

## PENGUJIAN TINGKAT EFISIENSI LIMA MEREK LAMPU HEMAT ENERGI DARI SEGI KUALITAS DAYA LISTRIK

Jenni Manurung<sup>1)</sup> dan Jonner Manihuruk<sup>2)</sup>

### Abstrak

Lampu penerangan rumah di masa sekarang didominasi lampu hemat energi dengan berbagai merek. Semua produsen memberikan klaim bahwa produknya paling hemat. Lampu hemat energi merupakan lampu listrik yang menggunakan ballast elektronik. Ballast elektronik akan menimbulkan efek harmonisa yang mengakibatkan penurunan kualitas daya. Akibat dari ballast elektronik ini cenderung daya yang diserap oleh beban LHE lebih besar dari daya yang dikonversi menjadi cahaya. Sehingga daya yang tertera pada data spesifikasi lampu lebih kecil dibanding daya yang terpakai oleh lampu, ada ketidak sesuaian antara data spesifikasi dengan daya sebenarnya yang diserap.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan cara melakukan pengujian menggunakan peralatan ukur digital atas beberapa sampel yang diambil secara acak, akan diperoleh nilai besaran arus, tegangan, daya, faktor daya, dan energi yang digunakan LHE yang sebenarnya di lapangan. Data hasil pengujian ini dianalisa dan dibandingkan terhadap data spesifikasi yang diberikan oleh pabrik pembuatnya sebagai acuan untuk menentukan kesimpulan akhir.

Dengan hasil penelitian ini dapat diketahui produk lampu hemat energi yang data spesifikasinya benar sesuai dengan praktek dan diketahui juga produk yang data spesifikasinya tidak sesuai dengan praktek. Dengan hasil ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pengguna untuk memilih produk yang paling efisien.

Keyword : **Pengujian, Efisiensi, Hemat Energi, Kualitas.**

### Pendahuluan

Penerangan dapat digolongkan menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, setiap orang di dunia ini pasti memerlukan penerangan baik yang bersumber dari matahari atau bulan maupun penerangan buatan. Kita akan berusaha mendapat penerangan yang cukup sesuai kebutuhann kegiatan yang sedang kita kerjakan baik pada siang hari maupun malam hari, jika siang hari penerangan dapat diperoleh sinar matahari yang masuk, namun bila malam hari penerangan dapat dihasilkan dari lampu listrik.

Lampu pijar adalah lampu yang sudah banyak digunakan sebagai sumber penerangan sejak ditemukan oleh Thomas Alpha Edison pada tanggal 21 Oktober 1879 di laboratorium Edison-Menlo Park, Amerika. Prinsip kerja dari lampu listrik tersebut adalah dengan cara menghubungkan singkat listrik pada filamen carbon ( C ) sehingga terjadi arus hubung singkat yang mengakibatkan timbulnya panas. Panas yang terjadi dibuat hingga suhu tertentu sampai

berpijar mengeluarkan cahaya, dan cahaya yang didapat pada waktu itu baru mencapai 3 Lumen/watt, sejalan dengan perkembangan teknologi lampu pijar juga dikembangkan agar lebih hemat. Dengan penggunaan bahan tungstem atau wolfram dihasilkan lampu pijar dengan cahaya  $\pm 20$  Lumen /watt.

Lampu pijar telah banyak digantikan oleh Lampu Tabung (Tube Lamp) sebagai sumber penerangan karena memiliki cahaya yang lembut (tidak sakit dimata), cahaya lebih terang dan umur pemakaian lebih panjang daripada lampu pijar. Lampu TL yang sering disebut dengan lampu fluoresen atau lampu neon dikembangkan terus menerus untuk memperoleh efisiensi yang lebih tinggi yang dikenal dengan istilah lampu hemat energi (LHE).

LHE tipe SL memiliki umur hidup hingga 8000 jam atau 8 kali lipat dibandingkan lampu pijar. Bahkan LHE jenis LED diperkirakan mencapai 15 tahun masa pakai. LHE tipe SL menggunakan energi 80% lebih sedikit dibandingkan lampu pijar.

Berdasarkan fakta tersebut, maka penggunaan LHE akan berdampak signifikan dalam usaha menunjang upaya penghematan energi.

Namun saat ini telah banyak diproduksi LHE dengan berbagai tingkat daya dan berbagai merek dengan harga yang berbeda-beda. Tercatat lebih dari 12 pabrik LHE yang ada di Indonesia telah siap berkompetisi menawarkan produk lampu hemat energi (<http://www.antaraneews.com/ekonomi/edukasi-bisnis>)

Dengan memperhatikan banyaknya merek-merek LHE yang tersedia di pasaran dengan tingkat daya yang sangat bervariasi dan harga yang berbeda. Masing-masing produsen (merek) menawarkan berbagai kelebihan, ada yang menawarkan cahaya yang lebih putih, ada yang menawarkan luminansi yang lebih tinggi, ada yang menawarkan jaminan garansi selama satu tahun dan ada pula yang tidak bergaransi.

