

DESAIN DAN IMPLEMENTASI LAMPU LED MENGGUNAKAN FILTER LOW PASS BERSTANDAR IEC61000-3-2 KELAS C

(DESIGN AND IMPLEMENTATION OF LED LAMPS USING LOW PASS FILTER BASE ON IEC61000-3-2 CLASS C STANDARD)

Lukman Pradita¹, Ekki Kurniawan,ST.,MT², Cahyantari Ekaputri,ST.,MT³

¹Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

lpradita0@gmail.com¹, ekkekurniawan2012@gmail.com², cahyantarie@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

EMC (Electromagnetic Compatibility) adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari emisi dan kekebalan peralatan elektronika agar dapat berfungsi sesuai dengan yang dikehendaki di lingkungan medan elektromagnetik. Perlunya peningkatan kualitas daya adalah karena adanya efek harmonik yang merusak di sepanjang pendistribusian daya listrik baik dari sisi penyuplai maupun disisi pemakai. Masalah harmonik pada sistem tenaga listrik semakin kompleks dengan bertambahnya penggunaan beban non-linier seperti LED dimana penggunaan beban ini menghasilkan harmonik pada arus dan tegangan. Salah satu cara untuk meningkatkan kekebalan dan keandalan peralatan elektronika adalah dengan menurunkan harmonik dan meningkatkan nilai faktor daya dengan cara pemasangan filter pasif. Untuk mengatasi masalah ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada sistem sistem agar sesuai dengan standar IEC 61000-3-2 class C..

Penelitian ini bermaksud untuk merancang lampu LED dengan standar IEC 61000-3-2 untuk mengoptimalkan nilai harmonik arus orde ke-3 pada perangkat lampu LED 5 W dengan perangkat *on/off* wireless menggunakan platform Blynk dengan modul ESP8266 sebagai penghubung perangkat keras dengan internet. Filter yang akan di implementasikan terdiri dari filter pasif *low pass* menggunakan komponen L dan C yang akan dipasang pada tegangan 20V AC. Metode penelitian meliputi tinjauan pustaka, perancangan, simulasi, implementasi, pengukuran dan analisis. Perancangan dan simulasi filter menggunakan perangkat lunak LTspice..

Hasil dari beberapa pengujian yang dilakukan, driver lampu LED menggunakan LM317 mampu mengeluarkan rata-rata arus sebesar 265mA, daya 4,04W, tegangan 15,25V. Filter harmonik *low pass* yang digunakan mampu menurunkan nilai THDi sebesar 17,73 % dan pada HDi ke-3 sebesar 14.7%. Perangkat IoT yang dirancang yaitu kontrol *on/off* perangkat dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan 100% dalam pengujian kerjanya

Kata Kunci : EMC, filter harmonik, IoT

ABSTRACT

EMC (Electromagnetic Compatibility) is a branch of science that studies the emissions and immunity of electronic equipment so that it can function in accordance with the desired environment of electromagnetic fields. The need for improved power quality is due to the destructive harmonic effect along the distribution of electrical power both from the supplier side and the user side. Harmonic problems in the electric power system are increasingly complex with the increasing use of non-linear loads such as LEDs where the use of this load produces harmonics in current and voltage. One way to increase immunity and reliability of electronic equipment is to reduce harmonics and increase the power factor passive filter installation. To overcome this problem further research needs to be carried out on system systems to conform to the IEC 61000-3-2 class C standard.

This study intends to design LED lights with the standard IEC 61000-3-2 to optimize the value of current harmonics and power factors in the 5W LED light device with wireless *on / off* devices using the Blynk platform with ESP 8266 module as a hardware Interface with the internet in order to remote control. The filter that will be implemented consists of a passive Low pass filter using L and C components that will be installed at a voltage of 20 V AC. Research methods include literature review, design, simulation, implementation, measurement and analysis. Filter design and simulation will be made using Lt Spice software.

The results of several tests carried out, the LED light driver using LM317 is able to issue an average current of 265mA, power of 4.04W, voltage of 15.25V. The low pass harmonic filter used is able to reduce the THDi value by 17.73% and the third HDi by 14.7%. IoT devices that are designed, namely control *on / off* the device can work with a 100% success rate in testing.harmonic filter.

