

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI FILTER EMI DENGAN MENGGUNAKAN FERRITE DAN KAPASITOR UNTUK MEREDAM *NOISE* PADA FREKUENSI TINGGI

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF EMI FILTER USING FERRITE AND CAPACITOR TO SUPPRESS *NOISE* IN HIGH FREQUENCY

Muhamad Nanda Pratama¹, Ekki Kurniawan², Iswahyudi Hidayat³.

^{1,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹mmandap@student.telkomuniversity.ac.id, ²ekki.kurniawa@telkomuniversity.ac.id,

³iswahyudihidayat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Salah satu perangkat elektronik yang menghasilkan konduksi elektromagnetik yang tinggi adalah SMPS (*Switching Mode Power Supply*). Emisi yang dihasilkan SMPS berasal dari proses *switching* regulator yang kemudian menghasilkan *discontinuous current*. *Discontinuous current* yang muncul mengakibatkan adanya *voltage ripple*. *Voltage ripple* inilah yang menjadi emisi terkonduksi sehingga mengganggu fungsi dari perangkat lain disekitar SMPS mulai dari sumber catu daya, beban, dan sebagainya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, terdapat komite yang mengatur dan membuat standar EMC pada peralatan elektronik.

Pada penelitian ini, akan diredam *noise* yang berasal dari *input* SMPS yang menuju tegangan jala-jala. Untuk meredamnya, dipasang filter diantara SMPS dan LISN (*Line Impedance Stabilization Network*). Rangkaian filter yang digunakan berupa LC *Low pass filter* (LPF) yang terdiri dari dua buah kapasitor yang dipasang paralel dan sebuah induktor yang dipasang seri sehingga membentuk seperti huruf π . Untuk menambah performansi filter dapat ditambahkan komponen yang bernama ferrite.

Setelah dilakukan pemasangan filter, emisi terkonduksi LM2576 dan LM2596 tanpa beban dapat diredam dengan baik pada frekuensi 150 KHz – 30 MHz. Nilai rata-rata emisi terkonduksi untuk LM2576 sebesar 42,97 dB μ V dan untuk LM2596 sebesar 43,353 dB μ V. Untuk LM2576 dengan beban 1 K Ω , filter bekerja dengan baik pada rentang frekuensi 3 MHz – 30 MHz dan bekerja kurang maksimal pada rentang 150 KHz – 3 MHz. Nilai rata-rata emisi terkonduksi yang terukur sebesar 49,281 dB μ V

Kata kunci: EMC, EMI, SMPS, LISN, filter, CISPR

Abstract

~~One electronic device that produce high electromagnetic conduction is SMPS (Switching Mode Power Supply). Emission that produced SMPS came from switching regulator process and then produce discontinuous current that will generate voltage ripple. This voltage ripple will be conducted emission and can interfere the function of the other device around SMPS like power supply, load, and ect. To solve those problem, there is comitte that regulate and make standard of EMC on electronic device.~~

~~In this research, will be suppressed noise from input SMPS and toward to PLN viltage. To suppress those noise, placed the EMI filter between SMPS and LISN (Line Stabilization Network). The filter circuit consist of two shunt capacitor and one series induktor, thus shape like π word. To increase filter performance, can added ferrite beat between SMPS and LISN.~~

~~After installed the filter, conducted emission from LM2576 and LM2596 without load can be suppressed well at the 150 KHz – 30 MHz. The Average value of conducted emission on LM2576 is 42,97 dB μ V and on LM2596 is 43,353 dB μ V. For LM2576 with 1 K Ω load, filter can work properly at 3 MHz – 30 MHz. And at 150 KHz – 3 MHz has not work well. The average value of conducted emission is 49,281 dB μ V~~

Keyword: EMC, EMI, SMPS, LISN, Filter, CISPR

1. Pendahuluan

Pada abad ini perangkat elektronik sudah tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari. Rangkaian elektrik pada perangkat elektronik bisa menghasilkan emisi elektromagnetik dan mempengaruhi perangkat lain. Tidak hanya itu, emisi dari alam seperti sambaran guruh juga bisa mempengaruhi kemampuan suatu perangkat. EMC (*Electromagnetic Compability*) adalah kemampuan perangkat dalam melindungi diri dari lingkungan elektromagnetik serta kemampuan perangkat itu sendiri agar tidak menghasilkan emisi elektromagnetik. Gangguan elektromagnetik atau yang sering disebut EMI (*Elektromagnetic Inference*) merupakan emisi yang diakibatkan oleh sumber-sumber *noise* melalui radiasi maupun konduksi elektromagnetik.

