



Perancangan Dan Implementasi Passive Emi Filter Pada Switching Mode Power Supply (SMPS)

Fally Ahmad¹, Mohammad Yanuar Hariyawan,² dan Siska Novita Posma³

¹Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi Politeknik Caltex Riau, email: fally15tet@mahasiswa.pcr.ac.id

²Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi Politeknik Caltex Riau, email: yanuar@pcr.ac.id

³Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi Politeknik Caltex Riau, email: siska@pcr.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan perangkat elektronik dengan frekuensi yang tinggi menyebabkan meningkatnya jumlah Electromagnetic Interference (EMI) yang memiliki dua jenis yaitu Conducted Emission dan Radiated Emission. Mitigasi EMI merupakan masalah utama untuk saat ini dan solusinya adalah menggunakan filter EMI. Switching Mode Power Supply (SMPS) merupakan sumber daya bagi hampir seluruh perangkat elektronik, namun SMPS ini juga sumber EMI untuk perangkat lain atau bahkan perangkat itu sendiri. Banyak perangkat elektronik yang beredar dipasaran namun belum memenuhi standar EMC. Dalam hal ini mitigasi EMI yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan filter EMI eksternal pasif. Dengan filter pasif ini EMI dari SMPS dapat diredam tanpa memerlukan energi tambahan untuk filter itu sendiri. Penelitian ini akan melakukan perancangan filter EMI untuk meredam noise conducted emission menggunakan sebuah passive EMI filter (PEF) pada SMPS. Filter PEF yang telah dirancang dan diujikan dapat digunakan pada SMPS 1 dan SMPS 2 dengan noise conducted emission sebelum filter sebesar 97,86 dB μ V yang diredam menjadi 33 dB μ V dan menghasilkan redaman noise conducted emission yang sangat baik (hingga 64,86 dB μ V) dan memenuhi standar yang ditetapkan (CISPR22 Class B).

Kata kunci : *Switching Power Supply, Conducted Emission, Passive EMI Filter, Electromagnetic Interference (EMI).*

Abstract

The need for electronic devices with high frequency causes increase of Electromagnetic Interference (EMI) which has two types, namely Conducted Emission and Radiated Emission. EMI mitigation is the main problem for now and the solution is to use EMI filters. Switching Mode Power Supply (SMPS) is resource of all electronic devices, but SMPS can also be EMI source for other devices. Many electronic devices in the market but does not meet EMC standards. In this case the EMI mitigation that can be done is to use a passive external EMI filter. With this passive filter the EMI from the SMPS can be suppressed without additional energy for the filter itself. This final project will design an EMI filter to reduce noise from conducted emissions using a passive EMI filter (PEF) at the SMPS. The PEF filters that have been designed can be used on SMPS 1 and SMPS 2 with conducted emission noise before the filter is 97.86 dB μ V and suppressed into 33 dB μ V and has a very good insertion loss on conducted emission noise (up to 64.86 dB μ V) and meets the standard (CISPR22 Class B).

Keywords: *Switching Power Supply, Conducted Emission, Passive EMI Filter*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang sangat pesat dari waktu ke waktu semakin mempermudah pekerjaan manusia. Hampir semua pekerjaan manusia dapat dilakukan dengan bantuan perangkat elektronik. Seperti diketahui bahwa setiap perangkat elektronik pasti membutuhkan energi listrik. Namun, energi listrik tersebut tidak selalu langsung dapat digunakan di semua perangkat elektronik tanpa adanya sebuah power supply. Dahulu kebanyakan power supply masih menggunakan trafo linear sebagai komponen utamanya dalam hal menurunkan tegangan. Namun dengan semakin berkembangnya teknologi, ditemukanlah metode baru untuk menurunkan tegangan pada power supply dengan efisiensi daya dan ukuran yang sangat baik (Kamil, 2007). Power supply ini disebut dengan Switching Mode Power Supply (SMPS).

SMPS ini menggunakan proses switching untuk mengurangi arus dari jala-jala listrik yang biasanya pada power supply konvensional menggunakan trafo berukuran besar untuk menurunkan tegangannya karena arus dari jala-jala listrik yang cukup besar (Controller, 2006). Dengan proses switching ini arus dari jala-jala listrik dapat diperkecil sehingga untuk membagi tegangannya dapat menggunakan trafo switching dengan ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan trafo linear. Namun, proses switching ini membutuhkan frekuensi yang sangat tinggi untuk dapat melakukan sampling. Sehingga sinyal frekuensi tinggi dari proses switching ini banyak yang menyebar dan mempengaruhi perangkat lain dalam satu jala-jala listrik yang sama. Sinyal frekuensi tinggi yang tidak diinginkan ini biasa disebut noise. Solusinya adalah dengan menambahkan sebuah filter pada bagian power supply tersebut sehingga perangkat elektronik tadi dapat bekerja dengan baik tanpa mempengaruhi atau dipengaruhi perangkat lain.

