



## Perancangan Filter EMI Pasif dalam Rangka Mitigasi *Conducted emission* pada Lampu LED

Siska Novita Posma<sup>1</sup>, Oddy Rifandi<sup>2</sup> dan Mohammad Yanuar H<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi, email: [siska@pcr.ac.id](mailto:siska@pcr.ac.id)

<sup>3</sup> Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi, email: [yanuar@pcr.ac.id](mailto:yanuar@pcr.ac.id)

### Abstrak

Lampu light emitting diode (LED) populer digunakan dalam berbagai macam aplikasi, karena penggunaan daya yang rendah, efisiensi yang tinggi dan perawatan yang rendah. Keuntungan LED lainnya adalah awet dan ramah lingkungan karena lebih sedikit mengandung komposisi zat beracun jika dibandingkan dengan jenis lampu lain. Untuk mencapai efisiensi yang tinggi dalam transfer energi pada catu daya LED, diterapkan topologi switched mode power supply (SMPS). SMPS diimplementasikan dengan pulse width modulation (PWM) yang beroperasi pada frekuensi konstan, menghasilkan emisi yang signifikan disejumlah frekuensi melalui mekanisme conducted dan radiated, emisi ini dinamakan electromagnetic interference (EMI). Sebagai akibatnya, banyak lampu LED berpotensi tidak bisa memenuhi standar electromagnetic compatibility (EMC). Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan implementasi filter EMI pasif untuk meredam conducted emission pada lampu LED yang ada dipasaran. Filter EMI pasif berupa low pass filter (LPF). Sebelum lampu LED diterapkan filter pasif EMI, conducted emission yang terukur melebihi standar regulasi CISPR 22 class B, nilai emisi tertinggi mencapai 82,5 dB $\mu$ V pada frekuensi 299,25 kHz atau melebihi standar CISPR sebesar 30,9 dB $\mu$ V. Saat filter pasif EMI dipasang lampu LED terjadi reduksi conducted emission pada rentang frekuensi 150kHz – 1,65MHz dengan nilai rata-rata sebesar 23,3 dB $\mu$ V dan nilai reduksi maksimal sebesar 34,7 dB $\mu$ V.

**Kata kunci:** LED, conducted emission, filter EMI pasif,

### Abstract

Light-emitting diode (LED) lamps become popular in a variety of applications, due to low power usage, high efficiency, and low maintenance. Another advantage of LEDs is that they are durable and environmentally friendly because they contain less toxic substance composition compared to other types of lamps. To achieve high efficiency in energy transfer to the LED power supply, a switching mode power supply (SMPS) is applied. SMPS was implemented with pulse width modulation (PWM) which operates at a constant frequency, producing significant emissions in several frequencies through conducted and radiated mechanisms. These emissions are called electromagnetic interference (EMI). As a result, many LED lamps have the potential to fail to meet the electromagnetic compatibility (EMC) standard. In this research, the design and implementation of passive EMI filters were carried out to reduce the conducted emission of LED lights on the market. Passive EMI filters are LC low pass filters (LPF). Before the LED lights were applied to the EMI passive filter, conducted emissions were measured to exceed CISPR 22

*class B regulatory standards, which reached 82.5 dB $\mu$ V. When the passive EMI filter was implemented, the LED lights occur conducted emission reduction in the frequency range 150kHz - 1.5MHz with an average value of 36.96 dB $\mu$ V and a maximum reduction value of 34.7 dB $\mu$ V.*

**Keywords:** LED, conducted emission, pasif filter EMI, LPF

---

## 1. Pendahuluan

Saat ini, lampu light emitting diode (LED) menjadi semakin populer digunakan dalam berbagai macam aplikasi, seperti penerangan di dalam dan di luar tempat tinggal atau kantor, lampu jalan, dekorasi, dan aplikasi kendaraan. Tujuan utama penggunaan lampu LED adalah penghematan energi karena penggunaan daya yang rendah, efisiensi yang tinggi dan perawatan yang rendah [1]. Keuntungan LED lainnya adalah awet dan ramah lingkungan karena tidak ada komposisi zat beracun jika dibandingkan dengan jenis lampu lain. Untuk mencapai efisiensi yang tinggi dalam transfer energi, diterapkan topologi switched mode power supply (SMPS) seperti *buck*, *boost*, *flyback*, *cuk* dan *buck-boost* [1]–[8]. Selain itu SMPS banyak diterapkan secara luas karena keuntungan yang ditawarkan dalam hal ukuran, berat, biaya dan kinerja.

