



9th Applied Business and Engineering Conference

FILTER EMI AKTIF MENGGUNAKAN OP-AMP UNTUK MEREDUKSI NEAR FIELD-EMI PADA PCB

Wahyudi Nasrianza¹⁾, Wahyudi Nasrianza²⁾, dan Dr. Mohammad Yanuar
Hariyawan S.T., M.T³⁾

¹⁾Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru,
27265

²⁾Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru,
27265

²⁾Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru,
27265

E-mail: wahyudi17tet@mahasiswa.pcr.ac.id

yanuar@pcr.ac.id

Abstract

Electronic devices often cause an increase in Electromagnetic Interference (EMI) which has two types, namely Conducted Emission and Radiated Emission. One solution to reduce EMI mitigation is to use an EMI filter. Operational Amplifiers (Op Amps) are a form of Linear IC which has a function to amplify electrical signals. This final project will discuss the use of op-amps to minimize near-field EMI. In this case, an op-amp circuit is added to reduce the EMI of the clock source. One of the most important characteristics of the op amp is its extremely low output impedance. This study will design an active EMI filter to reduce conducted emission noise using an active EMI filter (AEF). The designed AEF filter provides excellent conducted emission noise attenuation with pre-filtered noise conducted at 118 dB which is reduced to 108.95 dB and provides excellent conducted emission noise attenuation (up to 9.05 dB).

Keywords: *Conducted Emission, Operational Amplifier (Op-Amp), Active EMI Filter, Electromagnetic Interference (EMI)*

Abstrak

Perangkat elektronik sering menimbulkan peningkatan Electromagnetic Interference (EMI) yang memiliki dua jenis yaitu Conducted Emission dan Radiated Emission. Salah satu solusi untuk mengurangi mitigasi EMI itu adalah menggunakan filter EMI. Operational Amplifiers (Op Amps) merupakan salah satu bentuk IC Linear yang memiliki fungsi untuk menguatkan sinyal listrik. Dalam proyek akhir ini akan dibahas penggunaan op-amp untuk



9th Applied Business and Engineering Conference

meminimalisir near-field EMI. Dalam hal ini dilakukan penambahan rangkaian op-amp untuk mereduksi EMI dari sumber clock. Salah satu karakter terpenting dari op-amp adalah impedansi outputnya yang sangat rendah. Penelitian ini telah melakukan perancangan filter EMI aktif untuk meredam noise conducted emission menggunakan sebuah Active EMI Filter (AEF). Filter AEF yang telah dirancang menghasilkan redaman noise conducted emission yang sangat baik dengan noise conducted emission sebelum difilter sebesar 118 dB yang diredam menjadi 108,95 dB dan menghasilkan redaman noise conducted emission yang sangat baik (hingga 9,05 dB).

Kata Kunci: *Conducted Emission, Operational Amplifier (Op-Amp), Active EMI Filter, Electromagnetic Interference (EMI)*

PENDAHULUAN

Teknologi industri sangat berkembang pesat seiring berjalannya waktu. Setiap pekerjaan dibidang telekomunikasi bergantung pada perangkat elektronik. Salah satu komponen elektronika yang paling sering digunakan adalah operational amplifier (op-amp). Daya tahan Op amp terhadap EMI sangatlah penting karena op amp ditemukan didalam sirkuit yang berfungsi memperkuat dan mengondisikan suatu sinyal. Op-amp umumnya ditemukan pada rangkaian sinyal yang memiliki frekuensi tinggi (High Frequency). Op-amp ideal memiliki open loop gain (penguatan loop terbuka) yang tak terhingga besarnya. Disinilah peran rangkaian negative feedback (umpan balik negatif) diperlukan, sehingga op-amp dapat dirangkai menjadi aplikasi dengan nilai penguatan yang terukur (finite).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi electromagnetic interference (EMI) ialah dengan memanfaatkan penggunaan operational amplifier (op-amp). Sayangnya, op amp sering diabaikan penggunaannya dalam mengurangi EMI pada setiap aplikasi. Ini disebabkan karena persepsi bahwa op amp rentan terhadap EMI dan tidak diperhatikannya nilai EMI Rejection Ratio of Operational Amplifiers (Hall and Kuehl, 2017). Hal itu berlaku pada perangkat lama, desainer tidak menyadari bahwa op amp masa kini seringkali memberikan keunggulan immunity yang lebih baik dibandingkan generasi sebelumnya. Desainer juga tidak mengerti dan mempertimbangkan manfaat penting yang sirkuit op amp tawarkan untuk mengurangi



