

DESAIN DAN IMPLEMENTASI LAMPU LED BERBASIS INTERNET OF THING (IoT) DAN BERSTANDAR EMC MENGGUNAKAN SINGLE TUNED FILTER

DESIGN AND IMPLEMENTATION LED LAMP BASED ON INTERNET OF THING AND EMC STANDARD USING SINGLE TUNED FILTER

Fajar Trihatmoko¹, Ekki Kurniawan S.T., M.T.², Cahyantari Ekaputri S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

trihatmoko.fajar@gmail.com¹, ekkikurniawan2012@gmail.com², cahyantarie@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Penggunaan lampu light emitting diode atau led sebagai alat penerangan sudah umum digunakan, seperti pada ruangan, jalan hingga kendaraan. Pada penggunaan lampu led terdapat sebuah efek negatif, yaitu menghasilkan sebuah distorsi harmonik. distorsi ini terjadi dikarenakan terdapat sifat non-linear yang dihasilkan oleh led serta driver-nya. Terdapat sebuah regulasi internasional yang mengatur batas minimal distorsi harmonik pada suatu perangkat, penulis mengacu pada regulasi IEC 61000-3-2 yang secara khusus mengatur batas distorsi harmonik pada alat penerangan.

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah driver lampu berjenis linear guna mencatu led sebesar 5 watt yang telah di desain. terdapat juga sebuah filter berjenis filter pasif yang berguna untuk meredam nilai distorsi harmonik pada rangkaian. pada desain filter akan digunakan sebuah filter single-tuned berbasis komponen resistor, kapasitor dan induktor. Dan terdapat sebuah perangkat yang digunakan untuk kendali on/off lampu, pemantauan tegangan, arus serta daya pada lampu dengan memanfaatkan jaringan internet. Data-data tersebut dapat diakses melalui smartphone.

Hasil dari perancangan perangkat keras tugas akhir ini, driver lampu led dapat memberikan tegangan $\pm 3.1V$ dan arus $\pm 265mA$ sesuai dengan kebutuhan led sebesar 5 watt. Filter single tuned yang dirancang dapat menekan nilai distorsi harmonik ke-3 pada frekuensi 150Hz dari 68,5% menjadi 63,5%. Juga terdapat sebuah sistem berintegrasi dengan jaringan internet menggunakan modular wifi terhubung ke sebuah server guna mengirimkan data monitoring tegangan, arus, daya serta kendali on/off lampu yang dapat diakses melalui aplikasi Blynk pada smartphone.

Kata kunci: distorsi harmonik, light emitting diode, filter, IoT

Abstract

Currently lamps using light emitting diodes or led as lighting devices is commonly used, such as in rooms, roads to vehicles. in uses led as lighting device has negative effect, which is produce a harmonic distortion. This distortion occurs because there are non-linear properties generated by the LED itself and led driver. There is an international regulation that regulate the minimum limits of harmonic distortion on a device, the author refers to the regulations of IEC 61000-3-2 which specifically regulates about harmonic distortion limits in lighting devices.

In this final project lamp will made by using light emitting diode and linear driver. there is also a filter with passive filter type used to reduce harmonic distortion in the circuit. Filter design will use a single-tuned filter based on component such as resistor, capacitor and inductor. and there is a device to controlling on/off the lamp, monitoring voltage, current and power of the lamp by using an internet network. it can be accessed through a smartphone application.

The results of final project are led driver can give a voltage $\pm 3.1V$ and a current $\pm 265mA$ to led 5watt. A single tuned filter designed suppress 3th harmonic distortion at 150Hz from 68,5% became 63,5%. An also integrated system with internet networks using modular wi-fi connected to a server to send monitoring data voltage, current, power and control on and off of lamp that can be accessed through Blynk application on smartphone.

Keyword: harmonic distortion, light emitting diode, filter, IoT

1. Pendahuluan

Pada saat ini penggunaan lampu sebagai alat penerangan sudah banyak sekali digunakan, mulai dari rumah, jalan, taman hingga pada kendaraan menggunakan lampu sebagai alat penerangannya. Sejak pertama kali ditemukan

pada tahun 1879 lampu saat ini terus berkembang, mulai dari incandescent light bulb (ILB), compact florescent light (CFL), hingga light emitting diode (LED). Penggunaan lampu berjenis light emitting diode sangat tinggi saat ini, hampir sebagian besar produsen lampu memproduksi lampu jenis ini dibandingkan dua jenis lampu lainnya.