Keywords: EMC, harmonic filter, IoT

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya penggunaan lampu LED sebagai sistem penerangan di Indonesia semakin pesat. Hal ini dikarenakan lampu LED dinilai lebih efisien dari segi daya, biaya, serta lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan lampu Compact Fluorescent Lamp (CFL) dan pijar yang umum dipakai. Namun, lampu LED memiliki kekurangan yang tidak kasat mata yakni menghasilkan arus harmonik yang cukup tinggi

Harmonik adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Beban non linier (lampu, kipas angin, televisi, setrika dll) yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang banyak terdapat komponen semikonduktor, dalam proses kerjanya akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Setiap komponen sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh harmonik walaupun dengan akibat yang berbeda. Namun demikian komponen tersebut akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan.

Untuk mengatasi masalah ini perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan EMC (Electromagnetic compatibility) sistem. Dalam penelitian ini dilakukan upaya untuk merancang lampu LED beserta filter harmonik untuk mereduksi gangguan tersebut agar sesuai dengan standar IEC 61000-3-2 class C dengan display dan kontrol berbasis *Internet of Things* untuk kemudahan akses data.

1.2 Tujuan

1. Merancang lampu LED 5 watt menggunakan voltage regulator LM317
2. Merancang dan mengimplementasikan filter harmonik jenis *low pass* dengan frekuensi 150Hz untuk memaksimalkan harmonik orde ke-3 menurut standar IEC61000-3-2
3. Merancang perangkat display dan kontrol *on/off* pada lampu LED menggunakan platform Blynk supaya dapat dikontrol jarak jauh.

2. Tinjauan Pustaka

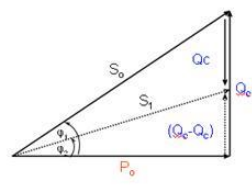
2.1. Konsep Daya

Dalam sistem listrik AC/Arus Bolak-Balik ada tiga jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu:

1. Daya semu (S , VA, Volt Amper)
2. Daya aktif (P , W, Watt)
3. Daya reaktif (Q , VAR, Volt Amper Reaktif)

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang tegangan dan arus sinus, besarnya daya setiap saat tidak sama[1]. Daya semu dengan simbol S merupakan daya sebenarnya yang disuplai oleh PLN, yang merupakan resultan daya antara daya aktif dan daya reaktif. Daya aktif dengan simbol P adalah daya yang dipakai oleh komponen pasif resistor yang merupakan daya yang terpakai atau terserap. Sedangkan daya reaktif dengan simbol Q adalah daya yang muncul yang diakibatkan oleh komponen pasif di luar resistor yang merupakan daya rugi-rugi atau daya tidak diinginkan[17]. Konsep daya dapat dijelaskan melalui segitiga daya seperti pada Gambar II.1.

Gambar II.1 Segitiga Daya



Rumus Umum

$$P = V_{eff} \times I_{eff} \times \cos \theta \quad (2.1)$$

$$Q = V_{eff} \times I_{eff} \times \sin \theta \quad (2.2)$$

$$S = V_{eff} \times I_{eff} \quad (2.3)$$

$$Q_c = P_0(\tan \varphi_1 - \varphi_2) \quad (2.4)$$

Ada dua istilah yang terlibat dalam perhitungan faktor daya, $pf_{displacement}$ (pf_{disp}) dan $pf_{distortion}$ (pf_{dist}). $pf_{displacement}$ merupakan power faktor yang ditimbulkan akibat perbedaan fasa gelombang arus dan tegangan. Sedangkan $pf_{distortion}$ adalah power faktor yang ditimbulkan karena adanya THDi. Total faktor daya atau disebut juga pf_{total} yaitu hasil perkalian antara pf_{dist} dan pf_{disp} [18].

