

**STUDI PENGGUNAAN *COMMON MODE CHOKE* UNTUK MENGURANGI
EMISI KONDUKSI MODE BERSAMA INTERFERENSI
ELEKTROMAGNETIK**

(Skripsi)

Oleh

**DENI ANGGARA
NPM 2115031036**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

STUDI PENGGUNAAN *COMMON MODE CHOKE* UNTUK MENGURANGI EMISI KONDUKSI MODE BERSAMA INTERFERENSI ELEKTROMAGNETIK

Oleh
Deni Anggara

Interferensi elektromagnetik dapat mengganggu kinerja perangkat elektronik sehingga dapat menyebabkan malfungsi pada perangkat tersebut. Salah satu jenis gangguan tersebut adalah interferensi konduksi mode bersama (*common-mode*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan *common-mode choke* (CMC) dalam mengurangi arus mode bersama pada dua jenis rangkaian: RLC dan *boost converter*. Pengujian dilakukan pada rangkaian RLC dengan tiga variasi tegangan input yaitu 195 V, 220 V, dan 245 V. Sedangkan pada *boost converter* tegangan input DC 6 V dan output 12 V. CMC yang digunakan divariasikan dalam tiga nilai induktansi, yaitu 3 mH, 7 mH, dan 10 mH. Parameter yang diukur adalah arus mode bersama menggunakan *Current Transformer* (CT) tipe SN RFHPC 12943. Hasil pengukuran ditampilkan pada osiloskop dalam bentuk gelombang tegangan mode bersama, sehingga untuk mendapatkan arus mode bersama dilakukan dengan membagi tegangan dengan impedansi transfer CT sebesar $2,7 \Omega$. Untuk menganalisis besar derau yang dihasilkan akibat interferensi elektromagnetik, arus mode bersama dalam domain waktu ditransformasi ke domain frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) pada perangkat lunak LTspice. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan CMC secara signifikan menurunkan arus mode bersama. Pada rangkaian RLC dengan tegangan input 245 V, arus mode bersama tanpa CMC sebesar 3.703 mA. Setelah menggunakan CMC dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH, arus mode bersama turun secara berurut menjadi 0.237 mA, 0.207 mA, dan 0.089 mA. *Boost converter* dengan input 6 V dan output 12 V, arus mode bersama tanpa CMC sebesar 11.11 mA. Setelah menggunakan CMC dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH, arus mode bersama turun secara berurut menjadi 3.704 mA, 2.963 mA, dan 1.778 mA. Analisis domain frekuensi menunjukkan penurunan derau yang signifikan. Pada rangkaian RLC tanpa CMC derau sebesar -52.05 dB, turun setelah menggunakan CMC 3 mH, 7 mH, dan 10 mH menjadi -76.92 dB, -78.54 dB, dan -80.43 dB. *Boost converter* tanpa CMC, derau sebesar -53.25 dB, turun setelah menggunakan CMC 3 mH, 7 mH, dan 10 mH menjadi -67.18 dB, -70.61 dB, dan -75.18 dB. Hasil ini membuktikan bahwa semakin besar nilai induktansi CMC yang digunakan, semakin besar pula pengurangan arus mode bersama dan derau yang dihasilkan.

Kata kunci: Arus Mode Bersama, *Common Mode Choke*, Derau, interferensi Konduksi, Interferensi Elektromagnetik

ABSTRACT
***STUDY ON THE USE OF COMMON MODE CHOKES TO REDUCE COMMON
MODE CONDUCTED EMISSIONS OF ELECTROMAGNETIC
INTERFERENCE***

By
Deni Anggara

Electromagnetic interference can disrupt the performance of electronic devices, causing them to malfunction. One type of interference is common-mode conduction interference. This study aims to analyze the effectiveness of using a common-mode choke (CMC) in reducing common-mode current in two types of circuits: RLC and boost converters. Tests were conducted on the RLC circuit with three input voltage variations: 195 V, 220 V, and 245 V. For the boost converter, the input voltage was 6 V DC, and the output was 12 V. The CMC used had three inductance values: 3 mH, 7 mH, and 10 mH. The measured parameter was common-mode current using a Current Transformer (CT) type SN RFHPC 12943. The measurement results were displayed on an oscilloscope in the form of common-mode voltage waves. To obtain the common-mode current, the voltage was divided by the CT transfer impedance of 2.7 Ω. To analyze the magnitude of noise generated due to electromagnetic interference, the common-mode current in the time domain is converted to the frequency domain using the Fast Fourier Transform (FFT) method in LTspice software. The test results show that the use of CMC significantly reduces the common-mode current. In an RLC circuit with an input voltage of 245 V, the common-mode current without CMC is 3.703 mA. After using CMC with inductances of 3 mH, 7 mH, and 10 mH, the common-mode current decreases sequentially to 0.237 mA, 0.207 mA, and 0.089 mA. In a boost converter with an input of 6 V and an output of 12 V, the common-mode current without CMC is 11.11 mA. After using CMC with inductances of 3 mH, 7 mH, and 10 mH, the common-mode current decreases sequentially to 3.704 mA, 2.963 mA, and 1.778 mA. Frequency domain analysis shows a significant reduction in noise. In the RLC circuit without CMC, the noise level is -52.05 dB, which decreases after using CMC 3 mH, 7 mH, and 10 mH to -76.92 dB, -78.54 dB, and -80.43 dB, respectively. In the boost converter without CMC, the noise level was -53.25 dB, which decreased after using CMC 3 mH, 7 mH, and 10 mH to -67.18 dB, -70.61 dB, and -75.18 dB, respectively. These results demonstrate that the larger the inductance value of the CMC used, the greater the reduction in common-mode current and noise generated.

Keywords: Common Mode Current, Common Mode Choke, Noise, Conducted Interference, Electromagnetic Interference

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Ketua : Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.

Diah
.....

Sekretaris : Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T.

Herman
.....

Pengaji : Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.

Nining
.....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helly Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP 197509282001121002 }

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Juli 2025

Judul Skripsi

: STUDI PENGGUNAAN *COMMON MODE CHOKE* UNTUK MENGURANGI EMISI KONDUksi MODE BERSAMA INTERFERENSI ELEKTROMAGNETIK

Nama Mahasiswa

: Deni Anggara

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2115031036

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik



Dr. Eng. Diah Permata, ST., M.T.
NIP 197005281998032003

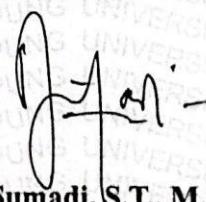
Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T.
NIP 197111301999031003

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro


Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 197103141999032001

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Sumadi, S.T., M.T.
NIP 197311042000031001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Deni Anggara

NPM : 2115031036

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi saya yang berjudul : **Studi Penggunaan *Common Mode Choke* untuk Mengurangi Emisi Konduksi Mode Bersama Interferensi Elektromagnetik.**

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Juli 2025



Deni Anggara
NPM 2115031036

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kacamarga, Tanggamus pada tanggal 10 maret 2003. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Sunaryo dan Ibu Jumilah.

Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari SDN 2 kacamarga pada tahun 2009 hingga 2015, SMPN 3 Cukuh Balak pada tahun 2015 hingga 2018, dan SMKN 1 Cukuh Balak pada tahun 2018 hingga 2021.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan bergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik pada tahun 2024 dan dipercayakan menjadi asisten mata kuliah Elektronika Daya pada tahun 2024. Selain itu, penulis juga tergabung dalam organisasi intra kampus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Departemen Komunikasi dan Informasi selama 2 periode pada tahun 2022 dan 2023. Penulis juga tergabung dalam FORKOM BIDIKMISi KIP-K sebagai ketua Departemen Advokasi selama 1 priode pada tahun 2024. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari didesa Tanjung Serayan, Kecamatan Mesuji, Kabupaten Mesuji. Penulis juga melaksanakan kerja praktik di PT. PLN (Persero) ULTG Tegineneng dan mengangkat judul, “Analisis Pengujian Tahanan Isolasi pada Trafo Arus penghantar tegineneng II 150 KV pada Gardu Induk Natar” pada tahun 2024.

Alhamdulillah, atas izin Allah yang Maha Kuasa

Karya ini kupersembahkan kepada

Ayah tercinta dan Ibu tercinta

SUNARYO dan JAMILAH

yang senantiasa tiada henti memberikan semua hal terbaik demi putranya untuk
mencapai kesuksesan

Keluarga Besar, Dosen, Teman, dan Almamater

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan
kesanggupannya...”

(QS. Al – Baqarah: 286)

”Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah
kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha..”

(B.J Habibie)

”Tidak peduli seberapa sulit atau mustahilnya itu, jangan
pernah melupakan tujuanmu..”