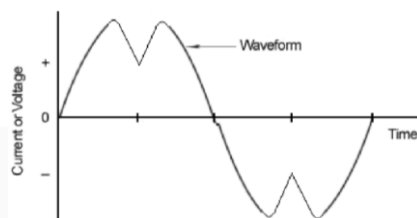
Light emitting diode sebagai lampu mulai menggeser penggunaan kedua jenis lampu sebelumnya, yaitu incandescent light bulb dan compact florescent light dikarenakan memiliki suatu kelebihan, yaitu hanya menggunakan energi yang jauh lebih sedikit dan relatif lebih aman. Lampu jenis light emitting diode terdiri dari dua buah bagian utama, yaitu sebuah driver yang digunakan untuk mengubah sumber AC menjadi DC untuk menyuplai lampu dan sebuah lampu led dengan kapasitas tertentu, dalam penggunaan lampu berjenis led timbul sebuah gangguan yang biasa disebut distorsi harmonik. Munculnya distorsi harmonik pada sistem menimbulkan beberapa kerugian besar. Seperti turunya efisiensi sehingga menyebabkan rugi daya, panasnya kabel akibat harmonik sehingga mengganggu sistem instalasi, panasnya trafo hingga dapat menyebabkan terbakarnya trafo, dan menyebabkan kesalahan pembacaan pada kwh meter.

Dari masalah yang ditimbulkan akibat adanya distorsi harmonik jelas diperlukan suatu solusi tepat untuk menyelesaikannya. Dalam masalah ini terdapat solusi yang dapat diterapkan untuk mengurangi distorsi pada sistem, seperti memasang sebuah filter, penambahan jumlah fasa, dan kompensasi atau injeksi harmonik negatif. Solusi diatas hanya dapat mengurangi besar harmonik, tetapi harmonik sendiri tidak dapat dihilangkan secara penuh. pada perancangan alat kali ini dibuat sebuah filter pasif yang akan digunakan untuk meredam distorsi harmonik pada lampu yang akan dirancang hingga memenuhi standar yang telah ditentukan. Terdapat juga sebuah perangkat monitoring yang akan menampilkan nilai tegangan, arus, dan daya, dan juga sebuah perangkat guna mematikan serta menyalakan lampu berbasis mikrokontroler. Data tegangan, arus dan daya akan ditampilkan ke sebuah lcd dan aplikasi smartphone, Serta kendali mati dan nyalanya lampu yang juga diatur melalui aplikasi smartphone. Secara keseluruhan sistem ini memanfaatkan jaringan internet.

2. Dasar Teori

2.1. Distorsi Harmonik

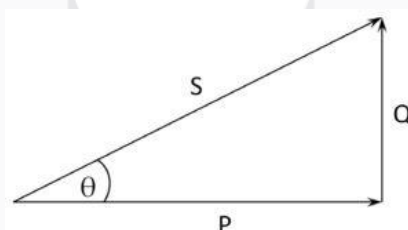
Distorsi Harmonik adalah gangguan atau distorsi yang terjadi pada sebuah rangkaian listrik. Terjadi distorsi pada sebuah rangkaian listrik dikarenakan terdapat komponen yang bersifat non-linier didalamnya. Ketika sebuah sinyal sinusoidal dengan besar frekuensi dasar tertentu dicatu pada sebuah rangkaian non-linier, maka sinyal keluaran rangkaian tersebut mengandung komponen frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasarnya. Gangguan yang terjadi disebut distorsi harmonik[2]. Gelombang harmonik dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bentuk Gelombang Sinusoidal Terdistorsi

2.2. Faktor Daya

Faktor daya adalah angka kelayakan yang mengukur seberapa efektif energi ditransmisikan antara sumber dan jaringan beban. Faktor daya memiliki rentan nilai antara nol sampai satu. Pada keadaan ideal, faktor daya disebut unity atau bernilai satu, dimana gelombang tegangan dan arus memiliki bentuk yang sama atau mengandung spektrum yang sama, dan berada dalam fasa yang sama. Dalam kasus beban bersifat non-linier nilai faktor daya dapat dipengaruhi oleh dua hal, yaitu diakibatkan terjadi pergeseran fasa komponen fundamental atau diakibatkan karena terdapatnya distorsi harmonik pada arus[2].