SMPS mampu memenuhi kebutuhan akan efisiensi yang tinggi dalam transfer energi untuk me-drive LED, tetapi disisi lain penggunaan switching regulator menyebabkan peningkatan EMI [1], [2]. SMPS umumnya gagal dalam pengujian EMC, bukan dikarenakan oleh total spectral energy yang berlebihan, tetapi dikarenakan energi terkonsentrasi dalam pita frekuensi yang sempit. Switched mode power supply (SMPS) biasanya diimplementasikan dengan rangkaian kontrol yang menggunakan frekuensi clock konstan. Kelemahan dari prinsip pengoperasian ini adalah munculnya frekuensi switching dan frekuensi harmonisa pada spektrum conducted dan radiated EMI dari power converter. Berbagai jenis filter digunakan untuk mengatasi conducted emission yang dihasilkan oleh LED driver dalam memenuhi regulasi EMI [6]–[10]. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan implementasi filter EMI pasif LPF LC untuk meredam conducted emission pada lampu LED yang ada dipasaran.

## 2. Conducted emission (CE)

Saat ini, perangkat elektronik memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Perangkat elektronik harus memenuhi standar EMC untuk memastikan bahwa perangkat dapat bekerja tanpa saling mengganggu atau kebal terhadap gangguan. Agar perangkat elektronik kompatibel dengan lingkungan elektromagnetik, electromagnetic compatibility (EMC) harus diperhitungkan saat merancang perangkat elektronik sejak tahap awal[11].

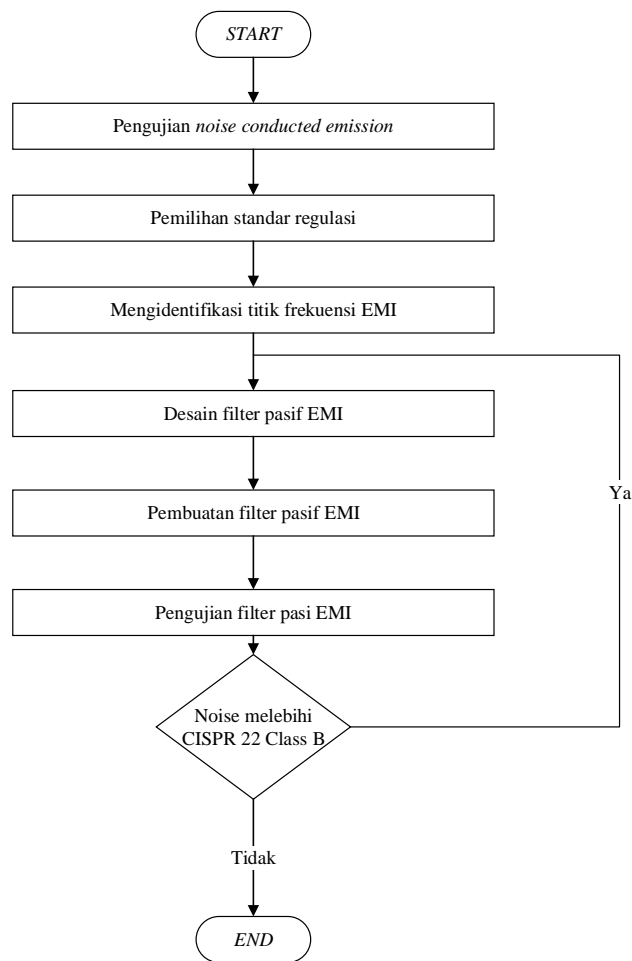
Noise yang berpropagasi melalui jalur (path) dapat dimitigasi menggunakan filter. Filter dapat digunakan untuk memodifikasi karakteristik jalur propagasi noise yang dapat mengurangi noise pada ujung receiver. Filter ini dapat berupa unit yang terpisah, terletak pada bagian depan rangkaian (filter eksternal) atau terintegrasi didalam konverter daya itu sendiri (filter internal).

Namun, dalam kasus tidak terpenuhinya standar EMI, filter EMI dapat digunakan untuk mengurangi EMI. Penelitian terkait teknik perancangan filter EMI pasif telah dilakukan dan dikembangkan dalam beberapa dekade terakhir [2], [3], [12], dan masih harus dipelajari dan dirancang terus-menerus [13].

Saat mendesain perangkat elektronik, apa pun terkait EMI/EMC, perangkat tersebut harus diuji menggunakan spectrum analyzer untuk mengetahui perilaku pembangkitan EMI. EMI yang dihasilkan harus dibandingkan dengan standar EMC, seperti FCC, EN, CISPR, VDE, dan standar militer. Namun, spectrum analyzer adalah alat ukur yang mahal. Itulah sebabnya banyak perusahaan tidak dapat mengukur atau mendeteksi emisi EMI selama tahap perancangan.

Pembangkitan EMI biasanya diukur atau ditentukan di pusat pengujian ketika perangkat sudah selesai, dengan biaya pengujian yang mahal. Beberapa perangkat elektronik tidak dapat memenuhi standar EMC, oleh karena itu, diperlukan untuk menambahkan atau memodifikasi filter EMI untuk membatasi *conducted emission* yang dihasilkan oleh perangkat elektronik pada saat pengujian, dan mengukur noise elektromagnetik lagi. Kadang-kadang dibutuhkan waktu sekali, bahkan berkali-kali untuk menyesuaikan nilai komponen filter EMI untuk lolos dari standar EMC [14].