9th Applied Business and Engineering Conference

noise. Parameter EMI telah diketahui untuk mengelompokkan kekuatan atau kemampuan dari sebuah op-amp. Kemampuan op amp untuk menangkal EMI lebih dikenal dengan sebutan EMIRR (Electromagnetic Interference Rejection Ratio). Pada proyek akhir ini akan dilakukan perancangan op-amp yang diharapkan dapat mengatasi mitigasi near-field EMI. Komponen op-amp dipilih karena dapat diaplikasikan pada filter aktif yang mana penguatan dan frekuensinya mudah diatur dibandingkan menggunakan filter pasif.

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa nilai noise conducted emission dari EUT sebelum AEF diterapkan ?
2. Berapa nilai noise conducted emission dari EUT setelah AEF diterapkan ?
3. Bagaimana respon frekuensi dari AEF yang telah dirancang ?

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan dan implementasi AEF sehingga terpenuhi standar EMC-nya. AEF hasil perancangan dapat diimplementasikan pada PCB yang memiliki noise circuit dari sumber clock.

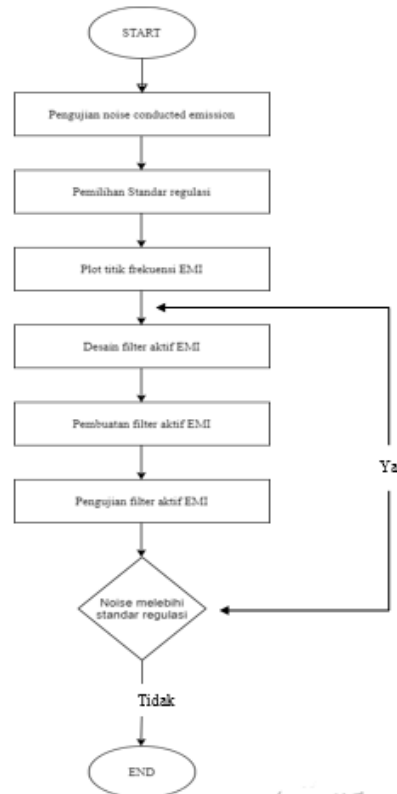
Penguat Operasional atau Operational Amplifier merupakan suatu jenis penguat elektronika dengan coupling arus searah yang memiliki gain sangat besar dengan dua masukan dan satu keluaran. Penguat operasional adalah perangkat yang sangat efisien dan serbaguna. Sayangnya, op-amp sering diabaikan penggunaannya dalam mengurangi EMI pada setiap aplikasi. Ini disebabkan karena persepsi bahwa op-amp rentan terhadap EMI dan tidak diperhatikannya nilai EMI Rejection Ratio of Operational Amplifier (Hall and Kuehl, 2017). Dengan memberikan sebuah filter dan diaplikasikan pada PCB, maka sinyal frekuensi tinggi atau dapat disebut noise conducted emission tersebut dapat diredam sehingga tidak mempengaruhi perangkat elektronik lain. Untuk mengevaluasi dan menganalisis bagaimana proses perancangan Op-amp untuk mengurangi near-field EMI pada PCB maka beberapa peneliti sudah ada yang melakukan penelitian untuk teori tersebut. Berikut penelitian terdahulu yang penulis jadikan sebagai referensi. Penelitian



9th Applied Business and Engineering Conference

ini dilakukan oleh V.Y.Jayasree, Raghu Poojita and Chaitanya Priya (2016) didapatkan perbandingan kinerja dari filter LC, filter choke, dan filter aktif. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa untuk frekuensi antara 150kHz sampai 1MHz filter LC masih dapat digunakan dengan efektif. Namun untuk frekuensi yang lebih besar dari 1MHz, penggunaan filter LC cukup berat dan tidak efisien. Maka dari itu sebaiknya menggunakan filter aktif untuk meredam noise dengan frekuensi yang lebih besar dari 1MHz.