Istilah yang digunakan dalam bidang kelistrikan sangat banyak, mulai dari tegangan listrik, arus listrik, daya listrik, energi listrik dan istilah lainnya membuat masyarakat awam tidak memahami arti yang sebenarnya. Daya (Watt) yang tertulis pada data teknis lampu sebenarnya tidak sama persis dengan daya (VA) yang harus dibayar oleh pengguna. Lampu TL 40 Watt harus dibayar setara dengan tingkat daya  $\pm 70$  VA sebagai akibat tingkat faktor daya yang rendah. Hal yang sama juga terjadi pada LHE, kita tidak tahu pasti seberapa hemat sebenarnya lampu tersebut. Jika merek A misalnya menyatakan lampu produk mereka 23 watt setara dengan lampu pijar 115 watt, benarkah nilai yang harus dibayar oleh pengguna sama dengan 23 VA ?

Peneliti sebagai salah satu dosen di Politeknik Santo Thomas ingin membuat satu penelitian untuk membuktikan hal ini, dengan demikian terlihat seberapa hemat penggunaan LHE sesuai dengan data spesifik dan merek tertentu. Dalam penelitian ini penulis tidak terkait dengan kepentingan pihak tertentu, baik dari pihak produsen maupun konsumen. Penulis ingin mengaplikasikan ilmu dalam bentuk aplikasi bermanfaat. Dengan hasil penelitian ini diharapkan semua pihak memahami dengan benar mengenai tingkat efisiensi LHE agar dalam perancangan instalasi dan penggunaan sehari-hari dapat diperoleh nilai efisiensi tinggi dan hal ini

mendukung program Pemerintah untuk melakukan penghematan energi. Penelitian ini juga diharapkan menambah inspirasi dan semangat kepada mahasiswa untuk melakukan percobaan sebagai pembuktian kebenaran data spesifikasi perangkat listrik yang tertera pada peralatan tersebut.

#### ***Perumusan Masalah***

- Bagaimana mengukur nilai daya sebenarnya yang harus dibayar oleh pengguna atas pemakaian lampu hemat energi tertentu ?
- Bagaimana menentukan lampu hemat energi yang paling efisien dan ekonomis dari segi pemakaian listrik ?
- Bagaimana tingkat kualitas daya lampu hemat energi ?
- Bagaimana menentukan pilihan yang ekonomis atas lampu hemat energi yang begitu banyak jenisnya ?

#### ***Tujuan Penelitian***

- Penelitian ini dilakukan untuk tujuan :
- Menunjukkan bukti kebenaran data spesifikasi lampu hemat energi dari berbagai jenis dan merek.
  - Mengetahui seberapa hemat sebenarnya penggunaan lampu hemat energi.
  - Mengetahui efek samping yang mungkin terjadi akibat penggunaan lampu hemat energi.
  - Menunjukkan cara menentukan lampu hemat energi yang paling efisien untuk digunakan sehari-hari oleh masyarakat.

#### ***Manfaat Penelitian***

Dari sudut pandang akademis penelitian ini bermanfaat buat peneliti secara khusus dan kepada pembaca secara umum. Dari sudut pandang implementasi dan praktek, penelitian ini bermanfaat buat mahasiswa dan dosen yang tertarik untuk melakukan pembuktian kebenaran data spesifikasi yang diberikan produsen yang berbeda atas peralatan listrik yang sama secara khusus lampu hemat energi.

Penelitian ini juga bermanfaat di laboratorium konversi energi listrik dan instalasi listrik penerangan sebagai bahan pertimbangan untuk memilih penggunaan lampu hemat energi. Penelitian ini juga akan memacu pengembangan lampu hemat energi yang lebih efisien.

## Tinjauan Pustaka

### a. Lampu

Lampu pertama kali ditemukan pada tahun 1878 oleh Thomas Alfa Edison dalam bentuk lampu pijar. Selama lebih dari 130 tahun, lampu telah mengalami banyak perubahan ditinjau dari jenis material yang digunakan maupun bentuk fisiknya jika dibandingkan dengan awal penemuannya. Perubahan tersebut didorong oleh kebutuhan manusia terhadap sumber pencahayaan buatan yang lebih efektif dan efisien.

Konsep dasar dari sebuah lampu adalah salah satu bentuk pemanfaatan radiasi elektromagnetik yang dihasilkan dari transfer energy fisik maupun kimiawi yang terjadi pada saat lampu menyala. Energi elektromagnetik tidak semuanya dapat terlihat oleh mata telanjang, hanya gelombang antara 380 nm sampai dengan 750 nm saja yang dapat dengan mudah diubah menjadi terlihat oleh manusia. Gelombang yang terlihat oleh manusia itulah yang selanjutnya merupakan cahaya yang dihasilkan lampu.

#### 1) Lampu Incandescent

Lampu jenis *incandescent* lebih dikenal dengan sebutan lampu pijar. Lampu pijar menghasilkan cahaya ketika arus listrik melewati filamen yang mempunyai resistivitas tinggi sehingga menyebabkan kerugian tegangan yang selanjutnya menyebabkan kerugian daya dan mengakibatkan panas pada filamen dan panas inilah yang menghasilkan cahaya (Muhaimin, 2001). Semakin panas filament tersebut maka cahaya yang dipancarkan oleh lampu semakin terang.

