

ANALISIS PERSENTASE KESALAHAN SISTEM PENERAPAN KWH METER

Ahmad Yani¹, Ariq Muntasir Adha², Fajar Dwi Wiliyanto³

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Harapan Medan,
Medan, Sumatera Utara, Indonesia

ABSTRAK

Kemajuan zaman membuat orang semakin dimudahkan dalam melakukan sesuatu meskipun untuk hal tersebut teknologi yang digunakan akan mengganggu sistem yang lainnya seperti beban-beban nonlinier yang terbuat dari bahan semikonduktor. Peralatan listrik berbasis elektronik yang banyak terhubung pada sistem tenaga listrik telah menyebabkan arus jala-jala sistem menjadi terkontaminasi atau terdistorsi oleh efek gelombang baru yang ditimbulkan oleh peralatan yang berbasis elektronik tersebut, sehingga arus jala-jala sistem banyak mengandung harmonisa. 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, maka dampak buruk yang ditimbulkan akan semakin besar dan berpengaruh buruk terhadap kinerja peralatan kelistrikan. Kwh meter termasuk salah satu peralatan listrik yang tidak terlepas dari pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh adanya harmonisa. KWH digunakan untuk mengukur dan menghitung daya yang terpakai dengan input berupa arus dan tegangan dengan bentuk sinusoidal murni, sehingga dengan masuknya bentuk gelombang yang ideal (sinusoidal murni) akan meningkatkan akurasi hasil pengukuran yang bagus.

Kata Kunci: Sistem, Pengukuran, Harmonisa, KWH.

PENDAHULUAN

Kemajuan zaman membuat orang semakin dimudahkan dalam melakukan sesuatu meskipun untuk hal tersebut teknologi yang digunakan akan mengganggu sistem yang lainnya. Tingginya tingkat kandungan arus harmonisa yang terdapat pada sistem tenaga listrik dapat menimbulkan masalah pada segi kualitas daya akhirnya kerugian dan kerusakan pada peralatan listrik, Perlu diketahui Harmonisa adalah cacat gelombang yang disebabkan oleh interaksi antara gelombang sinusoidal sistem dengan komponen gelombang lain yang mempunyai frekuensi kelipatan integer dari komponen fundamentalnya (Joslen Sinaga, dkk. 2020).

Harmonisa ini sangat penting dipelajari dan dikaji karena jika tidak di tangani, maka dampak buruk yang ditimbulkan akan semakin besar dan berpengaruh buruk terhadap kinerja peralatan kelistrikan. Kwh meter tersebut merupakan alat untuk menghitung jumlah kerja listrik (Watt jam) dalam waktu tertentu. Jadi KWH meter dilengkapi dengan satu buah piringan aluminium serta alat hitung yang dapat disebut penghitung mekanis (Erwin Dermawan, dkk.2016) Harmonisa sendiri disebabkan oleh adanya beban nonlinier yang digunakan pada system tenaga listrik, contohnya seperti convertor, inverter, serta berbagai peralatan yang berhubungan dengan proses pensaklaran. (Dewa Gede Bayu dkk. 2017).

Selain alat ukur KWH meter yang menggunakan roda-roda angka yang berputar ada jenis lain alat ukur KWH meter, yaitu yang penunjukannya yang menggunakan jarum. Alat ukur tersebut berdasarkan asas induksi dan alat hitung, dimana roda-roda yang berputar diganti dengan jarum penunjuk. Alat ukur KWH meter dengan jarum penunjuk ini mempunyai plat jam yang terdiri dari 10 angka, mulai dari angka 0 sampai dengan angka 9. Untuk dapat menunjukkan suatu bilangan juga diperlukan beberapa golongan angka, dengan demikian diperlukan juga beberapa plat jam dan beberapa roda putar yang menggerakkan

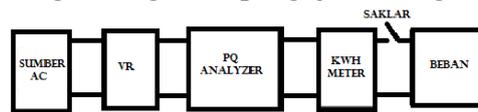
jarum penunjukannya. Golongan angka tersebut juga terdiri dari golongan angka satuan, puluhan, ratusan, ribuan dan seterusnya. (Surya Darma, dkk, 2019).

2. LANDASAN TEORI.

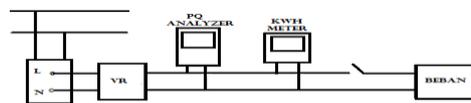
Pembahasan pada penelitian yang digunakan percobaan untuk mengetahui dampak harmonisa terhadap kesalahan pengukuran kWh meter yaitu dengan cara menciptakan harmonisa pada rangkaian pengujian. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa harmonisa pada umumnya ditimbulkan oleh beban-beban non linier. Dalam kegiatan pengujian ini beban non linier yang digunakan yaitu lampu hemat energi yang mempunyai rangkaian elektronika (*bahan solid state*) di dalamnya.

