



Penggunaan *Common-Mode Filter* dan *Differential-Mode Filter* Pada EMI Driver Lampu LED

Djoko Anwar Mardiono^{1*}, Gunawan Toto Hadiyanto², Intan Kumala Sari³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Batam, Batam, Indonesia

*Korespondensi penulis: djoko.anwar10@gmail.com

ARTICLE INFO

Genesis Artikel:

Diterima, 5 Agustus 2021

Direvisi, 12 Agustus 2021

Disetujui, 19 Agustus 2021

Keywords:

EMI, Common-Mode Filter, Differential-Mode Filter

Kata kunci:

EMI, Common-Mode Filter, Differential-Mode Filter

ABSTRACT

Power Energy efficiency for public application commonly used driver IC that operate by (Pulse Width Modulation) PWM, The effect of this implementation will generate EMI (Electromagnetic Interference) that can make radio signal distortion or other electronic distortion in the around device area. The action to reduce the signal distortions shall use Filter implementation in the electronic device circuit. The filter to reduce signal distortion are power line filter or ferrite beads filter. Power line filter used for reduce and to filtering noise signal from Power line source from PLN power line or from power line distribution Conduction emission., The ferrite beads filter implementation for noise reduction or filtering from Source power supply to load. Implement of both filters at the circuit diagram will impact to reduce noise signal that make distortion to the signal source.

ABSTRAK

Lampu LED untuk membuat efisiensi daya yang digunakan umumnya menggunakan IC driver yang menerapkan sistem PWM atau modulasi pulsa, hal ini dapat menimbulkan EMI (Electromagnetic Interference) yang dapat mengganggu sinyal radio atau peralatan elektronik yang lain di sekitar area tersebut. Untuk mengurangi atau meredam sinyal-sinyal tersebut diperlukan filter baik *power line filter* atau *ferrite beads filter*. *Power line filter* untuk meredam sinyal *noise* (kebisingan) dari sumber ke jaringan kabel listrik atau Emisi Konduksi, sedangkan *ferrite beads* untuk meredam *noise* dari *power supply* ke beban. Dengan adanya filter-filter tersebut diharapkan dapat mengurangi sinyal-sinyal yang tidak diinginkan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2021 by Author. Published by Universitas Batam.



PENDAHULUAN

Perkembangan lampu penerangan pada saat ini semakin cepat dengan ditemukannya lampu penerangan dengan menggunakan LED (*Light Emitting Diode*) yang memerlukan daya rendah, sebagai perbandingan kalau dahulu menggunakan lampu pijar dengan daya 40W sekarang dengan menggunakan lampu LED yang setara dengan lampu pijar tersebut hanya memerlukan daya sebesar 18% daya lampu pijar.

Sebuah LED umumnya memerlukan tegangan DC sekitar 3V untuk keperluan penerangan dengan pencahayaan yang sama dengan lampu pijar membutuhkan lebih dari 5 buah. Untuk mengubah tegangan AC 220V diperlukan penurunan tegangan serta penyearah atau disebut juga sebagai *Driver*. *Driver* tersebut kebanyakan menggunakan IC yang didalamnya terdapat rangkaian PWM generator frekuensi tinggi yang membangkitkan sinyal-sinyal yang dapat mengganggu sinyal radio.

Sinyal-sinyal gangguan yang dibangkitkan dari rangkaian PWM dapat diperbaiki dengan menggunakan rangkaian *Common-Mode Filter* dan rangkaian *Differential-Mode Filter*

METODE PENELITIAN

Penulisan ini menggunakan metode studi pustaka dan referensi dari berbagai sumber. Informasi dan data yang diperlukan adalah data sheet dari komponen elektronik yang akan digunakan dan teori-teori yang berhubungan dengan *Electromagnetic Interference*, *Common-Mode Filter* dan *Differential-Mode Filter*.

