

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi plasma dalam bidang fisika terapan telah menunjukkan peranan penting dalam berbagai aplikasi modern, khususnya dalam pengolahan lingkungan, kesehatan, dan industri. Plasma sebagai fase keempat materi merupakan gas terionisasi yang terdiri dari elektron, ion, dan partikel netral yang memiliki energi tinggi serta mampu memicu berbagai reaksi kimia aktif (Widodo dkk., 2008). Salah satu produk penting dari proses plasma adalah ozon (O_3), yang terbentuk melalui disosiasi molekul oksigen akibat tumbukan elektron berenergi tinggi. Ozon dikenal sebagai oksidator kuat yang memiliki kemampuan desinfeksi yang efektif terhadap mikroorganisme, serta mampu menguraikan senyawa organik berbahaya. Oleh karena itu, teknologi pembangkitan ozon berbasis plasma menjadi salah satu fokus penelitian yang terus berkembang, terutama dalam sistem plasma non-termal yang memungkinkan pembentukan ozon tanpa memerlukan suhu tinggi (Nur, 2010).

Peran ozon dalam kehidupan sehari-hari semakin penting, terutama dalam aplikasi pemurnian udara, pengolahan air, serta sterilisasi bahan pangan. Penggunaan ozon dalam skala rumah tangga menjadi solusi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan dibandingkan bahan kimia konvensional (Nur, 2010). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa performa generator ozon sangat dipengaruhi oleh parameter listrik seperti tegangan dan arus, serta parameter operasional seperti laju aliran gas (*flowrate*) (Putri dkk., 2016). Widodo dkk., melaporkan bahwa peningkatan tegangan menyebabkan peningkatan konsentrasi ozon, sedangkan peningkatan *flowrate* justru menurunkan konsentrasi ozon akibat berkurangnya waktu tinggal gas dalam plasma. Selain itu, penelitian oleh Putri dkk. menunjukkan bahwa efisiensi produksi ozon sangat bergantung pada kondisi operasi sistem, sehingga diperlukan pengkajian lebih lanjut untuk mendapatkan kondisi optimal.

Hubungan antara tegangan dan konsentrasi ozon telah banyak dikaji dalam berbagai penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tegangan akan meningkatkan energi tumbukan elektron dalam plasma, sehingga memperbesar kemungkinan disosiasi molekul oksigen (O_2) menjadi atom oksigen yang kemudian membentuk ozon (Nur, 2010). Hal ini sejalan dengan konsentrasi ozon meningkat seiring dengan kenaikan tegangan yang diberikan pada sistem DBD (Widodo dkk., 2008). Selain itu, variasi tegangan memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi produksi ozon (Putri dkk., 2016).

Di sisi lain, laju aliran gas (*flowrate*) juga memiliki peranan penting dalam proses pembentukan ozon. Beberapa penelitian melaporkan bahwa peningkatan *flowrate* cenderung menurunkan konsentrasi ozon yang dihasilkan (Nur, 2010). Hal ini disebabkan oleh berkurangnya waktu tinggal (*residence time*) molekul oksigen dalam daerah plasma, sehingga reaksi pembentukan ozon menjadi kurang optimal (Widodo dkk., 2008). Dengan demikian, terdapat hubungan yang kompleks antara tegangan, arus, dan *flowrate* dalam menentukan performa generator ozon.

Selain parameter tersebut, karakteristik listrik berupa hubungan antara arus (I) dan tegangan (V) juga menjadi aspek penting dalam analisis plasma. Karakteristik arus-tegangan dapat memberikan informasi mengenai mekanisme pelepasan muatan (*discharge*) serta kestabilan plasma yang terbentuk (Jaya, 2018). Karakteristik ini sangat penting digunakan untuk mengoptimalkan kinerja generator ozon, khususnya dalam menghasilkan plasma yang stabil dan efisien.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait generator ozon berbasis plasma, sebagian besar masih berfokus pada sistem bertegangan tinggi dengan kapasitas besar yang ditujukan untuk kebutuhan industri (Zhang, 2024) (Li, 2026). Penggunaan tegangan tinggi memiliki beberapa keterbatasan, seperti konsumsi energi yang besar, biaya operasional yang tinggi, serta potensi risiko keselamatan. Oleh karena itu, pengembangan generator ozon bertegangan rendah dengan kapasitas kecil menjadi alternatif yang menarik, terutama untuk aplikasi skala rumah tangga.

Beberapa penelitian awal menunjukkan bahwa generator ozon skala kecil memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi domestik, seperti sterilisasi bahan pangan dan pemurnian udara. Namun, kajian yang secara khusus membahas karakteristik generator ozon berkapasitas rendah dengan tegangan rendah, terutama yang mengaitkan hubungan antara arus, tegangan, *flowrate*, dan konsentrasi ozon, masih relatif terbatas (Sudarmanto dkk., 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji karakteristik generator plasma ozon berkapasitas rendah dengan fokus pada analisis hubungan antara arus (I) dan tegangan (V) pada variasi *flowrate* yang berbeda, serta pengaruh tegangan dan *flowrate* terhadap konsentrasi ozon yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi generator ozon yang lebih efisien, aman, dan aplikatif untuk kebutuhan rumah tangga.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis hubungan antara arus listrik (I) dan tegangan (V) pada generator plasma ozon berkapasitas rendah dengan variasi *flowrate* yang berbeda.
2. Mengetahui pengaruh variasi *flowrate* terhadap konsentrasi dan kapasitas ozon yang dihasilkan.
3. Menentukan karakteristik kinerja generator plasma ozon bertegangan rendah yang optimal untuk aplikasi skala 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.