



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Teknik Mitigasi *Conducted Emission* Pada LED Driver Topologi Buck Dengan Metode *Random Up Spreading Switching Frequency*

Noptin Harpawi¹, M Yanuar Hariyawan² dan Siska Novita Posma³

¹Politeknik Caltex Riau, Teknik Telekomunikasi, email: noptin@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika D4, email: yanuar@pcr.ac.id

³Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika D4, email: siska@pcr.ac.id

Abstrak

Operasi switching pada komponen semikonduktor LED driver, akan menghasilkan permasalahan berupa EMI yang akan mengganggu perangkat di sekitarnya (sebagai sumber) atau sistem itu sendiri (sebagai korban). Teknik mitigasi EMI pada LED driver dibatasi oleh biaya, ukuran, berat dan kinerja sistem. Berbagai solusi digunakan untuk mengurangi permasalahan EMI pada LED driver, melalui disain converter, disain komponen, disain filter EMI, dan teknik spread spectrum (SS). Dari beberapa solusi tersebut, SS merupakan solusi yang murah dan berdaya guna dalam mitigasi EMI, karena teknik ini dapat diaplikasikan dengan pemrograman pada embedded system dengan penambahan sedikit komponen. Program yang diterapkan dalam penelitian ini adalah mengatur pola pembangkitan sinyal PWM dengan metode random up spreading switching frequency sebagai pengendali konverter. Pendekatan menggunakan embedded system memiliki beberapa keuntungan diantaranya menjaga efisiensi, kehandalan dan kinerja yang tinggi karena minim perubahan rangkaian atau komponen tambahan dan mempunyai kompleksitas disain yang relatif rendah. Hasil dari penerapan metode ini adalah didapatkan penurunan EMI sebesar 20% saat frekuensi switching diacak pada rentang 600 KHz hingga 650 KHz dengan step random minimal 100 Hz dan masing-masing frekuensi diberi waktu melakukan switching selama 1 mikro detik. Nilai tegangan output dari LED driver tetap bisa bertahan pada level 7V ketika metode ini diterapkan.

Kata kunci: LED driver, EMI, spread spectrum

Abstract

Switching on LED driver operation will generate EMI which will interfere with the surrounding devices or the system itself. EMI mitigation techniques in LED drivers are limited by cost, size, weight and system performance. Various solutions are used to reduce EMI problems in LED drivers, through converter design, component design, EMI filter design, and spread spectrum (SS) techniques. From these solutions, SS is a cheap and efficient solution, because this technique can be applied by programming on embedded systems with the addition of a few components. The program implemented in this research is to set the pattern of PWM signal generation using the random up spreading switching frequency method. The approach to using embedded systems has several advantages including efficiency, reliability and high performance, and has a relatively low design complexity. The result of applying this method is a 20% reduction in EMI when

switching frequency is randomized in the range of 600 KHz to 650 KHz with a minimum random step of 100 Hz. The output voltage value of the LED driver remains stable at the 7V when this method is applied.

Keywords: LED driver, EMI, spread spectrum

1. Pendahuluan

Light emitting diode (LED) saat ini menjadi pilihan sebagai sumber penerangan. Pilihan ini disebabkan LED memiliki daya tahan lebih lama dan tidak mengeluarkan zat beracun seperti lampu *fluorescent* konvensional [1]. Keuntungan lain dari LED adalah menghasilkan cahaya yang lebih terang dengan konsumsi daya yang lebih rendah dibandingkan lampu generasi sebelumnya [2]. Teknik yang paling banyak digunakan dalam mengatur pencahayaan (*driving*) adalah Teknik *Pulse Wave Modulation* (PWM) [3]. Akan tetapi karena perubahan frekuensi yang sangat cepat pada teknik ini maka timbul permasalahan baru yang disebut dengan *Electromagnetic Interference* (EMI) [4], yaitu munculnya harmonisa beramplitudo tinggi pada spektrum frekuensi kelipatan frekuensi fundamental *switching* PWM. Akibatnya adalah LED Driver tersebut tidak dapat memenuhi standar regulasi tentang *electromagnetic compatibility* (EMC) [5], [6] sehingga tidak boleh dijual/digunakan pada wilayah tertentu.

