ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI CATU TEGANGAN TERHADAP KUALITAS DAYA, KONSUMSI DAYA, DAN INTENSTAS CAHAYA LAMPU HEMAT ENERGI (LED)

Joko Laksono, Sapto Nisworo, Deria Pravitasari
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNIVERSITAS TIDAR
Jln. Kapten S. Parman No. 39 Magelang 56116 INDONESIA

Inovasi pada bidang penerangan mengalami kemajuan dilihat pada konsumsi lampu pijar serta lampu TL beralih menggunakan lampu hemat energi yaitu berupa *compact fluorescent lamp* (CFL) dan lampu *light emiting diode* (LED). Dibandingkan dengan lampu pijar, CFL, dan TL, lampu LED dianggap lebih menguntungkan karena lampu LED mampu menghasilkan lumen yang tinggi dengan konsumsi daya lebih rendah, namun lampu LED adalah non-linear dan daya elektronik berbasis beban, yang menyuntikkan arus harmonik dan menarik daya reaktif. Molina dkk (2016) menjelaskan kebijakan penghematan energi telah mendorong penggunaan lampu *light emitting diode* (LED) sebagai peralatan penerangan hemat daya pada beban perumahan. Lampu led secara evisiensi memang baik namun lampu menyebabkan beban non linier yang menyebabkan penurunan kualitas daya.

Kata kunci : Lampu LHE LED, beban non linier, kualitas daya, lumen.

I. . PENDAHULUAN

Stadi kasus beban hunian di Jawa Tengah memiliki presentase total peralatan beban hunian rumah berada di kisaran 37,94% hingga 66%. Milainya mencapai 7 samapi 11 kali lipat dari standar IEE 591-2014. Nilai THD bean penerangan lampu pijar relatif lebih kecil berkisar 4% berada medekati standar namun kini sudah ditingalkan oleh masyarakat dan beralih ke LED, dengan mengacu standar IEE 591-2014 arus harmonik di perumahan layak diperhitunkan. (Sapto Nisworo dan Deria Pavitasari, 2017.

Penelitian Ayaz dkk (2019) menjelaskan bahwa semua lampu LED mempunyai faktor daya yaitu lebih besar dari 0,95 pada saat menghasilkan cahaya optimal, penurunan faktor daya bersamaan dengan penurunan cahaya yang dihasilkan. Sedangkan nilai harmonik berada dibawah batas THD dan nilai THD menurun saat lampu LED redup, karena daya yang mengalir ke lampu LED menurun.

Menurut penelitian Abdalaal dan Carl (2017) dijelaskan bahwa banyak kelebihan yang dimiliki lampu LED, namun juga terdapat efek samping negatif pada sisi penyedia listrik dan konsumen. Dari sisi penyedia listrik efek harmonik merugikan, sebab penggunaan listrik akan bertambah namun tidak tercatat pada alat ukur pemakaian listrik. Dari sisi konsumen efek harmonik menimbulkan pengurangan waktu umur peralatan listrik, serta *overhead* pada peralatan tertentu.

Berdasarkan penelitian lampu hemat energi LED terdahulu ketahui bahwa lampu LED merupakan beban non linier yang menyuntikkan arus harmonik dan menarik daya reaktif. Sudah banyak yang melakukan penelitian yang berkaitan dengan harmonik yang ditimbulkan lampu LED. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian analisis fluktuasi catu tegangan terhadap kualitas daya konsumsi daya dan intensitas cahaya pada lampu LED.

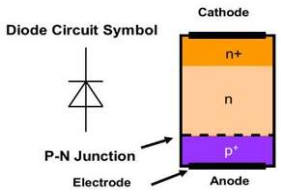
II. LANDASAN TEORI

Penggunaan lampu LED dari hari ke hari semakin meningkat, karena memilki efisiensi yang lebih unggul jika di bandingkan lampu lain kini lampu LED menjadi peralatan pencahayaan yang sering digunakan. Dari berbagai keunggulanya lampu LED memiliki kekurangan sensitive terhadap perubahan tegangan masukan dan memiliki batas tegangan kerja. Perubahan tegangan masukan pada LED secara kasat mata akan berdampak pada luminitas cahaya yang

dihasilkan. Selain itu akan berdampak pada kualitas daya yaitu nilai harmonik dan faktor daya yang di suntikan LED ke tenaga listrik.