(Monkey D Luffy)

”aku membahayakan nyawa ibuku untuk lahir kedunia, jadi
tidak mungkin aku tidak artinya”

(Deni Anggara)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “ Studi Penggunaan *Common Mode Choke* untuk Mengurangi Emisi Konduksi Mode Bersama Interferensi Elektromagnetik” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak masukan, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rezeki serta Kesehatan sehingga mampu terjalannya penelitian ini hingga menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak dan Ibunda yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang tak terhingga kepada penulis selama menempuh pendidikan.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN.Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
7. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terima kasih atas ilmu, nasihat, saran, kritik, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terima kasih atas ilmu, nasihat, saran, kritik, dan motivasi selama

proses penyusunan skripsi dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.

9. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas ilmu, nasihat, saran, kritik, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
10. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, serta nasihat kepada penulis selama perkuliahan.
11. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, pengajaran, serta bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan di Teknik Elektro Universitas Lampung.
12. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam segala hal administrasi.
13. Bapak Rijalul Fikri selaku Sales Area Manager at Wurth Electronics Singapore Pte Ltd yang telah membantu dalam pembuatan dan pengadaan *common mode choke* selama proses penelitian berlangsung.
14. Bapak Firdaus M. Thalib dan Bapak Sunarto selaku Takmir Masjid Nurul Huda yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis selama penelitian berlangsung.
15. Teruntuk Alwi Tri Anwari, Alvi Tri Anwari, Ariyanto, Dimas Suarez dan Husni Arafi selaku rekan sekaligus keluarga Masjid Nurul Huda, terima kasih penulis ucapan atas semangat dan kebersamaan yang sungguh luar biasa hingga saat ini.
16. Teruntuk Bimo, Dede, dan Yoming selaku rekan partner seperbimbingan, terima kasih atas segala bantuan, kerja sama, dan saling berbagi ilmu selama melakukan penelitian hingga penyusunan skripsi.
17. Teruntuk Marhadi, Ruli, Rijal, Mahen, Fawaz, Mando, Benyamin, Alex, Daniel, Afdhal, Rizfeb, Bagus, Tegar, Imam, Serly, Rika, Ananda, Dona, Siti, dan seluruh rekan-rekan konsentrasi Teknik Tegangan Listrik yang telah menjadi teman yang baik selama perkuliahan.
18. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Mbba Ani, S.T. Kak Saka dan kakak-kakak serta adik-adik Asisten Lab KEE 2025 terima kasih

atas bantuan, bimbingan, nasihat, ilmu dan kerja sama selama penulis menjadi asisten laboratorium.

19. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Bapak Sugiarto, S.T., dan kakak-kakak serta adik-adik Asisten Lab TTT 2025 terima kasih atas bantuan, bimbingan, nasihat, ilmu dan kerja sama selama penulis melakukan penelitian di laboratorium.
20. Teruntuk Syifa Nur Rahmah, Fatma Aulia dan Segenap Keluarga Besar KMNU UNILA, terima kasih atas bantuan, bimbingan, nasihat, ilmu dan kerja sama selama kepengurusan.
21. Teruntuk Badan pengawas dan Segenap Keluarga Besar FORKOM BIDIKMISI, terima kasih atas bantuan, bimbingan, nasihat, ilmu dan kerja sama selama kepengurusan.
22. Teruntuk Nur Annisa Hafni Syarah, terima kasih atas segala dukungan, semangat, doa, motivasi, dan nasihat kepada penulis hingga penulis menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
23. Segenap Keluarga Besar EXCALTO 21, dan teman-teman yang telah menjadi keluarga bagi penulis.
24. Rekan-rekan HIMATRO serta kakak-kakak dan adik-adik tingkat Jurusan Teknik Elektro.
25. Semua pihak yang telah membantu penulis selama pelaksanaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua

Bandar Lampung, Juli 2025

Deni Anggara

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat penelitian	3
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
II.TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 <i>Interferensi Elektromagnetik</i>	6
2.3 <i>Common-mode choke (CMC)</i>	10
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metodologi Penelitian.....	15
3.4 Diagram Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.5 Rangkaian pengujian	16
3.6 Desain <i>Common Mode Choke (CMC)</i>	18
3.7 Peralatan pengujian.....	21
3.8 Rangkaian Pengujian	22
3.9 Metode Pengujian	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Data Hasil Pengujian Emisi Mode Bersama.....	27
4.2 Analisis Data Hasil.....	40

V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses emisi konduksi terjadi pada rangkaian listrik.....	7
Gambar 2. Common mode	9
Gambar 3. Ilustrasi emisi berbeda.....	9
Gambar 4. Memodelkan efek common-mode choke pada (a) arus dari dua.....	10
Gambar 5. Belitan yang umum terjadi	12
Gambar 6. Kapasitansi parasit.....	12
Gambar 7. Rangkaian ekivalen CMC	13
Gambar 8. Diagram Pelaksanaan Penelitian.	16
Gambar 9. Rangkaian (RLC)	17
Gambar 10. Boost converter.....	17
Gambar 11. Desain common mode choke (CMC)	18
Gambar 12. Voltage regulator TDGC2-2KW.....	21
Gambar 13. Power supply DC TP3005N	21
Gambar 14. Osiloskop GDS-2072E	22
Gambar 15. <i>Trafo arus</i> (CT) HVPD.....	22
Gambar 16. Rangkaian pengujian R, L, C tanpa CMC.....	23
Gambar 17. Rangkaian pengujian <i>boost converter</i> tanpa CMC	23
Gambar 18. Pengujian rangkaian R, L, C dengan CMC	24
Gambar 19. Pengujian rangkaian boost converter dengan CMC	24
Gambar 20. Rangkaian pengujian RLC tanpa common mode choke	28
Gambar 21. Tegangan mode bersama tanpa CMC pada tegangan input.....	28
Gambar 22. Arus mode bersama tanpa CMC pada tegangan input 195 V,.....	29
Gambar 23. Hasil analisis FFT pada tegangan input 195 V, 220 V dan 245 V	29
Gambar 24. Rangkaian pengujian RLC dengan CMC 7 mH.....	30
Gambar 25. Tegangan mode bersama pada tegangan input 195 V, 220 V	30
Gambar 26. Arus mode bersama pada tegangan input 195 V, 220 V dan 245 V	31
Gambar 27. Hasil analisis FFT pada tegangan input 195 V, 220 V dan 245 V	31
Gambar 28. Tegangan mode bersama pada tegangan input 195 V, 220 V dan	32
Gambar 29. Arus mode bersama pada tegangan input 195 V, 220 V dan 245 V	32
Gambar 30. Hasil analisis FFT pada tegangan input 195 V, 220 V dan.....	33
Gambar 31. Tegangan mode bersama pada tegangan input 195 V, 220 V	34
Gambar 32. Arus mode bersama pada tegangan input 195 V, 220 V	34
Gambar 33. Hasil analisis FFT pada tegangan input 195 V, 220 V dan.....	35
Gambar 34. Pengujian boost converter tanpa menggunakan CMC	36
Gambar 35. Tegangan mode bersama boost converter tanpa CMC	36

Gambar 36. Arus mode bersama boost converter tanpa CMC	37
Gambar 37. Hasil analisis FFT boost converter tanpa CMC.....	37
Gambar 38. Pengujian boost converter dengan menggunakan CMC 3 mH.....	38
Gambar 39. Tegangan mode bersama boost converter dengan CMC 3 mH,	38
Gambar 40. Arus mode bersama boost converter dengan CMC 3 mH, 7 mH,	39
Gambar 41. Hasil analisis FFT boost converter dengan CMC 3 mH, 7 mH, 10 mH.	39
Gambar 42. Hasil FFT Rangkaian RLC tanpa CMC dan dengan CMC 3 mH,	40
Gambar 43. Hasil FFT Rangkaian RLC tanpa CMC dan dengan CMC 3 mH,	41
Gambar 44. Hasil FFT Rangkaian RLC tanpa CMC dan dengan CMC 3 mH,	41
Gambar 45. Hubungan besar induktansi CMC dengan derau pada tegangan	42
Gambar 46. Hasil FFT boost converter tanpa CMC, dan dengan CMC	43
Gambar 47. Hubungan induktansi CMC dengan emisi mode bersama	44

DAFTAR TABEL

Table 1. Waktu pelaksanaan penelitian	14
Table 2. Nilai puncak derau pada rangkaian RLC	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam pengembangan sistem elektronik, emisi elektromagnetik merupakan salah satu sumber yang dapat menimbulkan *interferensi elektromagnetik* (*Electromagnetic Interference/EMI*). Jika tidak dikendalikan, interferensi dapat mengganggu kinerja perangkat elektronik lain di sekitarnya dan menyebabkan gangguan sistem secara keseluruhan. Interferensi tidak hanya mengganggu efisiensi perangkat itu sendiri tetapi juga dapat menyebabkan kesalahan fungsi dan kerusakan pada perangkat lain yang berada di dekatnya seperti gangguan pada *inverter* yang mempengaruhi kinerja baterai[1]. Oleh karena itu, pengendalian emisi ini sangat penting untuk memastikan kinerja dan keandalan sistem elektronik, terutama dalam aplikasi seperti sistem daya, telekomunikasi, dan otomasi industri[2].