Pada penelitian V.Y.Jayasree, Raghu Poojita and Chaitanya Priya, (2016) juga dilakukan pengujian dan perancangan filter. Namun EUT-nya hanya menggunakan sebuah SMPS sederhana dengan dua buah transistor dan sebuah diode sebagai pembangkit noise-nya. Dari penelitian tersebut ada tiga metode filter yang digunakan. Yang pertama adalah LC inductor filter, pi-filter, dan choke filter. Hasilnya filter LC inductor memberikan insertion loss yang diinginkan pada frekuensi dari 300KHz hingga 1.5MHz. Sementara pi-filter memberikan hasil yang cukup baik pada frekuensi 150Khz hingga 750Khz. Sehingga pi-filter dan filter choke merupakan solusi yang bagus untuk meredam conducted emission pada frekuensi 150KHz hingga 1.5MHz. Dalam conducted emission terdapat dua jenis noise, yaitu common mode (CM) dan Differential Mode (DM). Noise CM adalah noise yang mengalir dari salah satu jala-jala listrik menuju ground. Sementara noise DM adalah noise yang mengalir dari salah satu jala-jala listrik lainnya (misalnya N). Mengurangi input noise CM/DM dari kabel/rangkaian merupakan salah satu cara yang dapat digunakan pada filter aktif menggunakan op-amp. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Toporski, (2016) yang mana filter aktif op-amp dapat secara signifikan mengurangi noise EMI pada PCB, tetapi masih kurang dimanfaatkan dalam banyak desain. Dalam proyek akhir ini penulis membuat perancangan Filter aktif EMI yang diaplikasikan pada PCB untuk mengurangi near-field EMI. Perancangan ini mirip dengan perancangan dari jurnal yang diterbitkan oleh Todd Toporski dimana yang membedakan adalah hasil pengujian dari Filter yang dirancang. Hasil pengujian dari Todd Toporski akan menjadi panutan dalam proyek akhir ini.

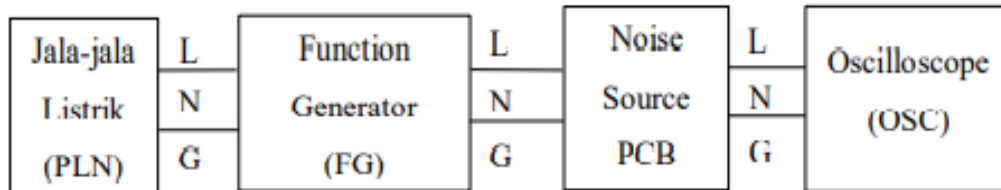


Gambar 1. Alur Penelitian

METODE PENELITIAN

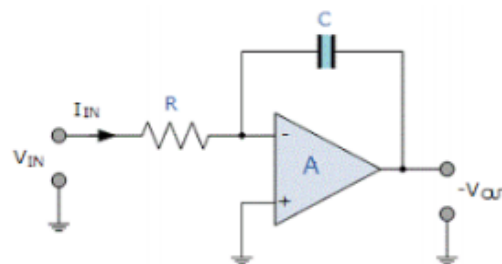
Dalam proses perancangan dan implementasi filter aktif EMI pada PCB ini ada beberapa tahapan yang akan dilalui. Diagram proses pengerjaannya dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan alur penelitian tentang perancangan dan implementasi filter aktif EMI pada PCB. Perancangan dimulai dari pengukuran nilai conducted emission PCB yang telah diberikan rangkaian komunikasi sebelum diterapkan filter aktif EMI. Dilanjutkan dengan memilih standar regulasi yang ditetapkan sebagai batasan noise conducted emission. Dalam pengambilan data ini digunakan Function Generator (FG) sebagai pembangkit sinyal, oscilloscope (OSC) sebagai media untuk melihat tampilan

sinyal seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pengujian dilakukan di Laboratorium Media Tansmisi Politeknik Caltex Riau.