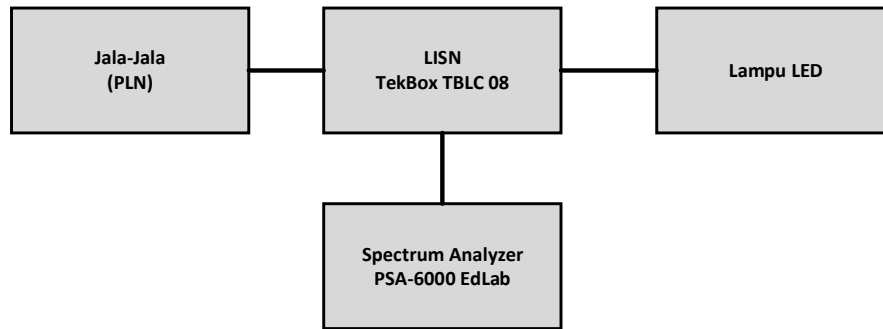
EMI dibagi menjadi dua jenis: 1) *conducted emission* dan 2) *radiated emission*. Filter EMI dirancang untuk mengurangi emisi *conducted noise* [6]–[8]. Selain itu, *conducted EMI* dipisahkan menjadi dua mode; satu adalah gangguan *differential mode (DM)* dan lainnya adalah gangguan *common mode (CM)*. Noise *DM* mengalir sejalan dan kembali dengan netral sedangkan kebisingan *CM* mengalir sejalan dan netral dan kemudian, mengalir ke tanah. Untuk spesifikasi pengukuran yang dilakukan dalam standar EMC, noise diukur dalam rentang frekuensi 9 kHz hingga 30 MHz atau 150 kHz hingga 30 MHz. Peralatan utama yang digunakan dalam pengukuran *conducted emission* adalah LISN (*Line Impedance Stabilization Network*) dan spectrum analyzer [11]. LISN biasanya ditempatkan di antara sumber listrik dan perangkat yang diuji (*device under test/DUT*). Tujuan penggunaan LISN adalah untuk menyediakan impedansi RF yang terdefinisi terhadap terminal listrik DUT dan untuk menyediakan rute *coupling* didefinisikan dari DUT ke alat ukur.



**Gambar 1.** Alur Penelitian

### 3. Metodologi

Dalam proses perancangan dan implementasi filter pasif EMI pada LED driver ini ada beberapa tahapan yang akan dilalui. Diagram proses pengerjaannya dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan alur penelitian tentang perancangan dan implementasi filter pasif EMI pada lampu LED. Perancangan dimulai dari pengukuran nilai *conducted emission* pada lampu LED dengan merek dan daya yang berbeda. Dilanjutkan dengan memilih standar regulasi yang ditetapkan sebagai batasan noise *conducted emission*. Dalam pengambilan data ini digunakan *Line Impedance Stabilization Network* (LISN) TekBox TBLC08 dan spectrum analyzer (SA) PSA-6000 EDLab, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pengujian dilakukan di Laboratorium Media Tansmisi Politeknik Caltex Riau.



**Gambar 2.** Pengujian *conducted emission* pada Lampu LED

Untuk melihat standarisasi data maka diamati lokasi frekuensi EMI dari setiap lampu yang melebihi standar. Dari frekuensi ini didesain filer pasif EMI yang sesuai untuk meredam frekuensi tersebut. Untuk menghitung nilai attenuation yang akan dibutuhkan dalam perancangan filter pasif EMI menggunakan rumus Insertion Loss (IL):

$$(V_{reg,CM})dB\mu V = (V_{CM})dB\mu V - (V_{limit})dB\mu V + (Margin)dB\mu V \quad (1)$$

$$(V_{reg,DM})dB\mu V = (V_{DM})dB\mu V - (V_{limit})dB\mu V + (Margin)dB\mu V \quad (2)$$

Dimana:

$V_{reg,CM}$  = Nilai redaman yang diperlukan untuk noise CM

$V_{reg,DM}$  = Nilai redaman yang diperlukan untuk noise DM

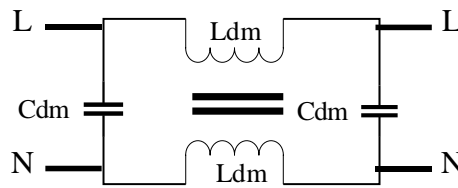
$V_{CM}$  = Tegangan noise CM

$V_{DM}$  = Tegangan noise DM

$V_{limit}$  = Standar yang digunakan

Margin = Margin redaman (3dB)

Hasil desain digunakan untuk pembuatan filter pasif EMI seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Selanjutnya filter pasif EMI diuji respon frekuensinya. Jika filter pasif EMI hasil perancangan, maka akan dilanjutkan dengan pengujian *conducted emission* dan dilihat apakah nilai *conducted emission* yang dihasilkan melebihi standar, jika tidak melebihi standar maka penelitian selesai. Jika melebihi standar, maka akan dilakukan perancangan ulang filter pasif EMI.