2.1 Rangkaian Penelitian

Untuk mengetahui dampak harmonisa terhadap kinerja kWh meter maka dilakukan pengujian di Laboratorium dengan rangkaian pengujian sebagai berikut:



Gambar 1. Skema Rangkaian Penelitian



Gambar 2. Skema Rangkaian Penelitian

Beban yang dipasang pada rangkaian pengujian merupakan konfigurasi dari beberapa lampu pijar (LP) dan/atau lampu hemat energi (LHE) yang disusun secara paralel seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 3. Rangkaian Paralel Beban (Lampu)

Berdasarkan rangkaian penelitian (gambar 3.2) di atas maka dapat dilihat karakteristik dari dampak harmonisa terhadap kinerja kWh meter baik itu kWh meter analog maupun digital. KWh meter dipasang pada rangkaian untuk melihat besarnya perubahan pembacaan oleh alat tersebut pada saat sebelum diberi harmonisa maupun setelah diberi harmonisa, sedangkan Power Quality Analyzer digunakan untuk mendeteksi adanya harmonik pada sistem serta memberikan informasi berupa data-data lainnya yang diperlukan untuk bahan analisis. Selain itu, PQ Analyzer juga berfungsi sebagai alat pembanding dari pengukuran yang dilakukan oleh kWh meter.

2.2 Spesifikasi Peralatan

KWh meter merupakan komponen utama yang akan diuji dan dianalisis bagaimana kerjanya apabila terdapat harmonisa pada alat tersebut. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa kWh meter baik yang analog maupun digital merupakan alat transaksi tenaga listrik yang sudah banyak di gunakan di kalangan masyarakat maupun industri. Oleh karena itu, kWh meter sangat berperan penting dalam proses pengukuran konsumsi energi.

Power Quality Analyzer merupakan peralatan yang digunakan untuk mengetahui dan mengukur besarnya harmonik pada suatu sistem. Selain itu, alat ini juga digunakan untuk mengetahui besaran-besaran lainnya yang dibutuhkan untuk kebutuhan penelitian. Penelitian kali ini menggunakan Power Quality Analyzer.

Voltage regulator merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengatur besarnya tegangan yang masuk ke dalam rangkaian pengujian. Alat ini harus terlebih dahulu dipastikan tidak menimbulkan harmonik yang signifikan atau bahkan diharapkan tidak menimbulkan harmonik sama sekali pada rangkaian pengujian. Pemasangan voltage regulator dilakukan agar besarnya tegangan yang digunakan dalam pengukuran konstan atau paling tidak range tegangan berada pada nilai yang tidak terlalu signifikan dari angka 220 Volt.

Beban yang digunakan pada pengujian ini ialah beban berupa kombinasi antara lampu pijar (LP) dan lampu hemat energi (LHE) yang masing-masing mempunyai besaran tertera 100 Watt dan 20 Watt. Untuk mempermudah dalam menganalisis dampak harmonisa terhadap pembacaan kWh meter, maka berikut ini tabel rancangan beban yang digunakan pada percobaan:

Tabel 1. Rancangan Beban Pada Percobaan KWh Meter Analog & Digital

Percobaan ke-	Jumlah Beban (200Watt)	
	LP (100 Watt)	LHE (20 Watt)
1	2	–
2	1	5
3	–	10

HASIL ANALISIS

3.1. Pengujian kWh meter Analog dan Digital

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dalam rangka mendapatkan karakteristik pengaruh harmonisa terhadap kinerja kWh meter, baik itu jenis analog maupun digital, maka diperoleh data hasil pengujian berupa perbedaan hasil pengukuran energi (dalam satuan kWh) antara percobaan yang satu dengan yang lainnya meskipun pada dasarnya beban yang digunakan mempunyai besaran yang sama serta perlakuan yang sama pula. Kegiatan memvariasikan beban bertujuan untuk menciptakan besarnya %THD yang berbeda-beda sehingga dapat dilihat hubungan antara kecenderungan kenaikannilai %THD yang diciptakan terhadap kinerja kWh meter yang hendak diamati.