Banyak SMPS di pasaran yang telah memiliki filter sendiri didalamnya. Namun, hanya untuk SMPS yang telah memiliki standar Electromagnetic Compatibility (EMC) dan dengan harga yang mahal. Sehingga dengan adanya passive EMI filter (PEF) ini diharapkan dapat digunakan pada semua jenis SMPS yang belum memiliki standar EMC. Filter untuk meredam noise ini ada yang pasif dan aktif. Filter aktif merupakan sebuah filter yang dapat menapis sinyal pada frekuensi tertentu dan membutuhkan sumber listrik untuk dapat bekerja. Sementara filter pasif merupakan sebuah filter yang dapat menapis sinyal pada frekuensi tertentu tanpa membutuhkan sumber listrik tambahan. Proyek akhir ini menjelaskan bagaimana merancang filter pasif yang akan digunakan untuk meredam noise conducted emission tersebut. Filter pasif dipilih karena tidak memerlukan sumber listrik tambahan dan biaya yang murah karena hanya menggunakan komponen pasif.

2. Landasan Teori

2.1 Electromagnetic Compatibility (EMC)

EMC atau *Electromagnetic Compatibility* adalah kemampuan suatu perangkat atau sistem elektronik untuk tidak menghasilkan atau mempengaruhi perangkat lain atau perangkat itu sendiri dengan noise atau interferensi yang berasal dari luar atau perangkat itu sendiri. Sejarah munculnya EMC ini kebanyakan karena telah terjadinya suatu kecelakaan atau kerusakan yang diakibatkan oleh *Electromagnetic Interference* (EMI). EMC ini terbagi menjadi *emission* dan *immunity* (Fung, 2015).

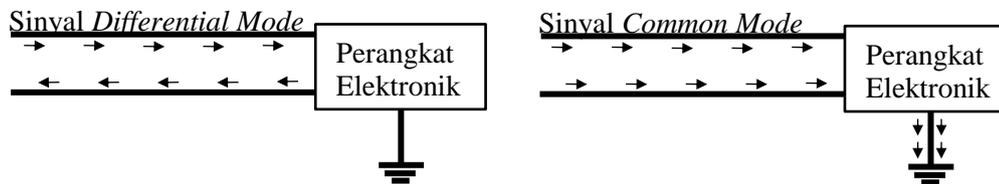
Emission (EMI) adalah segala sesuatu yang dapat menghasilkan gangguan atau interferensi kepada suatu sistem atau perangkat sehingga perangkat tersebut tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. Tiga elemen penting dari EMI ini adalah sumber, *coupling* dan *victim* (Duff, 2005). EMI ini pun terbagi menjadi dua yaitu *conducted emission* dan *radiated emission*. Sementara *immunity* adalah kemampuan dari suatu sistem atau perangkat untuk dapat tetap bekerja sebagaimana mestinya walaupun dipengaruhi oleh interferensi dari luar atau pun perangkat itu sendiri.

2.2 Conducted Emission

Merupakan salah satu jenis coupling dari EMI yang mempengaruhi suatu perangkat atau sistem secara langsung dengan media fisik berupa kabel, kawat, dan media fisik lainnya. Interferensi ini memiliki kisaran frekuensi dari 150KHz-30MHz (CISPR) dan 450KHz-30MHz (FCC) (CUI INC, 2013). Interferensi ini mengalir dari sumber menuju victim dengan cara konduksi media fisik. Sehingga antara sumber dan victim harus terhubung secara langsung melalui media fisik atau pada satu saluran jala-jala listrik yang sama dan interferensi dapat terjadi. Conducted emission ini pun ada dua yaitu *Common Mode* (CM) dan *Differential Mode* (DM).

2.3 Common Mode (CM) dan Differential Mode (DM)

CM dan DM termasuk kedalam jenis noise conducted emission. *Common Mode* (CM) merupakan arus *noise* yang mengalir dari satu jalur jala-jala listrik menuju *ground*. Sehingga dalam satu jalur jala-jala listrik mengalir sebagian dari arus CM. Sementara *Differential Mode* (DM) merupakan arus *noise* yang mengalir dari satu jalur jala-jala listrik menuju jalur jala-jala listrik lainnya. Berikut adalah gambar ilustrasi aliran arus noise DM dan CM.



