

IDENTIFIKASI KUALITAS DAYA BEBAN LISTRIK RUMAH TANGGA

Aksan, Satriani Said¹⁾, Sulhan Bone¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

The purpose of the study was conducted to identify the quality of household electrical load power. To choose electrical loads that have power quality according to the IEEE 519-1992 standard. Electricity quality is an electrical problem in the form of voltage, current and frequency distortion which results in failure or misoperation in household electrical loads. Poor power quality must be reduced in a preventive and curative way. The preventive approach is usually carried out on non-linear electrical loads while the curative approach is carried out on the quality of power that has flowed into the electric power system. Curative approach is carried out using filters and reorganization of electricity networks. Research is needed on identifying the quality of household electrical load power, so as to reduce current distortion, voltage and reduce power losses due to non-linear loads, using filters or without filter installation. Certain harmonics can be reduced in amplitude to the level that conforms to the IEEE 519-1992 standard, namely Total Harmonic Distortion Current (THDi) by 15%, Total Harmonic Distortion Voltage (THDv) by 5%, power factor by 85% and frequency by 50 Hz

Keyword: *Electric load, Household, Harmonics, Filters, Power quality*

I. PENDAHULUAN

Pada sektor perumahan banyak menggunakan peralatan-peralatan listrik (beban listrik) untuk keperluan rumah tangga seperti lampu hemat energi, lampu LED, lampu pijar, lampu TL, AC, Kulkas, televisi, computer/laptop, rice cooker, kipas angin, mesin air, mesin cuci, dan lain sebagainya. Sebagian besar beban listrik ini menggunakan komponen-komponen elektronika (semikonduktor) sebagai perangkat penyearah dan perangkat kendali beban. Beban listrik yang mengandung komponen elektronika ini merupakan beban non linier dan akan menimbulkan permasalahan baru yaitu terjadinya harmonisa pada system tenaga listrik. Harmonisa ini dapat menyebabkan bentuk gelombang arus dan tegangan menjadi cacat dan tidak sinusoidal lagi, sehingga akan berakibat pada bertambahnya rugi-rugi daya, menurunkan factor daya, bervariasinya nilai frekuensi di bawah atau di atas frekuensi standar 50 Hz, menimbulkan panas yang berlebihan yang dapat merusak peralatan.

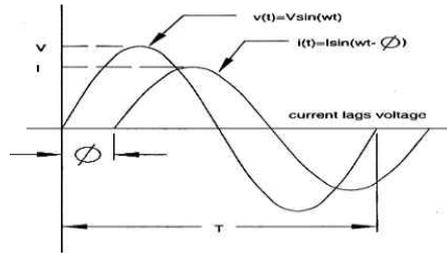
Kualitas daya listrik yang buruk maka akan mengganggu kinerja system tenaga listrik seperti sering terjadi kuantinyuitas pelayanan, hubung singkat, potensi kebakaran, pemborosan pembayaran rekening listrik, kerusakan pada alat-alat elektronika dan sebagainya. Saat ini untuk mengurangi efek harmonisa yang ditimbulkan oleh beban non linier yaitu dengan metode pemasangan filter dimana komponen utama filter adalah komponen R, L, atau C, disisi lain beban listrik yang umum digunakan terdapat beban-beban yang bersifat resistif (R) dan induktif (L). Efek pemasangan filter ini sangat mempengaruhi kualitas daya system tenaga listrik. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian mengenai identifikasi kualitas daya beban listrik rumah tangga.

1.1. Beban Listrik

Pada system tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Sedangkan frekuensi yang digunakan didalam penyaluran daya listrik menggunakan frekuensi tunggal dan konstan serta pada tegangan tertentu yaitu frekuensi 50 Hz dan tegangan 220 Volt.

1.1.1. Beban Linier

Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk keluarannya linier, artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangannya. Gelombang arus yang dihasilkan oleh beban linier akan sama dengan bentuk gelombang tegangan. Beberapa contoh beban linier yang resistif adalah lampu pijar, pemanas, motor induksi kecepatan konstan, setrika listrik, motor sinkron, rice cooker, dan lain-lain. Apabila beban-beban linier dihubungkan dengan sumber tegangan sinusoidal, maka bentuk gelombang arus dan tegangan yang terjadi ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Gelombang arus dan tegangan

Sedangkan spektrum arus harmonisa pada beban linier yang terjadi pada frekuensi fundamental seperti ditunjukkan pada gambar 2.



