

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plasma merupakan gas yang terionisasi, yaitu substansi yang elektron-elektronnya keluar dari orbit tiap atom dan dapat dibuat dengan cara memanaskan gas atau dengan cara memaparkan medan elektromagnetik yang cukup kuat menggunakan laser atau pembangkit gelombang mikro. Peningkatan atau penurunan jumlah elektron yang ada dalam plasma menghasilkan partikel-partikel bermuatan positif maupun negatif yang disebut dengan ion. Hal ini biasanya bisa diikuti dengan lepasnya ikatan molekul. Munculnya muatan listrik yang besar membuat plasma menjadi bersifat konduktif sehingga bereaksi sangat kuat terhadap medan elektromagnetik. Seperti halnya pada gas, plasma tidak memiliki bentuk maupun volume yang tetap kecuali berada dalam ruang tertutup. Namun, tidak seperti gas di bawah pengaruh medan magnet, plasma bisa membentuk beberapa macam struktur seperti filamen, berkas sinar, dan lapisan ganda.

Plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam pelepasan listrik. Ketika medan listrik dikenakan pada gas, elektron energetik akan mentransferkan energinya pada spesies gas melalui proses tumbukan, eksitasi molekul, tangkapan elektron, disosiasi, dan ionisasi. Plasma terjadi ketika terbentuk pencampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan ion negatif. Kondisi kuasinetral merupakan daerah di mana terdapat kerapatan ion (n_i) yang hampir sama dengan kerapatan elektron (n_e), sehingga dapat dikatakan n_i , n_e , dan n menyatakan kerapatan secara umum yang disebut kerapatan plasma (Francis, 1974).

Sejauh ini ada berbagai jenis reaktor plasma non-termik yang ditemukan. Masalah utama dalam pembuatan reaktor plasma adalah bagaimana merancang sistem reaktor plasma yang mempunyai tekanan yang rendah (*low pressurized chamber – near vacuum chamber*) dan menghasilkan debit plasma yang tinggi. Tomaz Czapka merancang reaktor plasma dengan fenomena *back-corona* dalam sistem pembuangan aliran gas. Dengan sistem tersebut dapat diperoleh debit plasma yang lebih tinggi pada tekanan yang sama. (Czapka, 2011)

Penerapan teknologi plasma dalam bidang industri dan komersial antara lain *plasma cutting* (sebuah teknologi yang muncul dari pengelasan plasma pada tahun 1960) dan merupakan cara yang sangat produktif untuk memotong lembaran logam dan plat. *Plasma welding*, pada aplikasi ini, menggunakan frekuensi dan tegangan tinggi. Las plasma tersebut jauh lebih baik dari las tungsten karena proses pengelasan bisa lebih cepat. Selain itu terdapat juga metode *plasma nitriding*, yang merupakan fungsi plasma pada proses pengerasan material logam. Pada aplikasi ini, material logam ditempatkan di antara katoda dan elektroda anoda dalam tabung vakum pelepasan arus listrik. Penerapan dalam bidang komersial dan industri lainnya, yakni pembuatan ozon, sterilisasi air kolam, menghilangkan berbagai organik teruap yang tidak diinginkan, seperti pestisida kimia, pelarut atau bahan kimia dari atmosfer, dan pengion udara yang baik buat kesehatan. Ada pula metode fotografi kliring yang menggunakan foton yang dihasilkan oleh pelepasan untuk mengekspos film fotografi.

Metode yang umum digunakan dalam pembangkitan plasma pada dunia industri adalah CCP (*capacitively coupled plasma*). Metode CCP adalah metode yang menggunakan dua elektroda logam yang terpisah dalam jarak yang cukup dekat dan ditempatkan di dalam sebuah reaktor. Tekanan gas dalam reaktor tersebut bisa sama atau lebih rendah dari tekanan atmosfer. Sebuah sistem CCP biasanya dipasok oleh catu daya frekuensi radio tunggal pada kisaran 13.56 MHz, di mana salah satu dari dua elektroda disambungkan dengan catu daya, sementara yang satunya disambungkan dengan arde. Karena prinsip konfigurasi seperti ini mirip dengan prinsip kapasitor pada rangkaian elektronik, maka plasma yang terbentuk pada konfigurasi ini disebut dengan *capacitively coupled plasma* (Nur, 2011).