**Gambar 3.** Topologi rangkaian filter pasif EMI

#### 4. Data Dan Analisis

##### 4.1 Pengujian *Conducted emission* Lampu LED

Pada penelitian ini, lampu LED 15 watt (Gambar 4) yang dijadikan sebagai lampu yang akan diuji *conducted emission* dengan standar CISPR 22 class B. *Conducted emission* yang dihasilkan oleh lampu LED tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat pada frekuensi dibawah 1,4 MHz, *conducted emission* yang dihasilkan oleh lampu LED melebihi standar CISPR 22 klas B.

Untuk perhitungan nilai IL ini, noise yang akan direduksi adalah nilai tertinggi dari hasil pengujian noise *conducted emission* pada noise DM. Sebagai acuan dalam perancangan filter pasif EMI, diambil 4 titik sample frekuensi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Dari 4 titik sample frekuensi, filter harus mempunyai redaman yang cukup besar, sebesar 30 dB $\mu$ V, agar *conducted emission* yang dihasilkan oleh lampu LED setelah difilter berada dibawah standar CISPR 22. Sementara untuk range frekuensi noise CM nilai noise yang terukur masih dibawah standar CISPR 22, sehingga bias diabaikan.

Dengan kebutuhan redaman yang sesuai dengan hasil perhitungan IL diatas maka nilai tiap komponen dapat ditentukan menggunakan persamaan (3)-(4) [15].

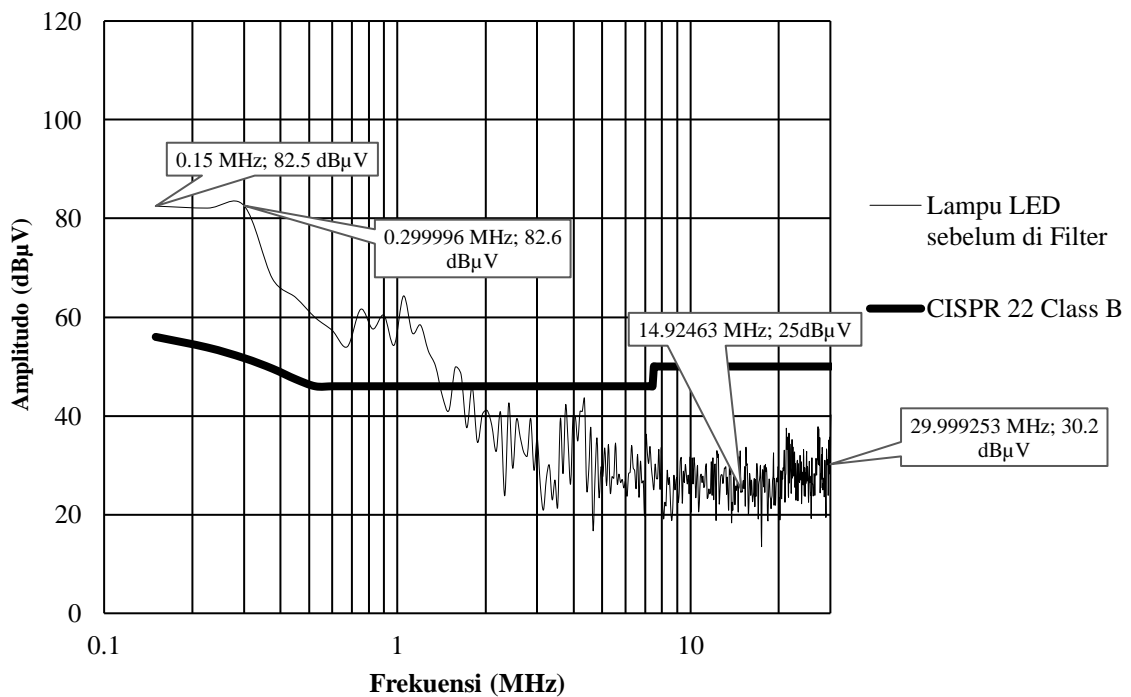
$$f_{R,DM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{DM}C_{DM}}} \tag{3}$$

$$f_{R,DM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{((2 \times L_D) + L_{leakage}) \times C_{DM}}} \tag{4}$$

