

# Pengaruh *Total Harmonic Distortion* (THD) Terhadap Pembacaan kWh Meter Semi Digital

Martin Panggabean<sup>1</sup>, Alex Surapati<sup>2\*</sup>, M Khairul Amri Rosa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, \*alexsurapati@unib.ac.id

## ABSTRAK

*Energy measurement using a kWh meter must have good accuracy. The increasing use of non-linear electrical equipment causes harmonics in the network. This study aims to measure and analyze voltage, current, power, power factor and the percentage of Total Harmonic Distortion (THD). The research was carried out by designing and making a device in the form of an electrical circuit connected to a semi-digital kWh meter with a fixed load of 10 incandescent lamps with a power of 100 watts each and 1 single-phase induction motor. The test results show that the incandescent lamp load test produces a THD-I percentage of 3.5% and a THD-V percentage of 3.7% with a measurement error value of 0.675%. In the motor load test, the percentage of current harmonics becomes high at 16.6% and the THD-V percentage is 3.4% and the measurement error value is 3.48%. In testing the variation of the load combination of an induction motor and incandescent lamps, the percentage of THD-I is 5.8% and the percentage of THD-V is 3.2% with an error value of 3.57%. The greater the THD percentage value, the greater the reading error on the semi-digital kWh meter and the worse the resulting power factor value.*

**Kata kunci:** *Non-linear load, kWh Meter, THD*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik dikenal dengan dua beban yaitu beban linier dan beban non-linier [1], [2]. Beban linear merupakan suatu beban yang memiliki bentuk gelombang yang sinusoidal, sedangkan beban non-linear memiliki bentuk gelombang non sinusoidal karena telah terdistorsi oleh arus harmonisa yang ditimbulkan oleh berbagai macam peralatan elektronik [3].

Dalam sistem tenaga listrik yang ideal, bentuk gelombang tegangan dan bentuk gelombang arus yang disalurkan ke peralatan elektronik yang dihasilkan adalah bentuk gelombang sinus murni, namun dalam beberapa kasus bentuk gelombang dari arus dan tegangan tidak sinus murni[3]. Penyebab bentuk gelombang dari arus dan tegangan tidak sinus murni dikarenakan berbagai macam gangguan, diantaranya adalah harmonisa yang ditimbulkan oleh beban non-linier[4].

Sistem tenaga listrik dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 50 atau 60 Hz [5]. Akan tetapi pada aplikasinya beberapa beban menyebabkan munculnya arus / tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan 50 / 60 Hz. Beban tersebut dinamakan beban non linier. Sedangkan frekuensi 50 / 60 Hz disebut dengan frekuensi fundamental dan kelipatannya disebut harmonisa.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah mengidentifikasi harmonisa yang disebabkan oleh beban non-linier pada sistem tenaga listrik dan mengidentifikasi efek harmonisa terhadap pembacaan kWh meter semi digital. Guna mengidentifikasi harmonisa dibutuhkan suatu alat uji yang dapat mengukur tingkat THD yang ditimbulkan. Pengukuran harmonisa dilakukan dengan menggunakan instrumentasi alat ukur *Digital Power Meter*.

Tingginya tingkat kandungan arus harmonisa yang terdapat pada sistem tenaga listrik dapat menimbulkan masalah pada segi kualitas daya pada akhirnya kerugian dan kerusakan pada peralatan listrik, pada dasarnya harmonisa ini sangat penting dipelajari dan dikaji karena jika tidak ditangani, maka dampak buruk yang ditimbulkan akan semakin besar dan berpengaruh buruk terhadap kinerja peralatan kelistrikan [6].

Peningkatan harmonisa atau *Total Harmonic Distortion* (THD) dapat mengakibatkan peningkatan panas pada transformator yang kemudian dapat mengakibatkan peningkatan pada rugi-rugi serta penurunan efisiensi dari transformator tersebut [2]. Pada kondisi terburuk dapat terjadi gangguan bahkan kerusakan permanen pada peralatan elektronik yang sensitif termasuk komputer, selain itu dapat menyebabkan berkurangnya umur pada peralatan [5].

Kilo Watt Hour (kWh) meter merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai pengukuran transaksi tenaga listrik juga termasuk peralatan listrik yang tidak terlepas dari pengaruh yang ditimbulkan oleh adanya harmonisa[7]. Pada dasarnya alat ini didesain untuk mengukur dan menghitung daya yang terpakai dengan input berupa arus dan tegangan dengan bentuk gelombang sinusoidal murni. Berdasarkan hal tersebut, kinerja kWh meter sangat bergantung pada gelombang arus dan tegangan yang masuk ke dalamnya[8]. Jika bentuk gelombang input tidak lagi berbentuk sinusoidal

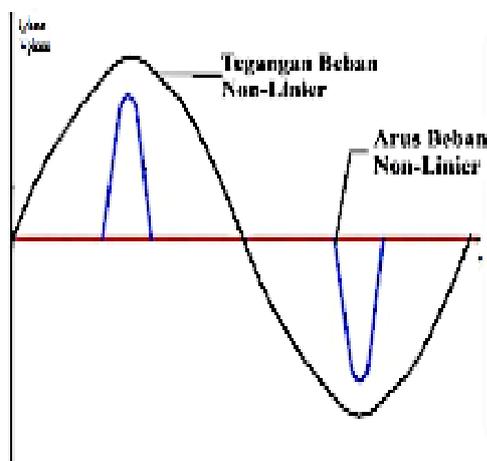
murni, maka akan mengakibatkan distorsi harmonisa yang menjadikan kesalahan pengukuran pada kWh meter tersebut [6].