EMI (*Electromagnetic Interference*)

EMI adalah sinyal yang tidak diinginkan pada penerima sinyal, dan pada umumnya diusahakan berbagai metode untuk mengurangi tingkat *interferensinya*. EMI adalah gangguan pengoperasian perangkat elektronik ketika berada disekitar medan *elektromagnetik* pada spektrum frekuensi radio (RF) yang disebabkan oleh perangkat elektronik lain. Penurunan kemampuan kerja peralatan atau sistem karena gangguan *elektromagnetik* disebut *Interferensi Elektromagnetik*.

Sumber *interferensi* dibangkitkan dari beberapa peralatan *elektronik*, listrik dan *elektromekanik*. Karena transmisi, distribusi, proses atau penggunaan peralatan untuk berbagai tujuan dengan energi listrik, sehingga dalam pengoperasiannya menghasilkan sinyal konduksi atau radiasi.

Ada banyak bentuk *interferensi elektromagnetik* (EMI) yang dapat mempengaruhi rangkaian dan mengganggu / menggagalkan bekerjanya suatu alat sesuai yang dimaksudkan. Frekuensi EMI ini atau *Interferensi Radio* (RFI) kadang-kadang dapat muncul dalam berbagai cara, meskipun dalam dunia yang ideal tidak seharusnya ada/timbul.

EMI dibagi menjadi dua macam antara lain :

- 1) *conducted emission*
- 2) *radiated emission*.

Filter EMI dirancang untuk mengurangi emisi *conducted noise*. Selain itu, *conducted* EMI dipisahkan menjadi dua mode; satu bagian adalah gangguan *differential mode* (DM) dan lainnya adalah gangguan *common mode* (CM). Kebisingan DM (*differential Mode*) mengalir sejalan dan kembali dengan netral sedangkan kebisingan CM (*Common Mode*) 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*. LISN biasanya ditempatkan di antara sumber listrik dan perangkat yang diuji (*device under test/DUT*).

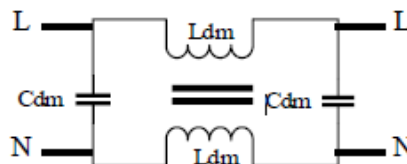
Untuk menghitung nilai attenuation yang akan dibutuhkan dalam perancangan filter pasif EMI menggunakan rumus *Insertion Loss* (IL):

$$(V_{reg,CM})dBuV = (V_{CM})dBuV - (V_{Limit})dBuV + (Margin)dBuV$$

$$(V_{reg,DM})dBuV = (V_{DM})dBuV - (V_{Limit})dBuV + (Margin)dBuV \quad (1)$$

Dimana :

- Vreg,CM = Nilai redaman yang diperlukan untuk *noise* CM
- Vreg,DM = Nilai redaman yang diperlukan untuk *noise* DM
- VCM = Tegangan *noise* CM
- VDM = Tegangan *noise* DM
- Vlimit = Standar yang digunakan
- Margin = Margin redaman (3dB)

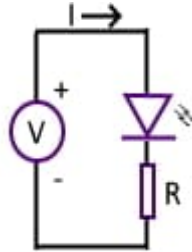


Gambar 1. Rangkaian Filter Pasif EMI

Lampu LED

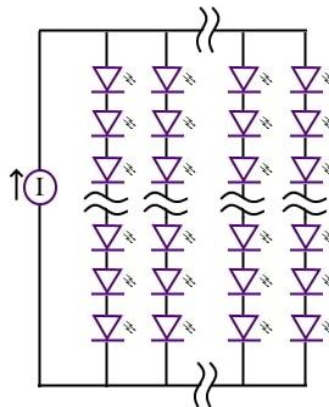
LED (*Light Emiting Diode*) adalah perangkat semi konduktor sederhana yang memancarkan cahaya ketika tegangan maju yang cukup diterapkan pada terminal dan terjadi aliran arus padanya.

Untuk menghasilkan cahaya, tegangan yang melintasi terminal harus lebih besar dari penurunan tegangan maju LED. Setelah tegangan meningkat melewati titik itu, kecerahan meningkat secara proporsional dengan arus yang melewatinya.



