

## Analisis Akurasi kWh Meter 3 Kawat Dan Empat Kawat Untuk Beban Linier Dan Non Linier

Fadjar Kurniadi\*, Basyid Fery Setiawan\*\*, Mochammad Facta\*\*\*

\*PLN UPDL Pandaan, Jawa Timur

\*\*PLN UP3 Surabaya Selatan, Jawa Timur

\*\*\*Departemen Teknik elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Correspondence Author: [mochfacta@gmail.com](mailto:mochfacta@gmail.com), [fadjar28@gmail.com](mailto:fadjar28@gmail.com), [basith.fs@gmail.com](mailto:basith.fs@gmail.com)

### Abstract

Pada saat ini beban di pelanggan semakin beragam sejalan dengan dengan perkembangan peralatan yang memakai elektronika daya dan penyearah. Akibat hal tersebut, berakibat terjadi beban linier dan non linier pada jaringan instalasi jaringan tenaga listrik dan menimbulkan harmonisa. Alat ukur energi yang terpasang di pelanggan juga bervariasi. Pada pelanggan 3 fasa pengukuran tidak langsung dilakukan dengan pengawatan 4 kawat dan 3 kawat. Analisis unjuk kerja kWh Meter ini untuk melihat seberapa besar akurasi error kWh yang disebabkan oleh kedua jenis beban tersebut pada kedua jenis sistem pengawatan. Hasil analisis tersebut dapat mengetahui dan mengantisipasi potensi kerugian yang timbul akibat error pembacaan kWh meter 3 dari kedua jenis sistem pengawatan.

Keyword: Beban linier, Beban non linier, 3 kawat dan 4 kawat

### 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, variasi beban di pelanggan semakin beragam. Perkembangan peralatan listrik pada pelanggan dengan menggunakan komponen elektronika daya semakin besar penggunaannya. Hal tersebut berdampak terhadap beban linier dan non linier. Dengan semakin tingginya beban non linier tersebut, perlu dilakukan analisis lebih lanjut pengaruh terhadap alat ukur (kWh Meter). Kondisi saat ini sebagai pengukur energi listrik dipergunakan kWh Meter Analog / Elektromagnetik / Elektro mekanik dan Meter Elektronik, untuk pelanggan 1 fasa maupun pelanggan 3 fasa [1-6]. Dengan dilakukan analisis tersebut, dapat diketahui pengaruh dari kedua jenis meter sehingga dapat mengantisipasi potensi kerugian / susut yang timbul yang disebabkan error kesalahan alat ukur kWh [6,7].

### 2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

1. kWh meter 3 Kawat dan 4 kawat
2. Pemilihan beban linier dan non linier
3. Pengukuran Error kWh Meter
4. Evaluasi akurasi kWh meter

#### Beban linier dan non linier

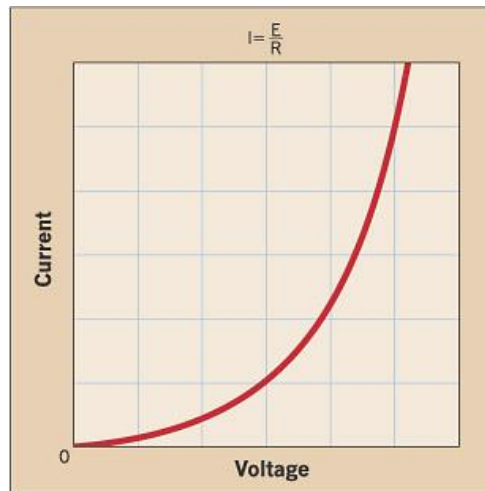
Dengan adanya perkembangan penggunaan elektronika daya saat ini, maka variasi beban pada pelanggan PLN cukup variatif. Jenis / tipe beban pada pelanggan listrik adalah beban linier, non linier dan beban gabungan (hibrid).

Beban linear merupakan suatu beban yang memiliki bentuk gelombang yang sinusoidal murni. Contoh peralatan listrik dengan beban linier adalah lampu pijar [8,9]

Beban non linear merupakan beban yang memiliki bentuk gelombang non sinusoidal murni karena beban tersebut telah terdistorsi. Gelombang sinusoidal yang cacat ini karena harmonisa yang ditimbulkan dari berbagai macam peralatan elektronik, sehingga akumulasi arus dan tegangannya menyebabkan terjadinya bentuk gelombang yang cacat [8,10,11].