Daya yang didisipasikan (Pd) oleh filament lampu pijar dipengaruhi tegangan kerja (V) dan resistansi filament pada kondisi panas (R) yang dirumuskan:

$$P_d = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (1)$$

Temperatur kerja filament saat menyala dapat mencapai 2500°C sampai 3000°C dan kondisi ini mengakibatkan resistansi filament naik menjadi 15 kali pada kondisi dingin.

#### 2) Lampu *Fluorescent* (TL)

Lampu *fluorescent* lebih dikenal masyarakat Indonesia dengan istilah

lampu TL. Lampu ini dikembangkan sejak tahun 1980, bekerja menggunakan media gas *fluor* untuk menghasilkan cahaya. Energy listrik akan membangkitkan emisi gas di dalam tabung lampu sehingga akan timbul sinar ultra violet. Sinar-sinar yang membentur bubuk *fluorescent* yang dilapiskan pada bagian dalam tabung mengubah sinar ultraviolet menjadi radiasi dalam spektrum yang dapat dilihat.

Lampu *fluorescent* sangat peka terhadap temperatur udara di sekitarnya. Apabila suhu ruangan terlalu dingin dibandingkan dengan suhu lampu, maka ada kemungkinan lampu jenis ini tidak dapat menyala. Temperatur udara minimum pada lampu jenis tergantung dari ballast yang digunakan dan biasanya telah tercantum pada spesifikasi ballast tersebut.

#### 3) Lampu Hemat Energi

Lampu hemat energi (LHE) merupakan salah satu jenis pengembangan lampu *fluorescent* dengan bentuk kompak sehingga sering juga disebut *compact fluorescent lamp* (CFL). Lampu hemat energy memiliki prinsip kerja yang sama dengan lampu *fluorescent* pada umumnya, yaitu memendarkan gas di dalam tabung lampu sehingga timbul sinar ultra violet akibat energi listrik yang dialirkan. Perbedaan mendasar LHE dengan lampu *fluorescent* standar adalah lampu jenis ini didesain dengan bentuk dasar berupa uliran seperti lampu pijar sehingga dapat dengan mudah dipasang pada fitting- fitting lampu pijar yang sudah terpasang.

Lampu hemat energy terdiri atas 2 bagian yaitu tabung lampu dan ballast magnetis atau ballast elektronik. Tabung lampu berisi campuran merkuri dan gas inert Argon (Ar), ballast elektronik terdiri dari komponen semikonduktor berupa penyearah dan converter DC ke AC. Penggunaan ballast magnetis lebih jarang ditemui sekarang ini karena flicker yang tinggi pada saat starting serta bentuk lebih besar dan lebih berat dibandingkan ballast elektronik. Terdapat 2 jenis LHE yang dapat ditemui di pasaran, yaitu: 1) *integral units*; dan 2) *modular units*.

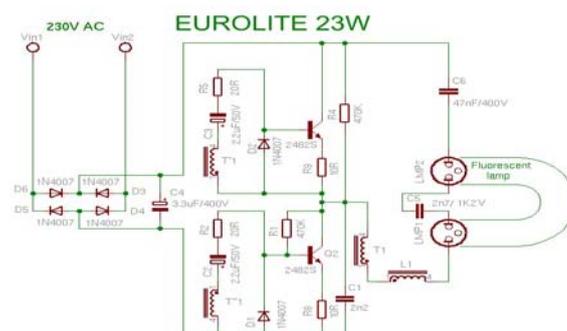
Menurut Edward (1983), beberapa kelebihan yang didapat dari ballast

elektronis dibandingkan ballast magnetis antara lain: 1) meningkatkan efisiensi dari rangkaian sehingga dapat mengurangi losses yang ditimbulkan dari ballast; 2) Berat pada ballast dapat dikurangi, sehingga menambah nilai ekonomis dari penginstalasian pada lampu, khususnya lampu-lampu TL yang ukurannya besar; 3) meningkatkan nilai *luminous efficiency* atau perbandingan jumlah lumen yang dihasilkan dengan daya listrik yang diserap; 4) menghilangkan fenomena lampu berkedip yang terjadi pada penggunaan ballast konvensional; 5) mengurangi noise suara yang terjadi pada ballast; 6) mempunyai faktor daya yang lebih bagus jika dibandingkan dengan ballast magnetis; 7) mampu untuk mengontrol tegangan dan arus yang dikehendaki dengan lebih akurat; 8) mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk start dan restart pada lampu; dan 9) mengontrol keadaan start dan operasi dengan lebih baik sehingga memperpanjang masa kerja aktif lampu.

Terlepas dari keuntungan-keuntungan tersebut, ballast elektronik menghasilkan distorsi gelombang arus yang nonsinusoidal. Ballast elektronik termasuk salah satu beban non linier yang menghasilkan harmonik yang disebabkan oleh bahan semikonduktor yang digunakan sebagai konverter. Proses switching pada konverter mengakibatkan timbulnya distorsi harmonik.