Emisi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu emisi konduksi dan emisi radiasi. Emisi konduksi terjadi ketika gangguan elektromagnetik melewati konduktor seperti kabel atau jalur sirkuit, sedangkan emisi radiasi adalah gangguan melalui udara yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik[3]. Emisi yang disebabkan oleh konduksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu arus mode bersama (*common mode*) dan arus mode berbeda (*differential mode*). Arus mode bersama adalah arus gangguan yang mengalir searah pada dua atau lebih konduktor secara bersamaan, lalu kembali ke sumber melalui jalur ground yang sama. Sementara itu, arus mode berbeda merupakan arus yang mengalir dari sumber melalui kabel fasa ke beban, dan kembali ke sumber melalui kabel netral, tanpa melalui ground[4].

Oleh karena itu, teknik mitigasi penting untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan oleh interferensi tersebut[5]. Penelitian sebelumnya oleh Cochrane mengusulkan metode untuk mengurangi emisi mode bersama menggunakan belitan transformator kompensasi dan kapasitor kecil.[4]. Kemudian penelitian oleh Pei menggunakan metode *common mode chokes* untuk memprediksi dan menekan radiasi EMI pada sistem penggerak motor PMSM[2]. *Common mode choke* dipilih karena kemampuannya yang efektif dalam mengurangi arus mode bersama. Perangkat ini bekerja dengan meningkatkan impedansi pada frekuensi tinggi, sehingga tidak mempengaruhi sinyal pada frekuensi rendah atau frekuensi jala-jala.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini akan membahas analisis efektivitas *common mode choke* dalam mengurangi arus mode bersama pada rangkaian elektronik. Rangkaian elektronik yang digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian AC dengan beban RLC dan rangkaian DC dengan *Boost Converter* dan beban R. Penelitian ini akan mengukur dan membandingkan arus mode bersama dengan dan tanpa *common mode choke*. pengaruh variasi induktansi *common mode choke* terhadap pengurangan interferensi dianalisis dengan membuat berbagai jenis *common mode choke*.

1.2 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendesain *common mode choke* dengan variasi 3 mH, 7 mH, 10 mH.
2. Mengukur arus mode bersama pada rangkaian AC dengan RLC sebagai beban dengan kondisi tanpa dan dengan penggunaan CMC.
3. Mengukur arus mode bersama pada rangkaian DC menggunakan *boost converter* dan beban R dengan kondisi tanpa dan dengan penggunaan CMC.
4. Menghitung derau akibat interferensi mode bersama pada kedua jenis rangkaian.
5. Menganalisis efektivitas *common mode choke* dalam mengurangi arus mode bersama pada kedua jenis rangkaian uji.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain *common mode choke* untuk mengurangi arus mode bersama?
2. Bagaimana mengukur arus mode bersama pada rangkaian RLC dan *Boost converter*?
3. Bagaimana menghitung derau yang ditimbulkan oleh arus mode bersama.
4. Bagaimana menganalisis efektivitas *common mode choke* dalam mengurangi arus mode bersama.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian pengujian AC dengan beban RLC menggunakan tegangan input 195 V, 220 V dan 245 V.
2. Rangkaian pengujian DC menggunakan boost converter dengan beban R dengan tegangan *input* 6 V dan *output* 12 V.
3. Menggunakan *common mode choke* dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH, dengan diameter toroid 24.2 mm dan menggunakan material MnZn.
4. Penelitian ini tidak mempertimbangkan pengaruh faktor eksternal dari lingkungan sekitar, seperti *interferensi* dari perangkat lain, maupun kondisi lingkungan laboratorium.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu mendapatkan desain *common mode choke* yang dapat mengurangi interferensi derau pada rangkaian RLC dan *Boost Converter* yang mengalami emisi mode bersama.

1.6 Hipotesis

Penggunaan *common mode choke* dapat secara efektif mengurangi emisi mode bersama pada rangkaian RLC dan *Boost Converter*, sehingga meminimalkan gangguan serta meningkatkan kinerja dan keandalan sistem elektronik.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penulis memaparkan beberapa teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal, datasheet dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penulis memaparkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat percobaan alat dan analisis dari hasil pengujian .

V. PENUTUP

Menjelaskan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang didasarkan pada hasil data mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait *common mode choke* (CMC) telah berkembang seiring dengan kebutuhan akan efisiensi dalam pengurangan emisi pada sistem elektronik. Mark J. Nave merancang model yang dapat memprediksi kebocoran induktansi (*leakage inductance*) dari *common mode choke*, yang menjadi salah satu parameter penting dalam desain filter. Penelitian ini menjadi dasar dalam memahami perilaku *common mode choke* dalam mengurangi emisi mode bersama[6].

Penelitian oleh Cochrane mengusulkan metode untuk mengurangi emisi mode bersama menggunakan belitan transformator kompensasi dan kapasitor kecil. Dibandingkan dengan teknik pembatalan lainnya, metode ini tidak memerlukan transistor tambahan maupun sirkuit penggerak gerbang, sehingga ukuran filter dapat diperkecil, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan arus tinggi[4].

Kemudian Zhang melanjutkan penelitian dengan mengembangkan metode perhitungan impedansi efektif *common mode choke* menggunakan ferit Mn-Zn sebagai inti (core). Ferit ini dipilih karena memiliki permeabilitas dan permitivitas tinggi dalam rentang frekuensi kHz hingga MHz, yang memungkinkan *choke* beroperasi secara efektif dalam berbagai aplikasi[7].

Sanchez memperkenalkan metodologi untuk mengkarakterisasi *common mode choke* dengan cara memisahkan emisi mode bersama dan mode berbeda. Metode ini digunakan untuk memprediksi emisi yang dihasilkan oleh *common mode choke* ketika terhubung ke perangkat

listrik dan meningkatkan kinerja penyaringan dengan mengoptimalkan parameter desain *common mode choke*[8].

Marinko Kovacic mengembangkan model analitik yang lebih detail untuk menghitung impedansi *common mode choke* secara akurat pada rentang frekuensi yang luas. Model ini mempertimbangkan parameter *terpadu* (*resistansi*, *induktansi*, *kapasitansi*) dan interaksi antara lilitan dengan inti, baik dari segi hubungan induktif maupun kapasitif, sehingga mampu merepresentasikan fenomena fisik yang kompleks[9].

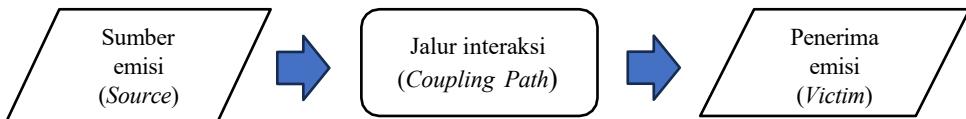
Dominguez-Palacios menekankan pentingnya karakterisasi *common mode choke* pada frekuensi tinggi dengan menggunakan pengukuran. Hasilnya menunjukkan bahwa *choke* dapat secara signifikan meningkatkan kinerja filter EMI pada aplikasi daya, di mana efektivitasnya sangat bergantung pada parameter desain dan frekuensi operasional[10].

Penelitian lebih lanjut oleh Dominguez-Palacios mengusulkan metode untuk mengkarakterisasi *common mode choke* tiga fasa pada frekuensi tinggi. Penelitian ini menggunakan analisis model rangkaian frekuensi tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa resonansi mode bersama dan mode berbeda dari tiga lilitan choke dapat diamati secara langsung dalam pengaturan. Metode ini memungkinkan prediksi respons *choke* terhadap eksitasi mode bersama dan mode berbeda hanya dengan satu jenis pengukuran, tanpa memerlukan dua pengaturan terpisah[11]. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, diperlukan pengujian eksperimental yang membandingkan langsung variasi induktansi CMC terhadap emisi mode bersama, khususnya pada konfigurasi rangkaian sederhana dan *boost converter*.