$$Pf_{distortion} = \frac{1}{\sqrt{(1+THDi)^2}} \quad (2.5)$$

$$Pf_{displacement} = \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (2.6)$$

$$Pf_{true} = Pf_{displacement} \times Pf_{distortion} \quad (2.7)$$

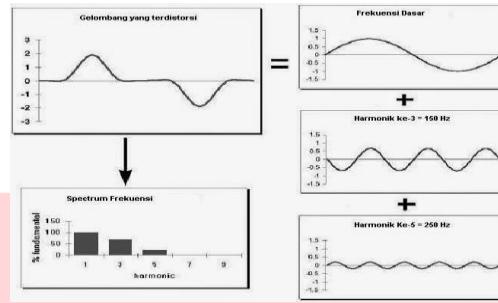
2.2. Harmonik

2.3.1. Distorsi Harmonik[3]

Pada dasarnya, gelombang tegangan dan arus yang ditransmisikan dan didistribusikan dari sumber ke beban berupa gelombang sinusoidal murni. Akan tetapi, pada proses transmisi dan distribusi ini terjadi berbagai macam gangguan sehingga bentuk gelombang tidak lagi sinusoidal murni. Salah satu fenomena penyimpangan bentuk gelombang sinusoidal ini adalah distorsi harmonik.

Harmonik adalah gejala pembentukan gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Bila terjadi superposisi antara gelombang frekuensi dasar dengan gelombang frekuensi harmonik maka terbentuklah gelombang yang terdistorsi sehingga bentuk

gelombang tidak lagi sinusoidal. Pembentukan gelombang non-sinusoidal hasil distorsi harmonik dapat dilihat pada gambar II.2 :



Gambar II.2 Pembentukan Gelombang Non-sinusoidal Hasil Distorsi Harmonik

2.3.2. Total Harmonik Distorsi (THD)

THD menyatakan besarnya distorsi yang ditimbulkan oleh semua komponen harmonik, dapat didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} i_h^2}}{i_1} \tag{2.8}$$

Keterangan:

THD_i = Total Harmonic Distortion

i_h = nilai rms arus harmonik ke-n

i_1 = nilai rms arus pada frekuensi dasar

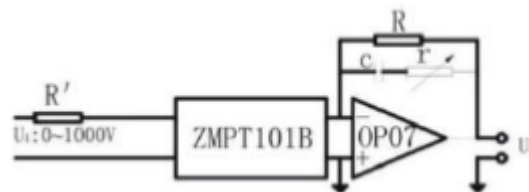
2.3. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian untuk mengukur tegangan AC adalah sensor tegangan ZMPT101B. Sensor ZMPT101B digunakan untuk mengukur tegangan listrik AC 1 fasa, pada sensor tersebut telah dilengkapi dengan *micro voltage transformer* yang di mana memiliki kelebihan dalam tingkat akurasi pengukuran tegangan. Gambar II-3 adalah gambar sensor tegangan ZMPT101B :



Gambar II.3 ZPT101B

Pada Gambar II.3 tampak tampilan modul sensor tegangan saja, berikut gambar II.4 adalah rangkaian pada sensor tegangan ZMPT101B di mana U1 tegangan yang diukur sedangkan U2 adalah keluaran dari sensor tegangan



Gambar II.4 Rangkaian sensor ZMPT101B

Sensor tegangan ini dapat mengukur tegangan AC dengan tegangan maksimum adalah 1000VAC. Prinsip kerja dari sensor tegangan ini adalah dengan cara mengambil satu kali pensamplingan [11].

Untuk satu kali looping pensamplingan dilakukan dengan membaca nilai kedua kutub tegangan AC (bipolar), kutub negatif (-) dan kutub positif (+), pada persamaan berikut.

$$U_{max} = \frac{Peak\ Voltage}{\sqrt{2}} \tag{2.9}$$

Untuk satu kali looping penyamplingan dilakukan dengan membaca satu kutub tegangan AC (unipolar) kutub positif (+), pada persamaan berikut.

$$U_{max} = \frac{Peak\ Voltage}{2\sqrt{2}} \tag{2.10}$$

U_{max} adalah nilai tegangan maksimum yang akan terukur pada mikrokontroler dengan asumsi untuk nilai tegangan referensi 5Volt, pada persamaan berikut.

$$U_{max} = \frac{5 \text{ Volt}}{\sqrt{2}} \quad (2.11)$$

2.4. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor arus jenis Trafo arus (*Current Transformer*) TA12-200. Trafo arus adalah jenis "transformator instrumen" yang memiliki dua lilitan kawat, lilitan primer dan lilitan sekunder, Trafo arus dirancang untuk menghasilkan arus bolak-balik dalam gulungan sekundernya yang sebanding dengan arus yang diukur dalam primernya (dalam keadaan normal). Pada penelitian ini trafo arus digunakan dalam pengukuran seraca *real time* pada transmisi AC. Gambar II.5 merupakan gambar trafo arus.