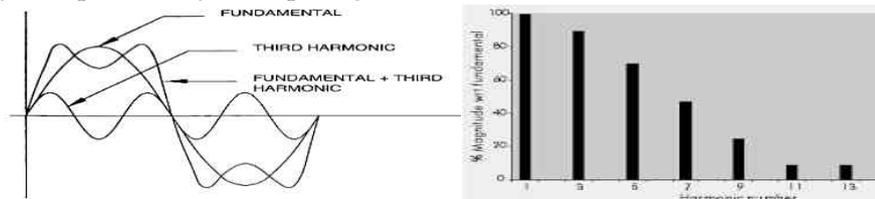
Gambar 2. Spektrum arus harmonisa beban linier

1.1.2. Beban Non Linier

Beban non linier adalah beban yang impedansinya tidak konstan dalam setiap periode tegangan masukan. Dengan impedansinya yang tidak konstan, maka arus yang dihasilkan tidak berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan. Beban non linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semikonduktor, 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 semikonduktor dalam peralatan elektronik. Beberapa copntoh beban non linier untuk keperluan rumah tangga dan industry sebagai berikut :

- Peralatan dengan ferromagnetic (transformator, ballast magnetic, motor induksi)
- Peralatan yang menggunakan busur api listrik (mesin las, *electric arc furnace, induction furnace*)
- Konverter elektronik (penyearah, *charge*, ballast elektronik)

Apabila beban-beban non linier dihubungkan dengan sumber tegangan sinusoidal, maka gelombang arus dan tegangan yang terjadi seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Bentuk gelombang fundamental,harmonic dan spektrum harmonisa

1.2. Kualitas Daya Listrik

Dalam kehidupan sehari-hari peranan tenaga listrik sangatlah penting, baik untuk keperluan industry, keperluan social maupun keperluan konsumen rumah tangga lainnya. Kualitas daya listrik yang baik merupakan tuntutan komsumen tenaga listrik. Permasalahn dalam kualitas daya berhubungan dengan semua permasalahan daya listrik, berupa penyimpangan nilai tegangan, arus dan frekuensi dari kondisi normalnya yang dapat menyebabkan buruknya kinerja peralatan listrik konsumen atau berdampak kualitas system tenaga listrik.

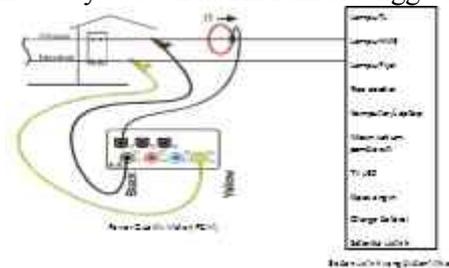
Kualitas daya menjadi lebih penting karena peralatan listrik (beban listrik) semakin sensitive terhadap fluktuasi tegangan, arus dan frekuensi, dan peralatan ini juga memproduksi harmonic yang dapat menurunkan kualitas daya pada system tenaga. Ketidaksesuaian antara power supply dan peralatan listrik dapat menyebabkan kesalahan operasi peralatan pelanggan atau penurunan kualitas produk industry. Hal ini dapat berasal dari system kelistrikan internal pelanggan sendiri dan atau system kelistrikan eksternal atau pelanggan lain di sekitarnya atau karena penyebab alami. Beberapa factor yang mempengaruhi kualitas daya seperti di bawah ini : Transient tegangan, Gangguan (*interruption*), Penurunan tegangan (*sag*), Kenaikan tegangan (*swell*), Distorsi bentuk tegangan (*harmonic*), Fluktuasi tegangan, Variasi frekuensi

1.3. Standar Harmonik

Standar harmonic berdasarkan standar IEEE 519-1992, ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonic, yang pertama adalah batasan untuk harmonic arus dan yang kedua adalah batasan untuk harmonic tegangan. Untuk standar harmonic arus ditentukan oleh rasio ISC/IL, ISC adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan IL adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standar harmonic tegangan ditentukan oleh system yang dipakai. Standar Total Harmonik Distorsi arus (THDi) sebesar 15 % , Total Harmonik Distorsi tegangan (THDv) sebesar 5 % , Batasan factor daya sebesar 85 % dan frekuensi sebesar 50 Hz.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Pada penelitian ini ditempatkan variable pengumpulan data meliputi frekuensi system, factor daya system, tegangan system dan arus sistem. Dengan alat ukur PQM (*Power Quality Meter*) dapat mengukur data-data THDi, THDv dan menggambarkan bentuk gelombang arus dan tegangan serta spektrum arus harmonisa, sedangkan variabel bebasnya yaitu beban-beban listrik rumah tangga antara lain : lampu hemat energi, lampu TL, TV LED, laptop/computer, rice cooker, kipas angin, penyearah, seterika listrik serta peralatan elektronika lainnya. Adapun rangkaian pengukuran kualitas daya beban listrik rumah tangga ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian pengukuran identifikasi beban listrik