Nilai frekuensi *cut-off* yang ditetapkan adalah pada nilai frekuensi 5kHz untuk *noise* DM. Nilai frekuensi *cut-off* tersebut ditetapkan untuk mendapatkan redaman yang diharapkan cukup maksimal untuk meredam *noise conducted emission* yang dihasilkan lampu LED. Dari persamaan (3) dan (4) didapatkan  $f_{R,DM} = 5000\text{Hz}$ ,  $L_{leakage} \approx 300 \mu\text{H}$  dan  $C_{DM} \approx 206.7 \text{ nF}$ . Didalam induktor *chocke* terdapat  $L_{leakage}$  yang merupakan nilai kebocoran induktansi yang telah ditetapkan oleh fabrikasi komponennya langsung, sehingga nilainya telah ditetapkan sebesar 300  $\mu\text{H}$  berdasarkan komponen yang telah di survei langsung ke lapangan, dan nilai kebocoran induktansi ini tidak akan pernah lebih besar dari nilai induktor *choke* yaitu dengan nilai 2,5 mH. Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai kapasitansi total dari rangkaian ekuivalen *noise* DM adalah sebesar 206.7  $\text{nF}$ . Sehingga nilai masing-masing kapasitor DM adalah setengah dari nilai total tersebut, yaitu sebesar 103.35  $\text{nF}$  (nilai yang tersedia dipasaran 0,1  $\mu\text{F}$ ).



Gambar 4. Lampu LED obyek penelitian



Gambar 5. Conducted emission yang dihasilkan oleh lampu LED 15 Watt

#### 4.2 Perancangan Filter Passif

Dengan kebutuhan redaman yang sesuai dengan hasil perhitungan IL, maka nilai komponen dapat dicari dengan menggunakan rumus (3) dan (4) [15].

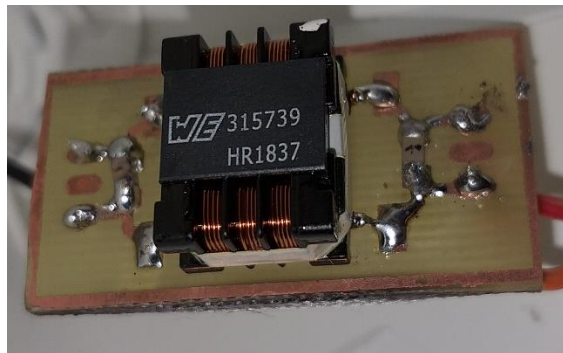
Nilai frekuensi *cut-off* yang ditetapkan adalah pada nilai frekuensi 5kHz untuk *noise DM*. Nilai frekuensi *cut-off* tersebut ditetapkan untuk mendapatkan redaman yang diharapkan cukup maksimal untuk meredam *noise conducted emission* yang dihasilkan lampu LED. Dari persamaan (3) dan (4) didapatkan:

$$f_{R,DM} = 5000\text{Hz},$$

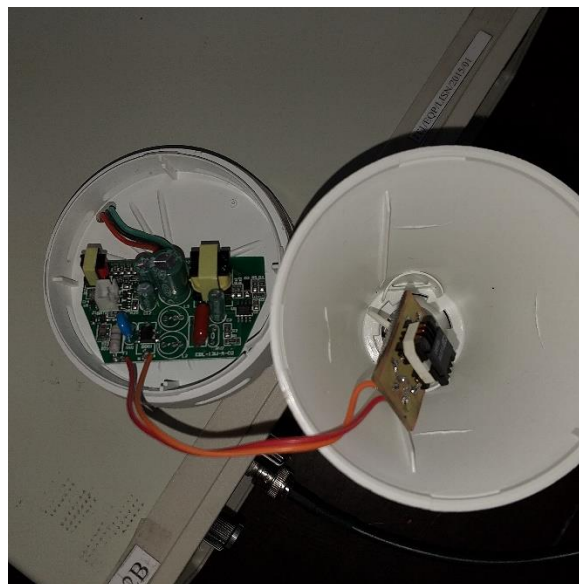
$$L_{leakage} \approx 300 \mu\text{H}$$

$$C_{DM} \approx 206.7 \text{ nF}.$$

Di dalam induktor *chocke* terdapat  $L_{leakage}$  yang merupakan nilai kebocoran induktansi yang telah ditetapkan oleh fabrikasi komponennya langsung, sehingga nilainya telah ditetapkan sebesar  $300 \mu\text{H}$  disesuaikan dengan nilai komponen yang ada dilapangan, dan nilai kebocoran induktansi ini tidak akan pernah lebih besar dari nilai induktor *choke* yaitu dengan nilai  $2,5 \text{ mH}$ . Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai kapasitansi total dari rangkaian ekuivalen *noise DM* adalah sebesar  $206.7\text{nF}$ . Sehingga nilai masing-masing kapasitor DM adalah setengah dari nilai total tersebut, yaitu sebesar  $103.35 \text{ nF}$  (nilai yang tersedia dipasaran  $0,1\mu\text{F}$ ). Filter hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