Gambar II.5 Trafo Arus

2.5. Modul ESP8266

ESP 8266 adalah sebuah chip yang sudah lengkap di mana di dalamnya sudah termasuk *processor*, memori dan juga akses ke GPIO. Hal ini menyebabkan ESP8266 dapat secara langsung menggantikan Arduino dan ditambah lagi dengan kemampuannya untuk mendukung koneksi wifi secara langsung. Ada beberapa jenis ESP8266 yang dapat ditemui di pasaran, dengan fungsi yang sama perbedaannya terletak pada GPIO pin yang disediakan. Berikut beberapa tipe ESP8266 pada gambar II.3:



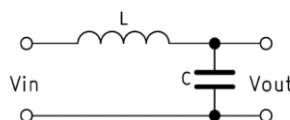
Gambar II.4 Jenis-jenis ESP8266

2.6. Filter Harmonik

Tujuan pokok dari filter harmonik adalah untuk mereduksi amplitudo frekuensi-frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan penambahan filter harmonik pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonik, maka penyebaran arus harmonik ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonik pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem.

Filter frekuensi sendiri dibagi menjadi dua, yaitu filter aktif dan filter pasif. Filter aktif di sini adalah rangkaian filter dengan menggunakan komponen-komponen elektronik pasif dan aktif seperti *operational amplifier* (OP-AMP), transistor, dan komponen lainnya. Filter pasif adalah rangkaian filter yang menggunakan komponen-komponen pasif saja, di mana komponen pasif itu adalah resistor, kapasitor dan induktor. Perbedaan dari komponen aktif dan pasif adalah pada komponen aktif dibutuhkan sumber agar dapat bekerja (op-amp dan transistor membutuhkan sumber lagi agar dapat bekerja/digunakan), sedangkan komponen pasif tidak membutuhkan sumber lagi untuk digunakan/bekerja.

Beberapa keuntungan dan kerugian dari filter aktif dan pasif ialah pada filter aktif dapat mengolah sinyal dengan amplitudo yang kecil, dapat diatur penguatan keluarannya (diperkuat atau diperlemah), kualitas/respon yang lebih baik dari filter pasif, mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah (sistem yang baik impedansi masukan tinggi dan impedansi keluaran rendah), sedangkan kerugiannya adalah pada komponen dihasilkan panas, perlu sumber agar dapat bekerja, terdapatnya pembatasan frekuensi dari komponen yang digunakan sehingga pengaplikasian untuk frekuensi tinggi terbatas. Pada filter pasif keuntungan adalah tidak membutuhkan sumber untuk bekerja, tidak menghasilkan panas, tidak begitu banyak gangguan (sinyal gangguan yang tidak diinginkan) karena tidak adanya penguatan, karena tidak adanya pembatasan frekuensi maka pada filter pasif dapat diaplikasikan pada frekuensi tinggi sedangkan kerugiannya adalah tidak dapat menguatkan sinyal, sulit untuk merancang filter yang kualitasnya/responnya baik, impedansi masukan dan keluaran tidak tentu dan berbeda-beda, sehingga kurang baik dalam aplikasi.



Gambar II.3 Rangkaian Filter *Low pass*

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Dimana :

C = Kapasitor

L = Induktor

f_r = Frekuensi *Setting*

(2.12)

2.7. Standar IEC 61000-3-2[6]

Tabel II.1 Standar IEC 61000-3-2

Harmonics [n]	Class A [A]	Class B [A]	Class C [% of fund]	Class D [mA/W]
Odd harmonics				
3	2.30	3.45	30 x λ	3.4
5	1.14	1.71	10	1.9
7	0.77	1.155	7	1.0
9	0.40	0.60	5	0.5
11	0.33	0.495	3	0.35
13	0.21	0.315	3	3.85/13
15 ≤ n ≤ 39	0.15 x 15/n	0.225 X 15/n	3	3.85/n
Even harmonics				
2	1.08	1.62	2	-
4	0.43	0.645	-	-
6	0.30	0.45	-	-
8 ≤ n ≤ 40	0.23 x 8/n	0.345 x 8/n	-	-