Gambar 2. 1 Ilustrasi aliran arus CM dan DM

Noise conducted emission biasanya diukur sampai dengan frekuensi 30MHz. Arus pada frekuensi dibawah 5MHz biasanya noise DM, sementara untuk diatas 5MHz biasanya noise CM (CUI INC, 2013).

2.4 Teknik Mitigasi EMI pada SMPS

Ada banyak metode untuk melakukan mitigasi EMI pada SMPS (Hariyawan and Harpawi, 2017). secara garis besar ada dua cara yaitu dilakukan di sepanjang jalur propagasi atau pada sumber EMI itu sendiri. Dalam hal ini penulis melakukan mitigasi EMI pada jalur propagasi dengan merancang sebuah filter pasif eksternal yang akan dipasangkan di jalur propagasi dari SMPS. Penggunaan filter pasif untuk SMPS karna filter pasif tidak membutuhkan sumber listrik tambahan untuk dapat berfungsi seperti pada filter pasif. Dan secara harga, filter pasif dominan lebih murah bila dibandingkan dengan filter aktif. Maka dari itu filter pasif eksternal ini ditujukan untuk SMPS yang beredar umum di pasaran namun tidak memiliki filter internal didalamnya.

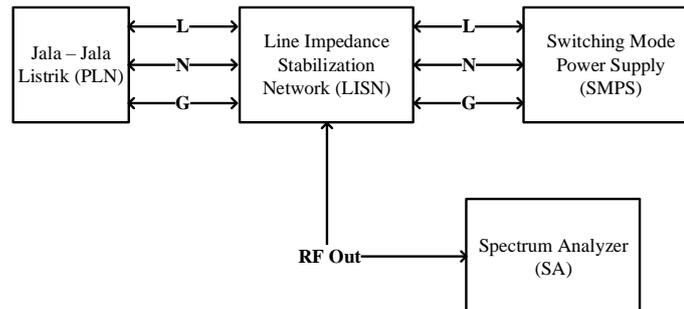
2.5 Switching Mode Power Supply (SMPS)

Seperti namanya, *Switching Mode Power Supply* (SMPS) merupakan sebuah jenis *power supply* yang bekerja dengan sistem *switching*. Berbeda dengan *power supply* konvensional yang menggunakan trafo linear dan IC regulator sebagai komponen utamanya, *power supply* ini menggunakan sistem *Pulse Width Modulator* (PWM) atau *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) sebagai komponen utamanya. Jika *power supply regulator* menurunkan tegangan dengan membuangnya menjadi panas, maka SMPS menggunakan sistem *switching*/pensaklaran untuk membangkitkan sinyal digital dan kemudian men-sampling sinyal masukannya. Dengan begini maka tegangan keluaran dari SMPS dapat dirubah sesuai kebutuhan dengan merubah nilai duty cycle dari sinyal digital tersebut. Karena itu SMPS memiliki efisiensi yang sangat tinggi hingga mencapai 85% (Controller, 2006).

3. Perancangan

3.1 Pengujian Noise Conducted Emission

Pengujian *noise conducted emission* dilakukan dengan menggunakan perangkat yaitu *Spectrum Analyzer (SA)* dan *Line Impedance Stabilization Network (LISN)*. *Noise* yang mengalir pada jalur line akan di kopling kan oleh LISN sehingga dapat terukur nilai *noise conducted emission* yang ada pada jalur line tersebut. Pengukuran *noise* tersebut dilakukan menggunakan SA dengan range frekuensi *noise conducted emission* yang telah ditetapkan oleh standar internasional yaitu dari 150kHz-30MHz. Diagram proses akuisisi data dapat dilihat pada diagram dibawah ini.



Gambar 3.1 Konfigurasi pengujian conducted emission pada SMPS

3.2 Pemilihan Regulasi EMC

Ada dua standar yang mengatur *noise conducted emission* secara internasional, yaitu CISPR 22 dan FCC. Untuk standar ini penulis memilih standar CISPR 22 sebagai patokan batas *noise conducted emission*. Karena standar ini mencakup nilai yang lebih rendah (hingga 150KHz) jika dibandingkan dengan standar FCC (hingga 450KHz). Dalam pemilihan standar ini ada dua kelas, yaitu kelas A dan kelas B. Kelas A dikhususkan untuk penggunaan komersil, industri atau lingkungan bisnis kecuali penggunaan perumahan. Sementara kelas B dikhususkan untuk penggunaan di lingkungan rumah atau umum (CUI INC, 2013). Sehingga standar yang akan digunakan adalah standar CISPR Class B.