Pada pengukuran harmonic (kualitas daya) beban listrik rumah tangga, metode yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencatat langsung data-data dari manual book beban listrik rumah tangga yang digunakan pada saat penelitian ini.
2. Pengukuran dilakukan di laboratorium dan dirumah tinggal dengan pengukuran satu fasa. Alat ukur yang digunakan untuk pengambilan data penelitian ini adalah power quality analyzer (PQM), frekuensi meter, dan alat ukur multimeter.
3. Data yang akan diukur adalah tegangan, arus, daya, power factor, frekuensi, THD tegangan (%), THD arus (%), spektrum harmonic, bentuk gelombang tegangan dan arus
4. Pengukuran dilakukan untuk masing-masing beban listrik rumah tangga. Hasil identifikasi beban listrik rumah tangga yang mempunyai kualitas daya listrik yang buruk akan direduksi dengan menggunakan filter agar kualitas daya menjadi lebih baik sesuai standar IEEE 519-1992.
5. Analisis hasil identifikasi kualitas beban listrik rumah tangga dan reduksi harmonisa (perbaikan kualitas daya) dengan menggunakan filter.
6. Pembuatan laporan kemajuan, laporan akhir dan jurnal yang terakreditasi.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Peralatan Listrik Rumah Tangga

Metode yang digunakan pada pengambilan data kualitas daya listrik peralatan rumah tangga ini adalah dengan memasang langsung peralatan ukur *power quality analyzer* pada bagian masukan panel listrik rumah tangga tersebut, sehingga *power quality analyzer* hanya mengambil data kualitas daya peralatan tersebut tanpa terpengaruh oleh peralatan lainnya. Adapun rangkaian yang digunakan untuk pengambilan data kualitas peralatan rumah tangga seperti ditunjukkan pada gambar 5.

Pengujian dilakukan pada beban rumah tangga dengan kapasitas daya terpasang sebesar 1300 VA. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas daya listrik masing-masing peralatan listrik rumah tangga atau gabungan beberapa peralatan listrik rumah tangga. Adapun beberapa peralatan listrik rumah tangga yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Peralatan listrik rumah tangga

Beban Listrik Rumah Tangga		Daya Beban (Watt)	Jumlah (Unit)
Jenis beban	Beban Terpakai		
Beban Linier	Air Conditioner	708	1
	Kulkas	120	1
	Seterika listrik	75	1
	Pompa air	240	1
	Mesin Cuci	300	1
	Blender	195	1
	Mixer	60	1
	Lampu pijar	100	1
Beban Non Linier	TV LED	75	1
	Dispenser	18	1
	Lampu LHE	20	1
	Lampu LED	15	1

3.2. Pengukuran Kualitas daya Peralatan Listrik Rumah Tangga Sebelum Pemasangan Filter

Metode pengujian yang dilakukan yaitu memasang *power quality analyzer* pada bagian masukan panel listrik rumah tangga seperti ditunjukkan pada gambar 11. Adapun data data kualitas daya beban rumah yang akan diukur untuk menentukan standar atau tidak standar kualitas daya beban listrik rumah tangga adalah tegangan, arus, power factor, THD tegangan (%), THD arus (%) dari masing-masing / kombinasi beban listrik rumah tangga. Hasil pengukuran kualitas daya beban rumah tangga ditunjukkan pada tabel 4 berikut ini :

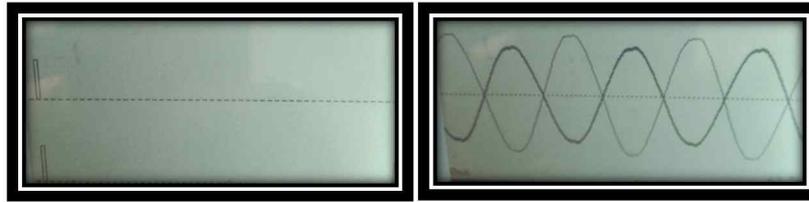
Tabel 4. Hasil pengukuran kualitas daya beban listrik rumah tangga sebelum pemasangan filter