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengukuran dan analisis tegangan, arus, daya, factor daya serta persentase *Total Harmonic Distortion* (THD) pada beban pengujian lampu pijar dan motor induksi satu fasa. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis efek harmonisa terhadap pembacaan kWh meter semi digital dan menganalisis efek harmonisa terhadap faktor daya. Adapun THD yang diuji adalah THD-V dan THD-I serta pengukuran konsumsi energi listrik menggunakan kWh meter semi digital yang dibandingkan dengan kWh meter analog.

## 2. KERANGKA TEORITIS DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

### A. Beban Non-Linier

Beban non-linier adalah beban yang impedansinya tidak konstan dalam setiap periode tegangan masukan [9]. Impedansi yang tidak konstan, menyebabkan arus yang dihasilkan tidak berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan, sehingga beban non-linear tidak mematuhi Hukum Ohm yang menyatakan “arus berbanding lurus dengan tegangan” [10], [11]. Beban non- linier umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berfungsi sebagai sakelar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja peralatan elektronik ini akan menghasilkan distorsi atau gangguan gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk dari gelombangnya tidak menentu dan dapat berubah sesuai dengan pengaturan pada parameter komponen semi konduktor di dalam perlatan elektronik seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gelombang arus dan tegangan beban non-linier [10]

### B. Harmonisa

Harmonisa adalah distorsi periodik dari gelombang sinus arus, tegangan atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan di luar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental yang pada sistem suplai dirancang beroperasi pada frekuensi 50 Hz dan 60 Hz [5]. Berdasarkan Standart IEC (*International Electrotechnical Commission*) 1000.4-11, harmonisa digolongkan kedalam Distorsi Bentuk Gelombang [11], [12], karena terjadi perubahan bentuk gelombang dari gelombang dasarnya.

Ada empat sebab dasar yang menyebabkan terjadinya harmonisa, yaitu [11]:

1. Sumber arus dan tegangan non sinusoidal dan elemen-elemen rangkaian (resistor, induktor, dan kapasitor) adalah linier (*independent*),
2. Sumber arus dan tegangan sinusoidal, sedangkan elemen-elemen rangkaian mengandung elemen nonlinier,
3. Sumber arus dan tegangan non sinusoidal, sedangkan elemen-elemen rangkaian non-linier,
4. Sumber arus dan tegangan yang berupa sumber DC, sedangkan rangkaiannya mengandung elemen yang berubah secara periodik.

### C. Total Harmonic Distortion (THD)

*Total Harmonic Distortion* (THD) adalah perbandingan antara nilai RMS dari seluruh komponen harmonisa terhadap nilai RMS dari fundamental. THD biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase (% THD). Indeks THD ini digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinusoidal murninya. Untuk gelombang sinusoidal sempurna dari nilai THD adalah 0 % [8]. Harmonisa terdiri dari distorsi harmonisa arus (THD-I) dan distorsi harmonisa tegangan (THD-V). Distorsi harmonisa arus terjadi akibat dari pemakaian beban yang tidak linear (non-linear) pada pengguna tenaga listrik. Sedangkan distorsi harmonisa tegangan terjadi karena adanya harmonisa arus yang melewati impedansi disisi beban.

Ada dua kriteria harmonisa yaitu distorsi harmonisa arus (THD-I) dan harmonisa tegangan (THD-V) [11]. Harmonisa juga memiliki batas yang dapat ditentukan dari perbandingan arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), dan IL merupakan arus beban fundamentalnya.

Faktor distorsi menggambarkan tingkat gangguan harmonik pada jaringan listrik. Ada beberapa pengukuran yang umum digunakan, salah satu yang paling umum adalah distorsi harmonik total (THD) yang akan digunakan dalam penelitian ini, untuk tegangan

ataupun arusnya [13]. Untuk menghitung THD dari arus dan tegangan distorsi menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

$V_n$  = nilai tegangan harmonisa (V)

$V_1$  = nilai tegangan fundamental (V)

$n$  = komponen harmonisa maksimum yang diamati

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

Keterangan:

$I_n$  = nilai arus harmonisa (V)

$I_1$  = nilai arus fundamental (V)

$n$  = komponen harmonisa maksimum yang diamati

Batas harmonisa tegangan sendiri ditentukan dari besarnya tegangan sistem yang terpasang. Standar harmonisa yang diizinkan untuk arus dan tegangan berdasarkan IEEE 519-1992 sesuai dengan Tabel 1 dan Tabel 2.