#### b. Ballast Elektronik

Lampu hemat energi pada umumnya menggunakan ballast elektronik sebagai pengganti ballast konvensional (induktor), pada prinsipnya ballast elektronik terdiri dari komponen yang memberikan arus dengan frekuensi tinggi di atas 18 kHz. Frekuensi yang biasa dipakai adalah frekuensi 20 kHz sampai 60 kHz, dibandingkan dengan ballast konvensional, ballast elektronik dapat menggunakan ruang yang lebih sedikit, sehingga ukuran lampu hemat energi sama seperti lampu pijar. Tetapi dari keuntungannya tersebut tentunya akan diimbangi dengan kerumitan rangkaian jika dibandingkan dengan ballast konvensional. Contoh rangkaian ballast elektronik diperlihatkan Gambar 1.



Gambar 1. Contoh Skema Ballast Elektronik

#### c. Kualitas Daya Listrik (Power Quality)

Kualitas daya listrik (*Power Quality*) adalah syarat umum yang menggambarkan karakteristik parameter satuan seperti arus, tegangan, frekuensi dan bentuk gelombang yang dibandingkan dengan standar, (Yafet 2007). Permasalahan kualitas daya listrik (*Power Quality*) merupakan permasalahan mengenai daya listrik yang mengalami penyimpangan baik tegangan, arus dan frekuensi sehingga menimbulkan kegagalan atau kesalahan operasi pada peralatan. Kualitas daya listrik dapat dikatakan sebagai mutu catuan listrik karena terjadi perubahan di dalam parameter kelistrikan terhadap *power supply* akibat penggunaan jenis beban.

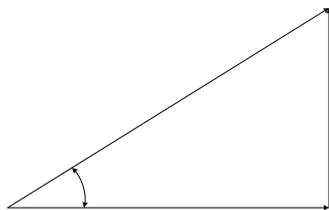
Suplai daya listrik dari generator pembangkit sampai ke beban dioperasikan dalam batas toleransi parameter kelistrikannya seperti tegangan, arus, frekuensi dan bentuk gelombang. Perubahan dan deviasi di luar batas toleransi parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas daya yang menyebabkan operasi tidak efisien dan dapat merusak perangkat (Dugan, 1996:177).

Kualitas daya listrik banyak dipengaruhi antara lain oleh beban-beban induktif, beban non linier, ketidak seimbangan pembebanan, transient, flicker dan lain-lain. Penurunan kualitas daya dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada sisi beban, bahkan menyebabkan penurunan kapasitas daya pada sumber pembangkit (generator). Kualitas daya listrik meliputi beberapa parameter yaitu:

##### 1) Daya

Daya dalam sistem arus bolak-balik dikenal ada tiga macam, yaitu daya aktif (P) dengan satuan watt, daya reaktif (Q)

dengan satuan Var dan daya semu (S) dengan satuan VA. Daya aktif ditransformasikan untuk menghasilkan kerja berupa panas, cahaya maupun kerja mekanis, sedangkan daya reaktif diperlukan oleh peralatan-peralatan yang bekerja dengan sistem elektromagnet. Kedua daya tersebut (daya aktif dan daya reaktif) membentuk suatu daya total yang disebut dengan daya semu, (Volta Megawati 2007:6). Hubungan dari ketiga daya tersebut digambarkan dengan sistem segitiga daya seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Segitiga daya

Hubungan daya pada gambar segitiga daya dijelaskan dengan persamaan berikut.

Daya aktif (P)  
 $P = V \cdot I \cdot \cos \phi$  (Watt)  
 Daya reaktif (Q)  
 $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$  (VAR)  
 Daya semu (S)  
 $S = V \cdot I = P + j Q$  (VA)

2) Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-beban pada pelanggan listrik. Daya semu di hasilkan oleh generator pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik. Bertambahnya daya reaktif berarti menyebabkan turunnya faktor daya listrik. Cara yang mudah dalam mengantisipasi turunnya faktor daya dapat dilakukan dengan memilih beban-beban yang mempunyai faktor daya besar juga dapat dilakukan dengan memasang kapasitor. Pemasangan kapasitor dapat memperbaiki faktor daya, jika faktor daya diperbaiki maka daya reaktif dapat berkurang dan mendekati daya aktif.

Suatu beban dengan faktor daya (Cos  $\phi$ ) = 1.0 merupakan beban yang hanya

mengandung nilai resistansi murni dan merupakan pembebanan yang paling efisiensi. Artinya daya yang digunakan oleh beban (watt) sama dengan daya yang terukur oleh energi meter yang harus dibayar (VA).

Beban dengan faktor daya yang kurang dari 1.0 merupakan beban yang mengandung nilai induktansi atau kapasitansi yang menyebabkan kerugian yang lebih tinggi di dalam sistem suplai tenaga listrik. Faktor daya yang rendah berhubungan dengan beda fasa antara arus dan tegangan pada terminal beban dan berkaitan dengan kualitas harmonik atau bentuk gelombang arus yang menyimpang bentuknya. Semakin besar sudut penyimpangan fasa antara arus dan tegangan, baik sudut penyimpangan positif maupun negatif akan mengakibatkan semakin besarnya daya (S) yang harus dibayar untuk pemakaian daya (P) yang sama. Sudut fasa arus beban yang rendah biasanya diakibatkan oleh beban induktif seperti motor induksi, transformator daya, balast lampu, peralatan las ataupun beban elektronik lainnya.