Setiap pengujian pada masing-masing kWh meter dilakukan sebanyak 3 kali sesuai dengan variasi beban yang telah dibahas pada baban sebelumnya. Dari masing-masing pengujian diperoleh suatu data hasil pengujian yang kemudian dilakukan pengolahan data untuk dianalisis dan diambil suatu kesimpulan hasil pengujian tersebut.

3.2. Analisis Tegangan

Tegangan merupakan salah satu parameter penting dalam pengujian ini. Hal ini dikarenakan tegangan merupakan komponen yang termasuk dalam perhitungan energi yang dilakukan oleh kWh meter. Pada pengujian yang dilakukan baik itu pada kWh meter analog maupun kWh meter digital sebagai berikut:

Tabel 2. Tegangan pada kWh Analog

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	221.7 Volt	220.3 Volt	220.7 Volt
1	220.1 Volt	219.2 Volt	219.8 Volt

2	221.4 Volt	220.6 Volt	220.9 Volt
3	220 Volt	219.3 Volt	219.5 Volt
4	220.7 Volt	219.4 Volt	219.8 Volt
5	223.2 Volt	222.2 Volt	222.5 Volt
6	225.7 Volt	224.3 Volt	224.2 Volt

Pada pengujian yang dilakukan terhadap kWh meter analog, tegangan tertinggi mencapai nilai 225.9 volt (pada variasi beban 1LP + 5LHE) sedangkan tegangan terendah adalah sebesar 219.2 Volt (pada variasi beban 1LP + 5LHE).Dengan demikian range tegangan yang digunakan pada pengujian kWh meter analog ialah (220 ± 4) Volt. Sedangkan terhadap pengujian yang dilakukan kWh meter digital, tegangan tertinggi mencapai nilai 224.1 volt (pada variasi beban 1LP + 5LHE) sedangkan tegangan terendah adalah sebesar 217.5 Volt (pada variasi beban 2 LP).Dengan demikian range tegangan yang digunakan pada pengujian kWh meter digital ialah (220 ± 3) Volt.

3.3. Analisis Arus

Pada penelitian ini, arus juga merupakan salah satu parameter terpenting yang harus dianalisis karena besar-kecilnya arus akan berpengaruh terhadap pengukuran energi oleh kWh meter. Berikut ini arus terhadap waktu baik itu pengujian pada kWh meter analog maupun digital:

Tabel 3. Arus pada kWh Analog

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	1.20 Ampere	0.95 Ampere	0.92 Ampere
1	1.22 Ampere	0.96 Ampere	0.91 Ampere
2	1.23 Ampere	1.01 Ampere	0.91 Ampere
3	1.24 Ampere	0.98 Ampere	0.92 Ampere
4	1.24 Ampere	0.99 Ampere	0.92 Ampere
5	1.25 Ampere	0.98 Ampere	0.92 Ampere
6	1.28 Ampere	1.02 Ampere	0.92 Ampere

Tabel 4. Arus pada kWh Digital

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	1.34 Ampere	1.04 Ampere	0.90 Ampere
1	1.20 Ampere	0.96 Ampere	0.91 Ampere
2	1.33 Ampere	1.03 Ampere	0.90 Ampere
3	1.20 Ampere	0.96 Ampere	0.91 Ampere
4	1.21 Ampere	0.96 Ampere	0.91 Ampere
5	1.35 Ampere	1.02 Ampere	0.91 Ampere
6	1.27 Ampere	0.99 Ampere	0.92 Ampere

Pada kedua grafik arus tersebut di atas dapat dilihat bahwa dengan ada penambahan beban berupa LHE maka nilai arus akan cenderung menurun. Hal ini dikarenakan rating

arus yang digunakan untuk jenis beban LHE lebih kecil dibandingkan dengan rating arus yang digunakan pada jenis beban LP.

Namun di samping itu semua, dalam proses pengukuran energi oleh kWh meter, arus juga dipengaruhi oleh besarnya %THD yang sangat signifikan pada pemakaian beban-beban non linier sehingga pada penelitian pengukuran energi kali ini besarnya nilai energi (kWh) menjadi lebih kecil dibandingkan dengan angka hasil perhitungan. Berdasarkan hukum Kirchoff bahwa: $I_{in} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$, tapi kenyataan setelah dilakukan percobaan bahwa besarnya arus yang masuk tidak sama dengan besarnya penjumlahan arus yang terukur pada masing-masing beban ($I_{in} \neq I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$). Hal ini tentu saja diperkirakan akibat adanya pengaruh harmonisa yang direpresentasikan dengan semakin besarnya nilai %THD. Dilihat dari pengujian diukur 1 sebuah lampu pijar mempunyai arus yang terukur sebesar 0,45 Ampere dan 1 sebuah lampu hemat energi mempunyai arus yang terukur sebesar 0,090 Ampere. Berdasarkan perhitungan pada percobaan 1 LP + 5 LHE maka $I_{in} = 1 (0,45 A) + 5 (0,090 A) = 0,9$ Ampere, tapi pada tabel 4.3 dan 4.4 nilai arus bernilai 0,95; 96; 98; 99; 1,01; 1,02; 1,04 yang berarti bahwa terdapat perbedaan nilai arus dan kesalahan ini dipengaruhi oleh adanya harmonisa.