TABEL 1.  
STANDAR HARMONISA ARUS

Maximum Harmonic Current Distortion Percent						
$I_n/I_1$	<11	11≤	17≤	23≤	35≤h	THD (%)
		17	h<	h<		
			23	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.  
LIMIT DISTORSI TEGANGAN

Tegangan di PCC (kV)	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion (%)
< 69	3.0	5.0
69.001 - 161	1.5	2.5
>161.001	1.0	1.5

Makin banyak gelombang harmonisa yang diikutsertakan pada gelombang fundamkkkkentalnya, maka gelombang akan semakin mendekati gelombang persegi atau gelombang akan berbentuk non sinusoidal [14].

#### D. Energi Listrik

Energi listrik ialah energi yang tersimpan di dalam arus dan tegangan listrik yang menggerakkan kebutuhan konsumsi daya listrik seperti untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Agar peralatan listrik dapat digunakan, diperlukan energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan alat tersebut. Satuan energi listrik (W) yaitu joule, dimana 1 joule merupakan energi yang diperlukan untuk memindahkan 1 coulomb dengan beda potensial 1 Volt [15]. Kemudian untuk satu muatan per satuan waktu adalah kuat arus yang mengalir pada rangkaian tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$W = P \times t \quad (3)$$

Dengan W adalah energi listrik terpakai (Watt/hour), P adalah daya listrik terpakai (Watt), dan V adalah tegangan (V).

#### E. kWh Meter Semi Digital

KWh-Meter adalah alat yang digunakan oleh pihak PLN untuk menghitung besar pemakaian daya konsumen. Alat ini bekerja dengan menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium [16].

kWh meter semi digital merupakan alat pengukuran yang mempunyai fungsi sama dengan kWh meter analog dan digital, yaitu mengukur jumlah pemakaian energi listrik dalam suatu waktu. kWh meter semi digital (kWh meter digital) termasuk dalam kWh meter statik yang menggunakan komponen elektronik sebagai pemroses utama. Komponen elektronik mendeteksi tegangan dan arus sesaat diproses untuk menghasilkan pulsa yang mempunyai frekuensi sebanding dengan energi yang diukur (kWh) [17].

#### F. Pengukuran Konsumsi Energi Listrik

Pada penelitian ini menggunakan kWh meter semi digital. Untuk perhitungan energi terpakai pada kWh tertulis bahwa untuk setiap 3200imp maka energi terpakai sebesar 1 kWh atau dapat dirumuskan dengan persamaan (4).

$$E = \frac{N}{3200 \text{ imp}} (kWh) \quad (4)$$

Keterangan:

E = Energi (kWh)

N = Jumlah kedipan lampu

Penelitian ini juga menggunakan kWh meter analog, maka untuk perhitungan energi pada kWh meter digunakan rumus perhitungan berbeda untuk melihat hasil pembacaan kWh meter. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan (5).

$$E = P_t = \frac{N}{c} (kWh) \quad (5)$$

Dimana P adalah daya (Watt), N adalah jumlah putaran piringan, dan C adalah konstanta kWh meter (putaran/kWh).

### 3. METODE RISET

Alat yang digunakan terdiri dari kWh Meter semi digital, kWh meter analog, *digital power meter*, *stabilizer*, lampu pijar, motor induksi 1 fasa dan kabel penghubung. Penelitian dilakukan dengan melakukan perancangan dan pembuatan alat berupa rangkaian sumber listrik yang terhubung dengan kWh meter semi digital dengan beban tetap berupa 10 buah lampu pijar dengan daya masing-masing 100 watt dan 1 buah motor induksi satu fasa.

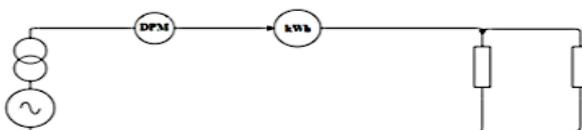
Diagram blok menjelaskan alur system pengujian yang dilakukan pada penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok rangkaian alat

Gambar 2 menunjukkan alur sistem pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini. Stabilizer diletakkan sebelum beban agar tegangan yang masuk pada beban tetap stabil pada 220 volt. kWh meter dipasang setelah stabilizer untuk membuat tegangan yang mengalir pada kWh meter stabil. Untuk beban pengujian diletakkan pada keluaran kWh meter semi digital.

Perancangan penelitian ini akan digunakan beban non-linier yaitu lampu pijar yang mempunyai rangkaian elektronika. Harmonisa dibangkitkan dari penggunaan beban non-linier yang selanjutnya diatur dengan melihat besarnya persentase THD yang terukur pada *Digital Power Meter*. Parameter THD digunakan karena THD merupakan representasi besarnya harmonik yang ada pada suatu sistem tenaga listrik terlihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Keseluruhan

Pengaturan beban yang menimbulkan harmonisa (THD) dilakukan untuk mengetahui kecenderungan kinerja dari kWh meter semi digital, mulai dari nilai THD terkecil sampai dengan nilai THD. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dengan tahap pengambilan data tegangan dan arus pada lampu serta pada motor induksi satu fasa yang digunakan sebagai beban pengukuran. Kemudian melakukan pengujian dengan tujuan melihat harmonisa yang terkandung pada beban pengujian.