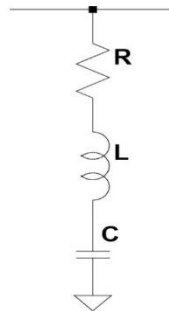


Gambar 2.2. Daya Aktif, Semu, dan Reaktif dalam Bentuk Segitiga Daya

Pada sebuah sistem listrik yang mengandung harmonik tegangan atau arus maka faktor daya pada sistem tersebut dipengaruhi oleh dua nilai. pertama adalah displacement factor yaitu sebuah keadaan fasa arus dan tegangan bergeser. dan yang kedua adalah distortion factor yaitu keadaan dimana terdapat distorsi harmonik arus pada sistem yang menyebabkan turunya nilai faktor daya.

2.3. Filter Single Tuned

Single tuned filter adalah sebuah penyangkutan atau filter yang hanya meredam sinyal pada frekuensi tertentu atau hanya meredam sinyal pada frekuensi resonannya[9]. Single tuned filter merupakan filter pasif karena menggunakan komponen-komponen pasif seperti resistor, kapasitor dan induktor dilihat pada gambar 2.3. Umumnya komponen RLC series akan dipasangkan secara parallel diantara sumber dan beban. Rangkaian single tuned filter dengan komponen resistor, kapasitor dan induktor akan beresonansi pada frekuensi resonantnya. Ketika beresonansi filter akan mempunyai impedansi yang kecil dimana reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif bernilai sama. Maka arus yang berada pada frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansinya akan bergerak melalui filter.



Gambar 2.3. Rangkaian Filter Single Tuned

2.4. Standar Distorsi Harmonik IEC

Standar distorsi harmonik IEC adalah sebuah regulasi internasional yang dirancang oleh sebuah lembaga khusus untuk menentukan batas maksimal distorsi harmonik pada sebuah alat elektronik. IEC mengatur secara khusus tentang batas distorsi harmonik pada regulasi nomor 61000-3-2 “Electromagnetic Compatibility”. Di dalam regulasi tersebut, terbagi menjadi empat pengelompokan, yaitu kelas A, B, C dan D. Terjadi klasifikasi, dikarenakan batas maksimum setiap piranti berbeda.

Orde Harmonisa ke-n	Batas Maksimal Harmonisa [%]
3	$30 \times \lambda^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (untuk harmonisa ganjil)	3
* λ adalah besar power faktor	

Gambar 2.3. Standar IEC 61000-2-3

2.5. Internet Of Thing

Internet of things merupakan suatu revolusi pengembangan dari sistem komputasi dan komunikasi. Internet of things dapat dikatakan adalah suatu interkoneksi antara satu atau banyak perangkat dengan menggunakan suatu jaringan sebagai media pengiriman datanya. Pada sistem pengiriman data IoT umumnya digunakan sebuah cloud[12]. Terdapat juga elemen-elemen dasar dalam sistem IoT yang umumnya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu sebuah objek fisik, kontroler, dan sebuah jaringan.

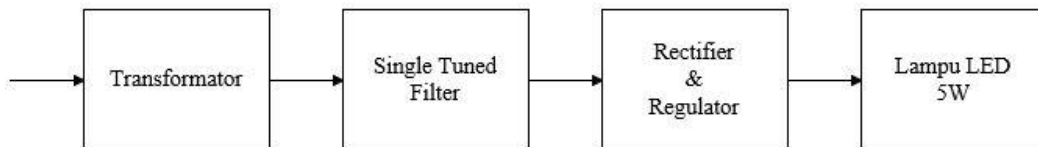
2.6. Wireless LAN

Wireless local area network atau disebut Wi-Fi adalah sebuah jaringan komputer nirkabel yang digunakan untuk menghubungkan dua atau banyak perangkat. Penggunaan jaringan ini terbatas seperti pada sekolah, rumah, bangunan kantor. Pengguna mempunyai kemampuan terhubung dengan jaringan internet selama masih dalam lingkup area akses lokalnya. Komunikasi jaringan ini bekerja pada bandwidth 2,4Ghz dengan transfer rate 5.5 Mbps hingga 11 Mbps untuk kelas 802.11b dan 2,4Ghz dengan transfer rate 53 Mbps untuk 802.11g, 5Ghz dengan transfer rate 54 Mbps untuk kelas 802.11a dan juga kelas 802.11n mempunyai transfer rate hingga 600 Mbps dan dapat bekerja pada frekuensi 2,4 ataupun 5Ghz.

