

Pembangkitan Microwave Plasma Dalam Berbagai Jenis Cairan

Muh. Firdan Nurdin^{1*}, Andi Erwin Eka Putra², Novriany Amaliah³

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan 77115, Indonesia

^{2,3}Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, Indonesia

* firdan@borneo.ac.id

Abstract: *The technology of generating plasma in a liquid by utilizing electromagnetic waves 2.45 GHz in a microwave oven has been carried out previously. The purpose of this study was to analyze the generation of microwave plasma in various liquid samples such as X-ray liquid, pure water, PDAM water, and seawater. The results showed that the generation of plasma in various liquid samples requires an initial generation time of about 1-2 seconds at a pressure of 6,7 kPa. The color characteristics of plasma produced in X-ray liquid and seawater are orange, and the color characteristics of plasma produced in pure water and PDAM raw water are pink.*

Keywords: *2.45 GHz microwave oven; Microwave Plasma; Plasma in liquid*

Abstrak: Teknologi pembangkitan plasma dalam cairan dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik 2.45 GHz oven microwave telah dilakukan sebelumnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pembangkitan microwave plasma dalam berbagai sampel cairan seperti cairan rontgen, *pure water*, air baku PDAM dan air laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangkitan plasma dalam berbagai sampel cairan membutuhkan waktu awal pembangkitan sekitar 1-2 detik pada tekanan 6.7 kPa. Karakteristik warna plasma yang dihasilkan dalam cairan rontgen dan air laut adalah sama yakni orange, dan karakteristik warna plasma yang dihasilkan dalam *pure water* dan air baku PDAM adalah sama yakni pink.

Kata kunci : 2.45 GHz oven microwave, Microwave Plasma; Plasma dalam Cairan.

I. PENDAHULUAN

Saat ini, penelitian mengenai teknologi plasma telah banyak dilakukan, yakni sebagai teknologi pengolahan air (limbah cair) dan produksi ozon (O₃) [1], [2]. Plasma dikenal juga sebagai materi fase ke empat dimana pada bagian tertentu dari partikel gas terionisasi. Ionisasi merupakan proses terlepasnya elektron dari suatu atom atau molekul dari ikatannya yang mana dapat diakibatkan oleh penambahan energi berupa energi pemanasan (kenaikan suhu) [3]. Dengan ditamhkannya energi panas dalam atom atau molekul tersebut, maka atom atau molekul menjadi lebih aktif dan berubah fase dari fase gas menjadi fase plasma. Pada fase plasma, beberapa elektron dan ion bermuatan positif bergerak bebas dan akan saling bertumbukkan sehingga menghasilkan guguran elektronik. Guguran elektronik inilah yang merupakan karakteristik dari plasma [4].

Secara umum, proses pembangkitan plasma dengan cara ionisasi gas dapat dicapai melalui radiasi gelombang elektromagnetik. Radiasi gelombang elektromagnetik yang digunakan dapat berupa RF (Radio Frekuensi) pada frekuensi 13,56 MHz, dan gelombang mikro (microwave) pada frekuensi 2,45 GHz [5]. Gelombang mikro dipancarkan oleh magnetron yang terhubung pada transformator penghasil daya. Kemudian gelombang mikro tersebut diubah menjadi energi termal. Energi termal inilah yang dimanfaatkan untuk menghasilkan proses ionisasi gas dalam proses pembangkitan plasma.