Konduksi dan radiasi elektromagnetik dibedakan berdasarkan transmisinya. Konduksi elektromagnetik disebabkan oleh kontak fisik seperti perambatan melalui kabel. Sedang radiasi elektromagnetik disebabkan oleh induksi atau tanpa melalui perantara fisik. Sebuah perangkat dapat dipengaruhi oleh konduksi serta radiasi sekaligus ataupun dipengaruhi hanya salah satu saja.

Untuk menanggulangi masalah emisi elektromagnetik dibentuk badan standar yang bertugas dalam bidang EMC. CISPR (*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*) atau dalam Bahasa Inggris disebut *International Special Committee on Radio Interference* adalah badan standar EMC yang biasa dijadikan acuan oleh dunia internasional

Penelitian ini bertujuan untuk meredam *noise* ataupun emisi yang hanya berasal dari konduksi elektromagnetik. Perangkat yang umum digunakan sehari-hari dan menghasilkan emisi elektromagnetik yang tinggi adalah *Switching Mode Power Supply* atau biasa disebut SMPS. Tanpa kontrol yang baik, munculnya emisi elektromagnetik pada SMPS akan mengganggu operasional tegangan jala-jala, beban, maupun sistem disekitarnya. Fokus pada penelitian ini adalah untuk meredam *noise* yang menuju sistem jala-jala PLN. Oleh karena itu *input* pada SMPS *buck converter* perlu dipasang filter untuk mengurangi *voltage ripple* agar tidak mengganggu sistem jala-jala PLN. Dalam penelitian ini digunakan LISN 5 μ H sebagai *buffer network*, LM2576 sebagai sumber *noise* atau emisi.

2. Dasar Teori

2.1 EMI pada SMPS

Konduksi EMI muncul bersamaan dengan pengoperasian pada SMPS. Penyebab utama munculnya gangguan EMI berasal dari *switching regulator* yang menjadi komponen utama pada SMPS. *Switch on-off* dari *switching regulator* akan menghasilkan *discontinuous current* yang muncul pada *input*, *output* maupun *input-output* pada *power supply*. *Discontinuous current* inilah yang akan menghasilkan *voltage ripple*. *Voltage ripple* yang muncul yang dapat mengkonduksi perangkat lain disekitar SMPS seperti sumber tegangan jala-jala, beban, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini SMPS yang digunakan adalah rangkaian *buck converter* dan fokus penelitian ini adalah meredam sinyal EMI dari *input buck converter* yang menuju tegangan jala-jala. *Buck converter* yang digunakan adalah LM2576

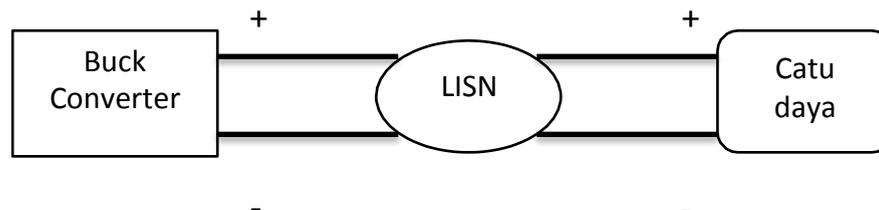
Terdapat badan atau komite yang mengatur masalah yang berkaitan dengan EMC. Salah satu badan standar EMC yang menjadi acuan dalam dunia elektronik adalah CISPR (*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*) atau dalam bahasa Inggris disebut *International Special Committee on Radio Interference*. Pada penelitian kali ini, standar EMC yang digunakan merujuk pada CISPR22 yang mengatur batas-batas nilai emisi yang muncul pada perangkat. SMPS itu sendiri dikategorikan sebagai perangkat kelas B pada CISPR22.

