

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi plasma dalam bidang fisika terapan telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap berbagai aplikasi modern, khususnya pada sektor lingkungan, kesehatan, dan industri. Plasma merupakan fase keempat materi yang terbentuk ketika gas mengalami ionisasi sehingga menghasilkan campuran elektron, ion, dan partikel netral yang memiliki energi tinggi. Keberadaan partikel-partikel tersebut memungkinkan terjadinya berbagai reaksi fisika dan kimia yang tidak mudah dicapai melalui proses konvensional. Salah satu produk yang dapat dihasilkan melalui proses plasma adalah ozon (O_3), yang terbentuk akibat proses disosiasi molekul oksigen oleh tumbukan elektron berenergi tinggi. Ozon dikenal sebagai oksidator yang sangat kuat dan memiliki kemampuan desinfeksi yang efektif terhadap berbagai mikroorganisme, sekaligus mampu menguraikan senyawa organik berbahaya. Oleh karena itu, teknologi pembangkitan ozon berbasis plasma menjadi salah satu topik penelitian yang terus berkembang, terutama pada sistem plasma non-termal yang memungkinkan pembentukan ozon berlangsung tanpa memerlukan temperatur operasi yang tinggi (Widodo dkk., 2008; Nur, 2010).

Pemanfaatan ozon dalam kehidupan sehari-hari semakin luas seiring meningkatnya kebutuhan terhadap teknologi yang ramah lingkungan. Ozon telah banyak digunakan dalam proses pemurnian udara, pengolahan air, sterilisasi peralatan, hingga pengawetan bahan pangan. Dibandingkan penggunaan bahan kimia konvensional, ozon menawarkan keunggulan karena tidak meninggalkan residu berbahaya setelah digunakan, mengingat ozon akan terurai kembali menjadi oksigen. Oleh sebab itu, pengembangan generator ozon skala rumah tangga menjadi alternatif yang menjanjikan untuk mendukung kebutuhan sterilisasi dan pemurnian lingkungan secara lebih efisien dan berkelanjutan (Nur, 2010). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa performa generator ozon dipengaruhi oleh sejumlah parameter

penting, baik parameter listrik maupun parameter operasional. Tegangan, arus listrik, dan frekuensi merupakan beberapa faktor yang memiliki pengaruh langsung terhadap proses pembentukan ozon di dalam reaktor plasma (Putri dkk., 2016).

Sejumlah penelitian terdahulu melaporkan bahwa peningkatan tegangan cenderung meningkatkan konsentrasi ozon yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena kenaikan tegangan menyebabkan meningkatnya energi elektron di dalam plasma sehingga peluang terjadinya disosiasi molekul oksigen menjadi lebih besar. Atom oksigen yang terbentuk kemudian bereaksi dengan molekul oksigen lain untuk menghasilkan ozon. Widodo dkk. (2008) melaporkan bahwa konsentrasi ozon meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan yang diberikan pada sistem plasma. Hasil yang serupa juga dilaporkan oleh Putri dkk. (2016), yang menunjukkan bahwa variasi tegangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi produksi ozon. Dengan demikian, tegangan menjadi salah satu parameter utama yang menentukan kinerja generator ozon berbasis plasma.

Selain tegangan, frekuensi juga berperan penting dalam menentukan jumlah ozon yang dihasilkan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan cenderung menyebabkan penurunan konsentrasi ozon. Kondisi tersebut terjadi karena semakin besar laju aliran gas, semakin singkat waktu tinggal (*residence time*) molekul oksigen di dalam daerah plasma. Akibatnya, peluang terjadinya reaksi pembentukan ozon menjadi berkurang sehingga konsentrasi ozon yang terbentuk menurun (Nur, 2010; Widodo dkk., 2008). Oleh karena itu, diperlukan pengaturan frekuensi yang tepat agar proses pembentukan ozon dapat berlangsung secara optimal. Hubungan antara tegangan, arus listrik, dan frekuensi menjadi aspek yang perlu diperhatikan karena ketiga parameter tersebut saling memengaruhi dalam menentukan performa generator ozon.

Karakteristik listrik plasma, khususnya hubungan antara arus (I) dan tegangan (V), juga merupakan parameter penting dalam kajian generator ozon. Analisis karakteristik arus–tegangan dapat memberikan informasi mengenai mekanisme pelepasan muatan (*discharge*), kestabilan plasma yang terbentuk, serta efisiensi proses ionisasi yang terjadi di dalam reaktor. Menurut Jaya (2018),

karakteristik I–V dapat digunakan untuk memahami perilaku plasma dan mengevaluasi kondisi operasi yang paling sesuai untuk menghasilkan plasma yang stabil. Informasi tersebut sangat penting dalam upaya optimasi generator ozon agar mampu menghasilkan konsentrasi ozon yang tinggi dengan konsumsi energi yang tetap efisien.

Meskipun berbagai penelitian mengenai generator ozon berbasis plasma telah dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem berkapasitas besar dan bertegangan tinggi yang ditujukan untuk kebutuhan industri (Zhang, 2024; Li, 2026). Sistem semacam ini umumnya memerlukan konsumsi energi yang lebih besar, biaya operasional yang tinggi, serta memerlukan perhatian lebih terhadap aspek keselamatan pengguna. Oleh karena itu, pengembangan generator ozon berkapasitas rendah dengan tegangan operasi yang relatif rendah menjadi alternatif yang menarik untuk dikembangkan, terutama bagi aplikasi skala rumah tangga. Penggunaan sistem berkapasitas rendah diharapkan dapat memberikan efisiensi energi yang lebih baik sekaligus meningkatkan aspek keamanan dalam pengoperasiannya.

Beberapa penelitian awal menunjukkan bahwa generator ozon berukuran kecil memiliki potensi yang cukup besar untuk diterapkan pada berbagai kebutuhan domestik, seperti sterilisasi bahan pangan, pemurnian udara dalam ruangan, dan pengolahan air skala kecil. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji karakteristik generator plasma ozon berkapasitas rendah, terutama yang menghubungkan parameter arus, tegangan, frekuensi, konsentrasi ozon, dan kapasitas produksi ozon secara bersamaan, masih relatif terbatas (Sudarmanto dkk., 2024). Keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat kebutuhan untuk melakukan kajian yang lebih mendalam mengenai karakteristik sistem tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji karakteristik generator plasma ozon berkapasitas rendah melalui analisis hubungan antara arus listrik dan tegangan pada berbagai variasi frekuensi, serta menganalisis pengaruh tegangan dan frekuensi terhadap konsentrasi serta kapasitas produksi ozon yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

terhadap pengembangan teknologi generator ozon yang lebih efisien, aman, dan aplikatif untuk kebutuhan rumah tangga maupun aplikasi skala kecil lainnya.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis karakteristik I–V generator plasma ozon berkapasitas rendah pada berbagai nilai frekuensi.
2. Mengkaji pengaruh frekuensi terhadap konsentrasi dan kapasitas ozon yang dihasilkan.
3. Menentukan performa optimum generator plasma ozon bertegangan rendah untuk aplikasi rumah tangga.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu fisika plasma, khususnya terkait karakterisasi generator plasma ozon berbasis *Dielectric-Barrier Discharge* (DBD). Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi parameter listrik dan operasional dalam pembangkitan ozon. Serta, diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan generator ozon bertegangan rendah yang efisien, aman, dan ekonomis untuk penggunaan skala rumah tangga, seperti dalam pemurnian udara, sterilisasi, dan pengolahan air.