2.2 Interferensi Elektromagnetik

Interferensi Elektromagnetik (EMI) adalah gangguan yang diakibatkan oleh emisi elektromagnetik yang tidak diinginkan dari suatu perangkat sebagai sumber gangguan, yang dapat mempengaruhi kinerja perangkat lain di sekitarnya[3]. *Interferensi* dapat berdampak pada penurunan kinerja peralatan listrik, bahkan dapat menghentikan fungsinya jika berlangsung dalam jangka waktu lama atau dengan intensitas yang tinggi. Salah satu contohnya, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian oleh Zhai, gangguan pada *inverter* yang mempengaruhi kinerja

baterai[1]. Emisi dapat berasal dari sumber alami maupun buatan, seperti sistem pengapian, jaringan telepon seluler, osilasi pada komponen listrik, petir, dan aurora. Gangguan ini tidak hanya mempengaruhi kinerja perangkat listrik, tetapi juga dapat berdampak pada manusia yang berada di sekitarnya[12].



Gambar 1. Proses emisi konduksi terjadi pada rangkaian listrik.

Pada gambar 1 menunjukkan, emisi dapat terjadi melalui konduksi dan radiasi, atau kombinasi dari keduanya. Terdapat tiga komponen yang mempengaruhi terjadinya emisi:

1. *Sumber/Source*

Terdapat sumber listrik yang tidak diinginkan dari peralatan elektronik. Hal ini disebut dengan emisi elektromagnetik. Komponen ini penyebab awal terjadinya interferensi.

2. *Jenis kopling*

Komponen ini merupakan cara sinyal listrik itu mengalir menuju victim. Perbedaan cara sinyal tersebut melakukan kopling, maka metode mitigasinya pun berbeda.

3. *Penerima/Victim*

Komponen ini merupakan penerima atau *receptor* dari sinyal emisi tersebut yang dapat menyebabkan *interferensi*.

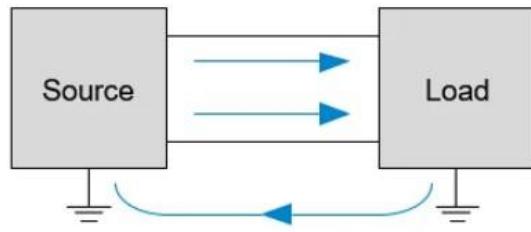
Sumber *interferensi* dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek utama yang mencakup asal, frekuensi, dan jalur transmisi gangguan. Berdasarkan asalnya, EMI dibagi menjadi natural dan *man-made*. natural dihasilkan oleh fenomena alam seperti petir, atau radiasi kosmik (*Cosmic Radiation*). Sebaliknya, *man-made* dihasilkan oleh aktivitas manusia, seperti *switching* pada rangkaian elektronik atau perangkat motor listrik yang tidak terkontrol dengan baik[12]. Selain itu,

interferensi dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi. *Interferensi low-frequency* biasanya terjadi pada frekuensi di bawah 150 kHz, yang sering dihasilkan oleh perangkat daya seperti motor atau transformator. Sementara itu, interferensi *high-frequency* terjadi pada frekuensi di atas 150 kHz dan biasanya berasal dari perangkat *switching* berkecepatan tinggi seperti konverter daya. Berdasarkan jalur transmisi, emisi dapat berupa emisi radiasi, yaitu gangguan yang ditransmisikan melalui gelombang elektromagnetik di udara. Sementara emisi konduksi, yaitu gangguan yang ditransmisikan melalui konduktor seperti kabel, atau jalur sirkuit[13].

Adapun jenis dari emisi konduksi yaitu:

1. Emisi mode bersama

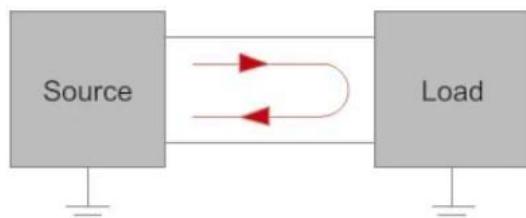
Adalah jenis emisi yang terjadi secara bersamaan pada semua jalur konduktor dengan arah yang sama terhadap ground. Gangguan ini sering kali disebabkan oleh *switching* dari perangkat atau ketidakseimbangan impedansi ground yang memicu aliran arus yang tidak diinginkan. emisi mode bersama ini terdiri dari tegangan mode bersama , yaitu emisi tegangan yang seragam terhadap ground, dan arus mode bersama, arus gangguan yang mengalir searah pada dua atau lebih konduktor secara bersamaan, lalu kembali ke sumber melalui jalur ground yang sama. Karakteristik utama emisi mode bersama mencakup tingginya radiasi yang dihasilkan, yang dapat menyebabkan gangguan *signifikan* pada perangkat komunikasi dan kontrol. Penanganan gangguan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu metode yang umum adalah penggunaan *common mode choke*, yaitu komponen yang dirancang untuk meredam arus mode bersama. Selain itu, teknik lain seperti shielding untuk mengurangi radiasi eksternal dan desain grounding yang baik juga efektif dalam mengurangi dampak gangguan emisi ini[14]. Ilustrasi emisi mode bersama ditunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. *Common mode.*

2. Emisi mode berbeda

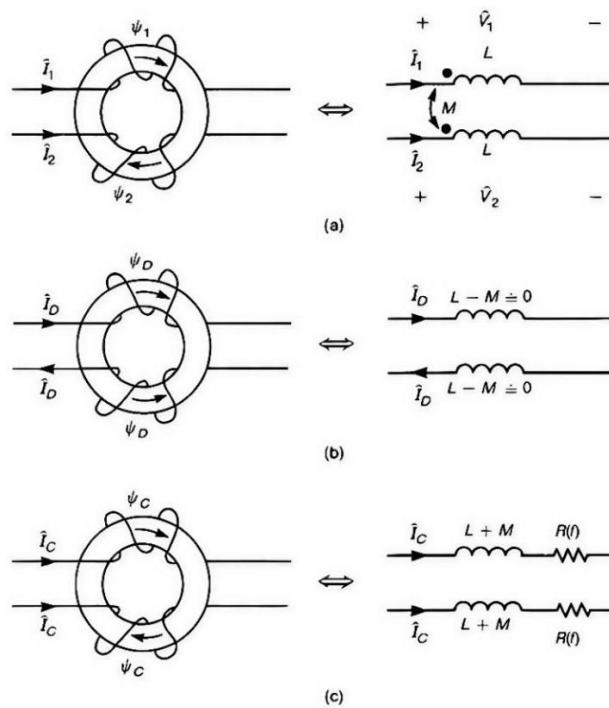
Adalah jenis emisi yang terjadi antara dua jalur konduktor dengan arah arus yang berlawanan. Berbeda dengan emisi mode bersama gangguan ini merupakan arus normal yang digunakan dalam sistem kelistrikan untuk mengalirkan daya. Arus ini mengalir dari sumber melalui kabel fase ke beban, dan kembali ke sumber melalui kabel netral, tanpa melalui ground. Karena arus ini mengalir dalam arah berlawanan pada dua konduktor, maka arus differential mode mencerminkan proses kerja utama dari suatu rangkaian, seperti menyalakan perangkat atau memberi daya pada beban. Meskipun merupakan arus utama, differential mode juga dapat mengalami gangguan dalam bentuk noise antara dua jalur tersebut. Untuk mengatasi gangguan ini, digunakan komponen filter seperti kapasitor dan induktor yang dirancang untuk menyaring noise pada jalur *diferensial*. Selain itu, perbaikan desain rangkaian untuk memastikan keseimbangan sinyal juga menjadi penting dalam mengurangi gangguan *differential mode* [13]. Ilustrasi emisi mode berbeda ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi emisi berbeda.

2.3 Common-mode choke (CMC)

Common mode choke adalah salah satu metode yang paling efektif untuk mengurangi emisi mode arus. CMC adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengurangi gangguan emisi dengan menekan emisi (*common mode current*) dalam rangkaian.



Gambar 4. Memodelkan efek *common-mode choke* pada (a) arus dari dua saluran kabel, (b) komponen mode berbeda, dan (c) komponen mode bersama.

common-mode choke terdiri dari dua lilitan magnetik yang terhubung pada inti dengan permeabilitas tinggi, yang memberikan induktansi tinggi terhadap emisi arus. Selain itu, CMC juga dapat mengurangi kebisingan mode berbeda (*differential mode noise*) melalui induktansi bocor yang ada[10]. Induktansi bocor membantu mengurangi gangguan dari arus *diferensial* dengan menciptakan jalur alternatif bagi arus tersebut, sehingga mengurangi efek kebisingan yang dapat mempengaruhi kinerja rangkaian. Dengan kata lain, induktansi bocor berfungsi sebagai penghalang bagi arus yang tidak diinginkan, meningkatkan efisiensi penyaringan emisi.