3. Pembahasan

3.1 Diagram Blok Lampu LED

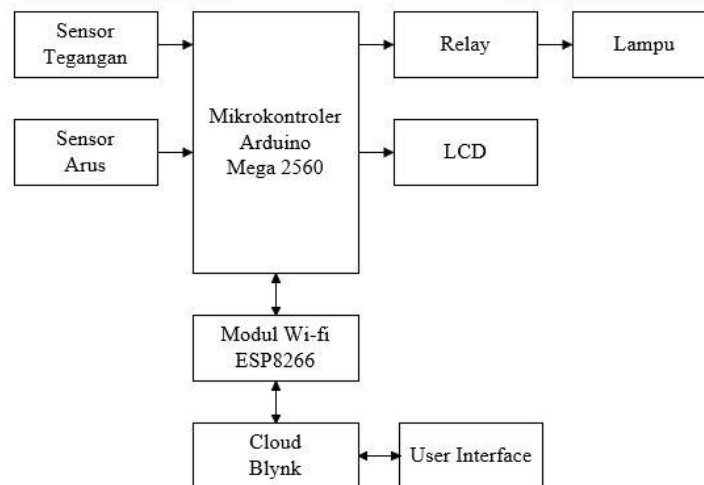
Driver lampu led terdiri dari komponen transformator, penyearah gelombang dan regulator dapat dilihat pada Gambar 3.1. Pertama sumber AC yang digunakan sebesar 220V yang kemudian akan diturunkan menjadi 20V dengan menggunakan trafo step-down, selanjutnya terdapat sebuah rangkaian penyearah gelombang untuk merubah sinyal masukan AC menjadi sinyal DC menggunakan diode bridge. terdapat juga rangkain regulator, pada rangkaian ini menggunakan sebuah IC regulator berjenis LM317T, regulator ini digunakan untuk menstabilkan tegangan dan arus keluaran dari rangkaian penyearah gelombang. Pada Gambar III-2 terlihat terpasang sebuah filter berjenis pasif filter yang digunakan untuk meredam distorsi harmonik ke-3 pada frekuensi 150Hz, pada perancangan ini menggunakan filter single tuned. Dan sebuah lampu dengan jenis LED dengan kapasitas sebesar ± 5 watt.