2.2 Pengukuran EMI

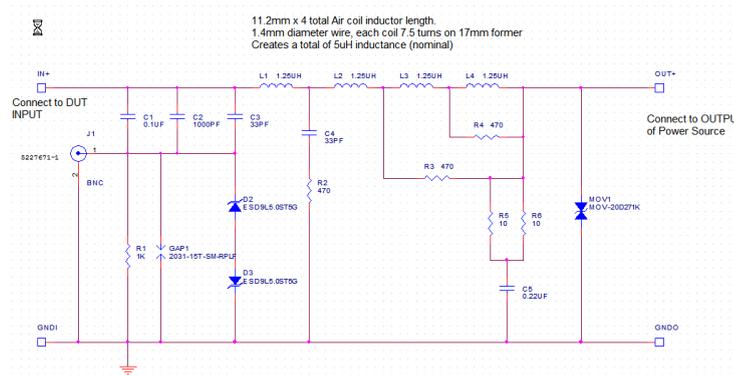
Dalam pengujian perangkat yang berkaitan dengan EMC, sangat penting untuk mengetahui prosedur pengukuran emisi terkonduksi. Tujuan utama pengukuran ini untuk mengidentifikasi sinyal EMI dan dapat meredam *noise* tersebut secara menyeluruh. Proses pengukuran emisi terkonduksi sudah diatur dalam CISPR22. Salah satu perangkat yang biasa digunakan dalam pengukuran emisi terkonduksi adalah LISN (*Line Stabilization Network*).

LISN dipasang diantara *buck converter* dan tegangan catu daya. Tujuan dari pemasangan LISN adalah sebagai filter untuk meredam seluruh *noise* dan hanya meloloskan *noise* yang berasal dari *buck converter*. Sehingga pada saat pengukuran, *noise* yang didapat murni dari perangkat *buck converter* dan tanpa tambahan *noise* dari luar. Selain itu pemasangan LISN juga bertujuan untuk menstabilkan impedansi dan melindungi *spectrum analyzer* supaya bekerja dengan baik dan aman.

Untuk mengukur emisi terkonduksi pada *buck converter* dapat digunakan osiloskop maupun *spectrum analyzer*. Kabel *output* pada osiloskop atau *spectrum* dipasang pada resistor 1 K Ω pada LISN untuk melihat gelombang sinyal emisi terkonduksi yang berasal dari *buck converter*.



Gambar 1 Diagram Blok LISN

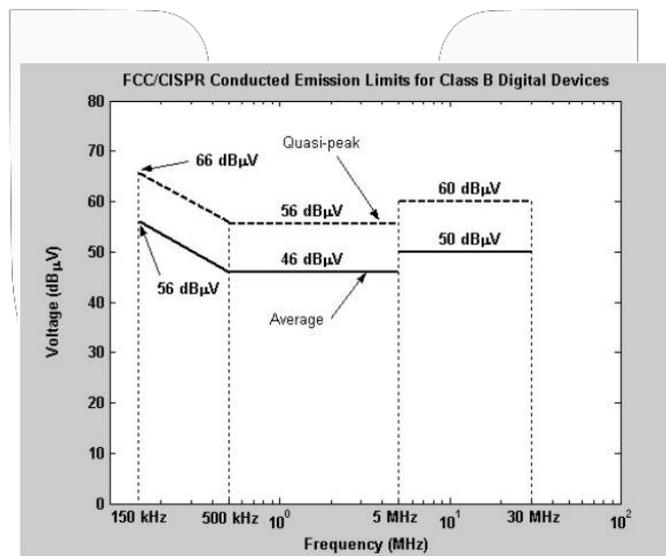


Gambar 2 Rangkaian LISN yang digunakan^[5]

Berdasarkan CISPR22, emisi terkonduksi yang diredam berada pada rentang frekuensi 150 KHz – 30 MHz. Untuk batas maksimal emisi yang terukur pada *spectrum analyzer* dapat dilihat dari tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 1 Batas Emisi Terkonduksi Perangkat Kelas B pada CISPR22

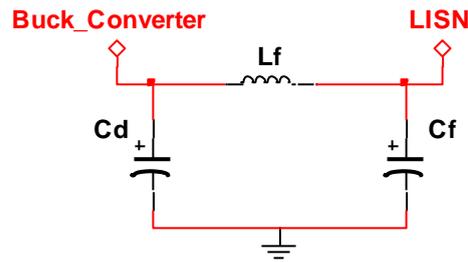
No	Frekuensi(MHz)	Batas rata-rata Emisi Terkonduksi(dBμV)
1	0,15 - 0,5	56 -46
2	0,5 – 5	46
3	5 - 30	56



Gambar 3 Batas Emisi Terkonduksi Perangkat Kelas B pada CISPR 22^[6]

3. Perancangan Filter EMI

Untuk meredam emisi terkonduksi yang berasal dari *buck converter*, dirancang sebuah filter EMI. Filter dipasang diantara *input buck converter* dengan LISN. Filter yang digunakan berupa LC *Low pass filter*(LPF) yang terdiri dari dua kapasitor yang dipasang paralel dan satu induktor yang dipasang seri, sehingga membentuk seperti huruf π.