Pengukuran harmonisa dilakukan dengan menggunakan instrumentasi alat ukur *Digital Power Meter* dengan masing-masing lama pengukuran 10 menit. Setelah didapatkan nilai harmonisa tegangan dan nilai harmonisa arus pada saat pengujian, selanjutnya dapat dilakukan analisis pengaruh besarnya persentase harmonisa pada masing-masing pengujian terhadap pembacaan konsumsi energi terpakai.

Pengukuran energi pada kWh meter semi digital dan kWh analog sebagai pembandingan dengan menggunakan instrumen pengukuran berupa Wattmeter sebagai pembandingan saat dilakukannya perhitungan secara *manual*, lalu dilakukan perhitungan energi yang terpakai melalui kWh meter dengan jumlah kedipan lampu pada kWh meter semi digital tersebut.

Untuk mempermudah dalam perhitungan energi total pada kWh meter, maka harus dihitung tegangan rata-rata dan arus rata-rata beban. Perhitungan tagangan rata-rata dan arus rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut:

1. Tegangan rata-rata

$$V_{rms h} = V_{rms f} \times \sqrt{1 + (THDv)^2} \quad (6)$$

2. Arus rata-rata

$$I_{rms h} = I_{rms f} \times \sqrt{1 + (THDi)^2} \quad (7)$$

3. Energi Total

$$E = \sqrt{3} \times I_{rms h} \times V_{rms h} \times pf \times t \quad (8)$$

Keterangan:

- $V_{rms h}$  : Tegangan rata-rata harmonisa
- $I_{rms h}$  : Arus rata-rata harmonisa
- $V_{rms f}$  : Tegangan rata-rata fundamental
- $I_{rms f}$  : Arus rata-rata fundamental
- $pf$  : Power factor
- $t$  : Waktu pengujian

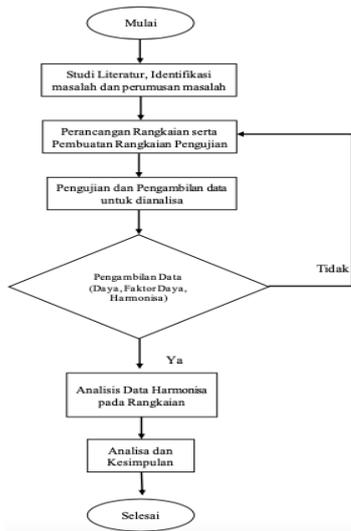
Pada penelitian ini menggunakan kWh meter semi digital yang untuk perhitungan energi terpakai pada kWh tertulis bahwa untuk setiap 3200 imp maka energi terpakai sebesar 1 kWh, dapat dirumuskan dengan persamaan (9).

$$E = \frac{N}{3200 \text{ imp}} (kWh) \quad (9)$$

Dengan E adalah energi (kWh) dan N adalah jumlah kedipan lampu. Perhitungan energi bila menggunakan kWh meter analog dilakukan dengan persamaan (10).

$$E = P \cdot t = \frac{N}{C} (kWh) \quad (10)$$

P merupakan daya (watt), N adalah putaran piringan dan C adalah konstanta kWh meter (putaran/kWh). Adapun jalannya penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Rangkaian Pengujian

Peralatan yang telah dirakit diuji melalui beberapa sistem pengujian. Rangkaian keseluruhan sistem pengujian sebelum dan sesudah diaktifkan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian sistem pengujian sebelum dan sesudah diaktifkan

Gambar 5 merupakan rangkaian sistem pengujian sebelum dan sesudah diaktifkan. Pada pengujian dengan variasi lampu pijar dan motor induksi 1 fasa, *digital power meter* berfungsi sebagai pembaca nilai dari tegangan, arus, daya, faktor daya serta harmonisa.

Pengukuran dilakukan selama 10 menit untuk setiap variasi pengujian lampu dan motor, serta untuk pengujian kombinasi lampu dan motor. Pengujian dilakukan selama 10 menit untuk setiap pengujian dikarenakan efek panas berlebih pada lampu pijar dan

motor 1 fasa saat pengujian dilakukan untuk waktu yang lebih lama.

##### B. Hasil Pengujian

Penelitian ini dilakukan dengan 3 variasi pengujian, yakni pengujian dengan beban lampu pijar, pengujian dengan beban motor induksi 1 fasa dan pengujian dengan beban gabungan antara lampu pijar dan motor induksi satu fasa. Untuk pengujian lampu pijar, 10 lampu pijar disusun secara paralel dan kemudian untuk pengujian dengan beban motor induksi 1 fasa disusun secara seri serta untuk pengujian dengan beban gabungan lampu pijar dan motor induksi disusun secara paralel.