Rendahnya faktor daya pada sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan kerugian seperti meningkatnya arus yang menyebabkan pemanasan pada kabel. Rugirugi pada rangkaian sistem tenaga, meningkatnya kebutuhan daya nyata (KW), menimbulkan drop tegangan yang mengakibatkan beda tegangan antara sisi kirim dengan sisi terima menjadi lebih besar sehingga akan memperburuk persentase pengaturan tegangan yang sesuai dengan persamaan 2.

S (VA)

$$\%Regulasi = \frac{V_k - V_t}{V_t} \times 100\% \dots\dots (2)$$

Dengan:

$V_k$  = Tegangan sisi kirim

$V_t$  = Tegangan sisi terima.

P (Watt)

3) Perbaikan Faktor Daya

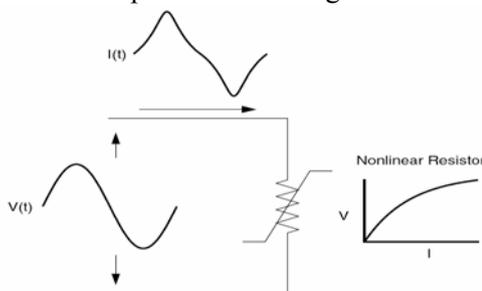
Perbaikan faktor daya yang murah dan perawatan yang cukup mudah dilakukan dengan cara menghubungkan kapasitor ke jaringan beban. Perbaikan faktor daya yang kaitannya dengan cacat gelombang (*harmonik*) akibat pemakaian beban

tertentu memerlukan suatu desain peralatan untuk mengurangi atau menyaring harmonik.

Perbaikan faktor daya berarti menekan daya reaktif, sehingga daya aktifnya dapat digunakan dengan maksimal. Telah diketahui bahwa pemasangan kapasitor untuk perbaikan faktor daya akan efektif untuk mengompensasi penurunan faktor daya pada beban induktif jika bebannya berupa lampu TL dan motor listrik. Jika bebannya berupa beban linier catu daya *switching* seperti komputer dan lampu hemat energi, perbaikan faktor daya dengan pemasangan kapasitor tidak dapat dilakukan.

#### 4) Harmonik

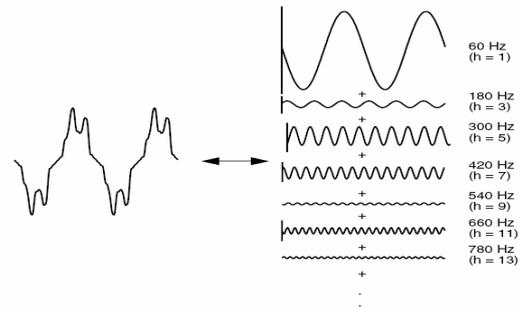
Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedensi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah beban dimana arusnya tidak sebanding dengan tegangannya. Gambar 3 menunjukkan konsep ini, misalkan tegangan sinusoidal diberikan ke suatu resistor nonlinear yang mana tegangan dan arusnya berubah-ubah seperti kurva yang ditunjukkan. Tegangan yang terpasang benar-benar berbentuk sinusoidal sementara arus yang dihasilkan mengalami distorsi. Jika tegangan diperbesar beberapa persen saja dapat menyebabkan kenaikan arus dua kali lipat. Hal semacam ini merupakan sumber dari kebanyakan distorsi harmonik yang ditemukan pada sistem tenaga.



**Gambar 3 Distorsi arus yang ditimbulkan oleh resistor nonlinier**

Gambar 4 mengilustrasikan bahwa pada setiap periodik, bentuk gelombang

yang terdistorsi dapat dinyatakan sebagai suatu jumlahan dari gelombang-gelombang sinusoidal murni yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar. Gelombang dengan frekuensi kelipatan frekuensi dasar ini disebut harmonik. Jumlahan dari gelombang-gelombang sinusoidal ini berkaitan dengan deret Fourier. Bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Seperti yang terlihat pada Gambar 3, gelombang dengan frekuensi 60 Hz disebut gelombang dengan frekuensi dasar, gelombang dengan frekuensi  $2 \times 60$  Hz disebut harmonik kedua, gelombang dengan frekuensi  $3 \times 60$  Hz disebut harmonik ketiga dan begitu seterusnya. Harmonik urutan genap biasanya memiliki rms yang lebih kecil dibandingkan harmonik urutan ganjil.



**Gambar 4 Representasi deret Fourier dari bentuk gelombang yang terdistorsi**

Beban non linier umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik. Perubahan bentuk gelombang ini tidak terkait dengan sumber tegangannya.

Fenomena harmonik pada sistem tenaga listrik pertama kali diteliti oleh Steinmetz pada tahun 1916. Dia memberi perhatian pada harmonik ketiga yang muncul pada sistem tiga fasa.

Kemunculan harmonik ketiga tersebut disebabkan oleh kejenuhan inti besi pada trafo dan mesin listrik. Sekitar tahun 1930-1940 masalah harmonik ketiga ini dapat diatasi dengan baik. Pada era sekarang, penyebab munculnya harmonik sebagian besar adalah elektronika daya

Rangkaian elektronika daya digunakan secara luas pada *Switching Power Supplies*, *UPS*, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik, kendali kecepatan motor, motor induksi, baterai charger, proses electroplating, dan lain-lain.