Dalam metode konvensional, reduksi EMI dilakukan dengan metode *filtering* dan *shielding*. Metode ini tidak fleksibel dan menimbulkan biaya yang cukup besar terutama terkait trafo dan lilitan pada *filtering* serta ukuran dan berat pada *shielding*. Teknik *Spread Spectrum* (SS) adalah salah satu solusi lain untuk mereduksi EMI yang timbul akibat operasi LED Driver yang menggunakan metode PWM [7]. Pada Teknik SS, frekuensi *switching* divariasikan di sekitar frekuensi fundamental. Sehingga harmonisa yang terjadi tidak berada pada spektrum yang tetap tapi tersebar berdasarkan frekuensi *switching* yang diterapkan.

Efek yang ditimbulkan oleh teknik SS terhadap kinerja dan kehandalan sistem LED belum ada yang membahas. Untuk itu dalam penelitian ini efektifitas mitigasi EMI akan dievaluasi dalam kerangka aplikasi LED driver melalui pendekatan mikrokontroler.

2. Tinjauan Pustaka

Light Emitting Diode (LED) banyak digunakan saat ini disebabkan lebih hemat dari lampu pijar dan 68% lebih hemat dari lampu halogen [8]. Untuk menyalakan LED diperlukan DC-DC Converter (LED Driver). Salah satu tipe dari converter ini adalah *Buck Converter*. Buck Converter bekerja menurunkan tegangan input DC menjadi tegangan output DC dengan level yang lebih rendah dari tegangan input guna menyesuaikan terhadap tegangan operasi LED. Buck converter menurunkan tegangan input dengan mengatur *switching* pada komponen *switching* semikonduktor (contoh: MOSFET, IGBT, TRIAC). Teknik yang banyak digunakan pada proses *switching* ini adalah Teknik PWM [3].

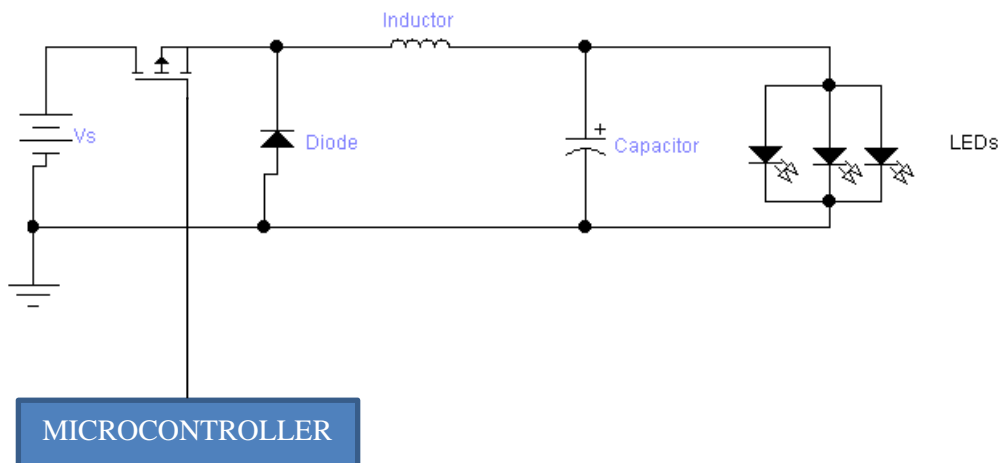
Teknik PWM adalah suatu metode *switching* dengan mengatur *duty cycle* pada amplitudo dan frekuensi yang tetap. Semakin tinggi *duty cycle* maka semakin lama induktor pada *buck converter* mendapatkan arus input, yang akhirnya akan membuat tegangan output menjadi semakin tinggi. Nominal tegangan output adalah *duty cycle* dikalikan tegangan input. Karena frekuensi *switching* pada *buck converter* adalah tetap maka akan ditimbulkan harmonisa pada spektrum kelipatan dari frekuensi fundamental dan merambat ke jala-jala secara konduktif. Fenomena ini disebut dengan EMI [4]. Jika nilai amplitudo setiap harmonisa tersebut melebihi standar EMC yang telah ditetapkan, maka LED driver tersebut tidak diizinkan untuk dijual/diedarkan di pasaran. Standar EMI yang diatur oleh regulator internasional CISPR/FCC menyatakan bahwa amplitudo