Pengujian pertama dengan beban lampu pijar, digunakan lampu pijar sebanyak 10 buah dengan masing-masing lampu pijar memiliki daya 100Watt. Pada pengujian ini, 10 lampu pijar dihidupkan secara bersamaan dan pada saat pengambilan data tegangan, arus, daya, persentase THD-V dan persentase THD-I dilakukan setiap 10 detik dalam rentang waktu 10 menit pengujian. Pada pengujian dengan beban lampu pijar, terdapat persentase harmonisa arus dan tegangan yang tidak lebih dari 5 %. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan 10 lampu pijar secara paralel ke keluaran dari kWh meter analog dan kWh meter semi digital sebagai sumber utamanya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

TABEL 3.  
HASIL PENGUJIAN

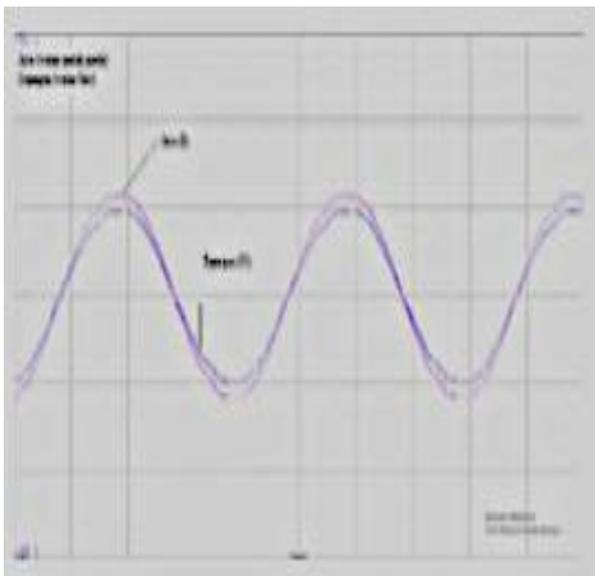
Beban Terhubung	Faktor Daya	THD-V (%)	THD-I (%)	kWh Meter Semi Digital (kWh)
Motor Induksi 1 Fasa	0.36	3.456	16.635	0.03
Motor +2 Lampu Pijar	0.563	3.089	13.881	0.06
Motor +4 Lampu Pijar	0.728	2.774	12.658	0.09
Motor +6 Lampu Pijar	0.828	3.024	10.635	0.12
Motor +8 Lampu Pijar	0.88	3.169	8.4	0.148
10 Lampu Pijar	0.994	3.79	3.5	0.149
Motor +10 Lampu Pijar	0.916	3.239	5.824	0.174

Tabel 3 di atas merupakan data hasil pengujian variasi lampu pijar dan motor induksi 1 fasa. Dapat dilihat konsumsi energi listrik tertinggi terjadi saat pengujian 10 lampu pijar dan motor induksi dijalankan secara bersamaan yaitu sebesar 0,174 kWh pada kWh

meter semi analog dan 0,173 kWh pada kWh meter analog. Saat pengujian dengan beban 10 lampu pijar, diperoleh daya 885 Watt dan faktor daya sebesar 0,99 serta diperoleh nilai konsumsi energi sebesar 0,149 kWh.

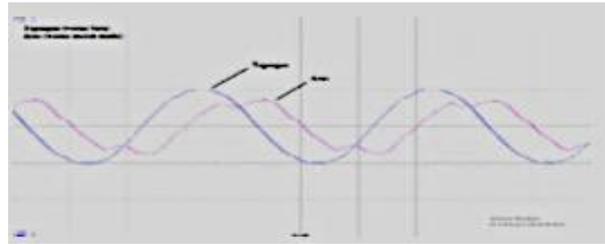
Pada saat pengujian motor induksi 1 fasa, diperoleh daya 180 Watt dan faktor daya 0,31 serta didapatkan nilai konsumsi energi sebesar 0,03 kWh, pada pengujian motor induksi dan 2 lampu pijar dengan daya 363 Watt dan faktor daya 0,56 didapatkan nilai konsumsi energi sebesar 0,06 kWh. Pada pengujian dengan beban 8 lampu pijar dan motor induksi diperoleh daya 883 Watt dengan faktor daya 0,87, didapatkan nilai konsumsi energi listrik sebesar 0,148 kWh. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka dapat dikatakan bahwa variasi pengujian mempengaruhi nilai arus, daya dan faktor daya serta konsumsi energi pada masing-masing pengujian.

Pada pengujian pertama diperoleh grafik gelombang keluaran terdistorsi yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 6.



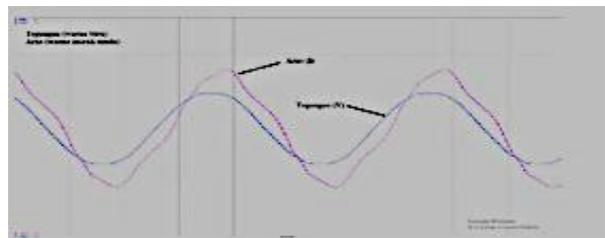
Gambar 6. Gelombang keluaran terdistorsi pengujian 10 lampu pijar

Pengujian kedua dengan beban motor induksi 1 fasa, digunakan 1 buah motor induksi sebagai beban berjalan dengan daya 187 Watt. Pada pengujian ini, motor dirangkai secara seri karena beban yang dipakai hanya 1 buah dan untuk pengambilan data ini juga dilakukan setiap 10 detik untuk rentang waktu 10 menit. Pada saat pengujian, nilai persentase harmonisa arus terlihat besar mendekati 20 % dan untuk harmonisa tegangan tidak lebih dari 5 %. Inilah alasan penggunaan motor induksi saat pengujian, untuk melihat seberapa besar pengaruh harmonisa saat harmonisa meningkat. Grafik hasil pengujian dengan menggunakan motor induksi 1 fasa ditunjukkan pada Gambar 7.