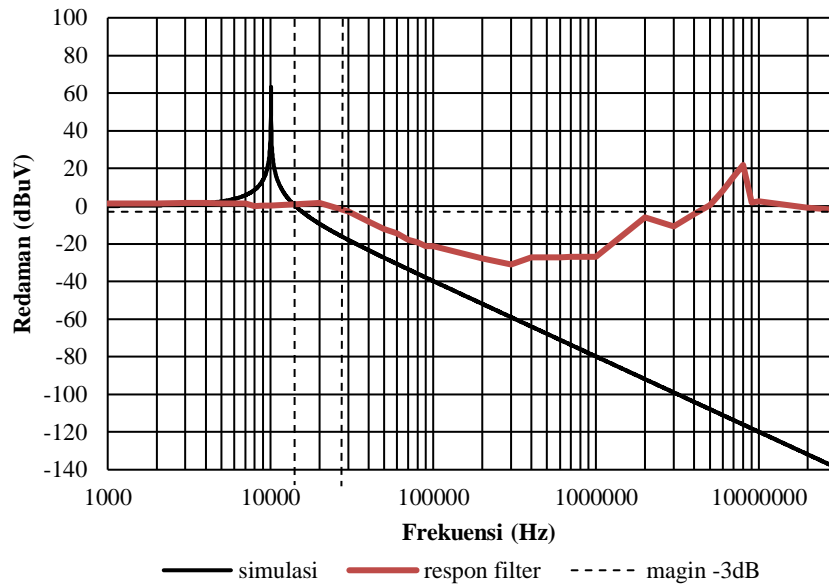


**Gambar 6.** Filter EMI pasif hasil perancangan



**Gambar 7.** Filter EMI yang diimplementasikan pada lampu LED

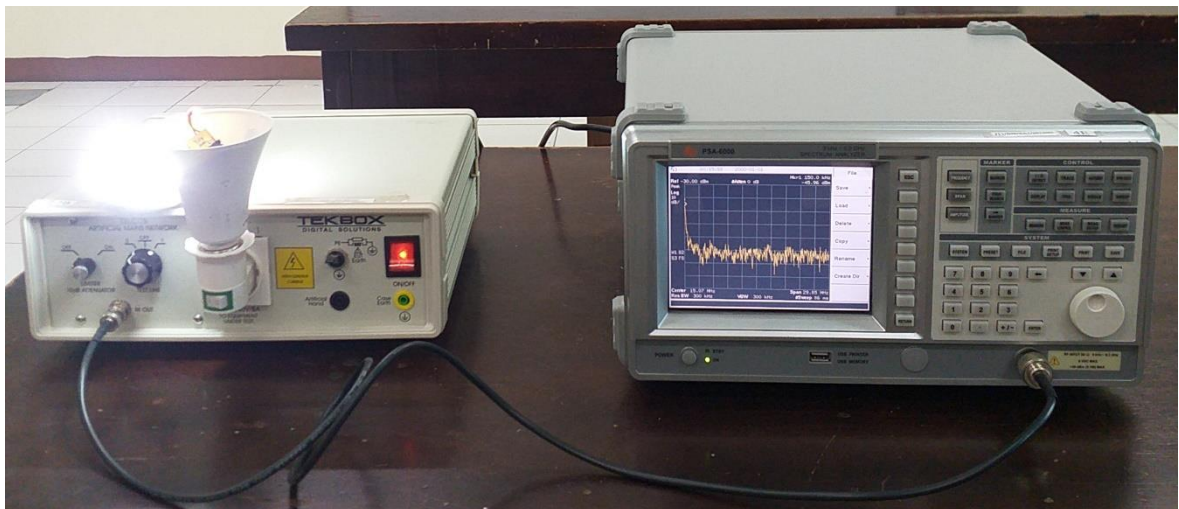
Respon frekuensi pada rentang frekuensi  $1\text{kHz}$  hingga  $30\text{MHz}$  dari filter pasif EMI hasil perancangan dibandingkan dengan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 8. Terjadi pergeseran frekuensi *cut-off* sebesar  $25,2\text{kHz}$  jika dibandingkan dengan hasil simulasi, hal ini kemungkinan disebabkan munculnya kapasitor liar pada rangkaian. Peredaman dari filter yang telah buat dimulai dari  $150 \text{ kHz}$  yang telah dihasilkan tidak terlalu besar yaitu  $-27,7\text{dBuV}$  dibandingkan dengan simulasi yang mencapai  $-46,7\text{dBuV}$ . Hal ini terjadi karena pengaruh pergeseran frekuensi *cut-off* yang cukup besar.