Gambar 3.1. Diagram Blok Lampu LED dengan Terpasang Filter

3.2 Diagram Blok Sistem Display dan Kendali

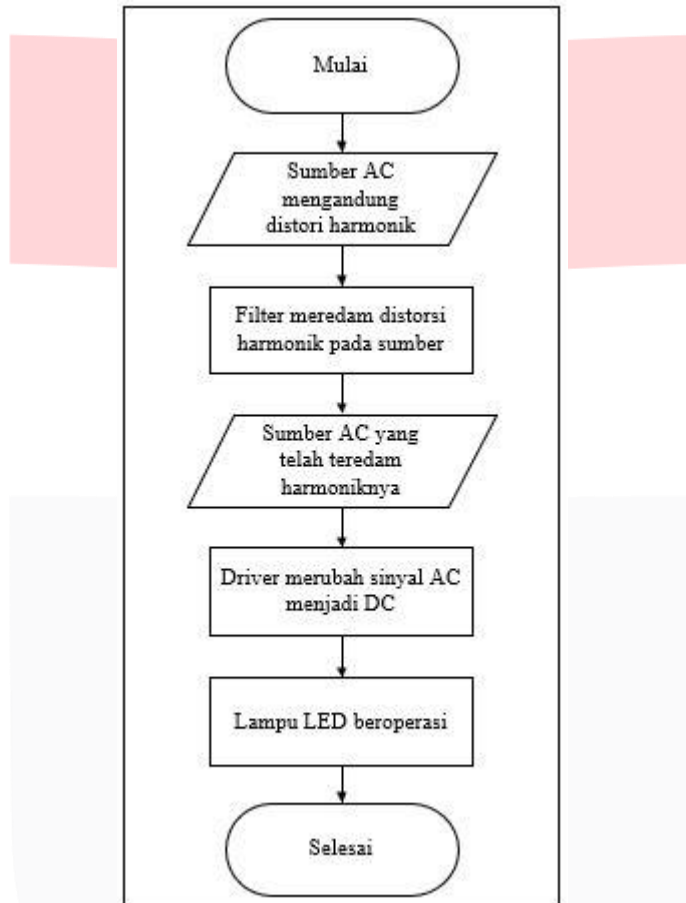
Diagram blok dari sistem monitoring dan kendali on/off pada lampu led terlihat pada Gambar 3.2 Pada perancangan sistem ini menggunakan beberapa perangkat, seperti sensor tegangan, sensor arus, LCD, relay, modul wi-fi, dan sebuah mikrokontroler berupa Arduino. Masing-masing perangkat ini akan digunakan untuk menjalankan keseluruhan sistem. Pada sistem ini terdapat dua buah sensor, yaitu tegangan dan arus. Sensor ini akan digunakan untuk mengambil data tegangan dan arus AC pada lampu led yang digunakan. Data-data tersebut akan dikirim ke mikrokontroler yang selanjutnya akan ditampilkan ke sebuah LCD dan juga dikirimkan ke sistem penyimpanan berupa cloud melalui jaringan internet. Untuk mengirimkan data tersebut ke sebuah cloud, sistem ini akan dilengkapi dengan sebuah modul wi-fi. Modul yang digunakan dalam perancangan alat ini yaitu ESP8266 dengan jenis ESP-01. Untuk mengakses data yang tersimpan di dalam cloud yang digunakan, pengguna dapat mengaksesnya melalui sebuah aplikasi smartphone, di dalam aplikasi smartphone tersebut akan ditampilkan data tegangan dan arus, serta terdapat sebuah button diaplikasi tersebut yang digunakan untuk mengendalikan kondisi relay yang berguna untuk mematikan dan menyalakan lampu tersebut.



Gambar 3.2. Diagram Blok Integrasi Perangkat IoT

3.3. Diagram Alir Driver Lampu LED

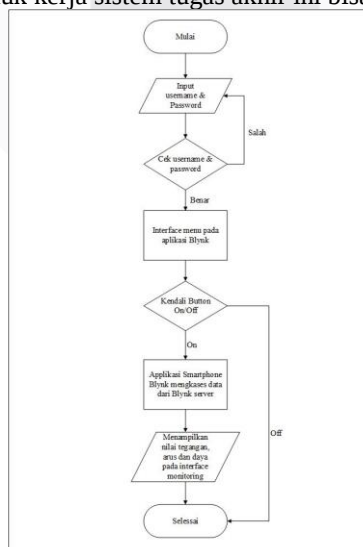
Alir kerja driver lampu led dapat dilihat pada gambar 3.3 Sumber AC digunakan untuk menjalankan perangkat berasal dari PLN sebesar 220V/50Hz. Terpasang sebuah rangkaian pasif filter, yaitu filter single tuned untuk meredam distorsi harmonik pada rangkaian, filter tersebut akan beroperasi dan meredam distorsi harmonik ke-3 pada frekuensi 150Hz. Setelah itu sinyal masukan AC tersebut akan masuk ke sebuah driver lampu guna merubah sinyal AC menjadi sinyal DC dalam besaran tegangan dan arus yang telah dirancang khusus untuk mengoperasikan beban, dalam sistem ini beban yang digunakan berupa lampu berjenis led berkapasitas ± 5 watt. Secara umum, alir proses kerja dari driver lampu LED dan filter adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3. Proses Kerja Driver Lampu LED dan Filter

3.4. Diagram Alir Sistem Smart Lamp

Secara garis besar, diagram alir untuk kerja sistem tugas akhir ini bisa dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.4. Diagram Alir Sistem Smart Lamp

Pada Gambar 3.4 merupakan gambaran umum dalam mengakses aplikasi smartphone dari sistem ini. Data-data hasil pembacaan sensor tegangan dan arus yang tersimpan di sebuah cloud yang dapat diakses melalui user interface menggunakan aplikasi. Pada tampilan aplikasi tersebut terdapat beberapa layar yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan tegangan, arus, dan daya. Serta terdapat 2 buah grafik batang yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan tegangan dan arus. Terdapat juga sebuah pilihan untuk menyalakan dan mematikan lampu dalam bentuk button. Hasil pemilihan on/off dari menu tersebut akan dikirimkan kembali ke mikrokontroler yang selanjutnya akan mengatur kondisi relay yang akan mempengaruhi hidup dan matinya lampu.

4. Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Filter Single Tuned

Tujuan:

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai distorsi harmonik yang terdapat pada lampu LED setelah dipasangnya sebuah filter yang telah dirancang untuk meredam harmonik arus pada sistem ini, filter yang digunakan adalah pasif filter single tuned.

Alat dan Bahan:

Peralatan yang digunakan untuk pengujian pengambilan data harmonik adalah sebagai berikut:

- Lampu LED
- Single Tuned Filter
- Power Analyzer

Cara Pengujian:

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan besar nilai harmonik arus pada rangkaian lampu LED yang telah dipasang filter single tuned dengan menggunakan power analyzer.

Hasil:

Hasil pengukuran tegangan, arus pada rangkaian lampu LED dengan terpasangnya filter single tuned ditampilkan pada gambar 4.1.

Data Pengukuran Lampu LED	
V	18,1 V
I	450 mA
P	7,8 W
Q	2,3 VAR
S	8,1 VA
PF True	0,79
PF Distortion	0,82
PF Displacement	0,96
ϕ	16,26°

Gambar 4.1. Hasil Pengukuran Lampu LED Setelah Terpasang Filter

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada lampu LED yang telah dipasang sebuah filter didapatkan hasil seperti yang terlihat pada tabel IV-4. Dari hasil pengukuran tegangan yang terbaca sebesar 18,1 V dan arus sebesar 450 mA. Dari hasil tegangan dan arus yang terbaca pada alat ukur diketahui bahwa lampu LED dengan filter yang dirancang mempunyai besar daya aktif, semu dan reaktif sebesar:

$$P = 7,8 \text{ W}$$

$$S = 8,1 \text{ VA}$$

$$Q = 2,3 \text{ VAR}$$

Setelah nilai daya aktif, semu dan reaktif terdapat juga nilai displacement power factor. Pada rangkaian lampu LED yang telah terpasang filter besar nilai power factor displacement adalah:

$$\text{Displacement PF} = 0,96$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa perangkat lampu LED dengan menggunakan filter single tuned mempunyai nilai *displacement power factor* sebesar 0,96. Dilihat dari hasil pengujian, rangkaian lampu LED dengan menggunakan filter mempunyai nilai *displacement power factor* yang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan sebuah filter. Dari hasil perancangan filter yang dijelaskan pada bab III, filter didesain untuk menurunkan daya reaktif yang terdapat pada rangkaian guna memperbaiki nilai *displacement power factor*. Filter single tuned yang dirancang ditargetkan dapat memperbaiki nilai *power factor* hingga 0,98. Tetapi setelah di uji coba pada perangkat keras filter ini hanya dapat memperbaiki nilai *displacement power factor* dari 0,94 menjadi 0,96. Pada rangkaian ini juga akan diukur adalah distorsi harmonik arus dimulai dari harmonik ke-1 pada frekuensi 50Hz hingga harmonik ke-9 pada frekuensi 450Hz untuk melihat apakah terjadi perbaikan pada nilai harmonik arus.

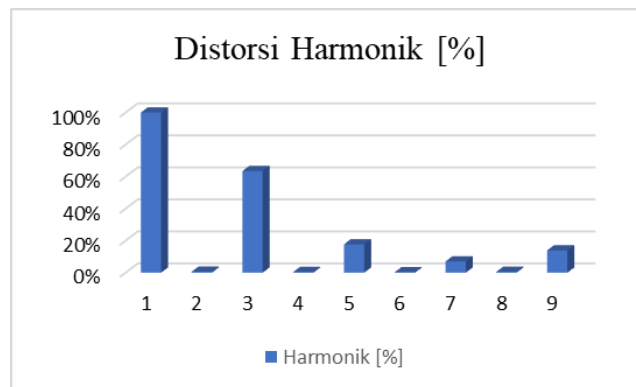
HD ke-	Frekuensi [Hz]	HD [mA]	HD [%]
1	50	371,4	100
3	150	233,8	63,5
5	250	65,4	17,7
7	350	25,5	7,0
9	450	51,4	13,9