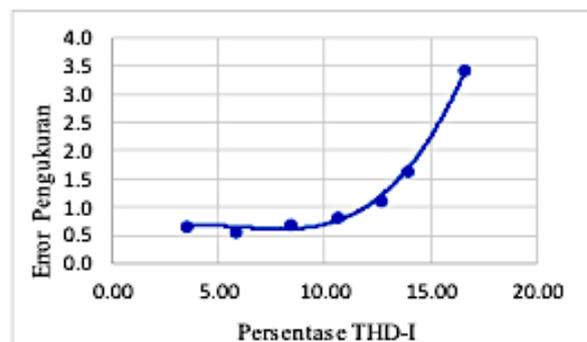
Gambar 7. Gelombang keluaran terdistorsi pengujian motor induksi 1 fasa

Pengujian ketiga dengan beban kombinasi lampu pijar dan motor induksi 1 fasa, dibuat 5 variasi pengujian yakni 2,4,6,8 dan 10 lampu pijar + motor untuk setiap pengujiannya. pada pengujian ketiga juga dilakukan pengambilan data setiap 10 detik dalam rentang waktu 10 menit. Untuk rangkaian pengujian disusun secara paralel agar tegangan pada setiap lampu dan motor sama. Pada pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai persentase harmonisa arus yang tidak lebih dari 20 % bahkan untuk nilainya menurun jika dibandingkan dengan pengujian motor induksi saja. Grafik gelombang keluaran terdistorsi pada pengujian 10 lampu pijar ditambah motor induksi 1 fasa dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



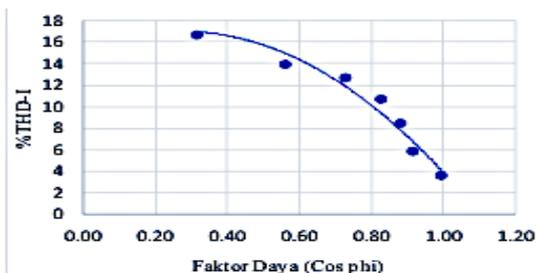
Gambar 8. Gelombang keluaran terdistorsi pengujian 10 lampu pijar + motor induksi 1 fasa

Setelah didapatkan nilai hasil pengujian, maka selanjutnya dapat dibuat grafik pengaruh persentase THD-I terhadap *error* pengukuran dengan menggunakan data pada Tabel 3. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik pengaruh persentase THD-I terhadap error pembacaan kWh Meter

Gambar 9 menunjukkan grafik pengaruh persentase THD-I terhadap error pembacaan kWh meter. Saat persentase tidak terlalu tinggi, grafik masih cukup linier, tetapi pada saat persentase THD-I tinggi grafik bertambah secara kuadratis. Dapat dilihat bahwa nilai persentase error pengukuran semakin meningkat seiring naiknya nilai persentase THD-I pada saat pengukuran, misalnya saat pengujian dengan persentase THD-I sebesar 3.5 % menghasilkan error sebesar 0.675 %, kemudian pada saat nilai persentase THD-I sebesar 8.4 % menghasilkan error pengukuran sebesar 0.68 %, lalu pada saat nilai persentase THD-I bernilai 10.64 % menghasilkan error pengukuran sebesar 0.84 %, dan terakhir pada saat nilai persentase THD-I bernilai 16.64 % didapatkan error hasil pengukuran sebesar 3.448 %. Grafik pengaruh persentase THD-I terhadap faktor daya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengaruh persentase THD-I terhadap faktor daya

Gambar 10 menunjukkan grafik pengaruh persentase THD-I terhadap faktor daya. Dapat dilihat bahwa nilai persentase THD-I berpengaruh terhadap nilai faktor daya seperti pada saat nilai persentase THD-I sebesar 16.64 % didapatkan nilai faktor daya 0.316. Kemudian pada saat persentase THD-I sebesar 13.88 % didapatkan nilai faktor daya sebesar 0.563, saat persentase THD-I sebesar 12,66 % didapatkan nilai faktor daya sebesar 0.728, lalu pada saat persentase THD-I bernilai 8.4 % didapatkan nilai faktor daya sebesar 0,88, dan pada saat pengujian dengan persentase THD-I bernilai 3.5 % didapatkan nilai faktor daya sebesar 0.99. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa persentase THD-I berpengaruh pada nilai faktor daya, yakni semakin besar nilai persentase THD-I maka nilai faktor daya akan semakin buruk dan juga sebaliknya, ketika persentase THD-I kecil, maka nilai faktor daya akan membaik.