Khusus untuk class C atau perangkat penerangan, batasan distorsi harmonik yang diberlakukan adalah dengan daya input ≤ 25 W. Lampu tersebut harus memenuhi salah satu dari dua kriteria di bawah ini. Kriteria pertama adalah untuk harmonik arus orde ketiganya tidak boleh melebihi 86 % dari arus fundamentalnya dan arus harmonik orde kelimanya tidak boleh melebihi 61 % dari arus fundamental sehingga THD arusnya dibatasi kurang lebih hanya 105 % [15]. Kriteria kedua ditunjukkan pada tabel II.2

Tabel II.6 Batasan Arus IEC61000-3-2 Untuk Perangkat Class C[15]

Harmonic order n	maximum admissible harmonic current (mA/W)	maximum admissible harmonic current (A)
3	3.4	2.3
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.4
11	0.35	0.33
13 ≤ n ≤ 39 (only odd harmonics)	3.85/n	0.15*15/n

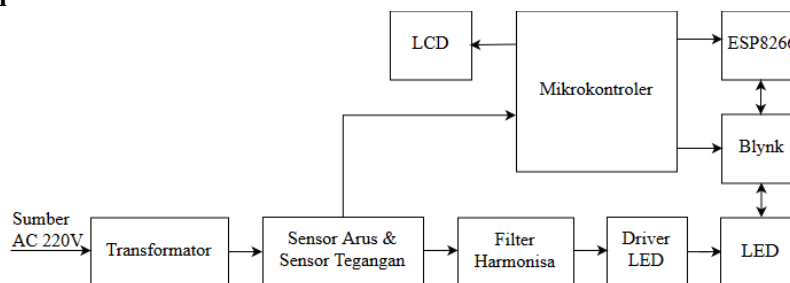
2.8. Blynk

Blynk adalah Platform iOS dan Android untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, dan sejenisnya melalui Internet. Blynk dirancang untuk *Internet of Things* (IoT). Blynk dapat mengendalikan perangkat keras dari jarak jauh, bisa menampilkan data sensor, bisa menyimpan data, mengabadikannya. Ada tiga komponen utama dalam platform:

1. Blynk App : memungkinkan kita membuat antarmuka yang menakjubkan untuk proyek kita dengan menggunakan berbagai *widget* yang disediakan.
2. Blynk Server : bertanggung jawab atas semua komunikasi antara smartphone dan perangkat keras. Kita bisa menggunakan Blynk Cloud atau menjalankan server Blynk pribadi secara lokal. Blynk bersifat open source, bisa dengan mudah menangani ribuan perangkat dan bahkan bisa diluncurkan di Raspberry Pi
3. Blynk Libraries : bisa untuk semua platform perangkat keras yang populer memungkinkan komunikasi dengan server dan memproses semua perintah yang masuk dan keluar.

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem



Gambar III.1. Diagram Blok Sistem

Fitur dan fungsi masing-masing blok akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Proses *input* tegangan berasal dari sumber PLN sebesar 220 V kemudian tegangan diturunkan menjadi 20 V menggunakan transformator step down.
2. Filter Harmonik, tegangan sumber dari PLN yang terdistorsi difilter menggunakan filter harmonik jenis *low pass filter*

3. *Driver* LED, tegangan dan arus AC keluaran dari filter akan menyuplai *driver* LED dan diubah menjadi tegangan DC oleh rangkaian penyearah tegangan
4. LED, tegangan dan arus DC keluaran rectifier akan mendrive beban LED berdaya 5 Watt.
5. Sensor arus dan tegangan, sensor arus yang digunakan yaitu trafo arus TA12-200, sensor tegangan yang digunakan yaitu sensor tegangan ZMPT101B, kedua sensor berperan sebagai pembaca arus dan tegangan analog dari sistem yang akan diteruskan ke mikrokontroler
6. Mikrokontroler, pada sistem ini mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Mega, berfungsi sebagai pusat pemrosesan data, data hasil pembacaan sensor arus dan tegangan kemudian diintegrasikan dengan modul wifi untuk pengiriman data ke IoT
7. Modul ESP8266, pada sistem ini modul ESP8266 berfungsi sebagai perangkat yang memungkinkan akses perangkat keras dapat terhubung dengan internet menggunakan akses wifi.