Elektronika daya digunakan banyak pihak karena efisien dan mudah dikendalikan. Akan tetapi elektronika daya menarik arus AC non sinusoidal dari sumber AC. Bila arus ini bereaksi dengan impedans sistem maka akan membangkitkan tegangan/arus harmonik.

Tidak sebagaimana fenomena *transient* yang hilang dalam beberapa mikro detik atau fenomena *voltage sag* yang hilang pada beberapa milidetik, harmonik merupakan kejadian yang berlangsung periodis dan berbentuk *steady state*. Kemunculan harmonik secara terus-menerus akan menyebabkan distorsi pada gelombang sinus tegangan/arus.

#### Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan cara eksperimen. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Politeknik Santo Thomas Medan dan waktu pelaksanaan dilakukan pada jam kerja mulai jam 08.00 WIB sampai dengan jam 16.00 WIB terutama disesuaikan pada jadwal mengajar dan jadwal pemakaian laboratorium instalasi penerangan listrik agar tidak mengganggu proses belajar mengajar. Seluruh kegiatan penelitian ini direncanakan dilaksanakan selama enam bulan.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam empat tahap, yaitu tahap pertama adalah pengumpulan informasi tentang lampu hemat energi antara lain mencakup merek produsen, klasifikasi daya (watt) untuk diseleksi dan ditetapkan jumlah sampel yang akan diuji. Tahap kedua adalah pengumpulan sampel dengan metode acak, semua sampel diambil dari 10 tempat yang berbeda yang ada di sekitar daerah Medan. Kemudian sampel dirakit sesuai dengan rangkaian pengujian

yang telah ditetapkan. Tahap ketiga adalah pengukuran besaran arus, tegangan, faktor daya, daya dan energi terpakai dari setiap sampel dan data hasil pengujian ini dicatat. Tahap ke empat adalah melakukan analisa data hasil pengujian dengan metode komparatif untuk menentukan hasil akhir.

Pengujian rancangan dilakukan secara bertahap mulai kelas daya terkecil hingga daya terbesar. Pengujian ini dilakukan sekaligus 5 merek setiap tahap, hal ini dilakukan untuk mencegah efek perubahan tegangan jaringan selama proses pengujian. Hasil pengujian setiap tahap dicatat dalam bentuk tabel yang diperlihatkan pada tabel 1.

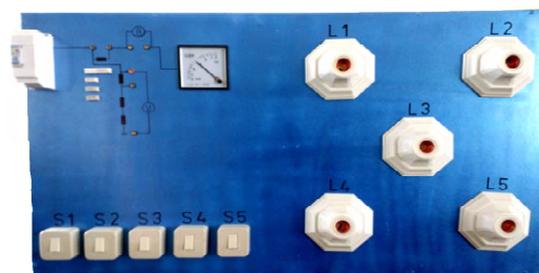
Analisa dilakukan dengan membandingkan hasil rata-rata pengukuran alat ukur laboratorium terhadap data spesifikasi yang ditetapkan pabrik pembuat sampel.

Tabel 1. Hasil pengukuran

No.	Sampel Uji Merek "x"	Alat Ukur		
		V	I	Cos Phi
1	60 detik pertama			
2	60 detik kedua			
3	60 detik ketiga			
4	60 detik keempat			
5	60 detik kelima			
6	60 detik keenam			
7	60 detik ketujuh			
8	60 detik kedelapan			
9	60 detik kesembilan			
10	60 detik kesepuluh			
Hasil Rata-rata		v	i	Cos phi

#### Rangkaian Pengujian

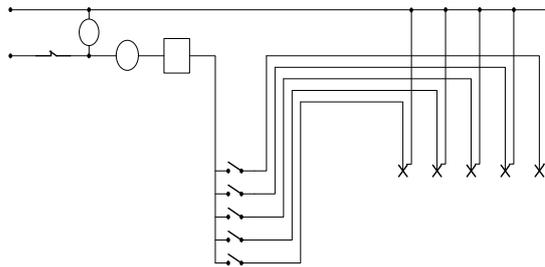
Pengujian dilakukan di modul pengujian yang dirancang sedemikian rupa sehingga pelaksanaan pengujian dapat dilakukan dengan mudah. Modul pengujian diperlihatkan Gambar 5.



Gambar 5. Modul Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan 3 alat ukur yaitu Amperemeter, Voltmeter, dan

Cos Phi meter. Sambungan pengujian diperlihatkan Gambar 6.



Gambar 6. Skema pengujian

Keterangan

- F = Saluran Fasa Sumber
- N = Saluran Netral Sumber
- S<sub>1</sub> = Sakelar-1
- S<sub>2</sub> = Sakelar-2
- S<sub>3</sub> = Sakelar-3
- S<sub>4</sub> = Sakelar-4
- S<sub>5</sub> = Sakelar-5
- L<sub>1</sub> = Lampu-1
- L<sub>2</sub> = Lampu-2
- L<sub>3</sub> = Lampu-3
- L<sub>4</sub> = Lampu-4
- L<sub>5</sub> = Lampu-5

### Langkah Pengujian

Pengujian dilaksanakan sesuai dengan gambar rangkaian pada Gambar 6. Setelah semua perlengkapan dipersiapkan, posisi alat ukur diatur sedemikian rupa sehingga terletak dengan baik dan tampilan hasil pengukuran mudah dibaca seperti Gambar 7.