### C. Hasil Perhitungan

Perhitungan konsumsi energi listrik bertujuan untuk membandingkan nilai konsumsi energi saat pengujian

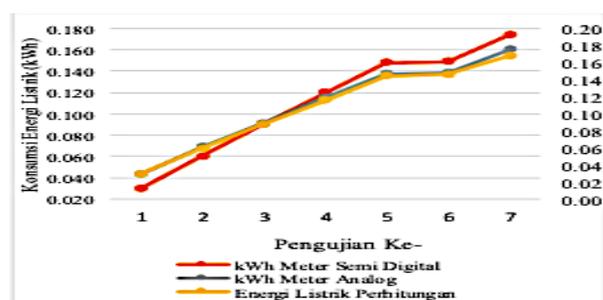
dengan nilai perhitungan. Hasil perhitungan konsumsi energi listrik selama 10 menit dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4  
DATA HASIL PERHITUNGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK 10 MENIT

Beban	Energi Listrik Perhitungan (kWh)	Beda Relatif (%)	
		kWh Meter Semi Digital	kWh Meter Semi Digital dengan Hasil Perhitungan
Motor Induksi 1 Fasa	0.0298	3.45	0.67
Motor +2 Lampu Pijar	0.059	1.64	1.69
Motor +4 Lampu Pijar	0.0879	1.12	2.38
Motor +6 Lampu Pijar	0.116	1.69	3.44
Motor +8 Lampu Pijar	0.144	0.68	2.7
10 Lampu Pijar	0.146	0.67	2.05
Motor +10 Lampu Pijar	0.168	0.5	3.57

Tabel 4 menunjukkan data hasil perhitungan konsumsi energi listrik, hasil pengukuran energi listrik menggunakan kWh meter semidigital, pengukuran energi listrik menggunakan kWh meter analog serta persentase beda relatif antara nilai hasil pengukuran kWh meter semi digital terhadap kWh meter analog dan antara hasil pengukuran kWh meter semi digital dengan konsumsi energi listrik hasil perhitungan. Dapat dilihat bahwa nilai hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran, baik pada kWh meter semi digital maupun kWh meter analog.

Berdasarkan data pada Tabel 4 dapat dibuat grafik perbandingan antara nilai hasil pengukuran kWh meter semi digital, hasil pengukuran kWh meter analog serta nilai hasil perhitungan konsumsi energi listrik. Grafik perbandingan antara hasil pengujian dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan hasil pengukuran dan pengujian konsumsi energi listrik

Gambar 11 menunjukkan grafik perbandingan nilai hasil pengukuran kWh meter semi digital, kWh meter analog dan nilai hasil perhitungan energi listrik. Terlihat selisih nilai hasil perhitungan tertinggi dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran kWh meter saat pengujian motor induksi + 10 lampu pijar yakni sebesar 0.168 kWh untuk perhitungan, 0.174 kWh untuk kWh meter semi digital dan 0.175 kWh meter analog atau sebesar 3.57 %. Untuk nilai selisih terkecil antara perhitungan dan pengukuran terjadi saat beban motor induksi 1 fasa dijalankan yakni 0.03 kWh untuk pengukuran kWh meter semi digital, 0.029 kWh untuk pengukuran kWh meter analog serta sebesar 0.0298 untuk hasil perhitungan atau sebesar 0.67 %. Berdasarkan hasil perbandingan antara pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa terdapat error pengujian yang berbanding lurus terhadap hasil perhitungan.

Perbedaan data hasil pengujian dan variasi hasil pengujian serta hasil perhitungan mengindikasikan bahwa terdapat *error* pada proses pengukuran yang dilakukan oleh kWh meter semi digital maupun kWh meter analog. Berdasarkan hasil analisis sebelumnya dipastikan bahwa terdapat pengaruh besarnya persentase harmonisa terhadap kesalahan/*error* pengukuran pada kWh meter semi digital maupun kWh meter analog. Kesalahan/*error* antara pengujian dan perhitungan juga mengidentifikasi bahwa terdapat kesalahan pengukuran pada kWh meter tersebut atau dapat disebut juga kWh meter menjadi tidak akurat ketika gelombang terdistorsi oleh harmonisa.

## 5. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada pengujian pertama persentase harmonisa arus dan tegangan tidak lebih dari 5%, pada pengujian kedua nilai harmonisa arus mendekati 20% dan harmonisa tegangan tidak lebih dari 5%. Pada pengujian ketiga nilai harmonisa arus tidak lebih dari 20%.
2. Efek harmonisa terhadap pembacaan kWh meter adalah semakin besar persentase THD yang dihasilkan, maka semakin besar pula kesalahan pengukuran. Semakin kecil persentase THD yang dihasilkan, maka semakin kecil pula kesalahan pengukuran oleh kWh meter semi analog. Pada pengujian beban motor induksi 1 fasa didapatkan nilai persentase THD-I sebesar 16.635% dengan nilai *error* sebesar 3.448 %. Saat nilai persentase THD-I sebesar 3.5 % didapatkan nilai *error* sebesar 0.67 %.