3.2. Perancangan Perangkat Keras

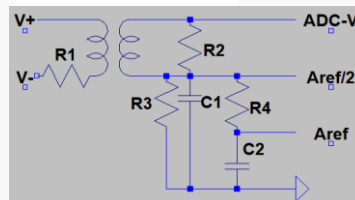
3.2.1. Identifikasi Perangkat Keras Tanpa Filter

Spesifikasi hasil pengukuran rangkaian pada tegangan AC tanpa filter menggunakan alat ukur *Power And Harmonic Analyser* dapat dilihat dari tabel III.1. Pengukuran yang dilakukan terhadap perangkat sebelum terpasang filter menghasilkan tegangan ±18,6 V arus sebesar ±450mA dan THDi sebesar 75,5%

Tabel III.1 Spesifikasi Perangkat Tanpa Filter

V	I	P	S	Q	PF True	PF Distortion	PF Displacement	Θ	THDi	HDi-3
18.6V	450mA	7,91W	8,37VA	2,75VAR	0,75	0.80	0,94	19,1	75,5 %	68,5%

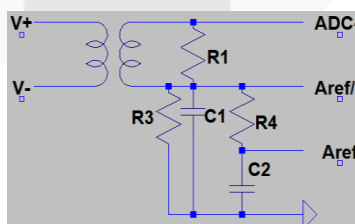
3.2.2. Sensor Tegangan ZMPT101B



Gambar III.1 Rangkaian Sensor Tegangan

Port V+ dan V- pada sensor akan dipasang paralel dengan sumber tegangan AC. Pin ADC pada sensor akan dihubungkan dengan port analog A1 pada arduino mega. Pin Aref/2 pada sensor akan dihubungkan dengan pin A0 arduino mega, kemudian pin Aref dihubungkan dengan port Aref arduino mega. Resolusi tegangan ADC sensor yang dirancang pada sistem yaitu 1.28V dengan batas maksimum tegangan masukan sebesar 44V. Untuk besar R1 : 22kΩ sedangkan R2 : 640 Ω

3.2.3. Sensor Arus CT(Current Transformer) TA12-200



Gambar III.2 Rangkaian Sensor Arus

Kemampuan sensor yang mampu mengukur arus hingga 5A dianggap terlalu besar dari arus terukur sistem yang akan diukur dengan sensor yaitu sebesar 450mA. Langkah awal yang dilakukan untuk mengubah kemampuan pembacaan sensor supaya tidak 5 A yaitu dengan cara menentukan batas maksimum arus. Batas maksimum pembacaan arus yang diinginkan yaitu sebesar 500mA.

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} \tag{3.1}$$

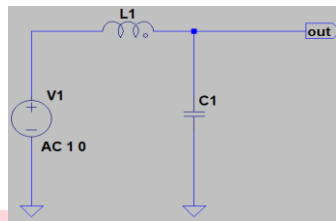
Berdasarkan rumus di atas, dapat diketahui bahwa parameter yang dibutuhkan untuk mengubah arus primer (Ip) yaitu dengan mengubah salah satu besaran Ns, Np, dan Is.

$$\frac{2000}{N_p} = \frac{500mA}{2,5mA}$$

$$0,5N_p = 5$$

$$N_p = 10 \text{ lilitan}$$

3.2.4. Low Pass Filter



Gambar III.2 Rangkaian Low Pass Filter

Pendekatan yang dilakukan untuk menghitung besaran komponen yang dipakai yaitu didasarkan pada nilai tegangan, daya, dan faktor daya pada sistem yang sudah diukur menggunakan alat ukur.

Desain Kapasitor.