No	Beban Listrik Rumah tangga		Hasil Pengukuran Kualitas Daya				
	Jenis beban	Beban Terpakai	Tegangan (V)	Arus (I)	Faktor Daya	THD-I (%)	THD – V (%)
1	Beban Linier	Air Conditioner	226,9	3,07	+0,96	18,4	1,6
2		Kulkas	233,34	0,79	+0,56	118	1,7
3		Seterika listrik	230,4	1,9	1	5,5	1,7
4		Pompa air	228,8	1,46	+0,89	16,2	1,6
5		Mesin Cuci	225	2,1	0,44	59,8	1,7
6		Blender	231,5	0,98	0,86	55	1,8
7		Mixer	224,7	0,25	0,94	17,2	1,7
8		Lampu pijar	224,8	0,420	0,96	12,4	1,3
9	Beban Non Linier	TV LED	232,5	0,351	0,89	27,5	1,8
10		Dispenser	228,4	1,7	0,99	103	1,7
11		Lampu LHE	225,1	0,105	-0,46	108,8	1,3
12		Lampu LED	233,1	0,09	0,44	104	1,8

Berdasarkan hasil pengukuran *power quality analyzer* yang ditunjukkan pada tabel 4 bahwa semua peralatan listrik rumah tangga kecuali pemanas air mempunyai THD-Tegangan dibawah 5% dan THD-Arus beberapa peralatan seperti kulkas, pemanas air, seterika dibawah 5%, peralatan LED TV, Mixer, Air Conditioner, lampu pijar THD-Arus dibawah 8%, dan peralatan Lampu LHE, Lampu LED, mesin cuci, dan blender mempunyai THD-I di atas 8%. Peralatan listrik rumah tangga yang mempunyai THD-Tegangan dan THD-Arus dibawah 5% berarti masih sesuai standar menurut IEEE 519-1992. Hal ini menunjukkan bahwa peralatan listrik rumah tangga tersebut mempunyai kualitas daya yang sesuai standar dan aman untuk digunakan karena tidak menghasilkan harmonisa yang dapat mempengaruhi system kelistrikan sumber PLN.

3.2.1. Spektrum Analiser Jenis Beban Linier

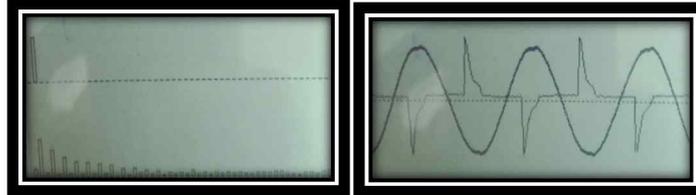
Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan sesuai tabel 4 tersebut diperoleh spektrum analiser dalam bentuk gelombang dan harmonisa dalam bentuk gelombang kotak seperti gambar 5. Jenis beban linier yang digunakan adalah beban lampu pijar.



Gambar 5. Spektrum analiser jenis beban linier

3.2.2. Spektrum Analiser Jenis Beban Non Linier

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan sesuai tabel 4 tersebut diperoleh spektrum analiser dalam bentuk gelombang dan harmonisa dalam bentuk gelombang kotak seperti gambar 6. Jenis beban non linier yang digunakan adalah beban lampu hemat energi (LHE).



Gambar 6. Spektrum analiser jenis beban non linier

3.3. Pengukuran Kualitas daya Peralatan Listrik Rumah Tangga Setelah Pemasangan Filter

Metode pengujian yang dilakukan yaitu memasang filter kapasitor pada jaringan instalasi rumah tangga pada salah satu stop kontak , Adapun data data kualitas daya beban rumah yang diukur untuk menentukan standar atau tidak standar kualitas daya beban listrik rumah tangga adalah tegangan, arus, power factor, THD tegangan (%), THD arus (%) dari masing-masing / kombinasi beban listrik rumah tangga. Hasil pengukuran kualitas daya beban rumah tangga ditunjukkan pada tabel 5 berikut ini :