Smith menjelaskan tegangan *breakdown* pada frekuensi radio pelepasan argon pada penelitiannya. Tegangan minimum yang diperlukan untuk memutuskan (*breakdown*) sebuah *discharge* V_{brk} telah lama diketahui sebagai sebuah fungsi kuat dari tekanan gas netral produk dan pemisahan elektroda (*electrode separation* – p·d). Penelitian tersebut mempelajari dependensi V_{brk} terhadap p·d dalam sistem frekuensi-radio (RF) menggunakan teknik-teknik eksperimental, komputasional dan analitik. Pengukuran eksperimental terhadap V_{brk} dalam sebuah *argon discharge* dibuat untuk tekanan dalam rentang 1 mTorr hingga 500 mTorr dan pemisahan elektroda 2 cm hingga 20 cm. Sebuah simulasi *particle-in-cell* digunakan untuk menyelidiki rentang p·d yang mirip dan memeriksa pengaruh koefisien emisi sekunder terhadap kurva *breakdown* RF, khususnya pada nilai p·d yang rendah. Sebuah model global dengan dimensi-nol (volume dirata-rata) juga dikembangkan

di sini untuk membandingkan pengukuran tegangan *breakdown* antara teknik eksperimental dan simulasi (Smith, *et. al.*, 2010).

Li mengadakan studi tentang generator plasma *microwave* 2,45 GHz. Plasma *microwave* tekanan atmosferik punya potensi terapan cepat dalam eksperimen dan industri. Tapi, peralatan plasma *microwave* tidak mudah untuk dikendalikan. Untuk memudahkan pengendaliannya, dapat disimulasikan tiga komponen yang dapat diatur untuk memahami efeknya. Penelitian tersebut juga menjelaskan struktur generator plasma *microwave*, dan mempelajari efek tiga komponen strukturnya lewat simulasi, dan mengukurnya dengan *agilent vector network analyzer* (VNA) E50618 10MHz-3GHz. Berdasarkan simulasi dan hasil pengukurannya, kita dapat memperoleh aturan dan kesimpulan generator plasma *microwave*. Simulasi software CST memberikan informasi tentang efek dari *tuner* tiga-potongan, lokasi konduktor sentral, dan panjang rongga reaksi. Tiga aspek ini mempengaruhi frekuensi resonan, dan sekaligus memandu prosedur desain dan terapan teknisnya. Tiga hal tersebut juga di masa depan dapat membantu produksi mekanis pengolahan *plasma microwave* atmosferik (Li, *et. al.*, 2015).

Dari berbagai aplikasi teknologi plasma baik di dunia industri maupun komersial yang sudah mulai dikembangkan, yang menjadi masalah utama adalah penerapan teknologi plasma dalam bentuk perangkat yang belum tersedia di pasaran atau dijual secara bebas. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dirancang sebuah generator plasma yang akan dibangkitkan dari HVT (*high voltage transformer*) yang menghasilkan tegangan untuk mengaktifkan plasma pada elektroda yang dipasang dalam tabung kedap udara. HVT berfungsi mengubah tegangan AC 220 V menjadi tegangan AC 2000 V, sementara dioda tegangan tinggi dan kapasitor berfungsi sebagai rangkaian penyearah dan filter yang selanjutnya mengubah tegangan AC 2000 V menjadi tegangan DC 2000 V. Dari generator plasma yang dibuat, akan dilakukan optimasi parameter proses terbentuknya plasma yaitu mengetahui Kurva Paschen dari gas yang digunakan (gas argon). Pada penelitian ini akan digunakan tiga jenis elektroda, yaitu elektroda plat sejajar, elektroda bola, dan elektroda jarum. Kurva Paschen merupakan kurva yang menunjukkan tegangan *breakdown* gas sebagai fungsi jarak elektroda dan tekanan gas. Nilai tekanan dan tegangan *breakdown* minimal yang diperoleh melalui eksperimen kemudian dianalisis sehingga menghasilkan Kurva Paschen yang merupakan kurva semi-empiris hubungan perubahan tekanan gas terhadap tegangan *breakdown* gas tersebut. Dengan diketahuinya Kurva Paschen secara semi-empiris tersebut, maka akan diperoleh gambaran yang lebih jelas terkait

pengaturan tegangan, jarak celah elektroda, dan tekanan gas pada proses pembentukan plasma.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana merancang generator plasma tegangan tinggi;
2. Apakah generator plasma yang dirancang memenuhi Hukum Paschen.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam tesis ini adalah mendesain, membangun, dan menguji pembangkit plasma serta menganalisa unjuk kerjanya terutama pengaruh tekanan gas terhadap perilaku plasma untuk pembuktian Hukum Paschen.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah, agar pembahasan terfokus pada pokok pembahasan, maka diberikan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Tegangan maksimal yang digunakan dalam generator plasma adalah DC 2000 V.
2. Gas dalam reaktor yang digunakan adalah gas argon.
3. Menganalisa tekanan gas terhadap perilaku pelepasan plasma yang mengacu pada Hukum Paschen (Kurva Paschen S).

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan hasil penelitian ini diharapkan:

1. Dapat digunakan sebagai acuan pembuatan pembangkit plasma untuk mengetahui plasma yang berbeda jenis serta dapat menganalisa proses terjadinya plasma buatan.
2. Dapat mendukung pengembangan penelitian suatu sistem plasma dan aplikasi lainnya dari plasma.