Tabel 3.1 Standar regulasi conducted emission Internasional

Batas EMI <i>Conducted</i> CISPR Class B		
Frekuensi (MHz)	Batas <i>Conducted</i> (dB μ V)	
	Quasi-peak (QP)	Average (AV)
0.15-0.50	66-56	56-46
0.50-5.00	56	46
5.00-30.0	60	50

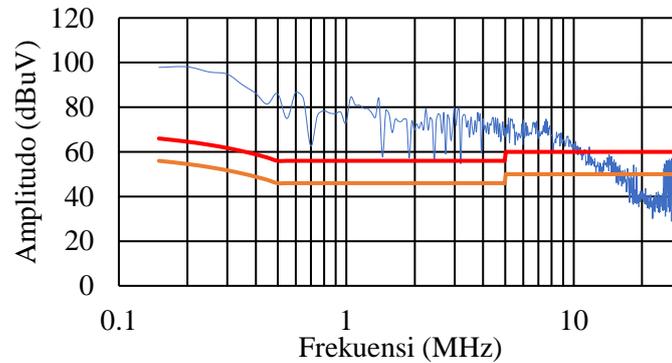
Quasi-peak (QP) akan menggunakan warna merah dan *Average* (AV) akan menggunakan warna oren. QP adalah batas dalam suatu standar dengan nilai yang maksimal atau tidak dapat ditoleransi lagi karena dapat memberikan pengaruh yang cukup besar. Sementara AV juga merupakan batas dalam suatu standar dengan nilai yang dianggap masih wajar atau tidak memberikan pengaruh yang berarti. Batasan ini ditentukan oleh masing – masing organisasi atau lembaga yang mengurus tentang standarisasi.

3.3 Menandai Titik Frekuensi

Setelah dilakukan pengujian *conducted emission* dari SMPS, maka selanjutnya di analisa apakah SMPS tersebut masih memenuhi standar atau tidak. Jika tidak, maka yang selanjutnya

dilakukan adalah menandai pada titik frekuensi berapa saja yang nilai *noise*-nya telah melewati standar. Dalam hal ini berkaitan langsung dengan standar yang akan dipilih.

Proses ini juga termasuk perhitungan kebutuhan *attenuation* dari filter yang akan dirancang. Karena *noise* CM dan DM tidak dapat dipisah, maka yang dilakukan adalah menghitung selisih antara nilai standar yang ditetapkan dengan nilai *noise* yang melebihi standar. Sehingga jika digambarkan maka akan seperti gambar berikut ini.



Gambar 3. 2 Hasil plot *noise* dan standar regulasi

Dari hasil plot tersebut, maka filter yang nantinya akan dirancang harus memiliki Insertion Loss (IL) yang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

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

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

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)

Dalam perhitungan IL ini nilai *noise* yang akan digunakan adalah nilai tertinggi dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk kisaran frekuensi *noise* CM dan *noise* DM. Sehingga diambil empat titik sebagai acuan dalam perancangan PEF ini. Berikut adalah tabel hasil plot titik frekuensinya.

Tabel 3.2 Margin *Noise* dari standar yang telah ditentukan

Frequency (MHz)	Noise terukur (dB μ V)	Margin QP (dB μ V)	Margin CAV (dB μ V)
0.15	97.86	-31.86	-41.86
7.5	73.63	-13.63	-23.63
15	50.3	9.7	-0.3
30	54.8	5.2	-4.8

Dari tabel diatas maka nantinya filter yang dirancang harus memiliki nilai redaman yang sangat besar untuk range frekuensi *noise* DM (dengan IL hingga 40dB) untuk dapat memenuhi standar yang telah dipilih. Sementara untuk range frekuensi *noise* CM nilai *noise* yang terukur tidak cukup besar (belum melewati batas Quasi-peak (QP)) sehingga tidak perlu diperhitungkan.

