

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plasma dingin (*cold plasma*) merupakan jenis plasma yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sterilisasi [1], pengolahan limbah [2], dan teknologi medis [3]. Salah satu metode pembangkitan plasma dingin yang umum digunakan adalah *Dielectric Barrier Discharge* (DBD), yaitu metode pelepasan listrik yang memanfaatkan medan listrik tinggi antara dua elektroda yang dipisahkan oleh satu atau lebih lapisan bahan dielektrik. Untuk mendukung proses pelepasan ini, diperlukan catu daya yang mampu menghasilkan tegangan tinggi secara stabil. Metode yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi tersebut salah satunya adalah dengan menggunakan rangkaian *flyback converter*. *Flyback converter* merupakan topologi konversi daya yang banyak digunakan dalam aplikasi daya rendah hingga menengah karena desainnya yang sederhana [4], jumlah komponen yang sedikit [5], serta kemampuannya menyediakan isolasi listrik antara sisi *input* dan *output* [6]. Keunggulan lainnya termasuk kemampuan untuk beroperasi *buck-boost*, efisiensi tinggi dalam rentang daya tertentu, dan fleksibilitas *multi-output*, yang menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi termasuk pembangkitan plasma tegangan tinggi.

Salah satu tantangan besar dalam *flyback converter* adalah lonjakan tegangan yang muncul pada saklar semikonduktor yang utamanya terjadi karena induktansi bocor dari transformator saat proses *switching* [7]. Permasalahan ini semakin parah apabila digunakan trafo dengan rasio lilitan tinggi dan induktansi bocor yang besar, seperti pada rangkaian pembangkitan plasma tegangan tinggi. Lonjakan tegangan ini dapat memicu kerusakan pada komponen, meningkatkan rugi-rugi daya, serta menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan [8].

Metode yang umum digunakan untuk meredam lonjakan tersebut adalah penggunaan *snubber*, baik dalam bentuk pasif seperti RCD (*resistor-capacitor-diode*), RC *snubber*, maupun *snubber* aktif seperti *active clamp* atau *regenerative snubber* [9]. *Snubber* RCD merupakan salah satu solusi pasif yang paling umum dan sederhana digunakan. Rangkaian ini berfungsi menyerap energi dari induktansi bocor dan membatasi tegangan puncak saat *switching* [10]. Namun demikian, RCD *snubber* memiliki kekurangan berupa rugi daya resistif dan potensi timbulnya *noise* frekuensi tinggi [11,12]. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa implementasi *snubber* yang tepat dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan, meskipun kompleksitas desain menjadi tantangan yang perlu dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan aplikasi, batasan biaya, dan topologi yang digunakan [13,14].

Dalam aplikasi khusus seperti sistem pembangkit plasma dingin dan perangkat tegangan tinggi lainnya, *flyback converter* sering digunakan karena kemampuannya menghasilkan tegangan DC tinggi hingga puluhan kilovolt secara efisien dan ekonomis [15]. Dalam sistem semacam ini, keberadaan lonjakan tegangan sangat krusial untuk diatasi. Rangkaian *snubber* RCD memainkan peran penting dalam meredam lonjakan tersebut [16].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji perancangan dan implementasi *snubber*, khususnya tipe RCD, dalam berbagai konfigurasi konverter daya, termasuk *flyback converter*, dengan fokus pada pengendalian lonjakan tegangan akibat induktansi bocor dan peningkatan efisiensi *switching*. Hani et al. (2024) merancang power supply tegangan tinggi dari rangkaian *flyback converter* termasuk *snubber* RCD pada MOSFET IRF740 untuk pembangkit plasma dingin dengan rasio trafo 1:85 dan terbukti berhasil dalam membangkitkan plasma dingin menggunakan reaktor plasma tipe *point-to-plane* [15]. Rao et al. (2020) merancang *flyback converter* 400 W berbasis SiC MOSFET dan membandingkan performa *snubber* RCD dengan TVS *diode*, dan diperoleh kesimpulan bahwa *snubber* RCD terbukti efektif dalam menyerap energi lonjakan walaupun memiliki rugi daya resistif [17]. Sementara itu, Chen et al. (2019) mengeksplorasi *snubber* RC yang dipasang pada DC-link dalam sistem MOSFET SiC, dan menemukan bahwa desain optimal *snubber* dapat secara signifikan meredam osilasi tanpa menambah *switching loss* [18]. Selain itu, Lee et al. (2015) mempelajari *flyback converter* berfrekuensi tinggi (1 MHz) dan menguji penggunaan TVS sebagai alternatif RCD *snubber*, namun tetap menekankan perlunya pengendalian transien tegangan pada trafo ber-induktansi bocor tinggi [8].