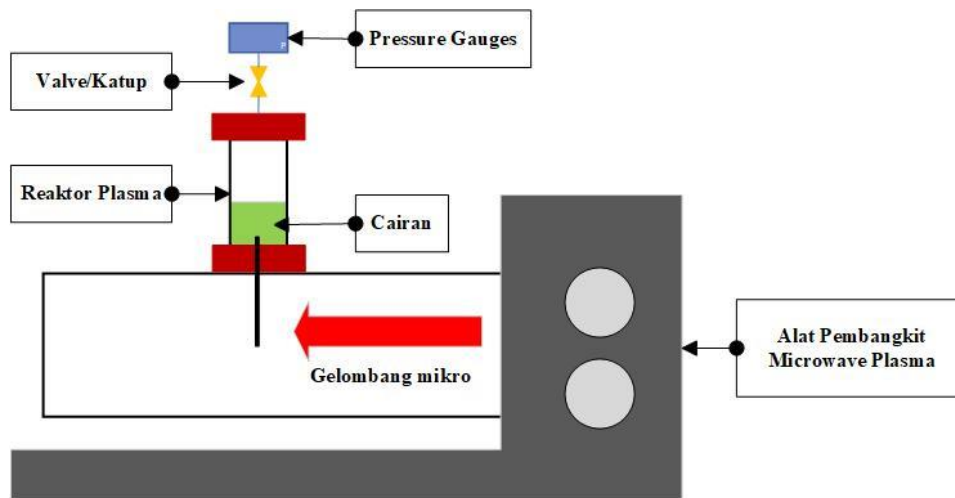
Penelitian pembangkitan plasma dengan menggunakan gelombang mikro (microwave) frekuensi 2.45 GHz telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian tersebut yakni dengan memanfaatkan oven microwave rumah tangga untuk membangkitkan plasma pada tekanan 1 atm dan membandingkan 2 model sumber gelombang mikro dalam proses pembangkitan plasma [6]. Saat ini, pembangkitan plasma dengan menggunakan gelombang mikro juga dikembangkan ke arah pembangkitan plasma

dalam cairan untuk beberapa tujuan seperti produksi hidrogen dalam cairan biotanol, teknologi pengolahan limbah cair dan produksi nano material [7], [8].

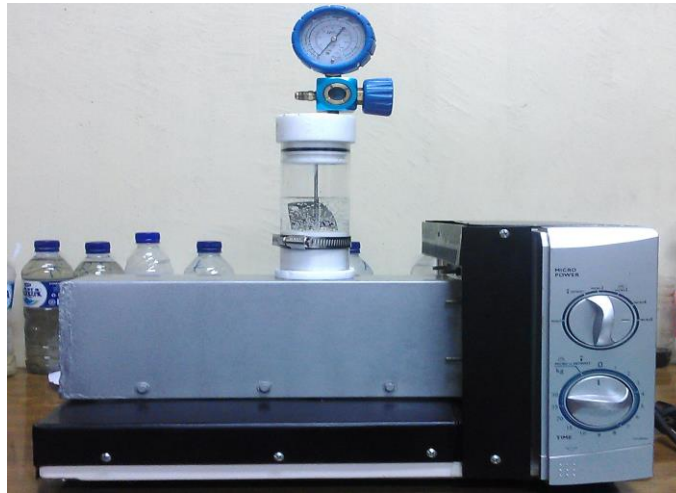
Teknologi pembangkitkan plasma dalam cairan dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik 2.45 GHz oven microwave telah dilakukan sebelumnya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa plasma dapat dibangkitkan dalam cairan dengan memvariasikan tekanan vakum [9]. Adapun cairan yang digunakan ialah air mineral. Oleh karena itu, penelitian ini akan dikembangkan untuk menganalisis pembangkitan plasma dalam berbagai cairan yakni cairan Rontgen, cairan oli, Air baku PDAM, dan air laut.

II. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian, yaitu studi literasi, persiapan alat dan bahan, penyetelan alat pembangkit microwave plasma, pengujian, pengamatan dan pengolahan data. Studi literasi dilakukan untuk menganalisa beberapa teori dan hasil penelitian sebelumnya dan kemudian menyimpulkan hipotesa. Persiapan alat dan bahan dilakukan dengan menyiapkan alat 2,45 GHz Microwave Plasma dan beberapa cairan yakni cairan Rontgen dari Rumah Sakit UNHAS, cairan oli dari bengkel motor, Air baku PDAM Kota Makassar, dan air laut dari pantai losari Kota Makassar. Penyetelan alat pembangkit plasma dilakukan untuk menguji transfer gelombang elektromagnetik menuju ke reaktor plasma. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan tekanan vakum reaktor plasma mulai dari 94,5 – 6,7 kPa dengan interval 6,7 kPa dan volume cairan sebesar 100 ml, masing-masing. Skema pengujian dan alat 2,45 GHz Microwave Plasma dapat dilihat pada gambar 1 dan 2. Pengamatan dan analisis data dilakukan dengan mengamati karakteristik plasma yang terbangkitkan dalam cairan melalui dokumentasi visual dan tabel data kemudian menganalisis hasil pengujian melalui dokumentasi dan tabel data tersebut.