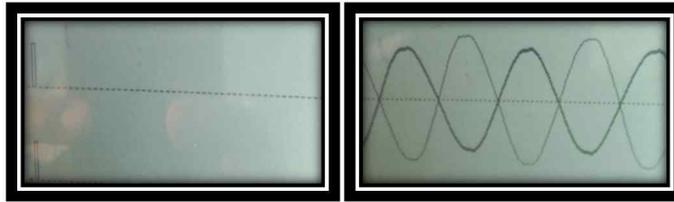
Tabel 5. Hasil pengukuran kualitas daya beban listrik rumah tangga setelah pemasangan filter

No	Beban Listrik Rumah Tangga		Hasil Pengukuran Kualitas Daya				
	Jenis beban	Beban Terpakai	Tegangan (V)	Arus (I)	Faktor Daya	THD-I (%)	THD – V (%)
1	Beban Linier	Air Conditioner	227,2	3,06	0,96	18,4	1,6
2		Kulkas	233,7	0,94	0,48	25,9	1,8
3		Seterika listrik	231,3	2,5	0,2	9,6	1,8
4		Pompa air	228,8	1,4	0,72	18,2	1,7
5		Mesin Cuci	225	2,0	0,67	25,8	1,7
6		Blender	231,5	1,7	0,48	31,9	1,9
7		Mixer	224,7	0,25	0,94	17,2	1,7
8		Lampu pijar	225	0,426	1	12,4	1,3
9	Beban Non Linier	TV LED	232,2	1,6	0,2	16,8	1,8
10		Dispenser	231,4	1,476	0,05	17,1	1,8
11		Lampu LHE	224,7	0,156	-0,56	125	1,4
12		Lampu LED	232,5	1,5	0,04	16,2	1,8

Berdasarkan hasil pengukuran *power quality analyzer* setelah dilakukan pemasangan filter yang ditunjukkan pada tabel 5 bahwa semua peralatan listrik rumah tangga mengalami perubahan hasil pengukuran terutama THD-I, Faktor daya, dan besar arus yang mengalir. Beberapa peralatan listrik seperti Air Conditioner dan lampu pijar tidak mengalami perubahan yang mendasar. Perubahan yang tampak berubah terutama pada THD-I dan factor daya, dengan pemasangan filter ini THD-I dan factor daya semakin baik mendekati nilai standar THD-I yaitu sebesar 5% dan factor daya semakin bernilai positif. Semua peralatan listrik rumah tangga mempunyai THD-Tegangan dibawah 5%

3.3.1. Spektrum Analiser Jenis Beban Linier Setelah Pemasangan Filter

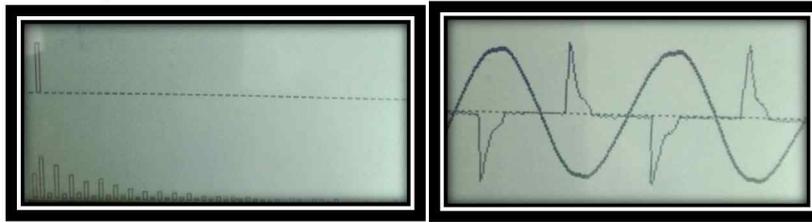
Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan sesuai tabel 5 tersebut diperoleh spektrum analiser dalam bentuk gelombang dan harmonisa dalam bentuk gelombang kotak seperti gambar 7. Jenis beban yang linier yang digunakan adalah beban lampu pijar. Hal ini menunjukkan bahwa beban lampu pijar tidak mengalami perubahan / distorsi kualitas daya.



Gambar 7. Spektrum analiser jenis beban linier setelah pemasangan filter

3.3.2. Spektrum Analiser Jenis Beban Non Linier Setelah Pemasangan Filter

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan sesuai tabel 5 tersebut diperoleh spektrum analiser dalam bentuk gelombang dan harmonisa dalam bentuk gelombang kotak seperti gambar 8. Jenis beban non linier yang digunakan adalah beban lampu hemat energi (LHE). Perubahan yang terjadi yaitu adanya kenaikan nilai THD-I dari 108% menjadi 125 %, factor daya dari nilai -0,46 menjadi -0,56, dan arus beban dari nilai 0,105 A menjadi 0,156 A