Gambar 2 Rangkaian Filter EMI yang digunakan

Untuk merancang filter yang sesuai, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan *Attenuation*. *Attenuation* didapat dengan rumus

$$A = 20 \log \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} \right) \quad (1)$$

Dimana f_s adalah frekuensi swtiching *buck converter*, C_{in} adalah kapasitor *input buck converter*, D adalah *Duty cycle buck converter*, dan V_{max} adalah level atenuasi maksimal yang diizinkan.

Buck converter yang digunakan adalah LM2576 yang mempunyai frekuensi swtiching 52 KHz dan *Duty cycle* yang bisa diperoleh dai V_o/V_i yaitu 0,48. V_{max} adalah batas maksimum *noise level* pada frekuensi *switching buck conveter*, yaitu $\approx 56 \text{ dB}\mu\text{V}$. C_{in} adalah kapasitor *input* dari *buck converter* yang digunakan, yaitu 100 μF . Setelah dihitung didapat nilai *attenuation* sebesar 29, 64 dB

Setelah memperoleh nilai *attenuation*, dapat dicari nilai kapasitor C_f dengan memlih nilai terbesar dari kedua rumus dibawah ini

$$C_f = \frac{1}{(2\pi f_s)^2 \cdot A} \quad (2)$$

$$C_f = \frac{1}{(2\pi f_s)^2 \cdot A} \quad (3)$$

Induktor dapat dipilih berdasarkan ketersediaan di pasaran. Pada penelitian ini dipilih induktor L_f dengan nilai 10 μH . Setelah dihitung, didapat nila C_{fa} adalah 1481,5602 μF dan C_{fb} sebesar 182,15 μF . Jadi pilih pendekatan nilai kapasitor dari C_{fa} yang lebih besar. Nilai yang ada dipasaran, yaitu 1500 μF .

Untuk penentuan nilai kapasitor C_d didapat dengan rumus

$$(4)$$

Dari rumus diatas diperoleh nilai C_d yang ada dipasaran, yaitu adalah 680 μF .

Dari data diatas, dapat dibuat tabel nilai komponen yang dibuthkan dalam perancangan filter EMI seperti dibawah ini. Untuk menambah performansi dari filter tersebut, dapat ditambah ferrite yang dipasang diantara *input buck converter* dan LISN.

Tabel 2 Kondisi Operasional LM2576

V_{in}	25 V
V_{out}	12 V
<i>Duty Cycle</i>	0.48
C_{in}	100 μF
f_s	52 KHz

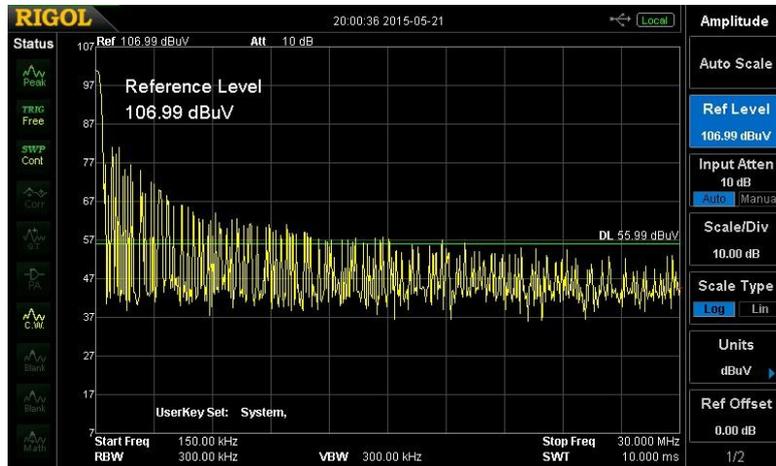
Tabel 3 Penentuan Nilai Komponen Filter EMI