Gambar 7. Sambungan & Letak Alat Ukur

Kapasitas daya lampu tidak sama untuk semua merek, untuk itu pengujian dikelompokkan menjadi 6 kelas yaitu :

- Kelas Daya 1 = LHE dengan daya  $\leq 10$  Watt
- Kelas Daya 2 = LHE dengan daya 10 s.d. 20 Watt
- Kelas Daya 3 = LHE dengan daya 21 s.d. 30 Watt

- Kelas Daya 4 = LHE dengan daya 31 s.d. 40 Watt
- Kelas Daya 5 = LHE dengan daya 41 s.d. 50 Watt
- Kelas Daya 6 = LHE dengan daya  $> 50$  Watt
- Kelas Daya 7 = LHE LED

Pengujian dilakukan secara bertahap dengan urutan pengujian sebagai berikut :

- 1) Atur posisi breaker dan semua sakelar pada posisi terbuka (Off)
- 2) Sambungkan peralatan ukur
- 3) Sambungkan beban uji sampel lampu kelas daya 1
- 4) Sambungkan (ON) sakelar 1 untuk menguji sampel lampu merek A
- 5) Catat hasil pengukuran dalam bentuk Tabel 1
- 6) Padamkan lampu merek A dengan membuka (Off) sakelar 1
- 7) Sambungkan (ON) sakelar 2 untuk menguji sampel lampu merek B
- 8) Catat hasil pengukuran dalam bentuk Tabel 1
- 9) Padamkan lampu merek B dengan membuka (Off) sakelar 2
- 10) Sambungkan (ON) sakelar 3 untuk menguji sampel lampu merek C
- 11) Catat hasil pengukuran dalam bentuk Tabel 1
- 12) Padamkan lampu merek C dengan membuka (Off) sakelar 3
- 13) Sambungkan (ON) sakelar 4 untuk menguji sampel lampu merek D
- 14) Catat hasil pengukuran dalam bentuk Tabel 1
- 15) Padamkan lampu merek D dengan membuka (Off) sakelar 4
- 16) Sambungkan (ON) sakelar 5 untuk menguji sampel lampu merek E
- 17) Catat hasil pengukuran dalam bentuk Tabel 1
- 18) Padamkan lampu merek E dengan membuka (Off) sakelar 5
- 19) Ulangi langkah 3 hingga langkah 18 untuk semua kelas daya lampu uji.

### Hasil Pengujian dan Pembahasan

Dari data hasil pengukuran, diperoleh nilai rerata dari setiap lampu uji. Sebagai sampel diperlihatkan hasil pengukuran kelas daya 1. Hasil pengukuran selengkapnya untuk

kelas daya 2, 3, 4 dan 5 tidak ditampilkan mengingat jumlah tabel pengukuran yang sangat banyak. Hanya hasil rerata pengukurannya yang ditampilkan seperti pada tabel berikut.

**Tabel 2. Rerata LHE merek "A" kelas daya 1**

Merek Lampu : A		Rat Daya : 5 Watt		
No.	Nilai Rerata	V (volt)	I (Amp)	Cosphi
1	Sampel 1	218,07	0,0231	0,9475
2	Sampel 2	218,06	0,0268	0,9573
3	Sampel 3	218,5	0,0278	0,9558
4	Sampel 4	218,68	0,027	0,9569
5	Sampel 5	218,35	0,0265	0,9592
Rerata		218,33	0,0263	0,9553

**Tabel 3. Rerata LHE merek "B" kelas daya 1**

Merek Lampu : B		Rat Daya : 7 Watt		
No.	Nilai Rerata	V (volt)	I (Amp)	Cosphi
1	Sampel 1	218,65	0,025	0,9543
2	Sampel 2	218,35	0,029	0,9508
3	Sampel 3	218,7	0,028	0,955
4	Sampel 4	218,75	0,0278	0,955
5	Sampel 5	218,54	0,0277	0,9538
Rerata		218,6	0,0275	0,9538

**Tabel 4. Rerata LHE merek "C" kelas daya 1**

Merek Lampu : C		Rat Daya : 5 Watt		
No.	Nilai Rerata	V (volt)	I (Amp)	Cosphi
1	Sampel 1	218,41	0,0245	0,9594
2	Sampel 2	218,21	0,0292	0,959
3	Sampel 3	218,21	0,0279	0,9573
4	Sampel 4	218,42	0,029	0,9565
5	Sampel 5	218,34	0,028	0,9543
Rerata		218,32	0,0278	0,9573

**Tabel 5. Rerata LHE merek "D" kelas daya 1**

Merek Lampu : D		Rat Daya : 8 Watt		
No.	Nilai Rerata	V (volt)	I (Amp)	Cosphi
1	Sampel 1	218,27	0,0258	0,9423
2	Sampel 2	218,44	0,0302	0,9447
3	Sampel 3	218,33	0,0297	0,9528
4	Sampel 4	218,49	0,0299	0,9448
5	Sampel 5	218,22	0,0301	0,9457
Rerata		218,35	0,0291	0,9461