Gambar 4.2. Data Pengukuran Harmonik Pada Lampu LED

Hasil pengukuran pada lampu LED yang telah terpasang rangkaian filter dilihat pada gambar 4.2. Filter single tuned digunakan utamanya bertujuan meredam harmonik ke-3 hingga memenuhi standar IEC 61000-2-3, yaitu sebesar 22,5%. Pada rangkaian filter single tuned terdiri dari kapasitor bernilai 10,6 uF, induktor bernilai 106,6 mH dan kapasitor bernilai 1,5 ohm. Menggunakan komponen bernilai sedemikian rupa agar filter dapat berkerja pada frekuensi yang telah ditargetkan. Dari hasil pemasangan filter pada lampu LED tersebut diketahui bahwa terjadi penurunan pada harmonik ke-3 pada frekuensi 150Hz menjadi 63,5% dari sebelumnya bernilai 68,5%. Nilai total harmonik distortion pada lampu LED yang terpasang filter sebagai berikut:

$$THD_i = \frac{\sqrt{HD_2^2 + HD_3^2 + HD_4^2 + \dots + HD_9^2}}{HD_1} \times 100\%$$

$$THD_i = 67,17\%$$



Gambar 4.3. Chart Distorsi Harmonik Pada Lampu LED dengan Filter

Dengan terpasangnya sebuah filter dan dari hasil pengukuran harmonik arus yang diketahui pada harmonik ke-3 mengalami penurunan. Besar nilai faktor daya yang diakibatkan oleh adanya komponen harmonik pada arus atau distortion power factor yang terdapat pada lampu LED ini diketahui yaitu:

$$Distortion PF = \frac{1}{\sqrt{1+0,6771^2}} = 0,82$$

Pada sistem ini diketahui bahawa nilai displacement power factor sebesar 0,96 dan distortion power factor sebesar 0,82. Maka besar nilai true power adalah:

$$True PF = Displacement PF \times Distortion PF$$

$$True PF = 0,79$$

Dari hasil pengujian yang dilakukan, diketahui bahwa lampu LED dengan terpasangnya sebuah filter mempunyai nilai harmonik yang lebih rendah dari pada rangkaian lampu tanpa menggunakan filter. Pada harmonik ke-3 yang sebelumnya bernilai 68,5% turun hingga 63,5%, dan total harmonik distortion yang sebelumnya bernilai 74,79% menjadi 67,17%. Serta nilai faktor daya meningkat dari sebelumnya bernilai 0,75 menjadi 0,79.

4.2. Pengujian Smart Lamp

Tujuan:

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai distorsi harmonik yang terdapat pada lampu LED dapat berkerja dengan baik atau tidak, pengujian mencakup masalah konektifitas, kerja dari bagian sistem monitoring, dan kendali on/off pada lampu.

Alat dan Bahan:

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sistem IoT pada Lampu LED adalah sebagai berikut:

- Lampu LED
- Blynk APK

Cara Pengujian:

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan dan memutuskan konektifitas perangkat pada jaringan internet. Dan juga menguji kerja button pada aplikasi blynk dengan menekan pilihan ON atau OFF untuk mematikan dan menyalakan lampu, serta kerja interface monitoring tegangan, arus dan daya dalam menampilkan nilai yang telah terukur.

Hasil Pengujian:

Hasil pengukuran tegangan dan arus DC yang dihasilkan driver ditampilkan pada gambar 4.4.

Banyak Percobaan	Lama Konektifitas (detik)	Status Notifikasi Pada Smartphone	Push button	Interface Monitor	
				Tegangan	Arus
1	6,9	Sukses	Berkerja	Terbaca	Terbaca
2	6,7	Sukses	Berkerja	Terbaca	Terbaca
3	11,4	Sukses	Berkerja	Terbaca	Terbaca
...	...	...	...	...	...
20	10,8	Sukses	Berkerja	Terbaca	Terbaca

Gambar 4.4. Sistem Smart Lamp Pada Lampu LED

Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan cara menghubungkan dan memutuskan perangkat pada jaringan internet guna melihat lama waktu perangkat terhubung ke jaringan, dan melihat kemungkinan terjadinya kegagalan perangkat teghubung jaringan internet. Dari 20 kali percobaan didapatkan lama waktu perangkat dapat terhubung ke jaringan internet rata-rata selama 8,2 detik. Dengan catatan waktu tercepat 5,4 detik dan terlama hingga 11,4 detik.