Gambar 2. Rangkaian LED Sederhana

Lampu LED daya tinggi, sering kali ada beberapa LED yang dihubungkan secara seri, dan beberapa dihubungkan secara paralel, Kombinasi serial dan paralel LED seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 3. Lampu LED yang dirangkai Seri dan Paralel

Driver LED

Driver dalam studi kasus ini digunakan dalam mode arus konstan, meskipun dimungkinkan juga untuk menggunakan suplai tegangan konstan. Gambar 3 menunjukkan contoh dari *driver* lampu LED.

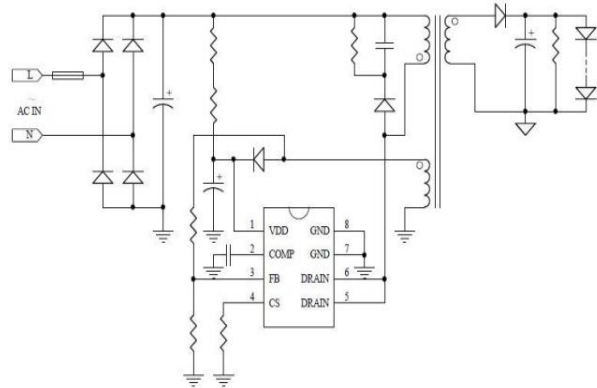


Gambar 4. *Driver* Lampu LED

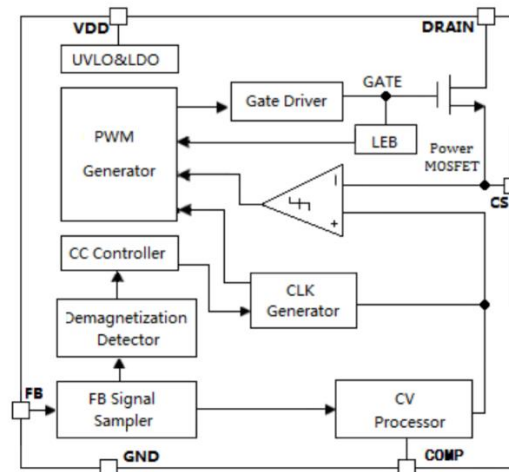
Untuk mengurangi konsumsi daya secara keseluruhan kebanyakan *Driver* LED menggunakan IC yang didalamnya menggunakan sistem PWM (modulasi lebar pulsa) sehingga pancaran cahaya frekuensi tinggi yang

berkedip-kedip yang dianggap memiliki kecerahan yang hampir sama dengan cahaya yang terus menyala. Sedangkan blok diagram IC *driver* yang menggunakan PWM ditunjukkan pada gambar 6.

Jika frekuensinya cukup tinggi, pengurangan hingga 50% *duty cycle* (nonaktif untuk 50% dari waktu) dapat mengakibatkan hilangnya kecerahan yang dapat diabaikan.