3.4. Analisis Faktor Daya

Karena dalam pengujian diukur nilai daya aktif maka faktor daya menjadi penting dalam proses analisis data. Berikut ini faktor daya hasil pengujian baik itu pada pengujian kWh meter analog maupun digital:

Tabel 5. Faktor Daya pada kWh Analog

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	0.999 Cosphi	0.863 Cosphi	0.642 Cosphi
1	0.999 Cosphi	0.864 Cosphi	0.644 Cosphi
2	0.999 Cosphi	0.864 Cosphi	0.646 Cosphi
3	0.999 Cosphi	0.866 Cosphi	0.647 Cosphi
4	0.999 Cosphi	0.865 Cosphi	0.648 Cosphi
5	0.999 Cosphi	0.868 Cosphi	0.650 Cosphi
6	0.999 Cosphi	0.869 Cosphi	0.652 Cosphi

Tabel 6. Faktor Daya pada kWh Digital

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	0.999 Cosphi	0.860 Cosphi	0.644 Cosphi
1	0.999 Cosphi	0.867 Cosphi	0.631 Cosphi
2	0.999 Cosphi	0.861 Cosphi	0.637 Cosphi
3	0.999 Cosphi	0.867 Cosphi	0.638 Cosphi
4	0.999 Cosphi	0.869 Cosphi	0.632 Cosphi
5	0.999 Cosphi	0.864 Cosphi	0.646 Cosphi
6	0.999 Cosphi	0.877 Cosphi	0.656 Cosphi

Pada kedua grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak penggunaan beban non linier (LHE) maka nilai faktor daya akan semakin menurun. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa semakin banyak LHE yang digunakan maka diperoleh VAR (daya reaktif) yang

semakin negatif, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa LHE termasuk ke dalam jenis beban kapasitif.

Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa pada variasi beban 1 LP lebih kecil dari pada variasi bebab 10 LHE, sehingga faktor daya pada variasi beban 1LP mempunyai nilai yang lebih besar. Dalam hal ini dampaknya terhadap pengukuran oleh kWh meter ialah semakin induktif atau semakin kapasitif beban, maka nilai faktor daya akan menurun dan pengukuran daya aktif oleh kWh meter akan semakin berkurang karena bertambahnya nilai daya reaktif.

3.5. Analisis Daya Aktif (Watt)

Berikut ini ialah data hasil pengukuran daya aktif pada masing-masing percobaan:

Tabel 7. Daya Aktif pada kWh Analog

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	0.200 Watt	0.191 Watt	0.175 Watt
1	0.195 Watt	0.182 Watt	0.166 Watt
2	0.193 Watt	0.186 Watt	0.185 Watt
3	0.197 Watt	0.180 Watt	0.163 Watt
4	0.202 Watt	0.181 Watt	0.165 Watt
5	0.200 Watt	0.190 Watt	0.182 Watt
6	0.198 Watt	0.189 Watt	0.178 Watt

Tabel 8. Daya Aktif pada kWh Digital

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	0.206 Watt	0.197 Watt	0.188 Watt
1	0.205 Watt	0.184 Watt	0.168 Watt
2	0.197 Watt	0.190 Watt	0.186 Watt
3	0.200 Watt	0.182 Watt	0.166 Watt
4	0.203 Watt	0.184 Watt	0.168 Watt
5	0.202 Watt	0.193 Watt	0.187 Watt
6	0.200 Watt	0.191 Watt	0.182 Watt