Harmonisa adalah gelombang sinusoidal tegangan atau arus yang besar frekuensinya merupakan kelipatan bulat dari frekuensi dasar. Harmonisa memiliki komponen hingga orde tertentu, baik orde ganjil maupun genap [10,11].

Contoh dari beban non linier adalah beban yang memakai komponen – komponen elektronika daya semisal penyearah, pengatur kecepatan, lampu LED dan lampu hemat energi lainnya dan lain lain [10-12].



Gambar 1 Hubungan Arus dan Tegangan pada beban non linier

### kWh meter 3 fasa sistem 3 kawat dan 4 kawat

kWh meter adalah alat ukur pemakaian energi listrik. Jenis dari kWh meter adalah 1 fasa dan 3 fasa dengan pengukuran langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan cara kerjanya, terdapat KWH meter analog dan kWh meter elektronik [11-13].

KWh Meter analog adalah alat ukur energi listrik. yang bekerja berdasar perputaran piringan yang timbul karena resultante dari medan magnet dari kumparan arus dan kumparan tegangan [12,13].

kWh meter elektronik / digital adalah alat ukur energi listrik yang bekerja atas dasar perhitungan energi dari pembacaan parameter listrik (arus, tegangan dan cos phi). Perhitungannya dilakukan oleh microprocessor di meter elektronik[13,14].

#### *kWh meter 3 fasa sistem 3 kawat*

Pada pengawatan kwh meter 3 fasa sistem 3 kawat, dilakukan cukup memakai 2 CT (Current Transformator) saja untuk pengukuran tidak langsung tegangan rendah.

Untuk pengukuran tidak langsung tegangan menengah, dilakukan dengan memakai 2 CT dengan 2 PT (Potensial Transformator) atau 3 PT.

#### *kWh meter 3 fasa sistem 4 kawat*

Pada pengawatan kwh meter 3 fasa sistem 4 kawat, dilakukan dengan memakai 3 CT (Current Transformator) saja untuk pengukuran tidak langsung tegangan rendah.

Untuk pengukuran tidak langsung tegangan menengah, dilakukan dengan memakai 3 CT dan 3 PT

### Pengukuran Error kWh meter

Pengukuran Error kWh Meter dilakukan dengan memperbandingkan energi listrik (kWh) dari perhitungan pemakaian kWh meter yang berasal dari putaran / kedipan lampu led alat ukur diperbandingkan dengan hasil pengukuran [15,16].

Rumus untuk menghitung error kWh adalah sebagai berikut:

$$S = \left[ \frac{P_1}{P_2} - 1 \right] \times 100 \% \quad (1)$$

Di mana :

S : Error kWh

P2 : Daya aktif yang didapat dari pengukuran Watt meter

P1 : Besaran daya yang diperoleh dari perhitungan sesuai dengan rumus berikut ini.

$$P_1 = \frac{n \cdot 3.600.000}{c.t} \text{ (Watt)} \quad (2)$$

Di mana :

$n$  : Jumlah putaran piringan / jumlah kedipan lampu

$C$  : Konstanta kWh (put/kWh)

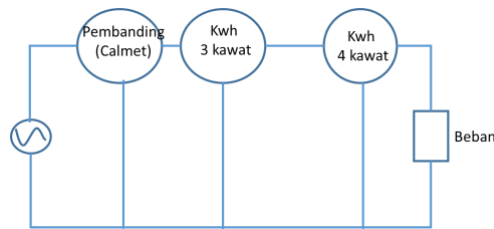
$t$  : Waktu  $n$  putaran / kedipan (detik)

### Evaluasi kWh meter 3 kawat dan 4 kawat

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan pengukuran kWh meter sistem 3 kawat dan 4 kawat digital dengan beban linier dan beban non linier.