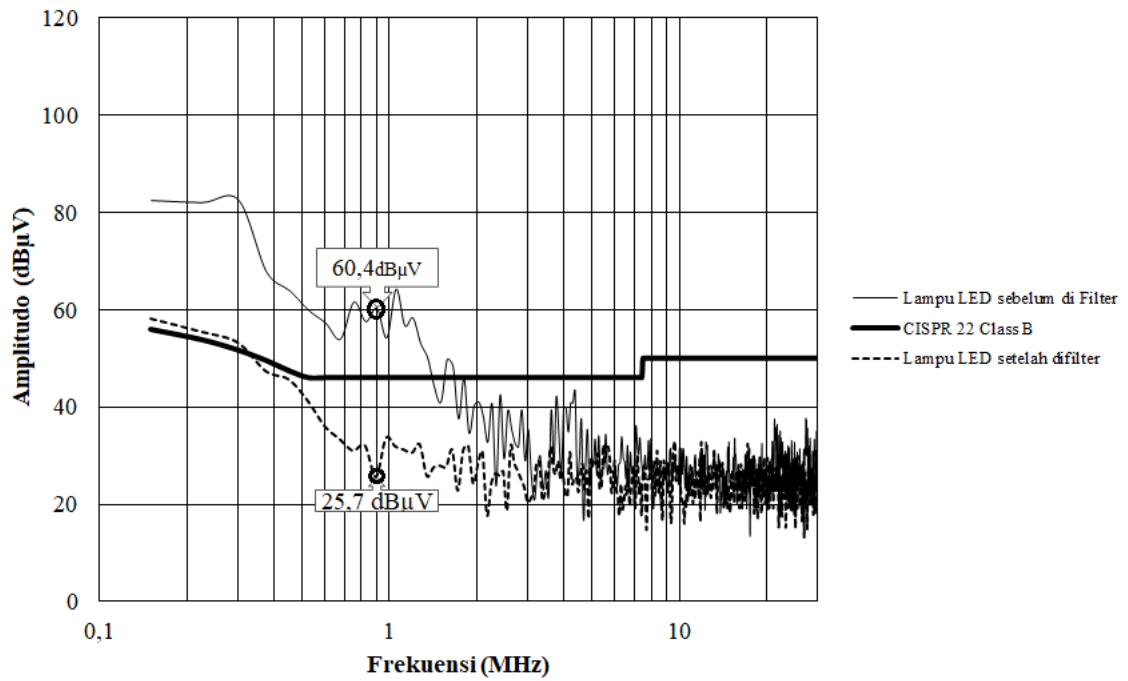
Gambar 8. Respon Frekuensi Filter Hasil Perancangan vs Simulasi

#### 4.3 Pengujian *conducted emission* saat filter dipasang pada lampu LED

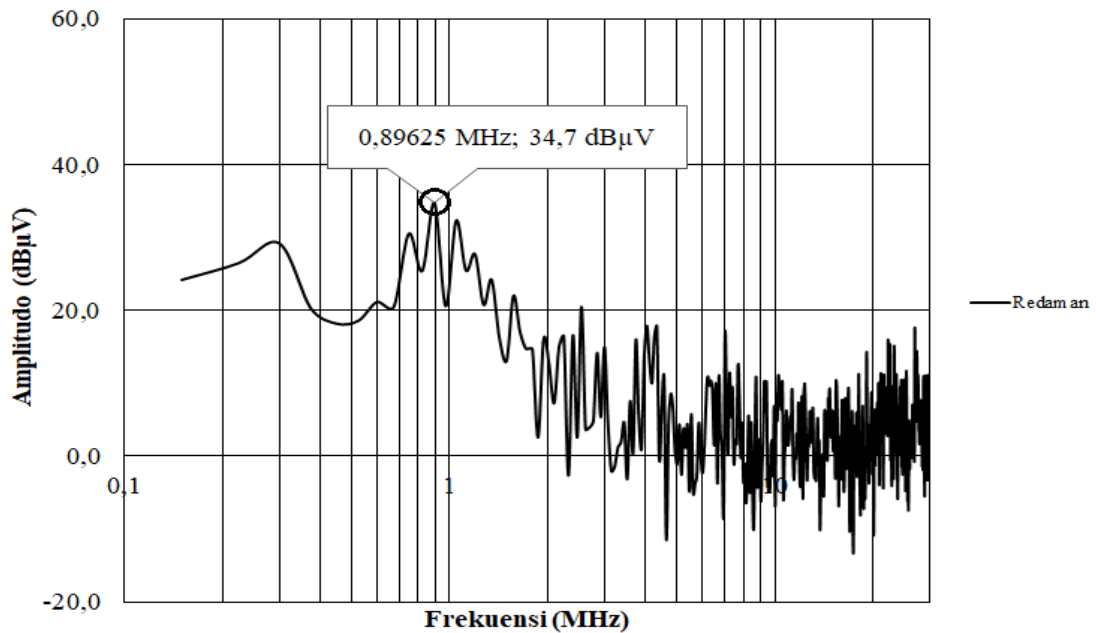
Setelah dilakukan pengujian respon frekuensi, maka dilakukan pengujian *conducted emission* yang dihasilkan oleh lampu LED setelah diberikan filter EMI pasif, seperti ditunjukkan Gambar 9. Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa filter pasif EMI memberikan kinerja yang cukup baik, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Pada rentang frekuensi 150 kHz hingga 30 MHz, filter EMI pasif dapat meredam *conducted emission* yang dihasilkan oleh lampu LED. Filter EMI pasif hasil perancangan dapat meredam noise paling efektif pada rentang frekuensi 150 kHz sampai dengan 1,15 MHz, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Redaman tertinggi terdapat pada rentang frekuensi 150 kHz – 1,15 MHz sebesar 34,7 dB $\mu$ V, seperti ditunjukkan Gambar 11.

