sistem

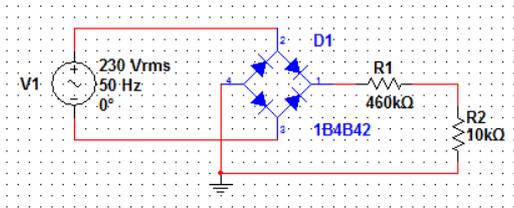
Dari Gambar 5 memperlihatkan bahwa proses pengukuran berasal dari sensor tegangan dan sensor arus yang dipasang dalam jalur antara sumber listrik AC dengan beban. Sensor tegangan disini berupa rangkaian penyearah gelombang penuh atau *Full Wave Rectifier* dan pembagi tegangan. Penyearah gelombang penuh digunakan untuk menghasilkan sinyal DC agar dapat diolah oleh mikrokontroler (Firman, 2014). Pembagi tegangan digunakan untuk merubah level tegangan dari 220V menjadi 5V karena tegangan yang masuk ke ADC mikrokontroler maksimal 5V (Robert L, 2014). Sinyal yang berasal dari sensor tegangan ini juga berfungsi sebagai perhitungan *Total Harmonic Distortion* yang sebelumnya telah dianalisis oleh Transformasi Fourier Diskrit. Transformasi Fourier Diskrit ini berfungsi untuk menghasilkan nilai tegangan harmonisa ke- n .



Gambar 5 Diagram Blok Sistem

Rangkaian Sensor Tegangan AC

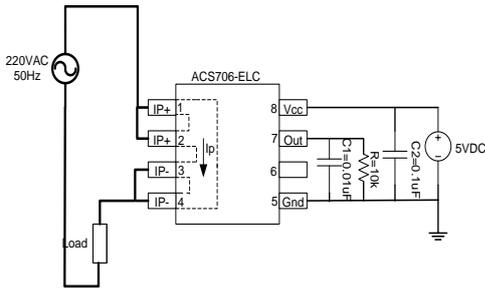
Perancangan sensor tegangan AC ini dibagi menjadi 2 tahap sebelum data diolah oleh mikro. Tahap pertama adalah mengubah tegangan AC menjadi DC dengan menggunakan rangkaian penyearah gelombang penuh. Tahap kedua adalah mengubah level tegangan 220V menjadi 5V dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Gambar 6 merupakan rangkaian sensor AC.



Gambar 6 Rangkaian Sensor Tegangan AC

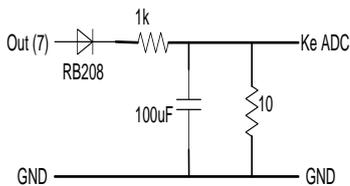
Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisian Sinyal

Perancangan sensor arus ini berfungsi untuk mendeteksi arus AC yang masuk ke beban. Sensor arus pada rangkaian ini menggunakan komponen ic *hall effect* yaitu ACS706ELC yang mampu dialiri arus sampai dengan 20 ampere (Gambar 7).



Gambar 7 Rangkaian Sensor Arus ACS706ELC

Karena sinyal keluaran sensor yang masih berupa sinyal DC dengan banyak riak serta tidak stabil, maka diperlukan sebuah rangkaian yang berfungsi untuk memperhalus sinyal keluaran sensor agar menjadi sinyal DC konstan sehingga dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler (Gambar 8).



Gambar 8 Rangkaian Pengkondisian Sinyal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan AC

Pengujian ini dilakukan 5 kali dalam sehari dalam rentang waktu 120 menit pada waktu yang telah ditentukan. Alat ukur perancangan ini akan dibandingkan dengan Voltmeter AC yang sebenarnya. Pada pengujian ini untuk menentukan nilai *error* pada alat ukur perancangan dapat menggunakan persamaan 8 dan 9.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_i')^2}{n}} \tag{8}$$

$$\%RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_i')^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n}}} \times 100 \tag{9}$$

Dimana :

X_i = Voltmeter Sebenarnya,

X_i' = Alat Ukur Perancangan,

N = Jumlah Data

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan AC tiap 10 menit Tanggal 10 Juni 2019 pukul 05.00 – 07.00

Pengujian	X_i	X_i'	$(X_i - X_i')^2$	$(X_i)^2$
1	214,8	214,7	0,01	46139.04
2	218,7	219,1	0,16	47829.69
3	215,6	215,7	0,01	46483.36
4	213,3	213,2	0,01	45496.89
5	214,1	214	0,01	45838.81
6	218,1	218,1	0	47567.61
7	220,5	220,3	0,04	48620.25
8	219,8	219,7	0,01	48312.04
9	218,8	219	0,04	47873.44
10	212,8	212,7	0,01	45283.84
11	215,8	215,7	0,01	46569.64
12	219,8	219,8	0	48312.04
Σ			0,31	564326,65
RMSE				0.16
% RMSE				3 %

Pengujian Rangkaian Sensor Arus

Tegangan keluaran sensor arus yang tertera di datasheet berkisar 2,5V – 5V, tetapi setelah melewati rangkaian pengkondisian sinyal maka tegangan keluaran berubah menjadi 2,01V. Tabel 2 menunjukkan hasil tegangan keluaran sensor arus.