Gambar 2. Pengujian conducted emission pada PCB

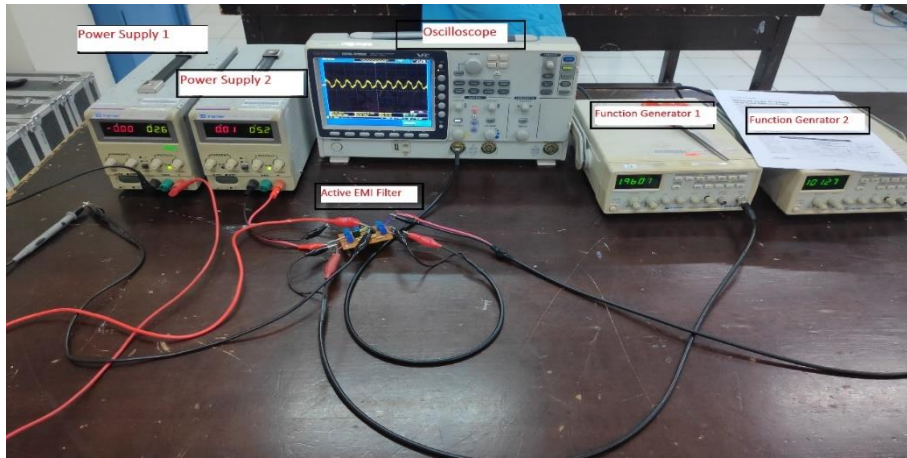
Hasil desain digunakan untuk pembuatan filter pasif EMI seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Selanjutnya filter aktif EMI diuji respon frekuensinya. Jika filter aktif EMI hasil perancangan, maka akan dilanjutkan dengan pengujian conducted emission dan dilihat apakah nilai conducted emission yang dihasilkan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



Gambar 3. Topologi sederhana filter aktif AEF

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai noise conducted emission yang dihasilkan PCB dengan noise source sebelum diberi rangkaian Active EMI Filter dan Setelah diberi rangkaian Active EMI Filter. Rangkaian Active EMI Filter sebelum diberi filter memiliki clock konstan sebesar 100 kHz yang diberikan dari Function Generator.