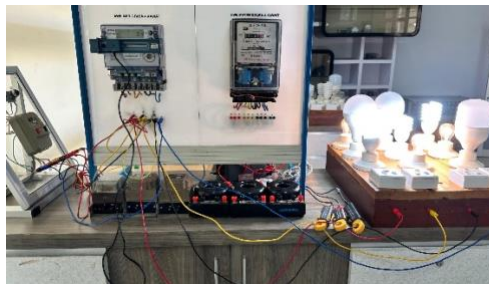
### 3. HASIL DAN ANALISIS

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan membuat rangkaian sebagai berikut :



Gambar 2 Rangkaian Umum

Pada proses pengujian dilakukan secara bergantian antara sistem 3 fasa 3 kawat dan 3 fasa 4 kawat. Dengan foto rangkaian pengujian sebagaimana Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Foto percobaan

Meter yang dipergunakan untuk pengujian, adalah meter 3 fasa dengan meter elektronik, dengan data meter elektronik sebagaimana Gambar 4 berikut :

Meter elektronik 3 fasa :

- a) Merk : EDM1 Type Mk10E
- b) Class : 0.5 S
- c) In 5(10) A
- d) Constanta : 1.000 imp/kWh



Gambar 4. Meter digital 3 fasa paska bayar

Sebagai peralatan pembanding / melihat error kWh meter dipakai peralatan di Gambar 5 sebagai berikut:

- Merk Calmet

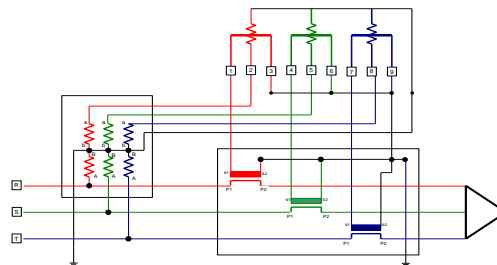
- Class : 0.1



Gambar 5. Calmet

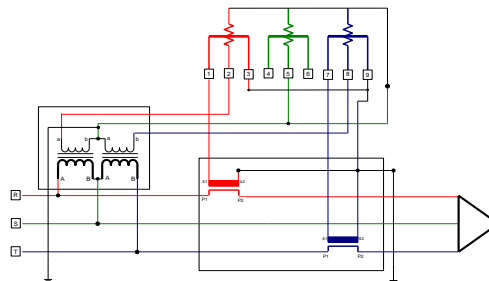
Peralatan di Gambar 5 ini akan membandingkan error kWh dengan membandingkan pengukuran kWh yang didapat dari ledipan lampu led / putaran piringan kWh dan hasil pengukuran. Sehingga pada peralatan Calmet dilengkapi sensor infra red yang melakukan sensing jumlah putaran ataupun jumlah kedipan yang diperbandingkan dengan hasil pengukuran daya dari probe dan CT dari peralatan.

Wiring diagram yang dilakukan untuk sistem 3 fase, 4 kawat adalah sebagaimana Gambar 6.



Gambar 6 . Wiring diagram 3 fase 4 kawat

Sedangkan wiring diagram yang dilakukan untuk sistem 3 fase, 3 kawat adalah diilustrasikan di Gambar 7.



Gambar 7 . Wiring diagram 3 fase 3 kawat

Pada pelaksanaan pengujian untuk mendapatkan error dilakukan dengan merubah pengawatan dengan beban yang sama. Adapun beban linier yang dipergunakan adalah lampu pijar, sedangkan beban non linier yang dipergunakan adalah lampu hemat energi jenis pelepas gas. Untuk beban hibrid, dipergunakan kombinasi antara lampu pijar dan lampu hemat energi jenis lampu LED.

Hasil dari pengujian kWh meter tersebut adalah sebagai berikut :

**Pada Beban linier.**

Pada beban linier, diperoleh hasil sebagai berikut :

Cos phi	:	0,99	
Arus	:		
-I <sub>R</sub>	:	1,28	Ampere
-I <sub>S</sub>	:	1,01	Ampere
-I <sub>T</sub>	:	1,31	Ampere