3.4 Perhitungan Nilai Komponen CM dan DM

Jika standar yang akan digunakan telah ditetapkan, maka selanjutnya adalah perhitungan nilai komponen yang akan digunakan untuk meredam noise conducted emission dari SMPS sebagai EUT tersebut. Dalam proses perhitungan ini ditetapkan menggunakan rangkaian pasif

satu tingkat agar hasil yang didapatkan sesuai yang diinginkan. Dengan kebutuhan redaman yang sesuai dengan hasil perhitungan IL diatas maka secara sederhana untuk nilai tiap komponen dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$f_{R,CM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{CM}C_{CM}}}$$

$$f_{R,CM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_C + 1/2 L_D) \times 2C_y}}$$

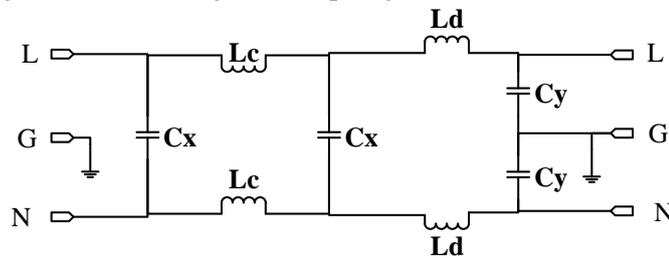
$$f_{R,CM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_C \times 2 \times C_y}}$$

Tiga rumus diatas merupakan rumus untuk, menentukan nilai komponen yang digunakan pada rangkaian peredam *noise* CM (Jiraprasertwong and Jettanasen, 2015). Rumus ini didapatkan dari persamaan Low Pass Filter (LPF) dengan jenis LC. Dimana $f_{R,CM}$ adalah frekuensi *cut-off* untuk *noise* CM. Sementara L_{CM} dan C_{CM} adalah nilai total dari komponen induktor CM dan kapasitor CM pada filter. Pada rumus (2) karna L_C lebih besar dari L_D maka dapat disederhanakan menjadi rumus (3). Selanjutnya rumus untuk filter *noise* DM adalah seperti berikut :

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

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

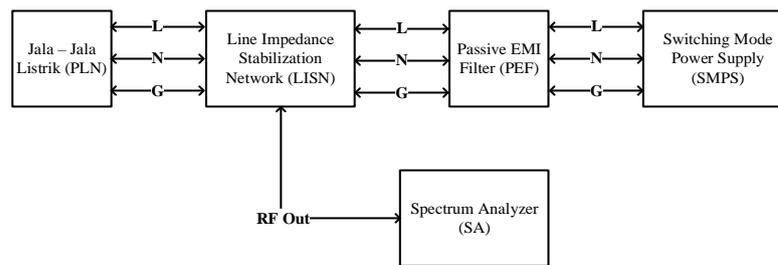
Untuk rumus filter *noise* DM ini hampir sama dengan rumus filter untuk *noise* CM, karena keduanya menggunakan dasar dari filter LPF berjenis LC. Yang membedakan hanya hasil rumus akhirnya. Karena nilai total dari C_{DM} tetap tapi nilai total dari L_{DM} dipecah menjadi $((2 \times L_D) + L_{leakage})$. Rumus dan persamaan diatas didapat dari topologi sederhana dari filter yang akan dirancang. Berikut adalah gambar topologi filter tersebut.



Gambar 3. 3 Topologi sederhana filter PEF

3.5 Pengujian Prototype PEF

Pengujian yang akan dilakukan juga sama seperti pengujian sebelumnya. Namun, dalam pengujian ini ditambahkan PEF yang telah dirancang untuk melihat bagaimana kinerja dari PEF yang telah dirancang tersebut. Apakah telah memenuhi standar yang ditetapkan atau belum. Sebelum dilakukan pengujian, setiap nilai komponen yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya dirangkai menjadi sebuah filter dengan topologi rangkaian seperti pada Gambar 3.6. Selanjutnya filter tersebut dipasangkan pada jalur jala-jala listrik EUT dan dilakukan kembali pengukuran *noise conducted emission*. Berikut adalah gambaran diagram pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 3. 4 Konfigurasi pengujian prototype PEF pada SMPS

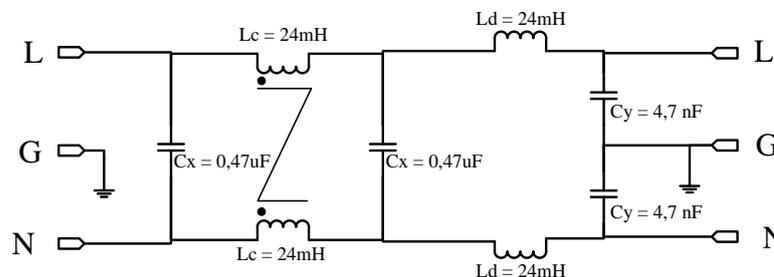
Pengujian ini merupakan tahapan akhir dari perancangan PEF pada SMPS ini. Jika PEF yang dirancang telah memenuhi standar, maka nilai komponen yang telah didapatkan bisa ditetapkan. Namun, jika masih belum memenuhi standar maka harus dilakukan perhitungan ulang atau penggunaan komponen dengan jenis dan material lain.