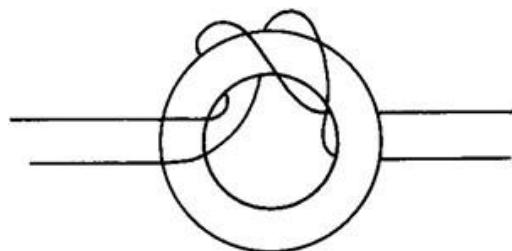
Pada gambar 4 menunjukkan arah lilitan dan rangkaian *ekivalen* sepasang kabel yang membawa arus i_1 dan i_2 dililitkan di sekitar inti *feromagnetik*. Di sini kita asumsikan bahwa belitannya identik, sehingga $L_1 = L_2 = L$. Untuk menyelidiki efek inti dalam memblokir arus mode bersama, kita menghitung impedansi satu belitan:

Sekarang mari kita selidiki kontribusi pada impedansi seri yang disebabkan oleh setiap komponen arus. Pertama, bandingkan *common-mode currents* di mana $i_1 = i_c$ dan $i_2 = -i_c$ disubtitusikan ke dalam persamaan (2.1) menjadi:

Kemudian Kontribusi terhadap impedansi seri karena arus mode *differensial* di mana $i_1 = i_D$ dan $i_2 = -i_D$

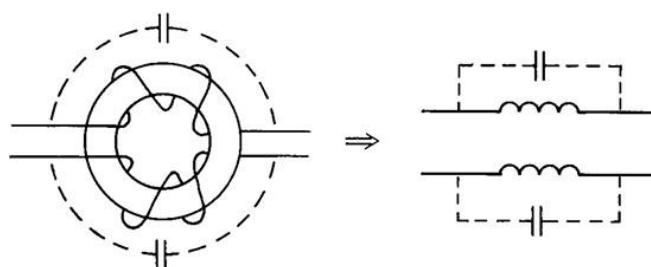
Jika belitan simetris dan semua fluks tetap berada di inti, fluks satu belitan sepenuhnya menghubungkan belitan lainnya, maka $L = M$ dan $Z_{DM} = 0$! Dengan demikian, dalam kasus ideal di mana $L = M$, *common-mode choke* tidak berpengaruh pada emisi mode berbeda, tetapi secara selektif menempatkan induktansi $2L$ secara seri dengan dua konduktor ke emisi mode bersama. Dapat dilihat pada gambar 4. Selain menempatkan induktor $L + M$ secara seri dengan emisi, mode bersama penggunaan inti ferit menempatkan resistansi yang bergantung pada frekuensi. $R(f)$ secara seri dengan emisi mode bersama juga. Hambatan ini menjadi dominan pada frekuensi yang lebih tinggi seperti halnya pada manik ferit di bagian sebelumnya. Oleh karena itu, emisi mode bersama tidak hanya diblokir tetapi juga energinya disalurkan dalam $R(f)$. Dengan demikian, *common-mode choke* dapat efektif memblokir dan menghilangkan emisi mode arus. Untuk memberikan impedansi pada arus mode bersama, kabel harus dililitkan di sekitar inti sehingga fluks akibat arus mode bersama bertambah di dalam inti (core), sedangkan fluks akibat arus mode berbeda berkurang di dalam inti (core). Untuk

menentukan lilitkan dengan benar dapat digunakan kaidah tangan kanan, di mana ibu jari tangan kanan ke arah arus, sementara jari-jari akan menunjuk ke arah fluks yang dihasilkan oleh arus tersebut.



Gambar 5. Belitan yang umum terjadi.

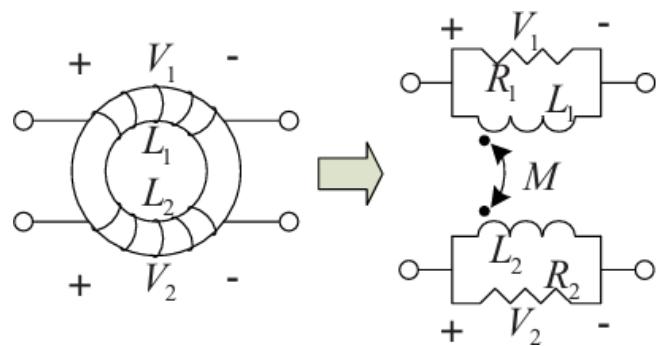
Cara yang sangat mudah untuk melilitkan kawat pada inti (core) untuk menghasilkan efek pemblokiran dan penghilangan emisi arus adalah dengan melilitkan kabel (tembaga) di sekitar inti seperti yang diilustrasikan pada gambar 5. Dalam kasus tersebut, harus dipastikan bahwa kabel yang masuk ke belitan dan yang keluar dari belitan dipisahkan satu sama lain, atau jika tidak, kapasitansi parasit antara *input* dan *output* akan memotong inti dan mengurangi keefektifannya, seperti yang diilustrasikan pada gambar 6.



Gambar 6. Kapasitansi parasit.

Efektivitas *common-mode choke* bergantung pada asumsi bahwa induktansi (L) dan induktansi timbal balik (M) memiliki nilai yang sama ($L = M$). Inti dengan permeabilitas tinggi memainkan peran penting dalam memusatkan *fluks magnetik* di dalam inti dan mengurangi fluks kebocoran, sehingga meningkatkan performa choke[12].

Rangkaian ekivalen dari *common mode choke* ditunjukkan pada Gambar 7. Nilai untuk setiap CMC 1 mH. Nilai mutual inductance (M) adalah sebesar 0,92 mH, sedangkan induktansi masing-masing lilitan (L_1 dan L_2) bernilai 0,93 mH. Untuk resistansinya, R_1 memiliki nilai 2,19 k Ω dan R_2 sebesar 2,00 k Ω (Sánchez dkk., 2010).



Gambar 7. Rangkaian ekivalen CMC.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada bulan Desember 2025 – Maret 2025

Table 1. Waktu pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan				
		Januari	Februari	Maret	April	Mei
1	Diskusi Topik dengan Dosen Pembimbing					
2	Studi Literatur					
3	Seminar Proposal					
4	Pembuatan <i>Common Mode Choke</i>					
5	Uji Coba dan Pengambilan Data					
6	Analisis Data					
7	Penulisan Laporan					
8	Seminar Hasil					

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. 1 buah Laptop
2. 3 buah *common mode choke*
3. 1 buah *power supply*
4. 2 buah resistor
5. 1 buah kapasitor
6. 1 buah induktor
7. Trafo arus (CT)
8. Multimeter
9. Osiloskop
10. Kabel jumper
11. 1 buah PCB
12. 1 buah Trafo arus
13. 1 buah *boost converter*
14. 1 buah Plat logam

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari, mengkaji literatur yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir, yaitu mengenai pengujian emisi mode arus, Pengujian arus *common mode choke*. Literatur diambil dari berbagai sumber, seperti buku manual, jurnal ilmiah, dan laporan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

2. Studi Bimbingan

Studi bimbingan dilakukan dengan diskusi bersama dosen pembimbing untuk menyelesaikan persoalan-persoalan selama penelitian. Diskusi dilakukan secara berkala, mulai dari diskusi mengenai penentuan topik dan judul, metode penelitian. Dengan adanya studi bimbingan, penulis mendapatkan pengetahuan serta arahan dalam pengerjaan tugas akhir.

3. Perancangan rangkaian pengujian dan pengujian

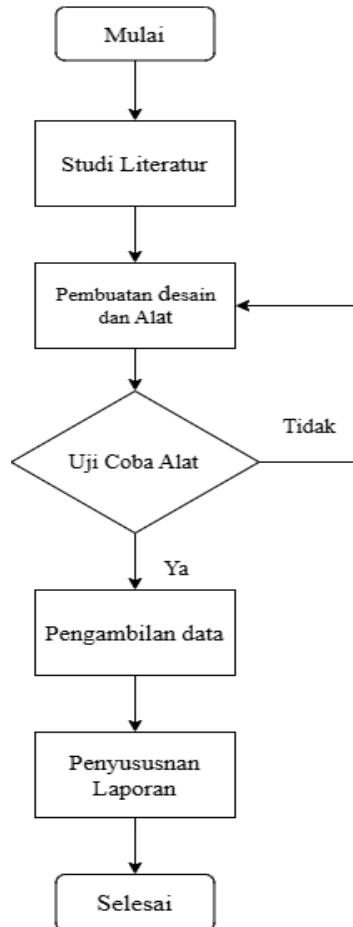
Perancangan rangkaian pengujian interferensi arus mode bersama pada rangkaian RLC dan *Boost Converter* yang dilakukan di laboratorium. Setelah itu dilakukan analisis mengenai hasil dari pengujian.