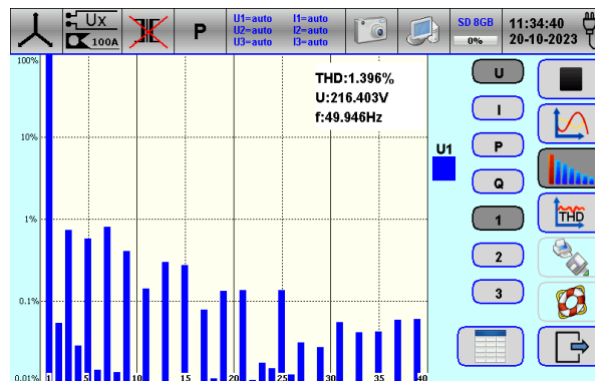
THD Arus

$-I_R$  : 1,33 %  
 $-I_S$  : 1,30 %  
 $-I_T$  : 1,48 %

Tegangan :  
 $-V_R$  : 216,40 Volt  
 $-V_S$  : 217,10 Volt  
 $-V_T$  : 215,29 Volt

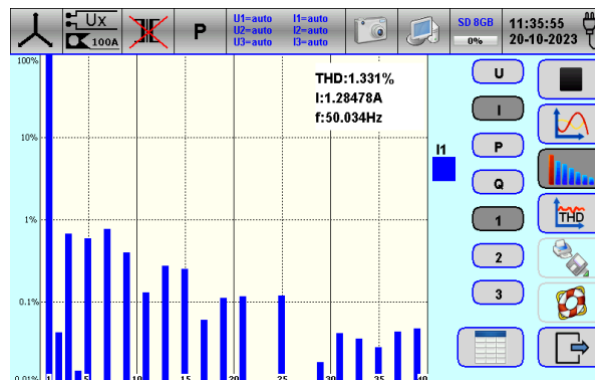
THD Tegangan :  
 $-V_R$  : 1,69 %  
 $-V_S$  : 1,58 %  
 $-V_T$  : 1,54 %

Tampilan spektrum dari salah satu fasa, tampak seperti Gambar 8 berikut :



Gambar 8. Spectrum dari tegangan

Sedangkan spectrum dari arus dari salah satu fasa adalah dalam Gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 9. Spectrum dari Arus

Error dari kWh adalah sebagai berikut :

- meter 3 kawat : 0,09 %
- meter 4 kawat : 0.10 %

#### Beban non Linier.

Pada beban linier, diperoleh hasil sebagai berikut :

Cos phi : 0.64

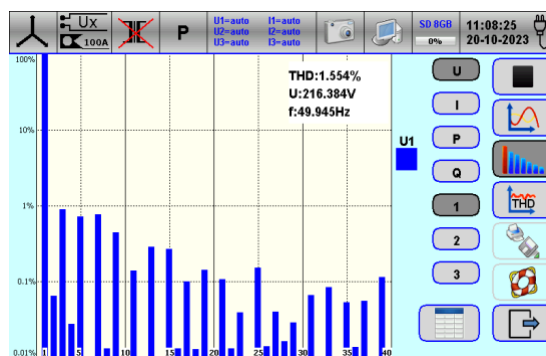
Arus :

$-I_R$  : 0,88 Ampere  
 $-I_S$  : 0,87 Ampere

$-I_T$  : 0,90 Ampere  
 THD Arus  
 $-I_R$  : 48,18 %  
 $-I_S$  : 48,15 %  
 $-I_T$  : 52,79 %

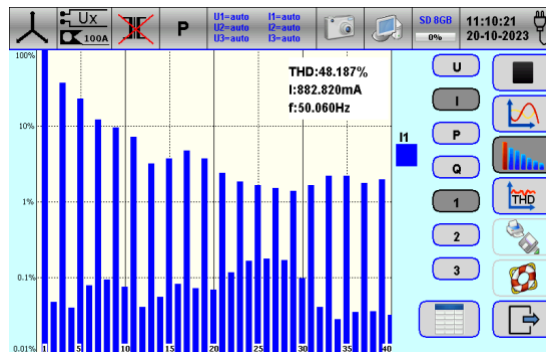
Tegangan :  
 $-V_R$  : 216,38 Volt  
 $-V_S$  : 217,28 Volt  
 $-V_T$  : 216,20 Volt  
 THD Tegangan :  
 $-V_R$  : 1,54 %  
 $-V_S$  : 1,73 %  
 $-V_T$  : 1,64 %

Untuk tampilan spektrum dari salah satu fasa, tampak seperti Gambar 11 berikut :