4. Pengujian dan Analisis

Dari *noise* yang sebelumnya telah terukur dan didapatkan datanya, terlihat bahwa *noise* tersebar disepanjang frekuensi 150kHz sampai 30MHz. Setelah dilakukan perhitungan nilai komponen dan dirakit, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian dan pengambilan data berupa respon frekuensi, *noise common mode*, *noise differential mode*, dan hasil pengujian nilai *noise* SMPS setelah dipasangkan PEF.

4.1 Hasil Perancangan

Setelah dilakukan pencarian komponen, untuk nilai kapasitansi dari kapasitor tidak ada yang sesuai dengan hasil perhitungan secara teori. Sehingga terjadi perubahan nilai kapasitansi untuk kapasitor CM maupun DM. Untuk masing – masing kapasitor CM berubah dari 2,635 nF menjadi 4,7 nF dan masing - masing kapasitor DM berubah dari 0,234 μ F menjadi 0,47 μ F. Gambar 4.1 menunjukkan hasil rangkaian yang akan digunakan sebagai filter PEF.



Gambar 4.1 Filter PEF yang telah ditetapkan

Dari perubahan nilai kapasitansi tersebut maka terjadi pergeseran frekuensi *cut-off* dari tiap filter yang dirancang. Maka selanjutnya dilakukan perhitungan frekuensi *cut-off* dari tiap filter yang dirancang. Berikut adalah hasil perhitungan yang telah dilakukan.

$$L_{leakage} \approx 6 \text{ mH}$$

$$f_{R,DM} = \frac{1}{2\pi \sqrt{((2 \times 24\text{mH}) + 6\text{mH}) \times 0,94\mu\text{F}}}$$

$$f_{R,DM} = 706 \text{ Hz}$$

$$f_{R,CM} = \frac{1}{2\pi \sqrt{24\text{mH} \times 2 \times 4,7\text{nF}}}$$

$$f_{R,CM} = 10596 \text{ Hz}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka frekuensi *cut-off* dari filter DM menjadi 706Hz dan untuk filter CM menjadi 10596Hz. Perubahan frekuensi *cut-off* tersebut masih sangat jauh dari batas *noise conducted emission* sehingga perubahan tersebut tidak akan mempengaruhi kinerja ataupun redaman dari filter yang akan dirancang.

Proses perakitan filter dilakukan dengan menyusun komponen seperti pada Gambar 4.1 dan disolderkan langsung antar kaki komponen tanpa menggunakan *Printed Circuit Board* (PCB) untuk mengurangi *noise* dan kebocoran induktansi (*Leakage Inductance*). Filter ini diletakkan pada sebuah kotak hitam kecil yang memiliki dua terminal kabel pada bagian masukan dan keluaran dengan masing – masing tiga jalur untuk *line*, *neutral* dan *ground*. Berikut adalah gambar filter yang telah dirancang beserta kotaknya.



Gambar 4.2 Filter PEF

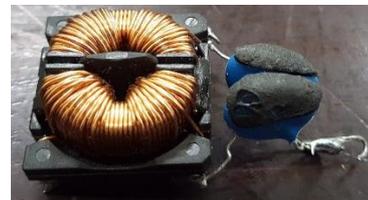
Pada bagian belakang kotak tersebut dipasangkan sebuah pelat logam yang terhubung ke *grounding* filter sehingga dapat ditempelkan pada pelat ataupun kotak perangkat yang terhubung ke *ground*. Sementara dari terminal ke jala-jala listrik dipasangkan sebuah konektor *female* AC SMPS dan untuk ke bagian SMPS dipasangkan sebuah konektor *female* AC. Pada filter ini juga dipasangkan sebuah *fuse* sebagai pengaman jika terjadi *short* atau lonjakan arus mendadak.

Untuk *grounding* filter sebaiknya menggunakan kabel dengan diameter yang besar atau menggunakan plat tembaga untuk dapat mengurangi radiasi yang dihasilkan induktor. Jika menggunakan kabel diusahakan agar kabel dibuat sependek mungkin untuk mengurangi radiasi.

