

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plasma merupakan keadaan materi keempat setelah padat, cair, dan gas. Plasma terbentuk ketika gas diberikan energi yang cukup untuk mengionisasi partikel-partikelnya, menghasilkan campuran ion, elektron bebas, dan partikel netral yang bersifat konduktif serta mampu merespons medan listrik maupun magnetik. Aplikasinya sangat luas, mencakup industri manufaktur, pertanian, sterilisasi medis, pengolahan limbah, hingga pemrosesan permukaan material [1], [2].

Plasma non-termal atau *cold plasma* menjadi pilihan utama karena mampu menghasilkan efek kimiawi tinggi tanpa peningkatan temperatur yang signifikan. Salah satu metode pembangkitan *cold plasma* yang banyak digunakan adalah *Dielectric Barrier Discharge* (DBD). DBD bekerja dengan dua elektroda yang dipisahkan oleh bahan dielektrik dan celah gas. Ketika diberikan tegangan tinggi, terjadi loncatan listrik mikro (*microdischarges*) yang membentuk plasma secara seragam pada tekanan atmosfer. Keunggulan utama sistem DBD terletak pada kestabilannya, efisiensi energi, dan fleksibilitas terhadap berbagai jenis gas, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi seperti sterilisasi, desinfeksi, dan pengolahan udara [3], [4].

Namun, untuk membangkitkan plasma melalui metode DBD diperlukan sumber tegangan tinggi dengan frekuensi kerja yang sesuai. Sistem catu daya yang digunakan harus mampu menaikkan tegangan secara signifikan, mengatur frekuensi kerja, serta menjaga kestabilan *output*. Salah satu solusi yang umum digunakan adalah rangkaian konverter daya jenis *flyback converter*. *Flyback converter* merupakan tipe konverter DC-DC yang mampu menaikkan tegangan (*step-up*) sekaligus menyediakan isolasi galvanik antara sisi input dan output melalui transformator [5].

Keunggulan utama *flyback converter* adalah desainnya yang sederhana, biaya produksi rendah, serta kemampuannya dalam mengatur tegangan output pada berbagai kondisi beban. Rangkaian ini sangat cocok digunakan dalam aplikasi daya menengah hingga rendah. Namun demikian, *flyback converter* memiliki tantangan teknis, seperti rasio lilitan transformator yang tinggi dan induktansi bocor (*leakage inductance*), yang dapat memengaruhi kestabilan tegangan output serta efisiensi sistem, terutama dalam aplikasi pembangkitan tegangan tinggi seperti pada sistem plasma DBD [6].

Dalam *flyback converter*, komponen *switching* seperti MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) berperan penting sebagai saklar daya utama. Kinerja MOSFET sangat bergantung pada karakteristik sinyal *gate* yang

diberikan, baik dari sisi tegangan, waktu naik (*rise time*), waktu turun (*fall time*), maupun kestabilannya. Ketidaktepatan sinyal *gate* dapat menyebabkan masalah seperti *ringing* dan *overshoot*, yang pada akhirnya mengakibatkan rugi daya, emisi elektromagnetik (EMI), hingga potensi kerusakan komponen [7]. Oleh karena itu, dibutuhkan rangkaian *gate driver* yang efisien dan stabil untuk mendukung kinerja *switching* pada sistem tegangan tinggi.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa desain dan karakteristik *gate driver* berpengaruh besar terhadap performa *switching* pada sistem konversi daya. Ferdiansyah dan Hanamoto (2024) meneliti peningkatan kualitas sinyal *gate* melalui konfigurasi peredaman *ringing*, yang terbukti menurunkan rugi *switching* dan meningkatkan kestabilan sinyal V_{gs} [8], Zhao et al (2021) menemukan bahwa teknik peredaman osilasi efektif dalam menurunkan *overshoot* dan gangguan elektromagnetik selama proses *switching* [9]. Sementara itu, Hani et al (2024) membuktikan bahwa kestabilan *switching* sangat berpengaruh terhadap efisiensi pembangkitan tegangan tinggi dalam sistem *cold plasma* [10].