Perhitungan kompensasi daya reaktif

$$Q_c = 7,91 (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \tag{3.2}$$

$$Q_c = 7,91 (\tan 19,12 - \tan 2,6)$$

$$Q_c = 7,91 (0,34 - 0,045)$$

$$Q_c = 2,38 \text{ VAR}$$

Perhitungan impedansi kapasitor

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \tag{3.3}$$

$$X_c = \frac{18,6^2}{2,38}$$

$$X_c = 161,2 \text{ Ohm}$$

Dari besar impedansi yang didapat maka besar kapasitansi kapasitor

$$C = \frac{1}{2\pi f_c X_c} \tag{3.4}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times 150 \times 161,2}$$

$$C = 6,5 \mu F$$

Desain induktor

Perhitungan besaran induktor sebagai berikut :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{3.5}$$

$$150 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6,51L}}$$

$$L = 171,04 \text{ mH}$$

4. Hasil Dan Analisis

4.1. Pengujian Filter Pada Perangkat Lampu LED

Berdasarkan hasil perancangan filter, komponen yang seharusnya digunakan, kapasitor = 6,5uF dan induktor =171,04mH. Karena terkendala sulitnya mencari besaran komponen di pasaran yang memiliki besaran yang sama persis dengan hasil perancangan, pada pengujian filter komponen induktor dan kapasitor yang digunakan yaitu, kapasitor = ± 6,8uF dan induktor = ±175mH. Hasil pengujian perangkat sebelum dan sesudah dipasang filter dapat dilihat pada tabel IV.1

Tabel IV.1 Komparasi Hasil Pengujian

Ket	V	I	P	Q	S	PF True	PF Distortion	PF Displacement	Θ	THDi	HDi-3
Sebelum	18.6V	450mA	7,91W	2,75VAR	8,37VA	0,75	0.80	0,94	19,12	75,5 %	68,5%
Sesudah	18,6V	403mA	7,10W	2,39VAR	7,50VA	0,81	0,85	0,94	18,6	61,2%	53,8%

Tabel IV.2 Komparasi Standar IEC61000-3-2

No.	IEC61000-3-2		Sebelum	Sesudah
	Orde ke-i	HD-i	HD-i	HD-i
1	1	100%	100%	100%
2	3	≤86%	68,5%	53,8%
3	5	≤61%	24%	8,7%
THD-i			75,5%	61,2%

Hasil pengujian perangkat lampu LED dengan filter low pass mampu menurunkan HDi-3 dari 68,5 % menjadi 53,8 %, terjadi penurunan harmonik sebesar 14.7%.

4.2. Pengujian Konektivitas Perangkat IoT ke Blynk Server

Pada pengujian ini, waktu yang dibutuhkan aplikasi Blynk untuk terhubung dengan Blynk server dan status parameter yang dibuat dapat dilihat pada tabel IV.3

Tabl IV.3 Hasil Pengujian IoT

A	B	C	ON/OFF	Interface & Grafik			
				V	I	P	S
1	6,9	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
2	6,7	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
3	11	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
4	9,5	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
5	8,9	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
6	9,6	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
7	5,4	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
8	7,3	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
9	9,8	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
10	4,9	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
11	5,4	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
12	9,2	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
13	11	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
14	7,7	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
15	7,3	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
16	10	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
17	7,3	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
18	7,9	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
19	7,4	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
20	11	Sukses	Bekerja	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca

Keterangan :

- A : Banyaknya pengujian
- B : Waktu yang dibutuhkan dalam detik (s)
- C : Status notifikasi pada *Interface* Blynk
- V : Nilai tegangan pada *Interface* Blynk
- I : Nilai arus pada *Interface* Blynk
- P : Nilai daya pada *Interface* Blynk
- S : Nilai daya semu pada *Interface* Blynk

Dari tabel IV.4 waktu tercepat aplikasi dapat tersambung dengan Blynk server 4,9 detik, waktu terlama 11,4 detik, waktu rata-rata yang 8,24 detik. Tingkat keberhasilan kerja dari masing-masing parameter yang diujikan sebesar 100%.

Terdapat beberapa batasan masalah pada saat melakukan pengujian konektivitas IoT.:

1. Internet yang digunakan untuk koneksi perangkat keras dengan Blynk server yaitu operator Telkomsel.
2. Internet pada perangkat terinstal aplikasi Blynk yaitu operator Indosat.
3. Pengujian konektivitas IoT dilakukan pada ruangan tertutup, bukan tempat terbuka.
4. Pengujian dilakukan pada saat cuaca cerah dan tidak mendung.