harmonisa pada rentang frekuensi 150 KHz hingga 500 KHz maksimum berada pada garis yang dihubungkan oleh level (66-56) dB μ V. Pada rentang frekuensi 500 KHz hingga 5 MHz maksimum amplitudo adalah 56 dB μ V. Sedangkan pada rentang frekuensi 5 MHz hingga 30 MHz maksimum amplitudo adalah 60 dB μ V.

Untuk mengatasi EMI dari teknik PWM ini ada beberapa macam antara lain adalah *filtering*, *shielding*, dan *spread spectrum* (SS). Metode *filtering* dan *shielding* sering terkendala pada biaya, dimensi, dan berat. Selain itu metode ini juga tidak fleksibel terhadap perubahan frekuensi *noise*. Sedangkan metode SS lebih fleksibel, biaya ringan, dan bisa dikondisikan dari segi dimensi [7]. Pada teknik SS, frekuensi *switching* diubah-ubah di sekitar frekuensi fundamental. Akibatnya harmonisa yang muncul tidak berada pada satu spektrum yang tetap tetapi tersebar pada banyak spektrum. Energi yang semula terkumpul pada satu spektrum, setelah teknik SS diterapkan maka energi tersebut akan terbagi-bagi ke spektrum lain dengan amplitudo yang lebih rendah.

3. Perancangan Sistem

Sistem yang direalisasikan adalah terdiri dari dua bagian utama yaitu *hardware* dari *Buck Converter* dan penerapan teknik *switching spread spectrum* dalam program mikrokontroler yang berfungsi untuk menyebar *noise* pada frekuensi-frekuensi lain sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Buck Converter

Buck Converter dibangun oleh beberapa komponen yaitu: *Power Supply*, Komponen *Switching* (dalam hal ini adalah MOSFET), Dioda, Induktor, dan Kapasitor. *Switching* dilakukan oleh sistem dedicated (frekuensi dan *duty cycle* tetap) atau sistem fleksibel terprogram (frekuensi dan *duty cycle* dapat dirubah).

Tegangan output (V_o) diatur mengikuti persamaan:

$$V_o = L \frac{\Delta I_L}{(1-D)T} \quad (1)$$

Dimana,

- L : Induktansi
- ΔI_L : Ripple arus pada induktor
- D : Duty cycle
- T : Periode

Pada penelitian ini, diinginkan nilai tegangan output adalah separuh dari tegangan input. Sehingga berdasarkan persamaan (2) diperoleh nilai kapasitor (C) sebagai berikut:

$$C = L \frac{\left(I_o + \frac{\Delta I_L}{2}\right)^2}{(\Delta V + V_o)^2 - V_o^2} \quad (2)$$

Dengan ΔV adalah ripple tegangan output (V_o).