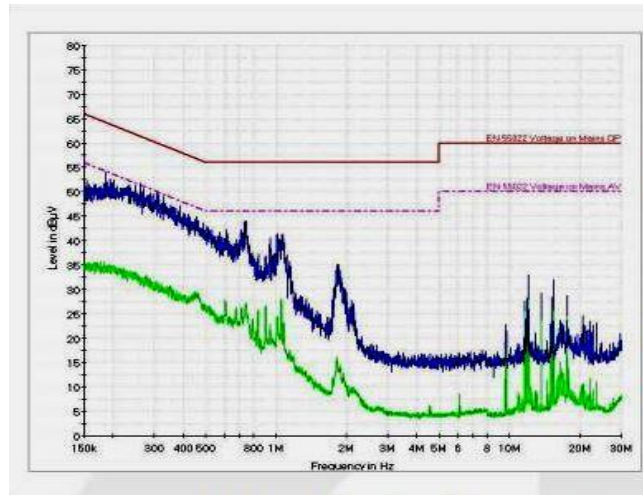


Gambar 5. Rangkaian *Driver* LED

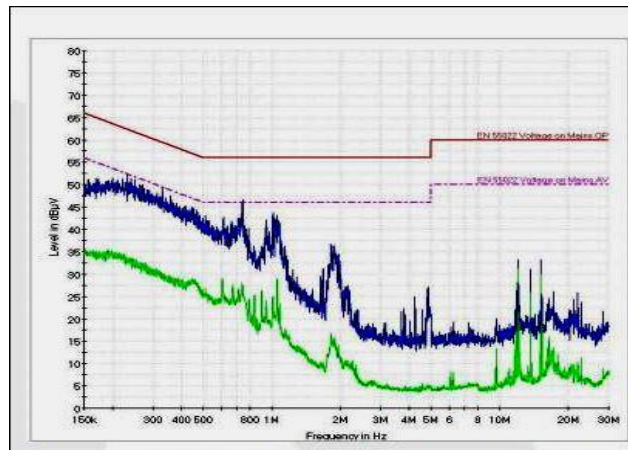


Gambar 6. Blok diagram IC *Driver* LED

Berdasarkan data sheet IC FL77944 dari *Fairchild* (perusahaan pembuat IC) menunjukkan adanya EMI baik di jalur kabel sisi Netral maupun di sisi *Line*, seperti ditunjukkan pada gambar 7 dan 8 di bawah ini. Sinyal Noise yang melalui kabel ini adalah sinyal yang tidak diinginkan (*Unwanted Signal*) disebut juga dengan konduksi emisi, yang dapat menyalurkan sinyal *noise* ke peralatan elektronik lain.



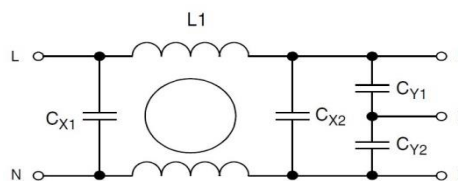
Gambar 7. Grafik EMI 110 Vac, 60 Hz pada kabel (N), Warna biru adalah sinyal *Noise* puncak, warna hijau sinyal *Noise* rata-rata. (Fairchild FL77944 data sheet)



Gambar 8. Grafik EMI 110 Vac, 60 Hz pada kabel (L), Warna biru adalah sinyal *Noise* puncak, warna hijau signal *Noise* rata-rata. (Fairchild FL77944 data sheet)

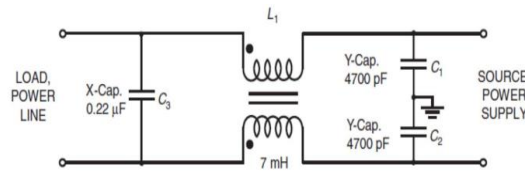
Power Line Filter

Pada Gambar 9 adalah rangkaian *filter power line* yang umum sering digunakan, L1 adalah *Common-Mode Choke* yang dapat memfilter induktansi bocor, L1 dalam aplikasi dililitkan dengan arah yang sama pada *ferrite beads* berbentuk toroid. L1, CX1, dan CX2 membentuk jaringan *differential-mode* yang memfilter *signal noise* antara jalur suplai. L1, CY1, dan CY2 membentuk rangkaian *common-mode filter* yang dapat mengurangi noise dari *loop grounding*. Untuk impedansi ujung 50Ω, filter EMI biasanya dapat mengurangi *signal noise* sekitar 50dB dalam *differential-mode* dan 40dB dalam *common-mode filter*.



Gambar 9. Rangkaian *filter power line* yang umum (Freescale Semiconductor)

Filter untuk saluran listrik merupakan rangkaian L-C (*Low Pass Filter*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 10. Sumber (catu daya) dan impedansi beban / *Line Impedance Stabilization Networks* (LISN) menentukan konfigurasi filter yang tepat. Karena atenuasi filter adalah fungsi ketidaksesuaian impedansi, peran filter saluran listrik adalah untuk memaksimalkan ketidaksesuaian antara sumber dan impedansi beban.