Gambar 9. Pengujian *conducted emission* pada lampu LED setelah difilter





Gambar 10. *Conducted emission* pada Lampu LED sebelum difilter dan setelah difilter



Gambar 11. Redaman filter pasif EMI

## 5. KESIMPULAN

Pada rentang frekuensi 150 kHz hingga 30 MHz, filter EMI pasif hasil perancangan dapat meredam *conducted emission* yang dihasilkan oleh lampu LED. Terjadi pergeseran frekuensi *cut-*

off sebesar 25,2kHz jika dibandingkan dengan hasil simulasi, hal ini kemungkinan disebabkan munculnya capacitor stray pada rangkaian. Filter EMI pasif hasil perancangan dapat meredam noise paling efektif pada rentang frekuensi 0,15 MHz hingga 1,15MHz, dengan redaman paling besar terjadi pada frekuensi 0,89625 MHz sebesar 34,7 dB $\mu$ V.

### Daftar Pustaka

- [1] P. S. Almeida, H. a. C. Braga, M. a. Dalla Costa, and J. M. Alonso, "Offline Soft-Switched LED Driver Based on an Integrated Bridgeless Boost&#x2013;Asymmetrical Half-Bridge Converter," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 51, no. 1, pp. 761–769, 2015.
- [2] A. Gago Calderón, L. Narvarte Fernández, L. M. Carrasco Moreno, and J. Serón Barba, "LED bulbs technical specification and testing procedure for solar home systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 506–520, 2015.
- [3] R. A. A. El-wahab and K. Tetranychus, "Light Emitting Diodes (LEDs) Reduce Vertimec, Resistance in *Tetranychus urticae* (Koch)," *IJCBS*, vol. 1, no. 3, pp. 28–40, 2014.
- [4] A. T. L. Lee, J. K. O. Sin, and P. C. H. Chan, "Scalability of Quasi-Hysteretic FSM-Based Digitally Controlled Single-Inductor Dual-String Buck LED Driver to Multiple Strings," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 1, pp. 501–513, Jan. 2014.
- [5] Y. T. Hsieh, B. Da Liu, J. F. Wu, C. L. Fang, H. H. Tsai, and Y. Z. Juang, "A high efficiency boost white LED driver for portable electronics applications," in *2010 International Symposium on Next-Generation Electronics, ISNE 2010 - Conference Program*, 2010, pp. 13–16.
- [6] C. Y. Hsu and Y. L. Chang, "A single stage single switch valley switching Flyback-Forward converter with regenerative snubber and PFC for LED light source system," *Proc. 2014 Int. Conf. Intell. Green Build. Smart Grid, IGBSG 2014*, 2014.
- [7] M. R. Cosetin, T. E. Bolzan, P. C. V Luz, M. F. Silva, J. M. A. S. Member, and R. N. Prado, "Dimmable Single-Stage SEPIC- Ćuk Converter for LED Lighting with Reduced Storage Capacitor," in *IEEE Industry Application Society Annual Meeting*, 2014, pp. 1–7.
- [8] A. Pawellek and T. Duerbaum, "Novel Analysis of a Boost - Buck Single Stage LED - Ballast," in *PCIM Europe 2015*, 2015, no. May, pp. 19–21.
- [9] M. Y. Hariyawan, R. Hidayat, and E. Firmansyah, "The Effects of Spread-Spectrum Techniques in Mitigating Conducted EMI to LED Luminance," vol. x, no. x, pp. 1–12, 2016.
- [10] M. Miloudi, A. Bendaoud, H. Miloudi, S. Nemnich, and H. Slimani, "Analysis and reduction of common-mode and differential-mode EMI noise in a Flyback switch-mode power supply (SMPS)," in *2012 20th Telecommunications Forum, TELFOR 2012 - Proceedings*, 2012, vol. 7, pp. 1080–1083.
- [11] H. W. Ott, *Electromagnetic Compatibility Engineering*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [12] F. Ahmad, M. Y. Hariyawan, and N. Posma, "Perancangan Dan Implementasi Passive Emi Filter Pada Switching Mode Power Supply ( SMPS )," vol. 5, no. 1, 2019.
- [13] D. Shin *et al.*, "Analysis and Design Guide of Active EMI Filter in a Compact Package for Reduction of Common-Mode Conducted Emissions," pp. 1–12, 2015.

[14] J. Jiraprasertwong and C. Jettanasen, "Practical Design of a Passive EMI Filter for Reduction of EMI Generation," vol. II, pp. 18–21, 2015.

[15] C. Zhu and T. H. Hubing, "An active cancellation circuit for reducing electrical noise from three-phase ac motor drivers," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 56, no. 1, pp. 60–66, 2014.