Tabel 2 Hasil Tegangan Keluaran Sensor Arus dalam Bentuk Digital

No	Beban	Arus Multimeter (A)	Arus Terukur (A)	RMS E
1	Tidak ada beban (0)	0	0	0
2	1 Laptop	0,492	0,49	0,40
3	1 Monitor	0,125	0,12	0,44
4	1 Lampu 100W	0,430	0,49	0,89
5	1 Laptop + 1 Monitor	0,57	0,57	0
6	1 Laptop + 1 Lampu 100W	0,822	0,79	1,58
7	1 Monitor + 1 Lampu 100W	0,510	0,49	0,92
8	2 Lampu 100W	0,860	0,87	1,16
9	2 Lampu 100W + 1 Monitor	0,930	0,94	1,07
10	2 Lampu 100W + 1 Laptop	1,216	1,20	1,31
RMSE				0,28
% RMSE				3,25

Pengujian Alat RMSE Ukur Sebagai Pengukur Total Harmonic Distortion (THD)

Tabel 3 adalah hasil pengujian alat ukur sebagai pengukur total Harmonic Distortion (THD) pada waktu berbeda.

Tabel 3 Hasil Pengujian Alat Ukur Sebagai Pengukur THD Pukul 16.00 – 18.00

No	Tegangan Terukur (V)	X_i	X_i'	$(X_i - X_i')^2$	$(X_i)^2$
1	218,5	1,8	1,78	0,0004	3,24
2	219,5	2,0	2,01	0,0001	4
3	219,6	1,9	2,03	0,0169	3,61
4	217,6	1,9	1,93	0,0009	3,61
5	218,5	2,0	1,95	0,0025	4
6	218,7	1,9	1,98	0,0064	3,61
7	218	1,9	2,00	0,01	3,61
8	217	1,8	1,82	0,0004	3,24
9	217	1,9	1,85	0,0025	3,61
11	217,6	1,9	1,93	0,0009	3,61
12	219,6	1,9	2,03	0,0169	3,61
Σ				0,0048 25	3,312 5
RMSE				0,375	
% RMSE				2,48	

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang dibuat dalam bentuk tabel diperoleh hasil yang cukup memuaskan. Hasil prosentasinya cukup kecil .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa alat ukur perancangan yaitu *Power dan Harmonik Meter Digital* dapat berjalan dengan baik dengan membandingkan alat ukur standar yaitu *Power and Harmonics Analyzer*. Alat ukur perancangan dapat mengukur beberapa pengukuran, yaitu :

1. Pada pengukuran tegangan AC, alat ukur perancangan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,68% sedangkan pada pengukuran arus, alat ukur memiliki tingkat akurasi sebesar 99,97%.

2. Pada pengukuran nilai *Total Harmonic Distortion (THD)* dengan beban berbeda, alat ukur perancangan memiliki tingkat akurasi sebesar 95,75%. Sedangkan
3. Pada pengukuran nilai *Total Harmonic Distortion (THD)* dengan waktu berbeda, alat ukur memiliki tingkat akurasi sebesar 99,88%.

Saran

Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian terdapat beberapa saran yang agar dapat dihasilkan alat ukur yang lebih baik, antara lain :

1. Pemilihan komponen yang tepat sangat dianjurkan agar diperoleh suatu alat yang lebih praktis dan memiliki akurasi yang lebih baik.
2. Membuat rangkaian pengkondisian sinyal yang lebih baik agar pembacaan sensor memiliki akurasi lebih baik.
3. Memilih sensor arus dengan range sesuai dengan kebutuhan *hardware*, agar pembacaan lebih akurat.
4. Menggunakan mikrokontroler dengan memory yang besar dan memiliki kecepatan proses yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Allegro MicroSystem. (2006). Fully Integrated, Hall effect-Based Linier Current Sensor With Voltage Isolation And A Low-Resistance Current Conductor, USA: Massachusetts. www.allegromicro.com .
- Dwi, H.S. (2007). Elektronika Teori dan Penerapan, Cerdas Ulet Kreatif. Jember, 34-39.
- Febrian A, Pangaribuan , Kurnian (2014) Design Dan Implementasi Dan Harmonik Meter Digital menggunakan Mikrokontroler. Skripsi. Universitas Telkom, Bandung .
- Hani, S. (2009). Proteksi Arus Lebih Dengan Menggunakan Sensor ACS706ELC. Jurnal, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.78-83.
- Nur, I.B. (2013). Implementasi Filter Pasif dan Analisis Harmonisa Pada Penyearah Terkendali Datu Fasa Full Converter. Universitas Telkom, Bandung, 91-95.
- Raharjo, J.(2006). Sinyal dan Sistem, Diktat Kuliah, Institut Telkonologi Telkom, Bandung.
- Rhamdani, M. (2008) Rangkaian Listrik. Erlangga, Bandung.
- Robert L. (2014). Electronic devices, 11th ED, prentice Hall.