Gambar 10. Tipikal filter power line dengan tipikal nilai komponen

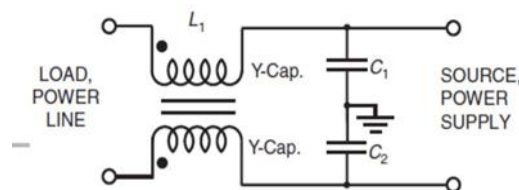
Nilai kapasitor *line-to-ground* disesuaikan level sinyal *noise* yang dihasilkan dan tergantung dari peraturan dari berbagai badan keselamatan.

Untuk mendapatkan induktansi besar yang diperlukan untuk menekan harmonik orde rendah dari *frekuensi switching*, L1 dililitkan pada inti permeabilitas tinggi misalnya *ferrite beads*.

Common-Mode Filter

Dalam praktik aktual, kapasitor *line-to-ground* biasanya memiliki nilai setengah dari maksimum yang diizinkan oleh persyaratan kebocoran.

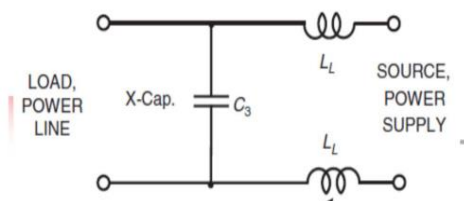
Nilai tipikal untuk *choke* adalah dari 2mH sampai 10mH.



Gambar 11, Common-Mode Filter

Differential-Mode Filter

Untuk *noise mode diferensial*, kedua kapasitor Y dihubungkan secara seri. Kapasitor ini hanya berkontribusi pada redaman *differential-mode* di atas sekitar 10 MHz dimana biasanya tidak diperlukan. Oleh karena itu biasanya diabaikan sehubungan dengan pemfilteran *differential-mode*.



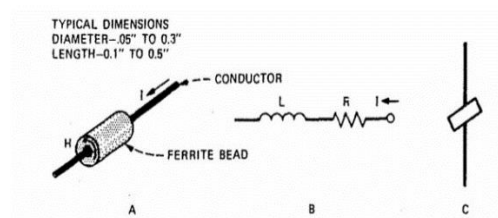
Gambar 12. Differential-Mode Filter

Untuk menyediakan sejumlah besar kapasitansi *differential-mode*, baris-ke-baris kapasitor C3 (X-kapasitor) ditambahkan ke filter saluran listrik. Nilai tipikal untuk ini kapasitor range dari 0.1µF to 2 µF. Untuk alasan keamanan biasanya ditambahkan dengan resistor 1MΩ yang dipasang secara paralel dengan kapasitor C3.

Filter Ferrite Beads

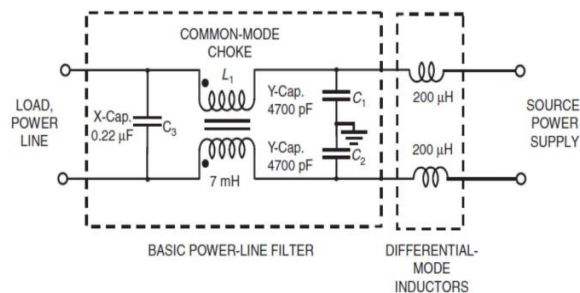
Keuntungan utama *Ferrite* dibandingkan bahan *Ferromagnetic* adalah *high electrical resistivity* yang akan menghasilkan arus bocor eddy yang rendah sampai frekuensi GHz, karena itu *Ferrite* merupakan pilihan utama pada aplikasi frekuensi tinggi.

Ferrite Bead sangat efektif untuk peredaman sinyal yang tak diinginkan di atas 1 MHz. dengan instalasi yang baik dapat digunakan untuk *high-frekuensi decoupling*, *parasitic suppression* dan *shielding*.