4. Penulisan Laporan

Penelitian ini dituliskan kedalam sebuah laporan proposal penelitian. Lalu, hasil penelitian ini dituangkan kedalam sebuah laporan akhir penelitian/skripsi. Laporan ini merupakan dokumentasi pengerjaan penelitian tugas akhir dan dapat dipertanggung jawabkan sebagaimana mestinya.

3.4 Diagram Pelaksanaan Penelitian

Tahap-tahap pelaksanaan penelitian tugas akhir ini seperti pada gambar 8.



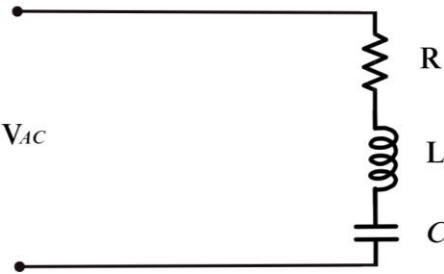
Gambar 8. Diagram Pelaksanaan Penelitian.

3.5 Rangkaian pengujian

Adapun rangkaian pengujian yang akan digunakan pada penelitian ini

a. Rangkaian RLC

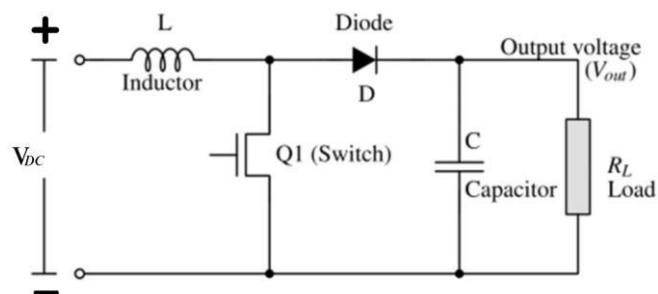
Rangkaian RLC terdiri kapasitor dengan nilai 100 nF, dan induktor sebesar 100 μ H yang berfungsi menyimpan energi dalam bentuk medan listrik dan medan magnet. Resistor 100 Ω digunakan untuk beban. Rangkaian RLC ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian (RLC).

b. Rangkaian *boost converter*

Pada *boost converter* terdapat emisi yang timbul dari proses *switching* yang tinggi dari *transistor*, *mosfet*, atau komponen *switching* lainnya[4]. Frekuensi *switching* yang tinggi menimbulkan efek yang tidak diinginkan seperti gangguan interferensi elektromagnetik[12]. Selain itu, hal inilah yang memperburuk kinerja konverter itu sendiri dan dapat mempengaruhi peralatan listrik lain yang terpasang pada sumber daya utama[15]. Sehingga membutuhkan metode untuk mengurangi emisi tersebut. *Boost converter* menggunakan sumber input tegangan DC 6 V dan output adalah 12 V, dengan nilai induktor sebesar $470 \mu\text{H}$, kapasitor sebesar $22 \mu\text{F}$, kapasitor input sebesar $10 \mu\text{F}$, dioda tipe SS24, dan MOSFET tipe IRLZ44N. Beban yang digunakan berupa resistor sebesar 100 ohm, dengan *duty cycle* sebesar 50% ditunjukkan pada gambar 10.



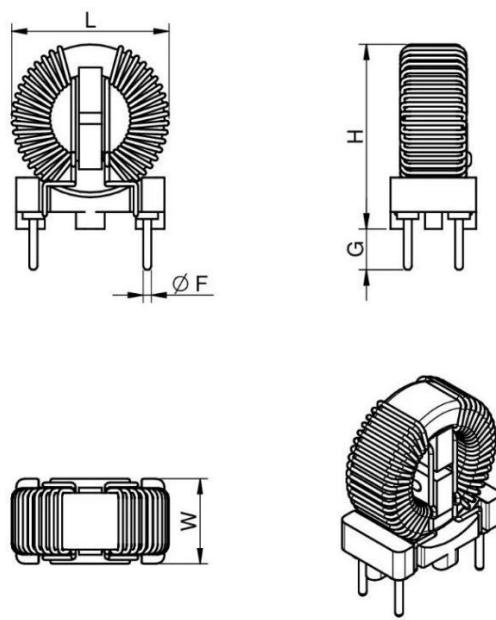
Gambar 10. *Boost converter*.

3.6 Desain *Common Mode Choke* (CMC)

Adapun rangkaian *common mode choke* yang digunakan sebagai mitigasi untuk mengurangi emisi pada rangkaian elektronik. Terdapat 3 jenis *common mode choke* yang akan digunakan pada penelitian ini untuk mengurangi emisi mode bersama yaitu *common mode choke* dengan besar induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH.

3.6.1 Desain Bentuk *Common Mode Choke* (CMC)

Desain *common mode choke* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada pada gambar 11, yaitu menggunakan inti berbahan toroid dengan material MnZn (*Manganese-Zinc ferrite*). Inti toroid ini memiliki dimensi fisik berupa diameter luar (L) sebesar 24.2 mm, lebar (W) sebesar 12.9 mm, dan tinggi (H) sebesar 25.5 mm. Jari-jari toroid sebesar 7.5 mm. Kawat tembaga yang digunakan untuk melilit inti toroid memiliki diameter adalah 0.5 mm, 0.4 mm dan 0.3 mm dengan besar induktansi berurutan 3mh, 7 mH, 10 mH.



Gambar 11. Desain *common mode choke* (CMC).

3.6.2 Perhitungan Jumlah Lilitan

Untuk menghitung berapa jumlah lilitan menggunakan rumus induktansi pada *common mode choke* dengan persamaan [16] :

Dengan:

L : Induktansi (H)

μ_0 : Permeabilitas ruang hampa ($4\pi \times 10^{-7} H/m$)

μ_r : Permeabilitas relatif inti toroid

A : luas penampang (m^2)

r : Jari-jari toroid ke garis tengah

maka jumlah lilitan:

$$N = \sqrt{\frac{L \cdot 2\pi r}{\mu_0 \mu_r A}}$$

Diketahui :

$$\mu_0: (4\pi \times 10^{-7}H/m)$$

μ_r : 5000 (ferrite Mn-Zn)

A : p. l

: 12,9 . 4

: 51,6 mm

: 7.5 mm

ka;

1. Co

- — 5 —

$$N = \sqrt{\frac{\omega_1 - \omega_2}{\mu_0 \mu_r A}}$$

$$N = \sqrt{\frac{3 \times 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot 7.5}{4\pi \times 10 \cdot 5000 \cdot 0.0516}}$$

$$N = \frac{25\sqrt{1290}}{43}$$

$$N \approx 20,88173$$

$$N \approx 21 \text{ lilitan}$$

2. Common mode choke 7 mH (L : $7 \times 10^{-3}H$).

$$N = \sqrt{\frac{L \cdot 2\pi r}{\mu_0 \mu_r A}}$$

$$N = \sqrt{\frac{7 \times 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot 4}{4\pi \times 10^{-7} \cdot 5000 \cdot 0,0516}}$$

$$N = \frac{25\sqrt{3010}}{43}$$

$$N \approx 31,89736$$

$$N \approx 31 \text{ lilitan}$$

3. Common mode choke 10 mH (L : $10 \times 10^{-3}H$).

$$N = \sqrt{\frac{L \cdot 2\pi r}{\mu_0 \mu_r A}}$$

$$N = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot 4}{4\pi \times 10^{-7} \cdot 5000 \cdot 0,0516}}$$

$$N = \frac{250\sqrt{43}}{43}$$

$$N \approx 38,12464$$

$$N \approx 38 \text{ lilitan}$$

3.7 Peralatan pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Pada pengujian ini akan diukur arus mode bersama pada rangkaian RLC dan *Boost converter* tanpa *common mode choke* dan dengan *common mode choke*. Adapun peralatan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. *Voltage regulator*

Peralatan ini digunakan untuk memberikan tegangan AC ke rangkaian yang akan diuji. Dengan sumber tegangan sampai 250 V ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Voltage regulator TDGC2-2KW.

2. *Power supply DC*

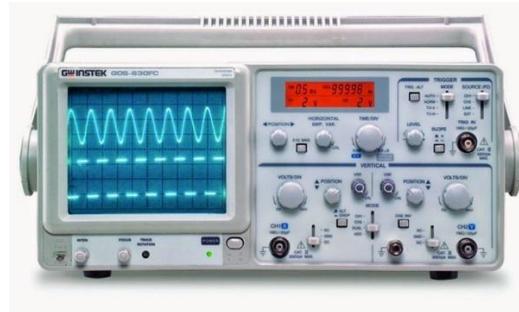
Peralatan ini digunakan untuk memberikan tegangan DC ke rangkaian yang akan diuji. Dengan sumber 6 V ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Power supply DC TP3005N.