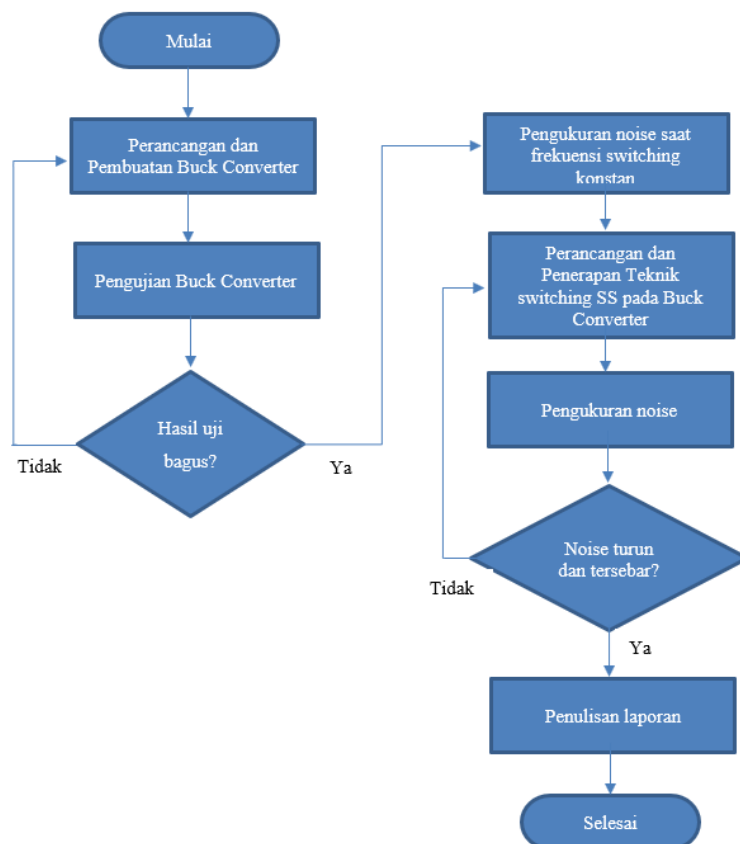
Metode Spread Spectrum yang ditetapkan pada penelitian ini adalah *random up spreading switching frequency*. Frekuensi *switching* yang akan diterapkan di program adalah dengan mengacak frekuensi *switching* mulai dari 600 KHz hingga 650 KHz. Proses ini dengan memanfaatkan fungsi **random(min, max)** pada pemrograman arduino. Pengacakan dilakukan pada rentang angka 0 hingga 50000. Hasil pengacakan kemudian ditambahkan ke nilai 600 KHz. Maka frekuensi *switching* terbaru adalah:

$$600000 + \text{Hasil pengacakan}$$

Durasi *switching* untuk setiap frekuensi adalah 1 mikro detik.

4. Pengujian dan Hasil

Seluruh langkah dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti pada Gambar 2.

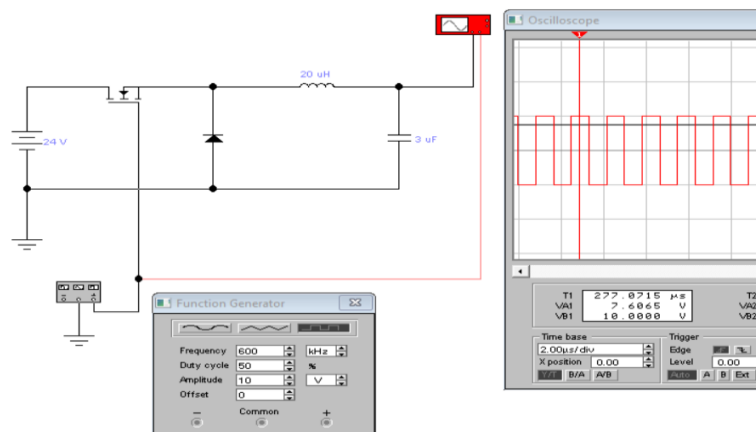


Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Pengujian terbagi menjadi dua kategori, yaitu pengujian terhadap fungsi dan unjuk kerja. Pengujian fungsi dilakukan terhadap fungsi *buck converter* sebagai *driver* LED. Selanjutnya untuk pengujian kinerja, akan diamati *noise* yang ditimbulkan sebelum dan sesudah teknik *spread spectrum* diterapkan pada *buck converter*.

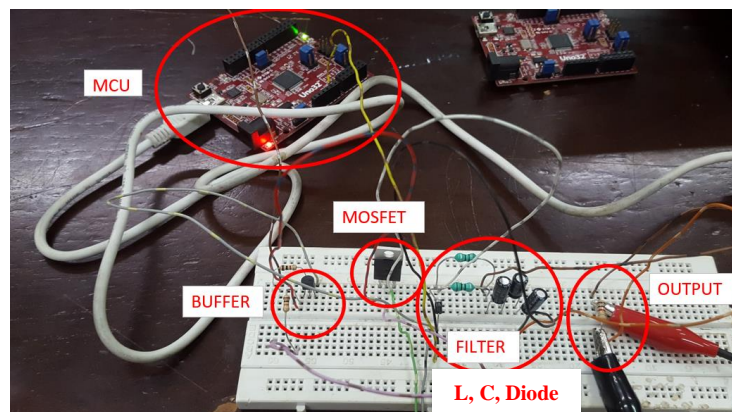
4.1 Pengujian Fungsi Buck Converter (LED Driver)

Sebelum dilakukan implementasi, maka terlebih dahulu rangkaian LED driver dengan topologi buck tersebut disimulasikan sebagaimana tercantum pada Gambar 3.