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa kualitas sinyal *gate* sangat berpengaruh terhadap performa *switching*. Namun, masing-masing masih terbatas pada aspek tertentu seperti pengaruh redaman *ringing*, pengurangan EMI, atau desain sistem secara umum. Hingga kini, belum banyak kajian yang membahas secara komprehensif pengaruh variasi frekuensi dan *duty cycle* PWM terhadap kestabilan *switching* MOSFET pada *flyback converter* tegangan tinggi untuk aplikasi plasma DBD. Menanggapi hal tersebut, penelitian ini difokuskan untuk mengkaji dan mengoptimalkan parameter sinyal PWM guna memperoleh kinerja *switching* yang lebih stabil, efisien, dan sesuai untuk pembangkitan *cold plasma*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengoptimalkan kinerja rangkaian *gate driver* dengan topologi *single* MOSFET pada *flyback converter* tegangan tinggi yang digunakan sebagai catu daya untuk pembangkitan plasma pada sistem *dielectric barrier discharge* (DBD). Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi pengaruh variasi frekuensi dan *duty cycle* PWM terhadap kestabilan *switching* MOSFET. Melalui pendekatan eksperimental, diharapkan diperoleh konfigurasi *gate driver* yang optimal dan stabil, sehingga dapat mendukung pengembangan sistem plasma yang efisien dan andal. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan catu daya *cold plasma* berbasis *flyback converter*, serta menjadi referensi bagi perancangan sistem konversi daya untuk berbagai aplikasi plasma lainnya di bidang kesehatan, lingkungan, dan rekayasa permukaan material.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem *gate driver* yang sesuai untuk *flyback converter* sebagai pembangkit plasma *dielectric barrier discharge* (DBD) dengan rasio

- lilitan transformator yang tinggi?
2. Bagaimana kinerja rangkaian *gate driver* pada *flyback converter* pembangkit plasma DBD ditinjau dari pengaruh variasi topologi rangkaian dan rentang frekuensi *switching*, *duty cycle*, serta mode *switching* terhadap parameter sinyal (V_{gs} , V_{ds} , dan I_p)?
 3. Bagaimana karakteristik plasma yang dihasilkan oleh rangkaian *flyback converter* dengan berbagai variasi topologi *gate driver*, frekuensi *switching*, dan *duty cycle* ditinjau dari tegangan *output* (V_{out}), arus (I_{out}), daya rata-rata (P_{avg}), dan bentuk plasma yang dibangkitkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem *gate driver* yang optimal pada rangkaian *flyback converter* pembangkit plasma DBD dengan rasio trafo yang tinggi.
2. Menganalisis pengaruh variasi topologi rangkaian *gate driver*, rentang frekuensi *switching*, *duty cycle*, dan mode *switching* terhadap kestabilan dan performa sinyal *switching* pada *terminal gate* dan *drain-source* MOSFET (V_{gs} , V_{ds} , dan I_p).
3. Mengevaluasi karakteristik plasma yang dibangkitkan oleh *flyback converter*, meliputi tegangan keluaran (V_{out}), arus (I_{out}), daya rata-rata (P_{avg}), serta visualisasi plasma pada variasi konfigurasi *gate driver* dan parameter *switching* yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain rangkaian *gate driver* untuk aplikasi pembangkitan tegangan tinggi menggunakan *flyback converter*.
2. Menjadi acuan atau referensi teknis bagi pengembangan sistem pembangkit plasma DBD dengan kendali *switching* yang lebih stabil dan efisien.
3. Menyediakan data eksperimental terkait karakteristik sinyal *switching* dan plasma yang dihasilkan berdasarkan variasi konfigurasi *gate driver* dan parameter PWM, yang bermanfaat bagi pengembangan sistem konversi daya dan aplikasi *cold plasma* lainnya.
4. Mendukung pengembangan teknologi plasma untuk aplikasi praktis seperti sterilisasi, pemrosesan udara, pengolahan limbah, dan bidang medis.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka dilakukan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Sistem konverter daya yang digunakan dibatasi pada jenis *flyback converter* dengan konfigurasi *low-side switch*.

2. *Gate driver* yang digunakan dalam penelitian difokuskan pada pengendalian *switching* MOSFET untuk sistem bertegangan tinggi.
3. Analisis performa sistem *gate driver* dibatasi pada parameter sinyal *switching* (V_{gs} , V_{ds} , dan I_p) serta karakteristik output konverter (V_{out} , I_{out} , dan P).
4. Karakteristik plasma yang dianalisis terbatas pada nyala plasma secara visual, tegangan *output*, arus *output*, dan estimasi daya *output* yang dihasilkan dari *flyback converter*.
5. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan metode variasi frekuensi dan *duty cycle* PWM yang diberikan ke *gate driver*, tanpa melibatkan simulasi numerik lanjutan

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penyusunan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

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 sistem, pemrograman sistem, dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