3. Osiloskop

Peralatan ini digunakan untuk menerima sinyal *noise* yang akan diukur selama pengujian, terutama dalam bentuk tegangan *common mode*. Ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. *Osiloskop* GDS-2072E.

4. Trafo arus (CT)

Merupakan peralatan yang akan digunakan untuk mengukur arus mode bersama yang mengalir pada jalur rangkaian. Trafo arus diletakkan pada jalur atau konduktor sebelum beban. Trafo arus yang akan digunakan pada pengujian ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 15. *Trafo arus (CT)* HVPD .

3.8 Rangkaian Pengujian

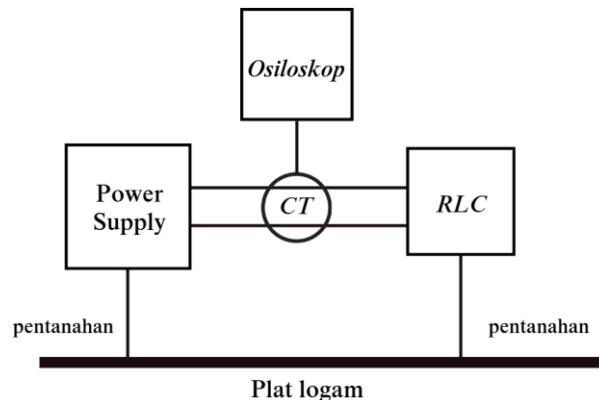
Adapun rangkaian pengujian yang dilakukan pada penelitian ini:

4.8.1 Rangkaian tanpa *Common Mode Choke* (CMC)

1. Pengujian rangkaian (R, L, C)

Pengujian ini digunakan *power supply* sebagai sumber daya AC, dan rangkaian RLC sebagai beban. Trafo arus digunakan untuk mengukur arus *common mode*

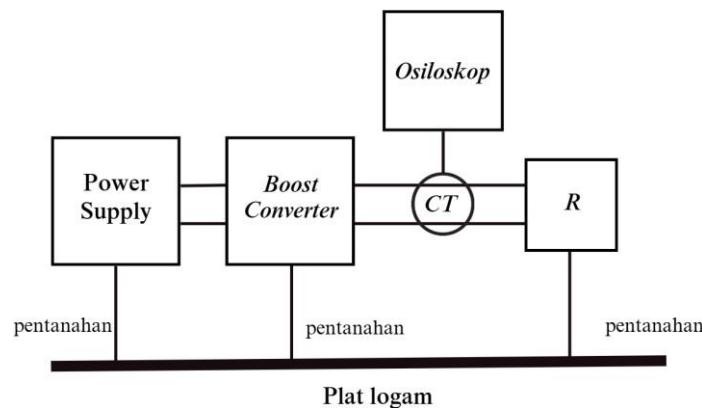
yang dihubungkan ke osiloskop. Diagram blok rangkaian pengujian dengan beban RLC ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Rangkaian pengujian R, L, C tanpa CMC.

2. Pengujian rangkaian *boost converter*

Pada pengujian ini digunakan *power supply* DC dan rangkaian *boost converter* yang dapat menghasilkan arus *common mode* kemudian resistor dipasang sebagai beban. trafo arus digunakan untuk mengukur arus *common mode* yang dihubungkan ke osiloskop. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada gambar 17.



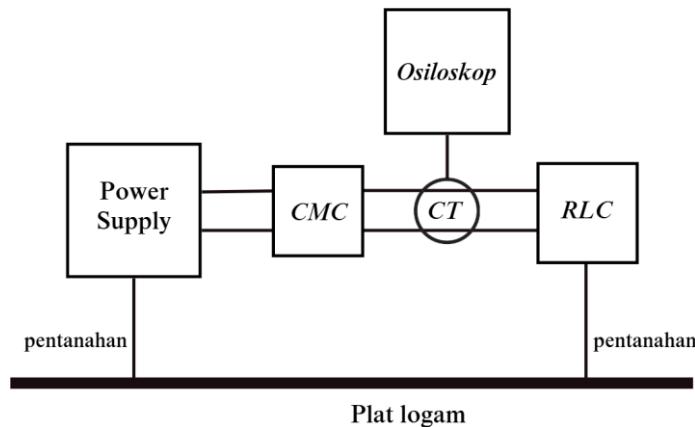
Gambar 17. Rangkaian pengujian *boost converter* tanpa CMC.

4.8.2 Rangkaian dengan *Common Mode Choke* (CMC)

1. Pengujian rangkaian (R, L, C)

Rangkaian pengujian arus mode bersama pada RLC dilakukan dengan menggunakan *common mode choke* (CMC) sebagai metode mengurangi arus

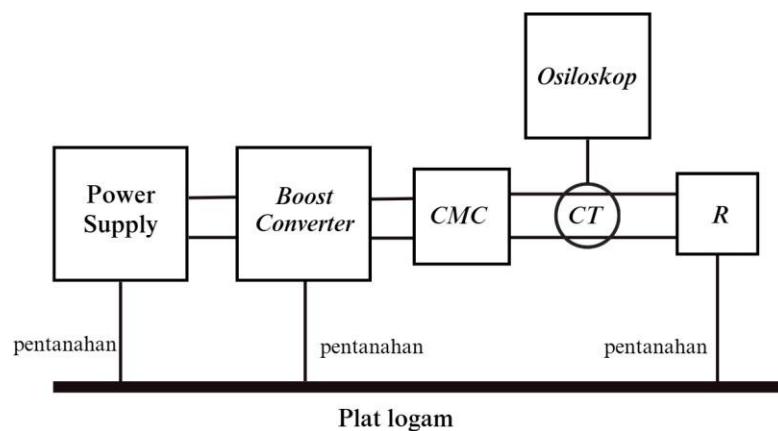
mode bersama. Trafo arus (CT) dipasang setelah CMC untuk mengukur arus mode bersama kemudian dihubungkan ke osiloskop. Rangkaian RLC berfungsi sebagai beban dalam rangkaian, dan seluruh sistem diberi pentahanan ke plat logam. Skema pengukuran ini ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Pengujian rangkaian R, L, C dengan CMC.

2. Pengujian rangkaian *boost converter*

Rangkaian pengujian arus mode bersama pada *boost converter* dilakukan dengan menggunakan *common mode choke* (CMC) sebagai metode mengurangi arus mode bersama. CT dihubungkan ke osiloskop, dan R digunakan sebagai beban dari rangkaian. Seluruh komponen sistem diberi pentahanan yang terhubung ke plat logam. Skema pengukuran ini ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengujian rangkaian *boost converter* dengan CMC.

3.9 Metode Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besar arus mode bersama pada rangkaian RLC dan *boost converter*. Kemudian menganalisis pengaruh variasi induktansi *Common Mode Choke (CMC)* terhadap besarnya arus mode bersama. Adapun langkah-langkah pengujian dilakukan sebagai berikut:

- Pengujian pada Rangkaian RLC

- a. Menyusun konfigurasi rangkaian sesuai pada gambar 16.
 - b. Memasang *Current Transformer* (CT) tipe SN RFHPC 12943 pada 2 jalur konduktor diantara *power supply* dan beban RLC.
 - c. Memberikan tegangan AC dengan memvariasikan tegangan input 195 V, 220 V dan 245 V.
 - d. Menyimpan hasil pengujian CT yang ditampilkan dalam gelombang tegangan pada osiloskop digital.
 - e. Menghitung arus mode bersama dengan membagi tegangan mode bersama yang ditampilkan osiloskop dengan impedansi transfer CT sebesar $2,7 \Omega$. dengan persamaan:

- f. Melakukan pengulangan pengujian dengan memasang CMC antara *power supply* dan beban. Dengan menggunakan variasi induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH sesuai dengan konfigurasi pada gambar 18.
 - g. Mencatat dan membandingkan hasil arus mode bersama dari tiap variasi tegangan dan CMC.

- Pengujian pada Rangkaian Boost Converter

- a. Menyusun konfigurasi rangkaian sesuai pada gambar 17.
 - b. Memasang *Current Transformer* (CT) tipe SN RFHPC 12943 pada 2 jalur konduktor diantara *boost converter* dan beban R.
 - c. Memberikan tegangan DC pada *boost converter* sebesar 6 volt dan mengatur *duty cycle* 50 % sehingga *output* dari *boost converter* 12 V.