Gambar 3. Simulasi Buck Converter

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) didapatkan nilai komponen induktor adalah $20 \mu\text{H}$ dan kapasitor adalah $3 \mu\text{F}$ pada frekuensi *switching* 600 KHz dengan *duty cycle* sebesar 50 %.



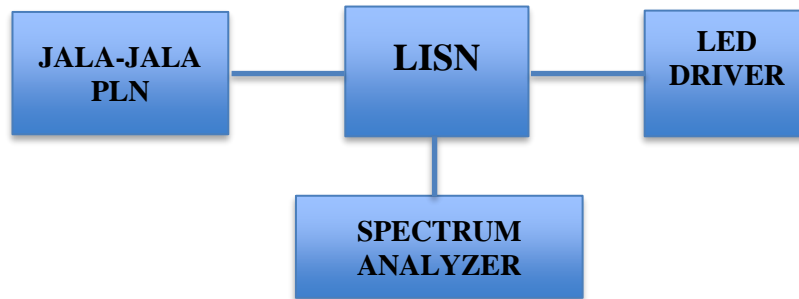
Gambar 4. Implementasi Rangkaian LED Driver

Ketika diimplementasikan seperti pada Gambar 4 didapatkan nilai tegangan output sebesar 7.08 V sesuai dengan persamaan tegangan keluaran *buck converter* pada persamaan (1).

4.2 Pengujian Kinerja dengan Penerapan Teknik SS

Sebelum teknik *spread spectrum* diterapkan pada *LED driver*, maka dilakukan pengukuran terhadap EMI (spektrum *noise*) yang dihasilkan oleh *LED driver* topologi *buck* dengan frekuensi *switching* 600 KHz.

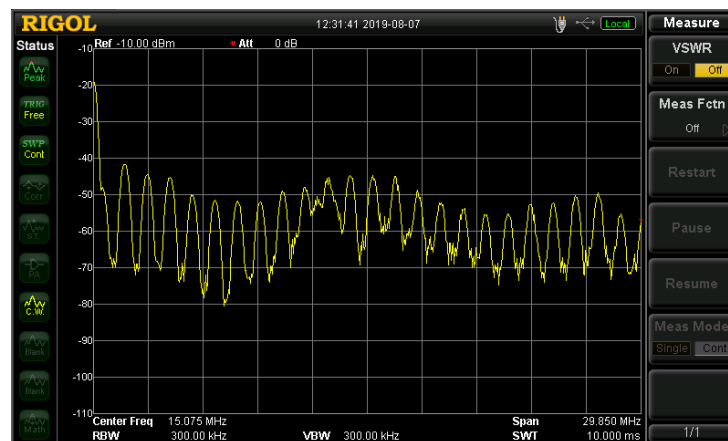
Skenario pengujian adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Skenario Pengukuran EMI

Line Impedance Stabilization Network (LISN) adalah salah satu perangkat yang dibutuhkan dalam pengukuran *noise* konduksi. LISN berfungsi untuk menyaring *noise* dari jala-jala PLN agar tidak memasuki *Device Under Test* (DUT) yang dalam hal ini adalah *LED driver*. Sehingga *noise* yang terukur oleh *spectrum analyzer* adalah murni dari DUT. LISN memiliki impedansi 50 Ω yang mesti sesuai dengan impedansi alat ukur.

Sebaran *noise* yang diperoleh dari hasil pengukuran pada rentang frekuensi regulasi *conducted emission* (150 KHz – 30 MHz) adalah sebagaimana tercantum pada Gambar 6.