Gambar 13. Ferrite beads pada konduktor

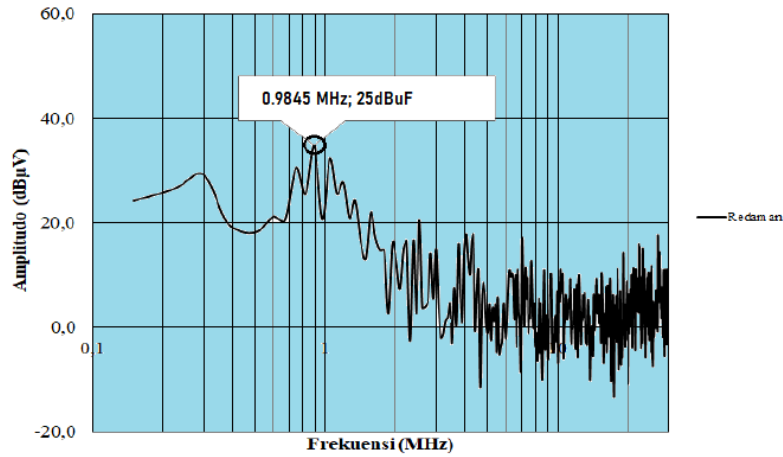
Dalam melakukan perancangan dan perlakuan terhadap *driver LED* yang dipergunakan sebagai sampel kemudian ditambahkan EMI filter yang jenis *differential mode filter* dan *common mode filter*. *Filter common-mode* biasanya dirancang terlebih dahulu dan kemudian *filter differential-mode* dirancang dimulai dengan induktansi kebocoran dari *choke common-mode*, dan memilih nilai untuk *kapasitor C3 line-to-line*, untuk keperluan redaman, jika redaman *differential-mode* tambahan diperlukan, nilai untuk *inductor differential-mode* ini dipakai yang mempunyai nilai 220uH.



Gambar 14. Power Line filter gabungan common-mode dan differential-mode

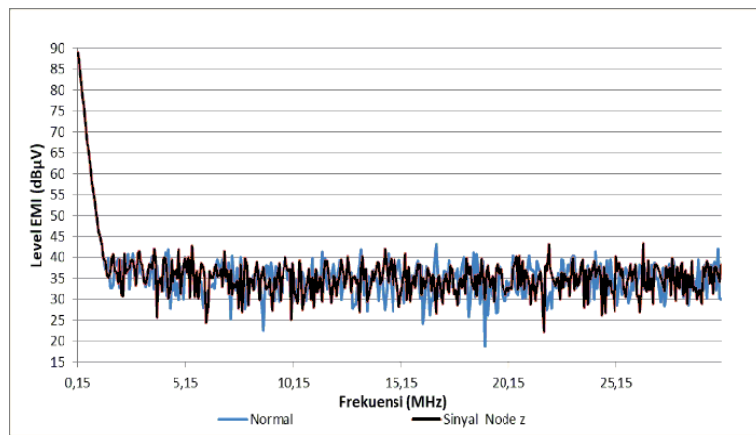
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *conducted emission* dilakukan untuk melihat kinerja sistem dalam mereduksi EMI. Standar CISPR 22 digunakan dalam pengujian tersebut. Pengujian dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama pengujian *conducted emission* saat *LED driver* bekerja pada kondisi normal dan tahap kedua saat *switching LED driver* dimodifikasi



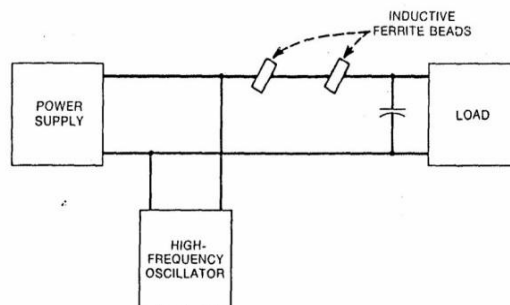
Gambar 15. Redaman filter pasif EMI

Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa filter pasif EMI memberikan kinerja yang cukup baik, seperti ditunjukkan pada Gambar 15 dan 16. 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 1,15MHz