Daya aktif merupakan daya yang diukur oleh kWh meter dan merupakan daya yang diperjualbelikan antara produsen dan konsumen pada umumnya. Dari kedua grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak penggunaan LHE maka daya aktif yang terukur akan semakin kecil. Menurut hasil analisis percobaan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Sifat LHE yang memang mempunyai sifat “hemat energi” sehingga penggunaan daya aktif oleh beban jenis ini lebih rendah.
2. Sifat LHE yang kapasitif sehingga menyebabkan arus yang digunakan lebih kecil dan hal ini yang menyebabkan hemat energi.
3. Nilai cos phi yang semakin kecil. pada percobaan ini, karena tidak adanya beban induktif yang digunakan maka semakin banyak beban kapasitif (LHE) yang digunakan maka akan semakin memperkecil nilai cos phi.
4. Adanya distorsi harmonik. Selain ketiga hal di atas, harmonik juga merupakan hal yang menyebabkan mengapa pengukuran daya aktif semakin berkurang pada kWh meter. Hal ini dapat dilihat pada bahwa nilai total distorsi harmonik (terutama THD-

arus) yang mencapai lebih dari 68% yang tentu saja akan berpengaruh secara signifikan pada pengukuran oleh kWh meter.

Berikut ini merupakan hasil data percobaan yang menunjukkan hubungan antara daya reaktif terhadap waktu:

Tabel 4.9 Daya Reaktif pada kWh Analog

Waktu (jam)	2 LP	1 LP + 5 LHE	10 LHE
0	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.110 Volt Ampere Reaktif	0.220 Volt Ampere Reaktif
1	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.111 Volt Ampere Reaktif	0.219 Volt Ampere Reaktif
2	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.109 Volt Ampere Reaktif	0.218 Volt Ampere Reaktif
3	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.110 Volt Ampere Reaktif	0.221 Volt Ampere Reaktif
4	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.109 Volt Ampere Reaktif	0.218 Volt Ampere Reaktif
5	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.108 Volt Ampere Reaktif	0.215 Volt Ampere Reaktif
6	0.009 Volt Ampere Reaktif	0.110 Volt Ampere Reaktif	0.220 Volt Ampere Reaktif

KESIMPULAN

1. Kinerja kWh meter dipengaruhi oleh bentuk gelombang masukan baik itu gelombang arus dan gelombang tegangannya sehingga jika bentuk gelombang mengalami distorsi maka akan terjadi kesalahan dalam proses pengukuran.
2. Berdasarkan hasil pengukuran kesalahan energi listrik oleh kWh meter analog dan digital dipengaruhi oleh komponen harmonik dalam sistem tersebut. Berdasarkan Hasil pengujian pada kWh meter analog dengan nilai yang terendah %THD-i sebesar 2.03% hanya mengakibatkan kesalahan sebesar 0.62%, sedangkan nilai terbesar nilai %THD-i sebesar 68.8% mengakibatkan kesalahan sebesar 32.2% dan pengujian pada kWh meter digital dengan nilai terendah %THD-i sebesar 2.0% hanya mengakibatkan kesalahan sebesar 0.24%, sedangkan nilai terbesar %THD-i sebesar 68.5% mengakibatkan kesalahan sebesar 29.7%. Maka THD arus terdapat data yang melebihi batas ambang THD yang ditentukan oleh IEEE dan IEC yakni sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki komponen beban non linear namun besarnya tidak terlalu besar masih dapat di toleransi. Sedangkan hasil pengukuran energi listrik oleh kWh meter analog dan digital dipengaruhi oleh komponen harmonik pada THD tegangan tidak ada yang melampaui ambang batas THD tegangan yang ditentukan IEEE dan IEC sebesar 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Joslen Sinaga, dkk. (2020). ANALISA PENGARUH HARMONISA PADA PENGOPERASIAN BEBAN LISTRIK. JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA Volume 9, Nomor 2, September 2020 : 88-97
- [2] Erwin Dermawan, dkk.2016 ANALISIS PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP DEVIASI PENGUKURAN ENERGI LISTRIK PADA KWH METER Jurnal Elektum Vol. 15 No. 2 ISSN : 1979-5564
- [3] Dewa Gede Bayu dkk. (2017). Analisis Pengaruh Distorsi Harmonisa Pada Pemasangan Grid TIE Inverter Dengan Menggunakan Simulink MATLAB. Teknologi Elektro, Vol. 16, No.03, September -Desember 2017
- [4] Surya Darma, dkk (2019). STUDI SISTEM PENERAAN KWH METER. Journal of Electrical Technology, Vol. 4, No.3, Oktober 2019.
- [5] S. Aryza, S., Irwanto, M., Khairunizam, W., Lubis, Z., Putri, M., Ramadhan, A., Hulu, F. N., Wibowo, P., Novalianda, S., & Rahim, R. (2018). An effect sensitivity harmonics of rotor induction motors based on fuzzy logic. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(2.13 Special Issue 13), 418–420. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.13.16936>