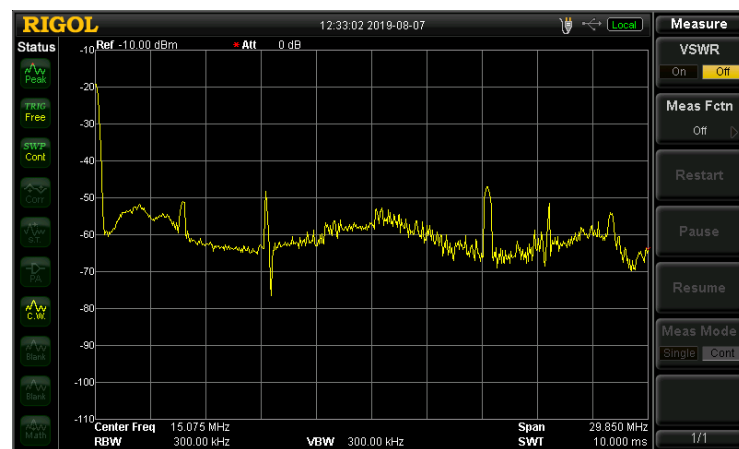


Gambar 6. Spektrum Noise (EMI) Sebelum Teknik SS Diterapkan

Jika hasil pengukuran di Gambar 6 dibandingkan dengan batas EMI konduksi yang telah ditetapkan CISPR/FCC kelas B maka terdapat *noise* dengan amplitudo di beberapa spektrum yang melebihi standar. Sebagai contoh pada frekuensi 1.94 MHz terdapat *noise* dengan amplitudo sebesar 64.95 dB μ V sebagaimana terdapat pada Gambar 8. Hal ini melebihi batas yang telah ditetapkan CISPR/FCC kelas B yang hanya memperbolehkan *noise* maksimum pada frekuensi tersebut yaitu sebesar 56 dB μ V.

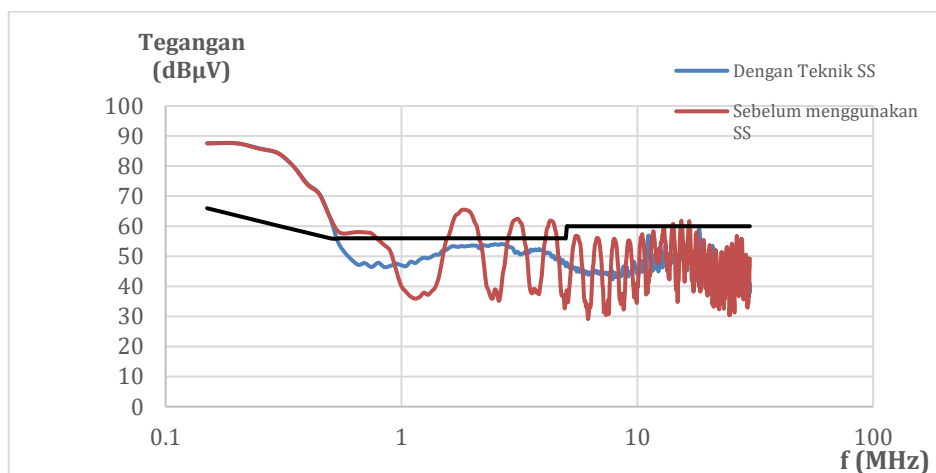
Ketika teknik *spread spectrum* diterapkan maka sebaran *noise* yang dihasilkan pada rentang frekuensi 150 KHz hingga 30 MHz adalah sebagaimana tercantum pada Gambar 7. Data tersebut diperoleh pada skema *step random* minimal 100 Hz dan maksimal adalah 50 KHz yang ditambahkan ke frekuensi dasar *switching* 600 KHz. Setiap frekuensi diberikan waktu *switching* selama 1 μ s.