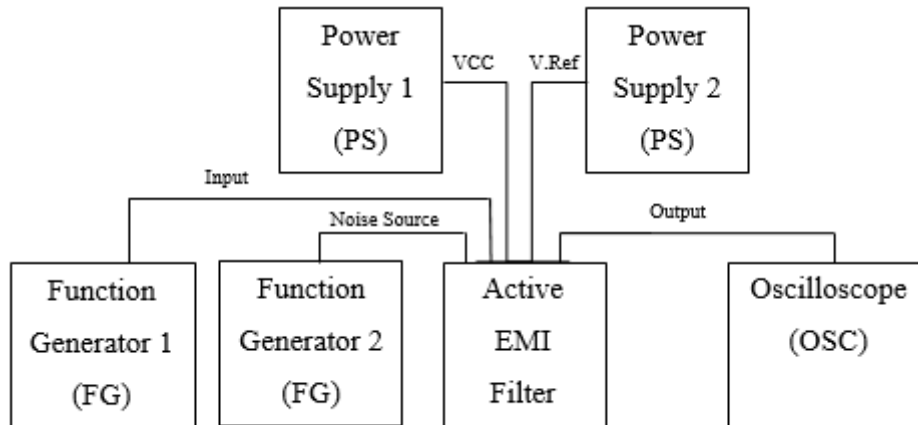


Gambar 4. Setup Pengujian AEF

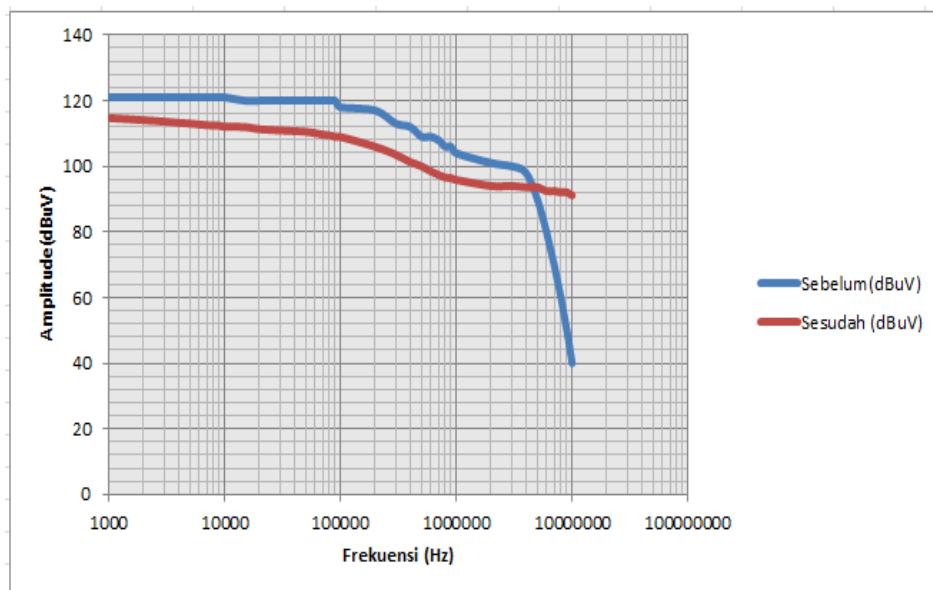
Filter yang dirancang merupakan implementasi dari rangkaian filter dasar yaitu low pass filter (LPF). Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan peralatan sebagai berikut:

- Sinyal Generator (SG)
- Oscilloscope (OSC)

Sinyal Generator digunakan sebagai pembangkit sinyal atau sumber noise yang akan dibangkitkan dari frekuensi 1kHz-10Mhz. Sinyal generator disini dapat berupa sebuah function generator (FG) atau Sinyal Source Generator (SSG). SG disini akan dihubungkan pada terminal clock pada AEF yang berfungsi sebagai sumber noise. SG disini juga dihubungkan dengan jala-jala masukan pada AEF yang nantinya akan disebut Input. Selanjutnya sinyal yang masuk ke AEF akan keluar pada bagian jalur keluaran atau disebut juga dengan Output. Kemudian, pada bagian output ini terhubung langsung ke sebuah Oscilloscope (OSC) dan akan mengukur amplitude dan menghasilkan respon frekuensi. Berikut adalah gambaran diagram pengambilan data yang akan dilakukan:



Gambar 5. Setup Pengambilan Data Respon Frekuensi Filter AEF

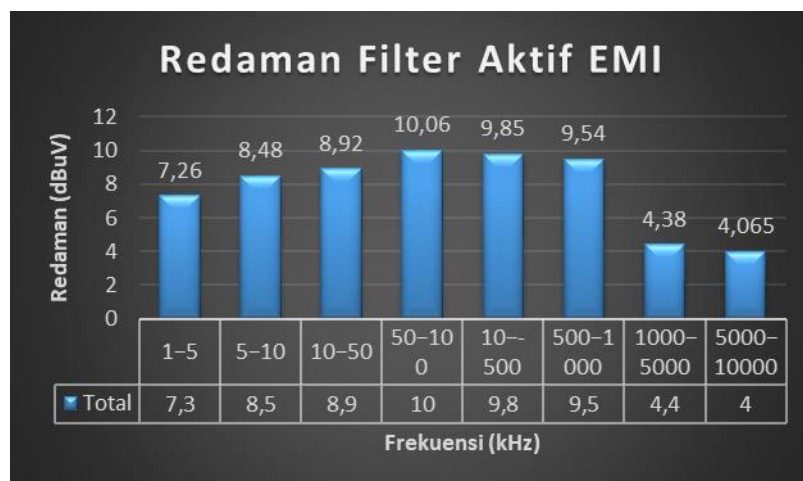


Gambar 6. Pengujian Noise Conducted Emission setelah diberi AEF

Dari hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa nilai Noise Conducted Emission dari PCB yang telah diberikan rangkaian Noise Source telah diredam secara keseluruhan dari range 1 kHz – 10 MHz baik secara simulasi maupun pengujian. Secara simulasi Nilai redaman yang dihasilkan ialah sebesar 11,69 dBuV dan secara pengujian nilai redaman