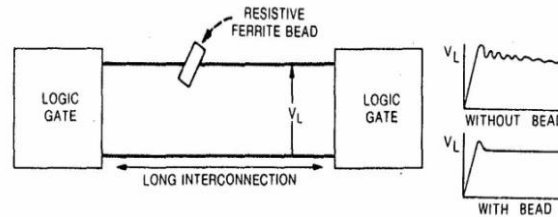
Gambar 16 . Perbandingan level EMI kondisi normal dan modifikasi

Karena impedansi *bead* tunggal terbatas sampai 100 Ohm, maka *bead* sangat efektif pada rangkaian dengan impedansi rendah, seperti rangkaian *switching SCR*, *power supply*, penguat daya kelas C, dan rangkaian resonansi. Jika sebuah *bead* tidak cukup dapat ditambahkan beberapa *bead* seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Ferrite beads digunakan untuk membentuk filter L-C untuk memfilter frekuensi tinggi dari beban

Ferrite Bead dapat juga digunakan untuk menekan *ripple* saluran yang panjang antara rangkaian logic kecepatan tinggi seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 18. Penggunaan *Ferrite beads* pada saluran yang panjang

KESIMPULAN

Dengan menerapkan *power line filter* yang terdiri dari *Common-Mode Filter* dan *Differential-Mode Filter* diharapkan dapat memperkecil sinyal EMI atau emisi konduksi yang ditimbulkan pada saluran kabel. Sedangkan pada sisi beban sinyal emisi konduksi dapat dikurangi dengan menambahkan *ferrite beads*.

Penambahan Filter EMI pasif dapat meredam noise paling efektif pada rentang frekuensi 0,15 MHz hingga 1,15MHz, dengan redaman paling besar terjadi pada frekuensi 0,9845 MHz sebesar 25 dB μ V.

Jika dibandingkan dengan besar reduksi EMI yang dihasilkan dari pemberian filter menunjukkan adanya perbaikan dari bentuk level EMI pada range kerja *driver* lampu

Selain itu dapat juga dengan memperpendek kabel penghubung sumber tegangan AC dengan *driver* maupun kabel penghubung *driver* ke lampu LED.

REFERENSI

- Eadie A. (2014). Minimizing EMI from LED Lighting – Case Study, *EMC Fastpass*. <https://emcfastpass.com>
- Fairchild datasheet. (2016). FL77944 12 W Downlight AC LED Driver at Low Line, *Fairchild Semiconductor*.
- Lun TC. (2005). Designing for Board Level Electromagnetic Compatibility, *Freescale Semiconductor Application Note AN2321 Rev 1*.
- Mohammad Yanur H, Noptin Harpawi, dan Syaifullah, "Modifikasi Frekuensi Switching pada LED Driver Menggunakan Oscillator Lorenz Analog untuk Mereduksi Conducted EMI", *Jurnal ELEMENTER Vol. 6, No. 2, November 2020, pp 53-61*.
- Ott. H. W. (1988). Noise Reduction Techniques in Electronic System, *John Wiley & Sons, USA*.
- PMicro. (2013). PL3536C PWM Power Switch, Datasheet V1.0, Powerlink Microelectronics <https://www.pmicro.com.cn>
- Siska Novita Posma, Oddy Rifandi dan Mohammad Yanuar, "Perancangan Filter EMI Pasif dalam Rangka Mitigasi Conducted emission pada Lampu LED", *Jurnal ELEMENTER Vol. 5, No. 1, November 2019, pp 71-81*.
- Y. C. Tsai, T. J. Liang, K. H. Chen, and L. P. Y. Ting, "Design and implementation of single-stage LED driver with high frequency pulse" in *2nd International Future Energy Electronics Conference, IFEEC 2015, 2015, pp. 1-6*.