

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plasma non-termal berbasis *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) merupakan teknologi yang banyak digunakan pada bidang lingkungan, industri, hingga medis. Aplikasi DBD antara lain sterilisasi, inaktivasi bakteri, pengolahan gas buang, serta modifikasi permukaan material. Prinsip kerja DBD adalah pemberian tegangan tinggi AC atau pulsa pada elektroda yang dipisahkan oleh bahan dielektrik, sehingga terbentuk plasma dalam bentuk *mikro-discharges* [1]. Salah satu tantangan dalam riset plasma DBD adalah karakterisasi arus plasma yang berlangsung sangat cepat. Pengukuran arus plasma secara langsung sulit dilakukan karena sifatnya yang transien dan berfrekuensi tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan sensor yang memiliki sensitivitas dan respon frekuensi yang luas [2].

Karakteristik arus pada *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) Plasma dengan tipe *microdischarge* ditandai oleh munculnya sejumlah besar pelepasan listrik kecil dan acak yang terjadi secara lokal di antara elektroda yang dipisahkan oleh penghalang dielektrik. Setiap *microdischarge* berlangsung sangat singkat, biasanya dalam skala nanodetik hingga mikrodetik, dan menghasilkan arus dengan amplitudo tinggi dalam waktu yang singkat [3]. Arus total yang terukur pada sistem DBD merupakan hasil superposisi dari ribuan *microdischarge* ini yang muncul secara acak selama satu siklus tegangan bolak-balik. Bentuk gelombang arus DBD umumnya memperlihatkan lonjakan-lonjakan tajam (*spike current*) yang bertepatan dengan momen terjadinya pelepasan mikro tersebut. Sifat khas *microdischarge* ini memungkinkan pembentukan plasma non-termal, di mana energi tinggi terkonsentrasi pada elektron sementara suhu gas tetap relatif rendah, menjadikan DBD plasma ideal untuk aplikasi seperti sterilisasi, pengolahan gas, dan modifikasi permukaan tanpa merusak substrat [4].

Pengukuran arus discharge pada DBD (*Dielectric Barrier Discharge*) Plasma dengan frekuensi tinggi merupakan tahap penting untuk memahami karakteristik pelepasan listrik yang terjadi di antara elektroda. Karena plasma DBD bekerja pada tegangan bolak-balik berfrekuensi tinggi, arus yang dihasilkan memiliki komponen cepat berupa pulsa-pulsa tajam dari *microdischarge* [5]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengukuran yang mampu merespons perubahan arus dengan cepat, seperti penggunaan *High-Frequency Current Transformer* (HFCT) atau resistor shunt berkecepatan tinggi. Alat ini dihubungkan secara seri dengan rangkaian discharge untuk merekam bentuk gelombang arus dengan osiloskop berbandwidth tinggi. Pengukuran ini memungkinkan analisis detail mengenai waktu, intensitas, serta jumlah *microdischarge* yang terjadi per siklus tegangan,

sehingga memberikan informasi penting untuk optimasi kondisi operasi plasma dan pemahaman mekanisme pembentukan plasma non-termal pada sistem DBD [6].

Power supply plasma adalah sistem catu daya yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan dan arus listrik tinggi yang stabil guna menyalakan dan mempertahankan proses pembentukan plasma. Sumber daya ini mengubah energi listrik dari jaringan (AC) menjadi bentuk yang sesuai, biasanya arus searah (DC) dengan tegangan tinggi, untuk memicu ionisasi gas sehingga terbentuk plasma yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemotongan logam, pengelasan, sterilisasi, atau penelitian medis. Desain *power supply* plasma harus memperhatikan kestabilan tegangan, kemampuan pengendalian arus, serta efisiensi konversi energi agar proses plasma berjalan optimal dan aman [7].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa HFCT (*High-Frequency Current Transformer*) merupakan sensor yang sangat efektif untuk mendeteksi partial discharge pada kabel maupun transformator, karena mampu merekam sinyal transien dengan sensitivitas tinggi [8]. Selain itu, hasil studi mengenai karakterisasi plasma menggunakan HFCT mengindikasikan bahwa pola pulsa plasma dapat diamati dengan jelas pada perubahan tegangan dan frekuensi, di mana peningkatan tegangan input berbanding lurus dengan kenaikan amplitudo sinyal yang terdeteksi [9]. Tidak hanya itu, HFCT juga telah dimanfaatkan dalam pengembangan sistem pemantauan online pada laboratorium plasma serta sistem tegangan tinggi, sehingga proses pengawasan dapat dilakukan secara kontinu tanpa perlu menghentikan operasi perangkat [10].

Pada penelitian mengenai perancangan *High-Frequency Current Transformer* (HFCT) untuk pengukuran arus *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) plasma, terdapat gap yang signifikan terkait kebutuhan alat ukur yang memiliki sensitivitas tinggi dan respons cepat terhadap sinyal arus berfrekuensi tinggi. Sebagian besar sistem pengukuran arus konvensional belum mampu menangkap karakteristik dinamis dari *microdischarge* yang terjadi dalam waktu sangat singkat. Kondisi ini menyebabkan informasi penting tentang distribusi temporal dan intensitas arus plasma sering terabaikan [11]. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan HFCT yang mampu mendeteksi sinyal arus DBD dengan akurasi tinggi, bandwidth lebar, serta respon waktu yang cepat. HFCT yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan data yang lebih representatif mengenai perilaku arus *mikrodischarge*, sehingga dapat digunakan untuk analisis karakteristik plasma non-termal dan pengoptimalan parameter operasi sistem DBD pada berbagai aplikasi ilmiah maupun industri.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja HFCT dalam mendeteksi arus plasma DBD?
2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan dan frekuensi sumber terhadap bentuk sinyal arus plasma yang terukur?
3. Bagaimana karakteristik arus plasma DBD yang diperoleh melalui HFCT?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang HFCT sebagai alat ukur arus plasma DBD.
2. Menganalisis karakteristik HFCT hasil rancangan.
3. Mengimplementasikan HFCT pada pengukuran arus plasma DBD.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Perancangan *High Frequency Current Transformer* (HFCT) untuk pengukuran arus *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) plasma adalah untuk menghasilkan alat ukur yang mampu merekam karakteristik arus frekuensi tinggi dengan akurasi dan kecepatan yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Dengan adanya HFCT yang dirancang khusus untuk sistem DBD, proses pengukuran arus *microdischarge* dapat dilakukan secara lebih presisi tanpa mengganggu kestabilan rangkaian plasma. Hal ini memungkinkan peneliti memperoleh data yang lebih detail mengenai dinamika arus, intensitas pelepasan, serta distribusi temporal *microdischarge*. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman mekanisme pembentukan plasma non-termal, mengoptimalkan parameter operasi sistem DBD, dan mendukung pengembangan aplikasi DBD plasma di berbagai bidang, seperti sterilisasi, pengolahan gas buang, modifikasi permukaan material, dan teknologi medis berbasis plasma.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada perancangan dan pengujian *High-Frequency Current Transformer* (HFCT) sebagai sensor arus untuk sistem plasma *Dielectric Barrier Discharge* (DBD).
2. Pengujian dilakukan pada sistem DBD dengan konfigurasi elektroda datar) dan menggunakan sumber tegangan AC berfrekuensi tinggi.
3. Analisis data dibatasi pada: Pengukuran amplitudo arus plasma, Analisis pola pulsa arus dalam domain waktu, dan Analisis distribusi frekuensi sinyal dalam domain frekuensi.

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 literature, perancangan hingga pengujian yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