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, dapat ditarik analisis bahwa waktu yang dibutuhkan perangkat untuk saling terkoneksi sangat bergantung pada kecepatan koneksi internet pada saat perangkat dioperasikan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan pada perangkat lampu LED 5W menggunakan filter harmonik *low pass*, dapat ditarik kesimpulan bahwa filter harmonik *low pass* dapat menurunkan nilai harmonik dengan kemampuan penurunan THDi sebesar 17,73 % dan pada HDi ke-3 sebesar 14,7%. Perangkat displai serta control *on/off* terhadap perangkat lampu 5W yang dirancang dapat dioperasikan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan 100% namun sangat bergantung dengan kecepatan koneksi internet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrias Ade Agustinus, 2011, "PENGUNAAN FILTER PASIF UNTUK MEREDUKSI HARMONIK AKIBAT PEMAKAIAN BEBAN NON LINEAR", Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- [2] Kodali., Prasad., 1996. *Engineering Electromagnetic Compatibility*, IEEE, New York.
- [3] Aris Pramnamto, 2008, "Analisi Penggunaan Single Tune", Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia
- [4] Bobby Hendy P Tampubolon, Beban non linier, <https://id.scribd.com/document/206326615/Beban-Non-Linear>, [Diakses 28 Februari 2018]
- [5] Adhinata, Anizar "Filter Pasif paralel untuk meredam harmonik akibat beban konverter 6 pulsa dengan meminimalkan rugi-rugi (Penyearah dioda)" Surabaya 2005
- [6] Schneider Electric, "Schneider Electric," June 2009. [Online]. Available: www.schneider-electric.com. [Diakses 4 April 2016].
- [7] Tribuana, Nanan., Wanhar. 1999. Pengaruh Harmonik Pada Transformator Distribusi. Diambil dari : <https://www.elektroindonesia.com/elektro/ener25.html>. (13 Maret 2018).
- [8] Soomro, D.m., Almelian, M.M. 2015. *OPTIMAL DESIGN OF A SINGLE TUNED PASSIVE FILTER TO MITIGATE HARMONICS IN POWER FREQUENCY*. Malaysia : University Tun Hussein.
- [9] Mustamam. 2017. *Penggunaan Pasive Single Tune Filter Untuk Mereduksi Harmonik Pada Juicer*. Indonesia : Journal Of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3.
- [10] Rakhman, A. (2017). Tugas Akhir. *Rancang Bangun Sistem Pengontrolan Beban Pada DC Power House*.
- [11] ----, *ZMPT101B (ZMPT107) voltage transformer operating guide*, ----
- [12] TEXAS INSTRUMENT, SNVS774P –MAY 2004–REVISED OCTOBER 2015. *LM117, LM317-N Wide Temperature Three-Pin Adjustable Regulator*.
- [13] Ekki Kurniawan, Basuki Rahmat, Porman Pangaribuan, Deny Hamdani, Ig. P Wibawa, "Analisis Insertion Loss pada filter daya berbasis Electromagnetic Compatibility (EMC)" dalam *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014*, ISSN: 1979-911X, Yogyakarta, 15 November 2014.
- [14] Fajar Abdul Karim, "Implementasi dan Analisis Filter Harmonik pada Sistem Lampu Light Emitting Diode (LED)," dalam *Implementasi dan Analisis Filter Harmonik pada Sistem Lampu Light Emitting Diode (LED)*. Bandung, Universitas Telkom, 2015.
- [15] Sohel, Uddin., Husain, Shareef., Azah, Mohamed. (2012). "An Analysis of Harmonics from LED Lamps". Bangi : IEEE.
- [16] A. Prudenzi, U. Grasselli. (2001). "IEC Std. 61000-3-2 Harmonic Current Emission Limits in Practical Systems: Need of Considering Loading Level and Attenuation Effects". 10.1109/PSS.2001.970026, IEEE.
- [17] Mohamad Ramdhani. 2008, "Rangkaian Listrik", Bandung, Penerbit Erlangga.
- [18] Gonzalo Sandoval. Power Factor in Electrical Power Systems with Non-Linear Loads, ARTECHE / INELAP S.A. de C.V.