Maksimum <i>noise level</i> V_{max}	56 $\text{dB}\mu\text{V}$
<i>Attenuation</i>	29,64 dB
Nilai Induktor L_f	10 μH
Nilai Kapasitor C_{fa}	1481,5602 μF
Nilai Kapasitor C_{fb}	182,15 μF
Nilai Kapasitor C_f yang dipilih	1500 μF
Nilai Kapasitor C_d	680 μF

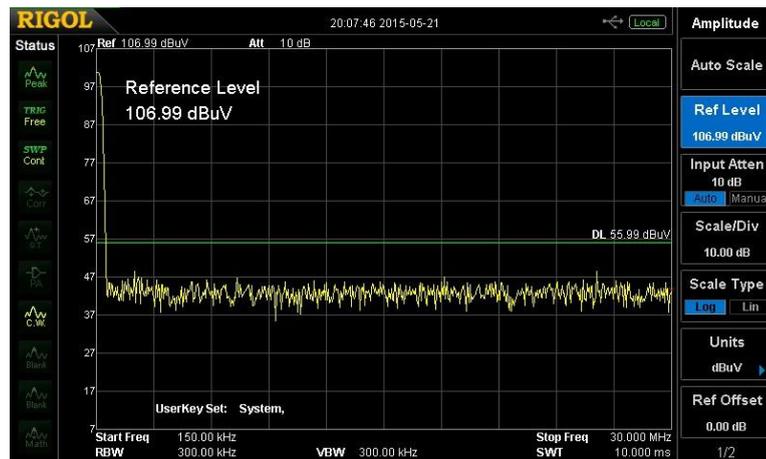
4. Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Pertama dan Analisis

Pada pengujian pertama akan dilihat dan diukur emisi terkonduksi yang dihasilkan oleh LM2576 sebelum dan setelah dipasang filter. Pengukuran dilakukan dengan *spectrum analyzer* yang dipasang pada konektor BNC pada LISN. Atur Frekuensi pada rentang 150 KHZ – 30 MHz dan ubah satuan amplitudo menjadi dBμV



Gambar 3 Pengujian Pertama



Gambar 4 Pengujian Pertama

Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan, diambil sampel nilai emisi terkonduksi sebelum dipasang filter dan emisi terkonduksi setelah dipasang filter dalam domain frekuensi. Selanjutnya nilai emisi terkonduksi sebelum dipasang filter disebut dengan V_i dan nilai emisi terkonduksi setelah dipasang filter disebut dengan V_o .

Batas maksimum nilai emisi terkonduksi dibagi dalam tiga daerah frekuensi berdasarkan CISPR 22, 150 KHZ - 500 KHZ maksimal $56 \text{ dB}\mu\text{V} - 46 \text{ dB}\mu\text{V}$, 500 KHZ - 5 MHZ maksimal $46 \text{ dB}\mu\text{V}$, dan 5 MHZ - 30 MHZ maksimal $50 \text{ dB}\mu\text{V}$. sebesar $50 \text{ dB}\mu\text{V}$

Untuk melihat kemampuan dari filter yang dirancang, dilakukan perhitungan selisih (ΔV) antara nilai emisi terkonduksi setelah dilakukan pemasangan filter (V_o) dengan batas nilai emisi terkonduksi yang diizinkan (V_t), atau bisa ditulis dengan

(5)

Untuk mencari nilai rata-rata selisih dari V_t dan V_o dapat digunakan rumus

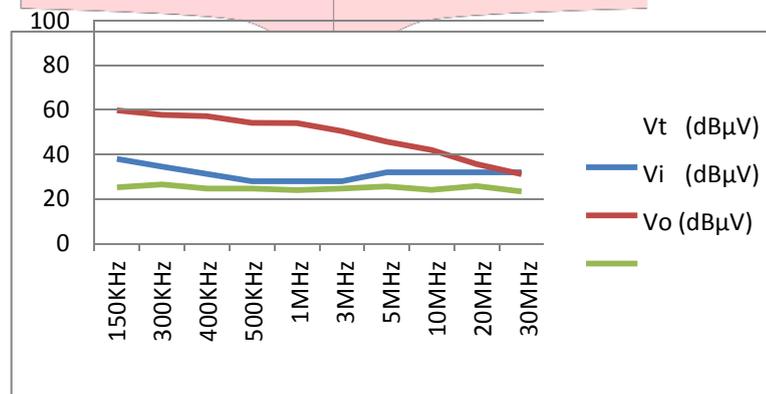
$$\Sigma \text{ ————— } (6)$$

Berikut disajikan sampel data yang diambil yang berupa tabel dan grafik dari hasil percobaan