Dari hasil 20 kali percobaan diketahui tidak terdapat kegagalan koneksi yang mengakibatkan tidak terhubungnya perangkat ke server blynk. Untuk pengujian kerja button on/off selama 20 kali percobaan didapatkan berjalan dengan baik, diketahui delay perintah diaplikasi dan perangkat keras jika kualitas jaringan menurun atau *lagg*. Pada monitoring tegangan, arus dan daya secara keseluruhan data dapat terbaca dengan baik selama uji coba dilakukan, sama seperti pada button on/off jika kualitas jaringan menurun maka akan terjadi data loss pada hasil pembacaan tegangan, arus dan daya pada interface monitoring.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pada tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Driver lampu LED dengan menggunakan regulator LM317 berkonfigurasi fix current dapat memberikan supply rata-rata sebesar 15,3volt dan arus sebesar 265mA.
2. Penggunaan filter single tuned dengan resistor sebesar 1,5 ohm, kapasitor 10,6 uF dan induktor 106,6 mH pada lampu LED dapat meredam nilai harmonik ke-3 dari bernilai 68,5% menjadi 63,5%.
3. Penggunaan filter single tuned dengan resistor sebesar 1,5 ohm, kapasitor 10,6 uF dan induktor 106,6 mH pada lampu LED dapat meningkatkan nilai faktor dari 0,94 menjadi 0,96.
4. Melalui pengujian, konektifitas pada sistem IoT yang terpasang pada lampu LED membutuhkan rata-rata 8,2 detik untuk terhubung ke jaringan internet.
5. Respon button dalam mematikan dan menyalakan lampu LED dan nilai tegangan, arus dan daya yang ditampilkan sangat berpengaruh pada kualitas koneksi jaringan.

Daftar Pustaka

- [1] Boylestad. Robert L, and Nashelsky. Louise, *Electronic Device and Circuit Theory*, vol. 11, New Jersey: Pretice Hall, 1996.
- [2] Erickson. Robert W, and Maksimović. Dragan, *Fundamental of Power Electronics*, New York: Kluwer Academic, 2004.
- [3] Dorf. Richard C, *The Electrical Engineering Handbook*, Florida: CRC Press, 1995.
- [4] International Electrotechnical Commission, *IEC 61000-3-2 Electromagnetic Compatibility(EMC)-Limits for Harmonic Current Emissions*. Geneva: IEC, 2004.
- [5] Herman Dwi Surjono, "Elektronika Lanjut" dalam *Elektronika Lanjut*, Jawa Timur: Cerdas Ulet Kreatif Publisher, 2009.
- [6] Mohammad Ramdhani, "Rangkaian Listrik" dalam *Rangkaian Listrik*, Jakarta: Erlangga, 2008
- [7] W. Mack Grady, and Robert J. Gilleskie, *Harmonic and How They Related to Power Factor*, San Diego, November 1993
- [8] Young-Sik Cho, and Hanju Cha, *Single-tuned Passive Harmonic Filter Design Considering Variances of Tuning and Quality Factor*, 2011
- [9] Priyadi Iranda, *Studi Penggunaan Rangkaian Filter Untuk Mengurangi Efek Harmonisa pada Lampu Hemat Energi*, Vol. 6 No. 2, 2014
- [10] Fajar Abdul Karim, Moh. Ramdhani, Ekki Kurniawan, *Low Pass Filter Installation for Reducting Harmonic Current From LED Lamps Based on EMC Standard*, 2016
- [11] Ole J. Jacobsen, *The Internet Protocol Journal*, Vol. 18 No. 4, December 2015
- [12] International Telecommunication Union, *ITU-T Y.2060 Overview of the Internet of Things*, Geneva: ITU, 2013.
- [13] Stalings Wiliam, *Data and Computer Communications*, New Jersey: Prentice Hall, 2007.
- [14] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Std 519-2014 Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*. New York: IEEE, 2014.