**Tabel 6. Rerata LHE merek "E" kelas daya 1**

Merek Lampu : E		Rat Daya : 5 Watt		
No.	Nilai Rerata	V (volt)	I (Amp)	Cosphi
1	Sampel 1	218,55	0,0238	0,9581
2	Sampel 2	218,63	0,0265	0,9594
3	Sampel 3	218,57	0,0281	0,9564
4	Sampel 4	218,48	0,0276	0,9583
5	Sampel 5	218,64	0,0276	0,9568
Rerata		218,57	0,0267	0,9578

Dari kelima merek tersebut, untuk kelas daya 1 hasil rerata pengukurannya dituliskan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Rerata pengukuran Lima merek lampu untuk kelas daya 1**

No.	Merek Lampu	V (Volt)	I (Amp)	Cosphi	$P = S \times \text{Cosphi}$	$S = V \times I$	Efisiensi
1	Merek A	218,332	0,026	0,955	5,478	5,734	95,534
2	Merek B	218,598	0,028	0,954	5,739	6,017	95,378
3	Merek C	218,318	0,028	0,957	5,803	6,062	95,730
4	Merek D	218,350	0,029	0,946	6,017	6,360	94,606
5	Merek E	218,574	0,027	0,958	5,591	5,838	95,780

Daya yang diserap oleh lampu dapat dihitung dengan :

$$S = V \times I \text{ (VoltAmpere)}$$

untuk merek A pada Tabel 5.156 diperoleh

$$S = 218,332 \times 0,026261212$$

$$S = 5,733663 \text{ VA}$$

Daya yang dimanfaatkan oleh lampu dapat dihitung dengan :

$$P = V \times I \times \text{Cos Phi (Watt)}$$

Untuk merek A pada Tabel 5. diperoleh,

$$P = 218,332 \times 0,026261212 \times 0,95534$$

$$P = 5,477597577 \text{ Watt}$$

Tingkat Efisiensi LHE merek A adalah perbandingan antara daya terpakai (P) terhadap daya yang diserap (S)

$$\eta = \frac{P}{S} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{5,477597577}{5,733663} \times 100 \%$$

$$\eta = 95,534 \%$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk merek lainnya untuk seluruh kelas daya yang telah ditentukan kelompoknya.

Dari hasil pengujian ini, terlihat urutan LHE yang paling efisien berdasarkan klasifikasi daya tertentu seperti Tabel 8.

**Tabel 8. Efisiensi Lima Merek Lampu Hemat Energi**

No.	Urutan berdasarkan tingkat Efisiensi	Kelas Daya				
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Kelas 5
1	Urutan I	Merek E	Merek D	Merek C	Merek C	Merek B
2	Urutan II	Merek C	Merek E	Merek A	Merek B	Merek D
3	Urutan III	Merek A	Merek B	Merek B	Merek D	Merek C
4	Urutan IV	Merek B	Merek A	Merek E	Merek E	Merek E
5	Urutan V	Merek D	Merek C	Merek D	Merek A	Merek A

### Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian, penulis menyimpulkan produk yang paling baik adalah merek C, diikuti merek B, merek E, merek D dan merek A

Kualitas daya produk lampu hemat energi tidak sama antara kelas daya yang berbeda walau dengan produsen yang sama. Kualitas daya listrik lampu hemat energi tidak menjadi jaminan terhadap kualitas cahaya, dengan spesifikasi daya yang sama belum tentu menghasilkan kualitas sinar yang sama.

Untuk pengembangan penelitian ini, peneliti menyarankan beberapa hal yaitu penggunaan alat ukur sebaiknya menggunakan alat ukur digital. Kualitas daya listrik tidak begitu diperhatikan pengguna atau masyarakat justru yang diperhatikan adalah kualitas cahaya yang dihasilkan lampu, untuk itu peneliti menyarankan untuk membandingkan kualitas produk LHE berdasarkan kualitas cahayanya yang dibandingkan juga dengan tingkat serapan daya listrik diperlukan.

### DAFTAR PUSTAKA

Abang Razikin, Syaifurrahman, Jamhir Islami, "Perbandingan Unjuk Kerja Lampu Hemat Energi (LHE) Bergaransi dan Tidak Bergaransi", Jurnal ELKHA Vol. 4, No.1, Maret 2012

"Compact fluorescent lamp", [http://en.wikipedia.org/wiki/Compact\\_fluorescent\\_light\\_bulb](http://en.wikipedia.org/wiki/Compact_fluorescent_light_bulb)

Dugan, R., McGranaghan, Mark F., Santoso, S., Baety, H. Wayne, "Electrical Power System Quality", second edition, Mc. Graw Hill, 2004.

La Rosa, Fransisco C. De, "Harmonics and Power Systems", Taylor & Francis Group, 2006.

Lighting Choices to Save You Money  
Department of Energy,  
<http://energy.gov/energysaver/articles/lighting-choices-save-you-money>

Suryanto, "Delapan Perusahaan Bersaing Bagikan Lampu Gratis", <http://www.antaraneews.com/ekonomi/edukasi-bisnis>