Kualitas daya adalah gambaran mutu daya listrik pada sistem kelistrikan. Suatu sistem tenaga listrik dapat dinyatakan memiliki kualitas yang baik apabila arus, tegangan, dan frekuensinya konstan serta harmonik dan faktor dayanya sesuai standar, namun pada kenyataannya tidak selalu demikian (Cumentas, Waluyo, & Hariyanto, 2013). Fluktuasi catu tegangan adalah gangguan perubahan tegangan bersifat sistematis/ merupakan proses rangkaian perubahan tegangan yang terjadi acak, magnitude tegangan yang mempunyai hasil tidak semestinya atau diluar ANSI C84.1 senilai 0,9 hingga 1,1 pu (Dugan, 2004). Berdasarkan IEC 61000-2-1 fluktuasi tegangan berkarakteristik memiliki rangkaian yang acak dan fluktuasi terjadi secara terus menerus. Beban berubah dengan cepat dan menyebabkan arus besar sehingga mengakibatkan *flicker (*variasi tegangan) atau kedip tegangan. standar yang diterapkan SPLN tahun 1995 tentang tegangan standar yang tercantum dalam point 9 variasi pelayanan tegangan distribusi berkisar +5%, dan -10%. Jika tegangan listrik melebihi standar tersebut dapat dikatakan memiliki mutu yang buruk.

LED (*Light Emiting Dioda*) ialah peralatan semikonduktor dan dapat memancarkan cahaya. LED terdiri dari dua bagian yaknik bagian kutup P dan kutup N, kedua bagian ini kemudian disatukan membentuk hubungan P-N *junction* atau yang dikenal dengan dioda. Dioda merupakan pengertian dari 2 elektroda (anoda dan katoda) yang dibubungkan P-N pada dioda akan membentuk suatu bagian yanglebih positif (anoda) dan bagian yang lebih negatif (katoda).



Sumber (Bishob, 2005)

Ditinjau dari bahannya LED merupakan jenis diode yang termasuk dalam komponen aktif dan memiliki tegangan kerja yang harus di penuhi agar LED dapat menghasilkan cahaya maksimal. Diode berbahan germanium membutuhkan tegangan sebesar 0,3 volt dan pada semi konduktor dengan bahan silicon membutuhkan tegangan sebesar 0,7 volt, sebelum tegangan terpenuhi diode belum bisa berkerja (Bishob, 2005)

Faktor daya merupakan perbandingan dari daya aktif dan daya semu (C. Sankaran, 2002). Daya aktif dapat dipakaui untul mengoperasikan beban kepada pengguna tenaga listrik. Sedangkan daya semu diperoleh dari generator pembangkit yang ditransmisikan kepada konsumen tenaga listrik. Penambahan daya reaktif dapat menimbulkan turunya factor daya. Pemilihan beban listrik dan juga memasang kapasitor dapat digunakan untuk mengantisipasi penurunan dari factor daya.

Harmonik merupakan fenomena terbentuknya deret gelombang *sinusoida* dengan frekuensi tinggi yang berasal dari kelipatan frekuensi fundamentalnya. Apabila terjadi *superposisi* antara keduanya, maka frekuensi gelombang yang terdistorsi membentuk gelombang yang tidak sinusoida. Dalam IEEE (*Institude of Electrical* and *Electronics Engineers*) Std 519-2014 menjelaskan bahwa beban nonlinear yang terhubung ke sistem tenaga listrik mengubah sifat sinusoida arus. Kondisi resonansi ini dapat mempengaruhi tingkat tegangan harmonik dan distorsi arus. Gejala pembentukan gelombang nonsinusoidal periodik dari frekuensi fundamental f dapat dinyatakan sebagai jumlah fungsi *sinusoida* dari frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar. Konsep penyelesaian harmonik telah dituangkan dalam teori deret fourier yang dikemukakan oleh Joseph fourier. Tegangan sinusoidal atau fungsi arus yang bergantung pada waktu t sudah diformulasikan oleh C. Sankaran (2002) :

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dibawah ini merupakan data hasil pengukuran yang dilakukan di laboratorium universitas tidar. Pengukuran menggunakan beban lampu pijar 2 x 60W sebagai tambahan beban agar dapat tebaca oleh alat ukur. Lampu pijar di pasang paral dengan lampu LED sebesar 3W, 5W, 7W, 9W untuk merek mikhachi, Provi, Vosco dan 4W Kecil, 4W besar, 6W, 7W umtuk lampu Philips. Arus, daya semu, aktif, reaktif, lampu LED merupakan hasil pengurangan jumlah total dikurangi lampu lampu pijar.