Mengikuti penelitian sebelumnya maka untuk perakitan filter PEF disusun dengan kapasitor Y (Cy) yang sejajar atau tegak lurus dengan jalur jala-jala listrik dan kapasitor X (Cx) yang tegak lurus dengan saluran listrik dan tidak boleh dipasang di kedua sisi induktor CM. Sehingga filter yang dirancang akan terlihat seperti gambar berikut.



Gambar 4.3 Filter DM

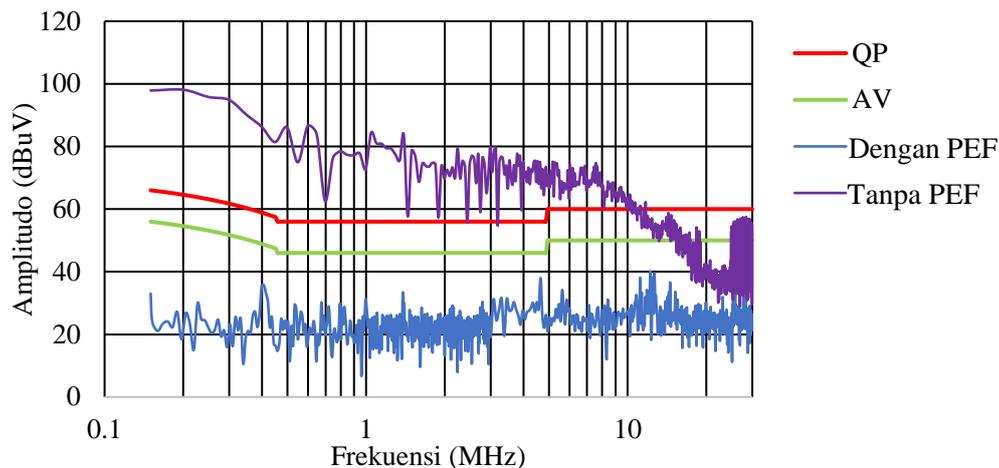


Gambar 4.4 Filter CM

Selanjutnya untuk *grounding* dari PEF digunakan pelat tembaga atau aluminium campuran yang dapat disolderkan ke pin *grounding* yang ada pada rangkaian sehingga radiasi dari induktor dapat diredam dan kebocoran induktansi akan lebih kecil. Pada pin *line* juga dihubungkan sebuah *fuse* sebagai pengaman jika terjadi *short* pada rangkaian PEF atau terjadi lonjakan arus mendadak. Setelah dilakukan perhitungan nilai komponen dan dirakit, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian dan pengambilan data berupa hasil pengujian nilai *noise* SMPS setelah dipasangkan PEF.

4.2 Passive EMI Filter

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai *noise conducted emission* dari SMPS sebelum dan setelah PEF dipasangkan pada jalur jala – jala listrik. Berikut adalah hasil pengujian PEF yang telah dilakukan :



Gambar 4.5 Pengujian *noise conducted emission* pada SMPS 1 dengan dan tanpa PEF

Dari hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa nilai *noise conducted emission* dari SMPS 1 telah diredam untuk seluruh spektrum frekuensi *noise conducted emission* dari 0,15kHz hingga 30MHz. Jika dibandingkan dengan SMPS 2, nilai *noise conducted emission* dari SMPS 1 setelah diberikan filter PEF ini jauh lebih kecil dengan selisih sekitar 20dBuV.

Tabel 4.5 Margin *Noise* hasil redaman filter PEF

Frekuensi (MHz)	<i>Noise</i> terukur (dB μ V)	Margin QP (dB μ V)	Margin AV (dB μ V)
0,15	33	-33	-23
7,5	22,3	-37,7	-27,7
15	24,5	-35,5	-25,5
30	21,3	-38,7	-28,7

Tabel 4.5 berisi margin dari filter PEF yang telah dirancang pada beberapa titik frekuensi. Dari tabel tersebut maka dapat ditentukan nilai redaman dari tiap titik frekuensi dengan menentukan selisih antara nilai *noise* sebelum dipasangkan filter dengan nilai *noise* setelah dipasangkan filter. Tabel 4.6 adalah hasil perhitungan nilai redaman filter PEF pada beberapa titik frekuensi.