Berbeda dari fokus-fokus sebelumnya yang dominan pada pengujian efektivitas berbagai jenis *snubber* untuk rangkaian, penelitian ini mengkaji perancangan dan pengujian *snubber* RCD untuk *flyback converter* dengan rasio trafo tinggi terkhusus untuk pembangkitan plasma dingin menggunakan metode *Dielectric Barrier Discharge* (DBD). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja rangkaian *snubber* RCD pada *flyback converter*, dengan pendekatan simulasi dan eksperimen, guna menekan lonjakan tegangan pada MOSFET. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada aplikasi *flyback converter* sebagai sumber tegangan tinggi AC untuk pembangkitan plasma DBD, dengan mempertimbangkan karakteristik osilasi tegangan dan disipasi daya pada *snubber* ataupun MOSFET.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana rancangan rangkaian *snubber* yang optimal untuk *flyback converter* sebagai pembangkit plasma DBD trafo dengan rasio tinggi?
2. Bagaimana pengaruh *snubber* terhadap kinerja rangkaian *flyback converter* dalam menekan lonjakan tegangan dan disipasi daya?
3. Bagaimana karakteristik plasma yang dihasilkan oleh rangkaian *flyback converter* dengan dan tanpa *snubber* RCD?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang rangkaian *snubber* RCD yang optimal untuk *flyback converter* pembangkit plasma DBD yang menggunakan trafo dengan rasio tinggi.
2. Menganalisis kinerja rangkaian *flyback converter* pembangkit plasma DBD dengan rangkaian *snubber*.
3. Menganalisis karakteristik plasma yang dibangkitkan oleh rangkaian *flyback converter* dengan *snubber*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan gambaran teknis mengenai efektivitas penggunaan rangkaian *snubber* RCD dalam menekan lonjakan tegangan pada MOSFET dalam *flyback converter*, khususnya pada aplikasi pembangkitan plasma DBD. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam perancangan dan pengujian *snubber* berbasis simulasi dan eksperimen, serta sebagai referensi praktis untuk kebutuhan akademik yang berkaitan dengan topologi *flyback* tegangan tinggi dan proteksi komponen *switching*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan rangkaian *snubber* pada *flyback converter* untuk reaktor plasma DBD dengan rasio lilitan transformator yang tinggi.
2. Jenis *snubber* yang digunakan adalah *snubber* pasif tipe RCD (*Resistor-Capacitor-Diode*).
3. Komponen *switching* utama yang digunakan adalah MOSFET IRFZ44N.
4. *Output* rangkaian berupa tegangan AC tanpa rangkaian penyearah.
5. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak LTspice untuk menentukan pengaruh variasi R dan C pada lonjakan tegangan (V_{ds}), disipasi daya (P) pada MOSFET dan *snubber*.

6. Validasi dilakukan dengan eksperimen menggunakan osiloskop untuk mengukur lonjakan tegangan (V), disipasi daya (P) pada MOSFET dan *snubber* untuk melihat efektivitas.
7. Pengujian karakteristik plasma dibatasi pada pengamatan parameter tegangan, arus, dan daya serta penggunaan kamera untuk menangkap visual plasma

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika tertentu, sistematika laporan ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup tentang landasan teori yang mendukung dan berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mencakup tentang metoda penelitian yang digunakan, diagram alir (*flowchart*) yang berisi tahapan dalam pengerjaan tugas akhir ini dimulai dari literatur, perancangan hingga pengujian yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini mencakup tentang hasil dan analisa dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mencakup tentang kesimpulan dan saran penelitian berdasarkan data dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan

DAFTAR PUSTAKA