Gambar 11. Spectrum dari tegangan pada beban non linier

Sedangkan spectrum dari arus dari salah satu fasa adalah sebagaimana Gambar 12 berikut:



Gambar 12. spectrum dari Arus dari beban non linier

Error dari kWh adalah sebagai berikut :

- meter 3 kawat : 0,12 %
- meter 4 kawat : 0.15%

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengukuran tersebut, dapat disimpulkan:

1. Pada beban linier, tingkat error meter kWh meter 3 fasa dengan pengawatan 3 kawat dan pengawatan 4 kawat masih memenuhi toleransi dari kelas error kWh meter.
2. Pada beban non linier, tingkat error kWh meter 3 phase dengan pengawatan 3 kawat dan 4 kawat masih memenuhi toleransi dari error kWh meter.

#### ACKNOWLEDGEMENTS (10 PT)

Penulis dan peneliti berterimakasih atas kerjasama penelitian dan karya ilmiah yang dilakukan antara UPDL Pandaan PT. PLN (persero) dengan Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro melalui perjanjian kerjasama yang telah ditandatangani di tahun 2023 dengan dukungan dana karya ilmiah instruktur dan dana penelitian dari pihak PT. PLN (persero).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SPLN D3.006-1:2010 tentang meter static energi listrik fasa tiga
  - [2]. SPLN D3.013: 2008 SPLN tentang penyegelan
  - [3]. SPLN D3.015-1:2010 tentang APP dan perlengkapannya
  - [4]. SPLN D3.014-1:2009 tentang Trafo arus
  - [5]. SPLN D3.014-2:2010 tentang trafo tegangan
  - [6]. Kadir, Abdul. 2006. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta : Universitas Indonesia.
  - [7]. Sapiie, Soedjana dan Osamu Nishino. 2005. Pengukuran dan Alat – Alat Ukur Listrik. Jakarta : PT. Prandnya Paramita.
  - [8]. Winarso, ST, Dr. Eng. F. Danang Wijaya, S.T., M.T, 2012, Analisis harmonik akibat beban non linier pada gedung perkantoran terhadap rugi daya saluran. UGM
  - [9]. Poernomo. 1979. Seri Pelajaran Teknologi secara Bergambar: Listrik. Jakarta: Bharata Karya Aksara.
  - [10]. Amalia, R., & Nazir, R. (2015). Pemodelan dan Simulasi Beban Non-Linier 3-Fasa dengan Metoda Sumber Arus Harmonik. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 4(2), 165–171. <https://doi.org/10.25077/jnte.v4n2.154.2015>
  - [11]. Ir. Soemarwanto, Mt., Arfinna Cahyani., Ir. Soeprapto, Mt. "Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukan kWh Meter Digital 1 Fasa." *Jurnal Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, vol. 2, no. 1, 2014.
  - [12]. Kurniadi, F. (2019). Pengembangan kWh Meter Elektronik untuk Pengecekan CT Konsumen Secara On Site. *Energi & Kelistrikan*, 11(2), 108–113. <https://doi.org/10.33322/energi.v11i2.765>
  - [13]. Fadjar Kurniadi, Basyid Fery Setiawan, Mochammad Facta (2022), ANALISIS UNJUK KERJA KWH METER ANALOG DAN DIGITAL UNTUK BEBAN LINIER DAN NON LINIER, *Buletin Rekayasa, Sains & Teknologi Informasi*
  - [14]. Martin Panggabean, Alex Surapati, M Khairul Amri Rosa3, “Pengaruh Total Harmonic Distortion (THD) Terhadap Pembacaan kWh Meter Semi Digital”, *Jurnal Amplifier Mei 2022 Vol 12 No1 P-ISSN 2089-2020 dan E-ISSN 2622-2000*
  - [15]. Rusly Abdillah, Tossin Alamsyah, Kusnadi, “Pengaruh Harmonik Terhadap Kesalahan Pengukuran kWh Meter Analog”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro UI Volume 5 Tahun 2020*
  - [16]. Rifdian I.S, Hartono, Slamet Hariyadi, “PENGUKURAN HARMONIK PADA PENYEARAH TIGA FASA DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK”, *Jurnal Penelitian Politeknik Penerbangan Surabaya Edisi XXX, Vol 5, No 4, Bulan Desember, Tahun 2020*
-