Berdasarkan simpulan di atas maka diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya digunakan lebih banyak variasi pengujian beban, dikarenakan ketika digunakan lebih banyak variasi pengujian maka akan dapat terlihat jelas efek pengaruh harmonisa.
2. Gunakan kWh meter jenis digital dan merek lain.

## 6. REFERENSI

- [1] Juhana, "Analisa Pengaruh Beban Linier Dan Beban Non Linier Terhadap Fungsi Kerja Miniature Circuit Breaker," *J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 1, no. 1, pp. 13–22, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.32493/epic.v1i1.1033>.
- [2] S. B. Mulia, "Simulasi Gangguan Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Pabrik Peleburan Baja," *Elektra*, vol. 2, no. 2, pp. 74–82, 2017, [Online]. Available: <https://pei.e-journal.id/jea/article/download/36/31>.
- [3] S. S. Aksan and S. Bone, "Identifikasi Kualitas Daya Beban Listrik Rumah Tangga," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2019, pp. 133–139, [Online]. Available: <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/download/1790/1634>.
- [4] R. Irwanto and J. Hidayat, "Analisa Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa," *J. Online Persegi Bulat*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [5] E. Dermawan and R. L. Rahman, "Analisis Pengaruh Distorsi Harmonisa Terhadap Deviasi Pengukuran Energi Listrik Pada KWH Meter," *Elektrum*, vol. 15, no. 2, pp. 7–16, 2018.
- [6] A. Yani, "Pengaruh Harmonisa Terhadap Kesalahan Pengukuran Energi Listrik Pada KWH Meter Analog/Digital," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 99–105, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/download/1092/848>.
- [7] E. Dermawan and R. L. Rahman, "Analisis Pengaruh Distorsi Harmonisa Terhadap Deviasi Pengukuran Energi Listrik Pada KWH Meter," *J. Elektrum*, vol. 15, no. 2, pp. 7–16, 2018.
- [8] S. Darma, Yusmartato, and Akhiruddin, "Studi Sistem Peneraan KWH Meter," *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 158–165, 2019.
- [9] B. Sudibya and M. Irawaty, "Analysis Of The Effect Of Linear And Non Linear Loads On The Effectiveness Oh Single Phase Transformers," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kerdigantaraan*, 2018, pp. 555–560, [Online]. Available: <https://senatik.itda.ac.id/index.php/senatik/article/download/226/pdf>.
- [10] F. C. De La Rosa, *Harmonics and Power Systems*, 1st Editio. Boca Raton, London: CRC Press, 2006.
- [11] I. P. A. A. Widianara, I. W. Rinas, and A. I. Wekin, "Analisis Pengaruh Pengoperasian Beban-beban Non-Linier Terhadap Distorsi Harmonisa Pada Blue Point Bay Villa & Spa," *Spektrum*, vol. 3, no. 1, pp. 54–59, 2016.
- [12] R. C. Dugan, M. F. Mcgranaghan, H. W. Beaty, and S. Santoso, *Electrical Power System Quality*, 3rd editio. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [13] J. F. Abidin, "Analisis Unjuk Kerja Harmonik di

- Instalasi Listrik Industri dan Upaya Penanggulangannya,” *Teknol. Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 176–189, 2015, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/publications/143493-ID-none.pdf>.
- [14] H. Sugiarto, “Mereduksi Harmonisa Arus dan Rugi Daya Akibat Beban Non Linier dengan Memanage Penggunaan Beban Listrik Rumah Tangga,” *Elkha7*, vol. 7, no. 1, pp. 34–41, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/downloadSuppFile/12023/805>.
- [15] A. Wahid, Junaidi, and I. Arsyad, “Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura,” *Tek. Elektro Untan*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [16] I. Permatasari, Y. Away, and Zulhelmi, “Desain Sistem Verifikasi Pemakaian Listrik pada kWh-Meter Analog secara Visual Berbasis ATmega328P,” *Kitekro*, vol. 4, no. 3, pp. 1–5, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/kitekro/article/download/13572/11777>.
- [17] A. Bintoro, “Pemodelan Sistem Variasi Pengaman Tegangan Jumlah Putaran kWh Meter,” *Elektro dan Telekomunikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 35–41, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/elektrotelkomunikasi/article/view/1962>.

## 7. PERNYATAAN KEASLIAN

### Pernyataan

1. Saya menyatakan bahwa makalah saya yang berjudul Pengaruh *Total Harmonic Distortion* (THD) Terhadap Pembacaan kWh Meter Semi Digital adalah asli dan tidak pernah dipublikasikan di tempat lain.
2. Dengan publikasi, saya kirimkan hak cipta kepada Jurnal Amplifier. Transfer hak cipta termasuk di dalamnya hak untuk mereproduksi fotografi untuk artikel sejenis dan terjemahannya. Hal ini juga termasuk dalam hak untuk memasukkan artikel dalam sistem komputer untuk disebarluaskan dalam jaringan internet dsb.

Bengkulu, 24 April 2022

Penulis,



Alex Surapati