yang dihasilkan ialah sebesar 9,05 dBuV. Redaman Maksimal yang dapat dihasilkan oleh Filter Aktif EMI yaitu pada range inputan sebesar 50 kHz – 100 kHz dengan redaman mencapai 10,06 dB.

Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa filter dapat meredam noise yang besar pada frekuensi rendah yaitu pada range 1KHz-1MHz , hal ini sesuai dengan teori bahwa filter AEF yang sejatinya adalah rangkaian low pass filter dimana filter meloloskan Sinyal frekuensi rendah dan menghambat sinyal berfrekuensi tinggi. Kemudian untuk redaman maksimal terdapat pada rentang frekuensi 50 KHz hingga 100 KHz sebesar 10,06 dBuV sehingga filter ini efektif untuk mereduksi noise pada frekuensi rendah. Nilai redaman didapat dari pengurangan selisih filter aktif EMI yang telah diterapkan pada rangkaian Noise Source PCB dengan rangkaian Noise Source sebelum diberi filter aktif EMI. Nilai redaman terbesar terdapat pada range frekuensi inputan 50 kHz – 100 kHz dan redaman terkecil pada range 5 MHz – 10 MHz yaitu sebesar 4,065 dB dan rerata redaman yang diberikan oleh filter aktif EMI ini yaitu sebesar 7,82 dB.



Gambar 7. Nilai Redaman Filter Aktif EMI



9th Applied Business and Engineering Conference

SIMPULAN

Dari data yang telah didapat dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu filter AEF yang telah dirancang dan diujikan dapat digunakan secara baik. Filter AEF diuji dengan 2 jenis yaitu menggunakan Op amp Opa2604 dan LM741. Filter AEF dengan menggunakan op amp opa 2604 memiliki noise conducted emission sebelum difilter sebesar 118 dBuV yang diredam menjadi 108,95 (hingga 9,05 dBuV), sedangkan filter AEF dengan IC Op amp LM741 memiliki redaman sebesar 7,98 dBuV dalam meredam noise conducted emission yang dihasilkan rangkaian Noise Source. Filter EMI aktif ini dapat diaplikasikan pada noise source pada PCB yang berisikan rangkaian audio berfrekuensi rendah seperti DC motor driver, atau DC regulator. Diperlukan Inverter DC-AC untuk pengaplikasian Filter terhadap perangkat AC seperti Switch Mode Power Supply atau LED yang akan menimbulkan rugi-rugi tambahan ataupun noise yang tidak diinginkan yang tentu saja membuat kinerja AEF menjadi kurang maksimal. Hasil Pengujian dan juga simulasi cukup berbeda karena setiap komponen yang disimulasikan memiliki rugi – rugi maupun toleransi dari setiap nilai pada parameter yang ada (toleransi komponen, rugi-rugi kabel, kondisi pengujian dan lainnya).

DAFTAR PUSTAKA

- Hall, C. and Kuehl, T. (2017) 'EMI Rejection Ratio of Operational Amplifiers (With OPA333 and OPA333-Q1 as an Example)'.
- Toporski, T. (2016) 'Using op amps to reduce near-field EMI on PCBs', *Analog Applications Journal*2.
- V.Y.Jayasree, P., Raghu Poojita, G. and Chaitanya Priya, J. (2016) 'Design of Active Electromagnetic Interference Filter to Eliminate Common-mode Noise in Conducted Interference', *International Journal of Computer Applications*, 43(11), pp.