Tabel 4. 1 Pengukuran Lampu Pijar

Daya lampu W	Tegangan masukan V	Arus I	Daya aktif W	Daya nyata VA	Daya reaktif VAR	Frekuensi HZ	Cos α	THDv F %	THDv R %	THDi F %	THDi R %
120	200	0,52	104	104	5	50	0,999	5,481595	3	0	2,4
	210	0,53	112	112	5	50	0,999	5,481595	3	0	2,4
	220	0,54	119	119	5	50	0,999	5,48248	3	0	2,4
	230	0,56	128	128	5	50	0,999	5,49995	3	0	2,4

Tabel di atas merupakan tabel pengukuran lampu pijar 2x 60w tanpa tambahan lampu LED. Dari hasil penelitian kualitas daya lampu pada lampu pijar memiliki nilai THDv R sebesar 3% atau tidak melebihi standart 5%. Sedangkan untuk nilai THDi memiliki nilai 2,4%. Cos phi 0,999 sangat bagus mendekati 1 dan nilai daya reaktif 5, cos phi dan daya reaktif memiliki keterhaitan terhadap konsumsi daya jika daya reaktif smakin besar dan cos phi menjaui angka 1 maka dapat dikatakan evisiensi smakin buruk.

		lampu led 3W				lampu led 5W			
Merek lampu	Tegangan masukan V	THDv F %	THDv R %	THDi F %	THDi R %	THDv F %	THDv R %	THDi F %	THDi R %
MIKACHI	200	4,827	3,2	0,137	4,1	5,07	3,1	0,33	5,4
MIKACHI	210	5,052	3,2	0,135	4	5,03	3,1	0,33	5,1
MIKACHI	220	5,161	3,2	0,134	3,8	5,11	3,1	0,32	4,9
MIKACHI	230	5,368	3,2	0,132	3,6	5,31	3,1	0,32	4,8
PROVI	200	6,244	3,2	0,194	4	5,93	3,1	0,64	4,5
PROVI	210	6,122	3,2	0,136	3,8	6,54	3,1	0,51	4,3
PROVI	220	5,887	3,2	0,134	3,6	4,51	3,1	0,51	4,2
PROVI	230	6,306	3,2	0,132	3,5	5,10	3,1	0,49	4
vosco	200	6,706	3,2	0,136	4,8	6,71	3,1	0,14	4,9
vosco	210	7,032	3,2	0,189	4,7	7,03	3,1	0,19	48
vosco	220	6,932	3,2	0,189	4,6	6,93	3,1	0,19	4,6
vosco	230	7,600	3,2	0,186	4,5	7,60	3,1	0,19	4,5
Philips	200	5,619	3,2	0,136	3,2	5,56	3,1	0,14	4
Philips	210	5,755	3,2	0,135	3	5,82	3,1	0,19	3,8
Philips	220	7,842	3,2	0,135	2,8	5,72	3,1	0,19	3,7
Philips	230	5,967	3,2	0,132	2,6	6,05	3,1	0,13	3,5

Tabel 4.2 dengan daya lampu 3 dan 5 w

Hasil penelitian untuk keempat merek lampu 3 watt memiliki nilai THDv R sama yaitu 3,2%. Sedangkan untuk nilai THDi R lampu philips memiliki nilai Thdi R sebesar 2,6-3,2. untuk lampu Mikachi 3,6 hingga 4,1, Untuk nilai ThDi R lampu provi sebesar 3,6 hingga 4,5 dan vosco memiliki nilai 4,5 hingga 4,8. Dari keempat lampu ini pula nilai THDi R juga tidak melebihi batas standart yang ditentukan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan untuk nilai THD yang baik pertama ialah philps, kemudian Mikachi, provi dan terakhir ialah vosco.

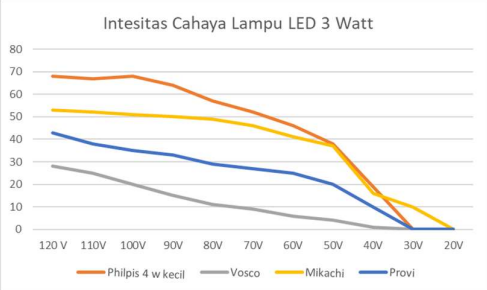
Berdasarkan hasil peneilitian untuk lampu 5 watt dari keempat merek lampu memiliki nilai THDv R yang sudah memenuhi standart yaitu tidak lebih dari 5% dimana nilai THDv R nya bernilai 3,1%. Sedangkan untuk nilai THDi R untuk merek Mikachi dengan tgangan masukan 200 dan 210 melebihi dari standart yaitu sebesar 5,4 dan 5,1%. Sedangkan untuk ketiga lampu lainnya memiliki nilai THDi R tidak lebih dari 5% yaitu berada di angka 3,5% hingga 4,9%.