Gambar 8. Spektrum analiser jenis beban non linier setelah pemasangan filter

3.4. Hasil Identifikasi Kualitas Daya Beban Listrik Rumah Tangga

Untuk mengidentifikasi adanya harmonic pada system kelistrikan dapat diketahui melalui langkah-langkah sebagai berikut : Identifikasi jenis beban, Pengukuran kualitas daya (THD-I ,THD-V, dan spektrum analiser), Pemeriksaan transformator, Pemeriksaan tegangan netral tanah. Identifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah identifikasi jenis beban dan pengukuran kualitas daya (THD-I ,THD-V, dan spektrum analiser). Beberapa peralatan listrik rumah tangga mempunyai nilai THD-I dan THD-V tidak sesuai standar menurut IEEE 519-1992 dan spektrum gelombang arus mengalami distorsi atau pergeseran sudut fasa. Hasil identifikasi pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 6 di bawah ini :

Tabel 6. Hasil identifikasi kualitas daya peralatan listrik rumah tangga

No	Beban Listrik Rumah Tangga		Kualitas Daya Sebelum Pemasangan Filter		Kualitas Daya Setelah Pemasangan Filter		Keterangan
	Jenis beban	Beban Terpakai	THD-I %	THD-V %	THD-I %	THD-V %	
1		Air Conditioner	18,4	1,6	18,4	1,6	Kualitas daya tetap
2	Beban Linier	Kulkas	118	1,7	25,9	1,8	Perbaikan kualitas daya
3		Seterika listrik	5,5	1,7	9,6	1,8	Penurunan kualitas daya
4		Pompa air	16,2	1,6	18,2	1,7	Penurunan kualitas daya
5		Mesin Cuci	59,8	1,7	25,8	1,7	Perbaikan kualitas daya
6		Blender	55	1,8	31,9	1,9	Perbaikan kualitas daya
7		Mixer	17,2	1,7	17,2	1,7	Kualitas daya tetap
8		Lampu pijar	12,4	1,3	12,4	1,3	Kualitas daya tetap
9		TV LED	27,5	1,8	16,8	1,8	Perbaikan kualitas daya
10	Beban Non Linier	Dispenser	103	1,7	17,1	1,8	Perbaikan kualitas daya
11		Lampu LHE	108,8	1,3	125	1,4	Penurunan kualitas daya
12		Lampu LED	104	1,8	16,2	1,8	Perbaikan kualitas daya

Berdasarkan tabel 6 hasil identifikasi kualitas daya beban listrik rumah tangga diperoleh beberapa beban listrik rumah tangga sebelum dan setelah pemasangan filter mengalami perubahan kualitas daya antara lain :

- a. Terjadi penurunan kualitas daya pada beban lampu LHE, seterika listrik, dan pompa air.

- b. Terjadi perbaikan kualitas daya pada beban Lampu LED, kulkas, mesin cuci, Dispenser, TV LED, dan Blender.
- c. Terjadi kestabilan kualitas daya pada beban air conditioner, mixer.

IV. KESIMPULAN

- 5.1. Beban listrik rumah tangga terdiri dari jenis beban linier dan non linier. Beban listrik linier mengandung komponen pasif yaitu resistif, kapasitor, dan inductor, sedangkan beban listrik non linier mengandung komponen pasif resistif, inductor, kapasitif dan komponen-komponen aktif antara lain : diode, transistor, op-amp dan lainnya.
- 5.2. Hasil identifikasi kualitas daya listrik beban rumah tangga menunjukkan bahwa beban listrik yang mengalami penurunan kualitas daya akan mempunyai bentuk gelombang arus yang terdistorsi, nilai THD-I semakin besar, dan penurunan factor daya.
- 5.3. Hasil identifikasi kualitas daya listrik beban rumah tangga menunjukkan bahwa beban listrik yang mengalami perbaikan kualitas daya akan mempunyai bentuk gelombang arus yang tidak terdistorsi, nilai THD-I semakin kecil, dan peningkatan factor daya sama dengan nilai 1..

V. DAFTAR PUSTAKA

- Assaffat, Luqman, , “ Tingkat Harmonisa pada lampu essential yang berbeda Merk “ Media Elekrika, Vol 3 No 1.Semarang, 2010.
- Gardy Santoso,“Understanding Power System Harmonics”, <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener25.html>, 2004
- Ned Mohan, “ Power Electronic Converter, Application and Design” New York, Jhon Wiley & Sons, p.412, 1994
- Sankaran C, “ Power Quality” USA CRC Press LLC, 2002
- Soewono, Soetjipto, ” Kualitas Daya Listrik”, Bahan Ajar, 2015