Fungsi random yang digunakan adalah “**Random ()**” dengan tipe “**Random (min, max)**”. Ini adalah salah satu fungsi di arduino guna mengacak angka dari minimum (min) menuju maksimum dikurangi satu (max-1) dengan tipe data “*Long*”. Pada penelitian ini rentang pengacakan adalah “**Random (0, 100)**”. Misalkan hasil pengacakan awal mengeluarkan angka 10 maka angka tersebut dikalikan dengan 100 kemudian ditambahkan ke frekuensi dasar *switching* yaitu 600000 Hz, sehingga frekuensi *switching* yang baru adalah 601000 Hz. Proses ini dilakukan secara berulang sehingga dihasilkan *noise* dengan spektrum seperti pada Gambar 7 dengan rata-rata nilai penurunan *noise* setelah teknik SS tipe *random up spreading* diterapkan adalah sebesar 20 %.



Gambar 7. Spektrum Noise (EMI) Setelah Teknik SS Diterapkan

Data spektrum *noise* sebelum dan setelah SS *random up spreading* diplot dalam satu grafik, kemudian dibandingkan dengan batas EMI konduksi yang diizinkan oleh badan standarisasi internasional CISPR/FCC kelas B pada rentang frekuensi 150 KHz hingga 30 MHz. Pada grafik Gambar 8. terlihat bahwa EMI ditekan ke bawah limit yang telah ditetapkan pada rentang frekuensi 548 KHz hingga 30 MHz.



Gambar 8. Perbandingan Antara EMI Sebelum dan Sesudah SS Diterapkan

Pilihan referensi pada kelas B disebabkan nilai batas yang ditetapkan oleh kelas B lebih ketat dibandingkan dengan nilai yang ditetapkan kelas A. Kelas A adalah limit EMI yang ditetapkan pada daerah industri sedangkan kelas B adalah limit EMI yang ditetapkan pada daerah perumahan/residensial. Pengukuran tegangan noise pada mode *common mode* (Fasa terhadap *ground* atau netral terhadap *ground*). Tabel 1 adalah batas EMI konduksi yang ditetapkan CISPR/FCC pada kelas B.

Tabel 1. Batas EMI Konduksi FCC/CISPR Kelas B

Frekuensi (MHz)	Quasi-peak (dB μ V)
0.15-0.5	66-56*
0.5-5	56
5-30	60

*Nilai turun secara linier.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan:

- Penerapan teknik *random up spreading switching frequency* dapat menurunkan *noise* sebesar 20%
- Penerapan teknik *random up spreading switching frequency* tetap menjaga kestabilan tegangan keluaran di level 7V.

Daftar Pustaka

- [1] C. Y. Wu, T. F. Wu, J. R. Tsai, Y. M. Chen, and C. C. Chen, "Multistring LED backlight driving system for LCD panels with color sequential display and area control," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 10, pp. 3791–3800, Oct. 2008.
- [2] N. R. Lynam, J. O. Lindahl, Vehicle interior led lighting system, uS Patent 7,195,381 (Mar. 27 2007).
- [3] R. Srimathi, S. Sitoke, and S. Hemamalini, "High Efficiency Buck LED Driver Using SiC," PECCON-2017, March. 2017.
- [4] M.H. Nagrial, A. Hellany, "EMI/EMC Issues in Switch Mode Power Supplies (SMPS)," 1999, EMC York 99, International Conference and Exhibition on Electromagnetic Compatibility (Conf. Publ. No. 464), Pages: 180 – 185.
- [5] S.-M. W.; K.-H. Chang, "An LED driver with active EMI mitigation scheme," in *Electron Devices and Solid State Circuit (EDSSC)*, 2012, pp. 1–4.

- [6] J. Niu, Y. Song, Z. Li, W. A. Halang, D. With, and T. H. E. C. Pwm, "Reducing EMI in Half-Bridge Resonant LED Drivers with Chaos-based PWM," in Proc. of the 2013 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2013), 2013, pp. 637–640.
- [7] K. B. Hardin, J. T. Fessler, D. R. Bush, "Spread Spectrum Clock Generation for the Reduction of Radiated Emissions", IEEE International Symposium on Electro-magnetic Compatibility, pp. 227-231, 1994-Aug.
- [8] J. M. Alonso, D Gacio, AJ. Calleja, J. Ribas, and E. López Corominas, "A Study on LED Retrofit Solutions for Low-Voltage Halogen Cycle Lamps," IEEE Trans. On Industry Applications, Vol. 48, No. 5, pp.1673-1682, Sept/Oct 2012.