Tabel 4 Percobaan Pertama

No	Frekuensi	Vt (dBμV)	Vi (dBμV)	Vo (dBμV)	ΔV (dBμV)
1	150KHz	56	77,88	43,29	12,71
2	300KHz	52,67	75,84	44,54	8,13
3	400KHz	49,33	75,21	42,66	6,67
4	500KHz	46	72,2	42,77	3,23
5	1MHz	46	72,15	41,98	4,02
6	3MHz	46	68,59	42,66	3,34
7	5MHz	50	63,85	43,75	6,25
8	10MHz	50	60,06	42,13	7,87
9	20MHz	50	53,73	43,87	6,13
10	30MHz	50	49,17	41,47	8,53

Rata-rata Vo = 42,912 dBμV



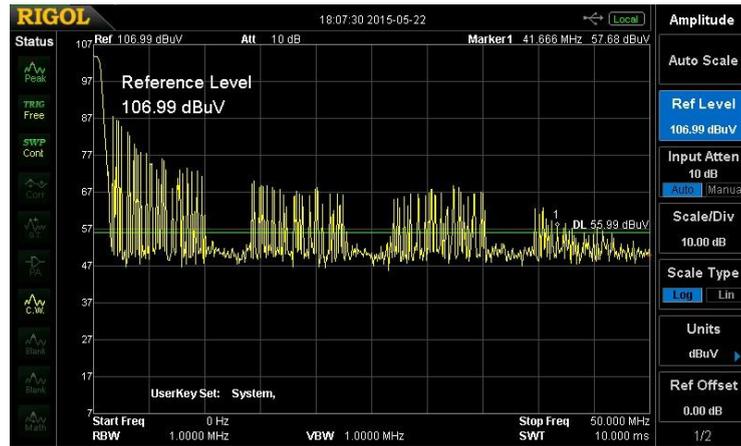
Grafik 1 Percobaan Pertama

Dari tabel dan grafik diatas dapat diketahui bahwa filter yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Nilai rata-rata emisi terkonduksi setelah dipasang filter(Vo) adalah 42,912 dBμV. Nilai tersebut masih berada pada batas aman dari seluruh rentang frekuensi.

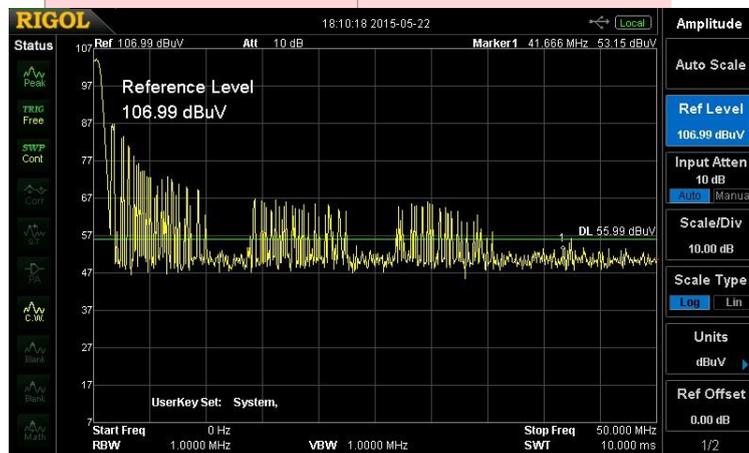
Untuk selish rata-rata Vt dengan Vo pada rentang frekuensi 150 KHz – 500 KHz adalah _____ dBμV, rentang frekuensi 500 KHz – 5 MHz adalah _____ dBμV, dan pada rentang 5 MHz – 30 MHz adalah _____ dBμV.