Tabel 4. 3 Pengukuran Lampu 5W

		lampu led 7W				lampu led 9W			
Merek lampu	Tegangan masukan V	THDv F %	THDv R %	THDi F %	THDi R %	THDv F %	THDv R %	THDi F %	THDi R %
MIKACHI	200	5,17	3,2	0,52	8	6,2	3,2	0,74	7,4
MIKACHI	210	5,48	3,2	0,42	7,7	6,20	3,2	0,74	7,1
MIKACHI	220	5,29	3,2	0,42	7,5	6,20	3,2	0,76	7
MIKACHI	230	5,77	3,2	0,45	7,3	6,59	3,2	0,77	6,8
PROVI	200	5,99	3,2	0,50	6,8	5,93	3,2	0,64	8
PROVI	210	6,23	3,2	0,419	6,6	6,54	3,2	0,51	7,7
PROVI	220	6,18	3,2	0,415	6,4	4,51	3,2	0,51	7,5
PROVI	230	6,29	3,2	0,451	5,9	5,10	3,2	0,49	7,1
vosco	200	6,84	3,2	0,74	6,8	6,91	3,2	0,46	7
vosco	210	7,23	3,2	0,76	6,4	7,31	3,2	0,46	8
vosco	220	6,98	3,2	0,76	6,3	7,14	3,2	0,46	7,6
vosco	230	7,47	3,2	0,77	6,1	7,52	3,2	0,39	7,1
Philips	200	5,76	3,1	0,33	5,3	5,58	3,1	0,46	7,1
Philips	210	6,10	3,1	0,30	5,2	5,87	3,1	0,40	7
Philips	220	5,98	3,1	0,30	5,7	5,69	3,2	0,40	6,8
Philips	230	6,14	3,1	0,29	4,8	6,09	3,2	0,32	6,5

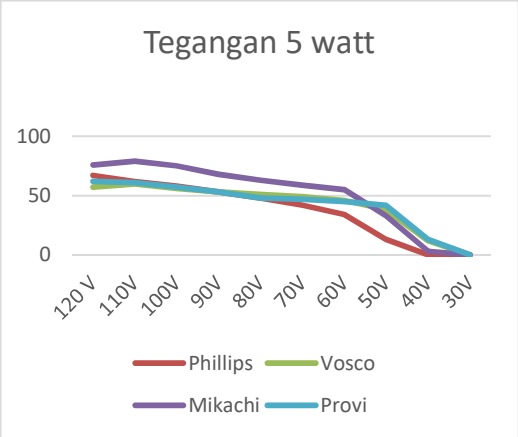
Dari hasil penelitian lampu 5 W dapat diketahui untuk nilai THDV r memiliki nilai 3,2% Untuk merek mikachi, provi dan vosco sedangkan merek philips sebesar 3,1 dari keemapt lampu ini juga dapat disimpulkan nilai THDvnya tidak melebih standar 5%. Sedangkan untuk nilai THDi Rnya untuk penilitian lampu 7 watt hanya lampu philips dengan tegangan 230 saja yang tidak melebihi standar yaitu sebesar 4,8%, sedangkan untuk sampel lainnya memiliki nilai lebih dari 5% dengan nilai paling tinggi 8% yaitu merek mikach

Dari hasil penelitian lampu 9W dapat diketahui dari keempat lampu memiliki nilai THDv R sebesar 3,1 dan 3,2 sehingga tidak melebihi dari standart 5%. Sedangkan untuk nilai THDi R untuk keempat merek lampu memiliki THD yang lebih dari standart yaitu berada diangka 6,8 hingga 8,4%.



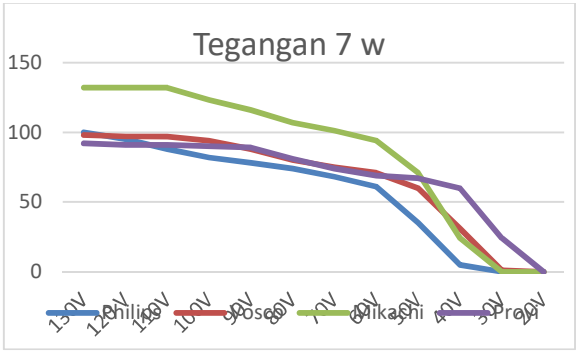
Grafik 4.4. Intesitas cahaya lampu 3 watt

Pada lampu led dengan daya 3 watt memiliki intesitas cahaya yang sangat bervariasi pada setiap merek. Pada Kurva diatas dapat diketahui Lampu Mikachi memiliki intesitas cahaya tertinggi lebih besar 10 lux dari Provi dan 20lux dari Vosco. Lampu Philips memanag memiliki intesitas cahaya yang lebih tinggi namun daya yang di serap lebih banyak.