Tabel 4.6 Nilai redaman filter PEF

Frekuensi (MHz)	<i>Noise</i> Sebelum PEF (dB μ V)	<i>Noise</i> Setelah PEF (dB μ V)	Redaman (dB μ V)
0.15	97,86	33	64,86
7.5	73,63	22,3	51,33
15	55	24,5	30,5
30	54,8	21,3	33,5

Dari hasil perhitungan redaman tersebut diketahui bahwa filter PEF ini sangat efektif untuk meredam *noise conducted emission* dari SMPS 1 pada seluruh spektrum frekuensi dari standar yang telah ditetapkan. Karena pada seluruh nilai frekuensi dari 150kHz hingga 30MHz, tidak ada frekuensi yang memiliki nilai *noise conducted emission* melebihi dari standar QP maupun CAV. Filter ini juga memberikan redaman yang lebih besar dari yang dibutuhkan pada saat perancangan dengan redaman paling besar hingga -64,86 dB pada frekuensi 150kHz. Hal ini sangat bagus karena *noise conducted emission* dari SMPS 1 yang paling besar ada pada frekuensi rendah (dibawah 1MHz) sehingga pada frekuensi tersebut dibutuhkan redaman yang sangat besar.

5 Kesimpulan

Dari data yang didapat dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yaitu filter PEF yang telah dirancang dan diujikan dapat digunakan pada SMPS 1 dengan noise conducted emission sebelum filter sebesar 97,86 dB μ V yang diredam menjadi 33 dB μ V dan menghasilkan redaman noise conducted emission yang sangat baik (hingga 64,86 dB μ V) dan memenuhi standar yang ditetapkan (CISPR22 Class B). Dua jenis filter yang diujikan secara terpisah memberikan hasil redaman yang berbeda. Filter DM memiliki redaman yang lebih baik (hingga 72,26 dB μ V) dibandingkan filter CM (hanya 61,66 dB μ V) dalam meredam noise conducted emission. Hal ini terjadi karena dalam perancangan filter DM memiliki frekuensi cut-off (706 Hz) yang jauh lebih kecil dari frekuensi cut-off filter CM (10596 Hz).

Daftar Pustaka

- [1] COCA, E. (2006). Power Line Filters for Switching Power.
- [2] Controller, D. S. (2006). Introduction to Switch Mode Power Supplies (SMPS), 1–27.
- [3] CUI INC. (2013). Electromagnetic Compatibility Considerations for Switching Power Supplies.
- [4] Duff, W. G. (2005). AN INTRODUCTION TO ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) PRESENTED BY.
- [5] Fung, D. (2015). IEEE EMC Chapter - Hong Kong Section, (April).
- [6] Hariyawan, M. Y., & Harpawi, N. (2017). *Electromagnetic Compatibility*.
- [7] Jayasree, P. V. Y., Priya, J. C., & Poojita, G. R. (2012). EMI Filter Design for Reducing Common-Mode and Differential-Mode *Noise* in Conducted Interference. *GITAM University, Visakhapatnam, A.P., India*, 5(3), 319–329.
- [8] Jayasree, P. V. Y., Raghu Poojita, G., & Priya, J. C. (2012). Design of Active Electromagnetic Interference Filter to Eliminate Common-mode *Noise* in Conducted Interference. *International Journal of Computer Applications*, 43(11), 975–8887.
- [9] Ji, J., Chen, W., Yang, X., Zhang, X., & Zhi, N. (2017). A layout method of passive EMI filter. *2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2017, 2017-Janua*, 2346–2349. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2017.8096455>
- [10] Jiraprasertwong, J., & Jettanasen, C. (2015). Practical Design of a Passive EMI Filter for Reduction of EMI Generation, *II*, 18–21.
- [11] Kamil, M. (2007). AN1114-Switch Mode Power Supply (SMPS) Topologies (Part I). *Technology*, (Part I), 1–48. <https://doi.org/AN1207>
- [12] Manjula, K., & Bhuvanewari, S. (2015). A Review of Analysis and Design of EMI Filters for Power Electronic Converters. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2395–56.
- [13] Miller, D., Reddig, M., & Kennel, R. (2015). Novel EMI line filter system for SMPS. *IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin, ICCE-Berlin, 2015–Febru*(February), 272–276. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Berlin.2014.7034329>
- [14] Nagel, A., & Doncker, R. W. De. (2016). Separating Common Mode and Differential Mode *Noise* in EMI Measurement Separating Common Mode and Differential Mode *Noise* in EMI Measurement *, 8368(March). <https://doi.org/10.1080/09398368.2000.11463462>