- d. Menyimpan hasil pengujian dari CT yang ditampilkan dalam gelombang tegangan pada osiloskop digital.
 - e. Menghitung arus mode bersama dengan membagi tegangan mode bersama yang ditampilkan osiloskop dengan impedansi transfer CT sebesar $2,7 \Omega$, dengan persamaan 3.2.
 - f. Melakukan pengulangan pengujian dengan memasang CMC antara *boost converter* dan beban R. Dengan menggunakan variasi induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH sesuai dengan konfigurasi pada gambar 19.
 - g. Mencatat dan membandingkan hasil arus mode bersama dari tiap variasi CMC.

- Transformasi ke Domain Frekuensi Menggunakan FFT

- a. Menginput gelombang arus mode bersama kedalam perangkat lunak LTspice untuk dilakukan transformasi kedalam domain frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT), dengan :

- b. Menganalisis derau yang timbul berdasarkan nilai puncak pada spektrum frekuensi: tanpa CMC, CMC 3 mH, 7 mH, dan 10 mH.
 - c. Menganalisis pengaruh penambahan besar induktansi CMC terhadap besarnya derau pada domain frekuensi.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil merancang *common mode choke* (CMC) dengan tiga variasi induktansi, yaitu 3 mH, 7 mH, dan 10 mH menggunakan inti *ferrite MnZn*.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan besar induktansi CMC efektif menurunkan arus mode bersama pada rangkaian RLC. Pada tegangan input 195 V, tanpa CMC arus mode bersama sebesar 3,333 mA, kemudian setelah dipasang CMC dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH arus berkurang berturut-turut menjadi 0,089 mA, 0,059 mA, dan 0,030 mA. Pada tegangan input 220 V, arus tanpa CMC 3,407 mA, dan setelah CMC 3 mH, 7 mH, 10 mH menjadi 0,148 mA, 0,119 mA, dan 0,059 mA. Selanjutnya pada tegangan input 245 V, arus tanpa CMC sebesar 3,704 mA, lalu dengan CMC 3 mH, 7 mH, 10 mH turun menjadi 0,237 mA, 0,207 mA, dan 0,089 mA. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai induktansi CMC yang digunakan, semakin rendah arus mode bersama yang dihasilkan.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan besar induktansi CMC efektif menurunkan arus mode bersama pada *boost converter*. Tanpa CMC arus mode bersama sebesar 11,11 mA, kemudian setelah dipasang CMC dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH arus menurun berturut-turut menjadi 4,00 mA, 2,00 mA, dan 1,78 mA. Hasil ini menunjukkan semakin besar induktansi

CMC yang digunakan, semakin besar pula penurunan arus mode bersama pada *boost converter*.

4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan besar induktansi yang digunakan efektif mengurangi derau pada rangkaian RLC. Pada tegangan input 195 V, tanpa CMC menghasilkan derau sebesar -52,63 dB, kemudian setelah dipasang CMC dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH, derau menurun berturut-turut menjadi -75,19 dB, -78,09 dB, dan -80,43 dB. Pada tegangan input 220 V, derau tanpa CMC sebesar -52,34 dB, lalu setelah menggunakan CMC 3 mH, 7 mH, dan 10 mH menurun menjadi -74,88 dB, -78,06 dB, dan -79,22 dB. Selanjutnya, pada tegangan input 245 V, derau tanpa CMC sebesar -52,05 dB, dan setelah dipasang CMC 3 mH, 7 mH, serta 10 mH, nilai derau menurun berturut-turut menjadi -74,93 dB, -78,55 dB, dan -78,84 dB. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai induktansi CMC yang digunakan, semakin rendah derau yang dihasilkan.
5. Hasil pengujian pada rangkaian *boost converter* menunjukkan bahwa peningkatan besar induktansi yang digunakan efektif mengurangi derau. Tanpa penggunaan CMC menghasilkan derau sebesar -53,25 dB, kemudian setelah dipasang CMC dengan induktansi 3 mH, 7 mH, dan 10 mH, derau menurun berturut-turut menjadi -74,84 dB, -79,46 dB, dan -83,83 dB. Semakin besar nilai induktansi CMC, semakin efektif pengurangan derau yang dihasilkan.
6. Hasil pengujian menunjukkan bahwa CMC bekerja efektif mengurangi derau. Semakin besar nilai induktansi CMC yang digunakan, semakin besar pula penurunan derau.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian emisi mode bersama sangat rentan terhadap gangguan lingkungan seperti derau dari perangkat lain, dan kondisi fisik laboratorium. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan di lingkungan yang minim interferensi eksternal, seperti di ruang yang memiliki perlindungan EMI (*EMI*-

shielded room) atau laboratorium khusus yang jauh dari sumber gangguan emisi elektromagnetik, agar hasil pengukuran lebih akurat.

2. Pengujian tambahan dengan variasi induktansi CMC yang lebih luas, misalnya di bawah 3 mH dan di atas 10 mH. Selain itu, pengujian dengan material inti ferit yang berbeda seperti Ni–Zn.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L Zhai, L., Zhang, X., Gao, X., Lee, G., Zou, M., & Sun, T. (2016). Impact of distributed parameters on conducted EMI in electric vehicles motor drive system. *Energy Procedia*, 88, 860-866, doi: 10.1016/j.egypro.2016.06.101.
- [2] Pei, X. I. A. O., Jiagang, H. E., Zishun, P. E. N. G., Jiawei, L. I., Yongfeng, Q. I. U., Zhu, L. I. U., & Gaosheng, L. I. (2021). Field-Line-Circuit Coupling Based Method for Predicting Radiated Electromagnetic Emission of IGBT-PMSM Drive System. *Chinese Journal of Electronics*, 30(3), 561-569..
- [3] Keller, F. S. (2002). *Introduction to electromagnetic compatibility* (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1190/1.1440907>
- [4] Cochrane, D., Chen, D. Y., & Boroyevic, D. (2003). Passive cancellation of common-mode noise in power electronic circuits. *IEEE transactions on Power Electronics*, 18(3), 756-763. doi: 10.1109/TPEL.2003.810858.
- [5] Fei, C., Yang, Y., Li, Q., & Lee, F. C. (2017). Shielding technique for planar matrix transformers to suppress common-mode EMI noise and improve efficiency. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65(2), 1263-1272., doi: 10.1109/TIE.2017.2733473.
- [6] Nave, M. J. (1991, July). On modeling the common mode inductor. In *IEEE 1991 International Symposium on Electromagnetic Compatibility* (pp. 452-457). IEEE.doi: 10.1109/isemc.1991.148275.
- [7] Daming, Z., & Ruifeng, H. (2006, February). Calculation of effective impedance of common-mode choke made of Mn-Zn ferrite. In *2006 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility* (pp. 391-394). IEEE., doi: 10.1109/emczur.2006.214953.
- [8] Sanchez, A. M., Pérez, A., Regué, J. R., Ribó, M., Rodríguez-Cepeda, P., & Pajares, F. J. (2010). A modal model of common-mode chokes for conducted interference prediction. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 52(3), 749-752., doi: 10.1109/TEMC.2009.2039753.
- [9] Kovacic, M., Hanic, Z., Stipetic, S., Krishnamurthy, S., & Zarko, D. (2011). Analytical wideband model of a common-mode choke. *IEEE transactions*

- on power electronics*, 27(7), 3173-3185., doi: 10.1109/TPEL.2011.2182060.
- [10] Dominguez-Palacios, C., Bernal, J., & Prats, M. M. (2017). Characterization of common mode chokes at high frequencies with simple measurements. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(5), 3975-3987., doi: 10.1109/TPEL.2017.2724639.
 - [11] Dominguez-Palacios, C., Mendez, J. B., & Prats, M. A. M. (2018). Characterization of three-phase common-mode chokes at high frequencies. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(8), 6471-6475., doi: 10.1109/TPEL.2018.2793798.
 - [12] Paul, C. R., Scully, R. C., & Steffka, M. A. (2022). *Introduction to electromagnetic compatibility*. John Wiley & Sons.. doi: 10.1002/0471758159.
 - [13] Paul, C. R. (2002). A comparison of the contributions of common-mode and differential-mode currents in radiated emissions. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 31(2), 189-193., doi: 10.1109/15.18789.
 - [14] Guo, T., Chen, D. Y., & Lee, F. C. (1996). Separation of the common-mode-and differential-mode-conducted EMI noise. *IEEE transactions on power electronics*, 11(3), 480-488.
 - [15] Nasir, & Cobb, J. (2016, April). Mitigation of common mode noise for PFC Boost Converter by balancing technique. In *8th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2016)*. Stevenage UK: IET. doi: 10.1049/cp.2016.0342.
 - [16] Schaffner, “EMC / EMI Filter Design with RB Common-Mode Chokes,” *Report*, 2013.