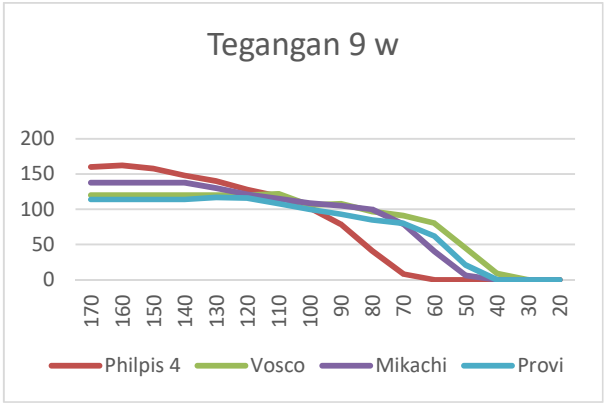
Grafik 4.5 Intesitas cahaya lampu 5 watt

Lampu mikachi memiliki banyak lumen dibanding lampu lainnya. Namun lampu philips memiliki daya lebih kecil dan intesitas cahaya yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan merek vosco dan provi.



Grafik 4.6 intesitas cahaya lampu 7 watt

Mikachi memilki interistas cahyaa paling tinggi sedangkan vosco dan provi Namun lampu Philips memilki daya hanya 6 wat akan tetapi jika dibandingkan dengan ketiga merek lampu lainnya tidak kalah memilki tingkat intesitas cahaya yang tinggi.



Grafik 4.7 Intesitas cahaya lampu 9 watt

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya intesitas cahaya pada 4 merek lampu LED yaitu Philips, Vosco, Mikachi dan Provi. Meskipun philips memilki daya yang paling rendah tetapi memilki intesitas cahaya paling tinggi.

IV. KESIMPULAN

Lampu led merupakan beban non linier yang menyuntikan arus harmonik dan menarik daya reaktif, hal tersebut benar terbukti dari perbedaaan nilai THDv dan THDi dan daya reaktif dari pengukuran lampu pijar 2 x 60w degan lampu pijar 2x 60w + lampu LED. Nilai nilai THDv dan THDi dan daya reaktif selalu lebih besar lampu pijar 2 x 60w degan lampu pijar 2x 60w + lampu LED. Besarnya nilai nilai

THDv dan THDi dan daya reaktif bervariasi, setiap daya lampu LED, merek lampu, tegangan masukan memiliki nilai berbeda.

nilai THDv yang ditarik lampu LED sangat kecil yaitu 0,1 - 0,2 %, nilai THDv tanpa lampu LED 3,0% menjadi 3,2% dan 3,1% nilai tersebut berada dibawah standar THDv ya itu 5%. nilai THDi yang di tarik lampu LED lebih besar yaitu antara 0,2%-5,6%, nilai THDi lampu pijar 2,4% menjadi 3,6% - 8% nilai diatas 5% melebihi standar THDi.

DAFTAR PUSTAKA

Lin, Shunfu., Nana, Huang., and Mingxing, Zhu., 2016, The Study Of The Power Quality Emission Characteristics Of Different Types Of Lamps And Their Impacts On Distribution Systems, College of Electrical Engineering : Shanghai University of Electric Power Shanghai China, 978-1-4673-8644-9/16/IEEE;

Mass Clarence J Kettler Lenox,1971, Voltage Regulator With Zero Current Static Switching Between Taps for a Regulator Transformer, United States Patent.

Molina, Julio; Mesas, Juan Jose; Mesbahi, Nadhir; Sainz, Luis; 2017; LED Lamp modelling for harmonik studies in distribution system; IET Gener. Transm. Distrib., 2017, Vol. 11, Iss. 4, pp. 1063-1071; IEEE Scopus Indexed;

Natalius, Antonov, 2013, Pengaruh Perubahan Tegangan Sumber Terhadap Karakteristik Faktor Daya Pada Lampu Hemat Energi, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang.

Ning, L.I.; Cao Yujie; Zhang Bo; Liu Chuang, Li Shuaihu; 2019; A high power factor LED constant curret Drive Method With Variable On-Time Control; 978-1-5386-9490-9/19/2019 IEEE, Scopus Indexed;

Nisworo, Sapto., dan Deria Pravitasari. 2017. Audit of Harmonic on Residential Loads in Central Java. 978-1-5386-3947-4/17/$31.00 2017 IEEE