4.2. Pengujian Kedua dan Analisis

Tujuan pengujian kali ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemasangan ferrite pada rangkaian *buck converter* LM2576. Cara pemasangan ferrite adalaah dengan melilitkan kabel sehingga mengelilingi ferrite. Untuk melihat performansi dan hasil pengujian *spectrum analyzer* untuk melihat bentuk gelombang dalam domain frekuensi. Atur frekuensi dari 0 Hz – 50 MHz dan dBμV sebagai satuan amplitudo



Gambar 5 Pengujian Kedua



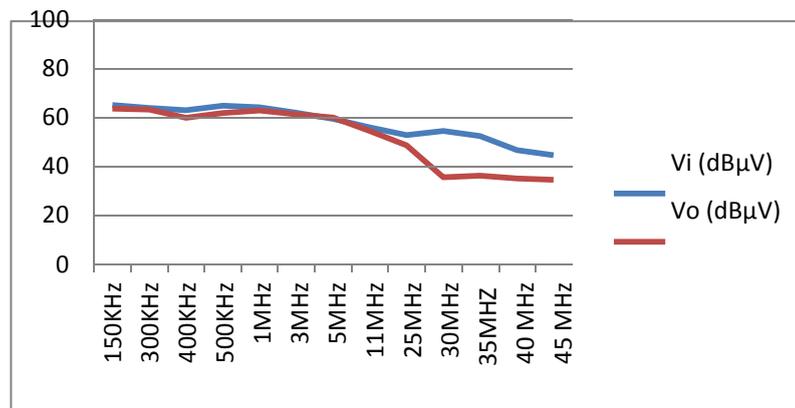
Gambar 6 Pengujian Kedua

Dari kedua gambar diatas tidak ada perubahan yang signifikan kecuali pada frekuensi tinggi mendekati 50 MHz. Ini sesuai dengan karakteristik ferrite yang nilai impedansinya berbanding dengan frekuensi kerjanya. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat tabel dan grafik dibawah sebagai perbandingan sebelum dan sesudah dipasang ferrite.

Tabel 5 Pengujian Kedua

No	Frekuensi	Vi (dBμV)	Vo (dBμV)	ΔV (dBμV)
1	150KHz	77,8	76,34	1,46
2	300KHz	76,56	75,87	0,69
3	400KHz	75,73	72,49	3,24
4	500KHz	77,44	74,56	2,88
5	1MHz	76,8	75,5	1,3
6	3MHz	74,58	73,92	0,66
7	5MHz	72,16	72,72	-0,56
8	11MHz	68,58	67,17	1,41
9	25MHz	65,5	61,33	4,17
10	30MHz	67,14	48,26	18,88
11	35MHz	65,07	48,92	16,15

12	40 MHz	59,33	47,76	11,57
13	45 MHz	57,28	47,29	9,99



Dari tabel dan grafik diatas terlihat ferrite dapat bekerja secara maksimal ketika nilai frekuensinya yang tinggi atau diatas 30MHz. Dan ferrite tidak bekerja maksimal pada saat frekuensi rendah atau kurang dari 30MHz. ΔV pada tabel diatas mengindikasikan selisih nilai emisi terkonduksi sbelum dan sesudah dipasang ferrite.

5. Kesimpulan

- Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, rangkaian filter yang dirancang dapat meredam emisi terkonduksi LM2576 pada frekuensi 150 KHz – 30 MHz. Nilai rata-rata emisi terkonduksi untuk LM2576 sebesar 42,912 dBµV
- Ferrite akan bekerja dengan baik pada frekuensi tinggi atau diatas 30MHz dan tidak bekerja secara maksimal pada frekuensi rendah atau kurang dari 30 MHz .

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Williams, Arthur & Taylor, Frd. (2006). *Electronic Filter Design Handbook*. McGraw-Hill Handbook, United States
- [2]. Kurniawan, E. dkk. (2103). Mitigating Spikes for EMC in Vibration Monitoring System of Geneating Plant
- [3]. Texas Instrument. (2013). AN-2162 Simple Success With Conducted EMI From DC-DC Converters. Texas: Texas Instrument Incorporated.
- [4]. Texas Instrument. (2013, April). Texas Instrument. Dipetik Juni 18, 2015, dari www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf
- [5]. (2013). Dipetik Mei 18, 2015, dari http://www.taskled.com/dsa_lisn/lisn_dsn.gif
- [6]. Electrical and Computer Engineering Missisipi State University. (t.thn.). Dipetik Mei 18, 2015, dari <http://www.ece.msstate.edu/~donohoe/ece4323EMCreq.pdf>