Gambar 1. Skema pengujian pembangkitan microwave plasma dalam cairan

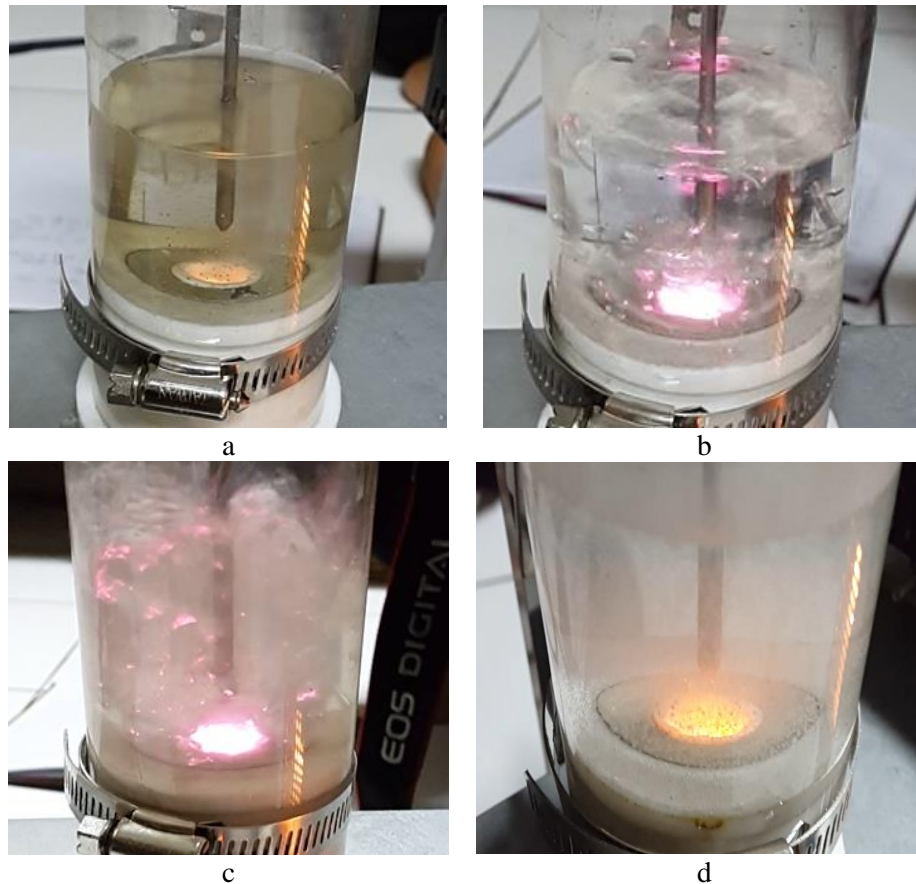


Gambar 2. Alat 2,45 GHz Microwave Plasma

Gambar 1 menunjukkan skema pengujian pembangkitan microwave plasma dalam cairan menggunakan alat pembangkit microwave plasma. Skema pengujian tersebut terdiri dari beberapa komponen yakni reaktor plasma, alat pembangkit microwave plasma, pressure gauge, katup dan sampel cairan. Reaktor plasma digunakan untuk wadah pengamatan pembangkitan plasma dalam sampel cairan. Alat pembangkit microwave plasma digunakan sebagai sumber gelombang mikro yang mana akan dimanfaatkan untuk membangkitkan plasma dalam cairan. Pressure gauge digunakan untuk mengukur tekanan dalam reaktor plasma dan katup digunakan untuk mengatur tekanan dalam reaktor plasma. Sampel cairan adalah zat yang akan diamati selama proses pengujian pembangkitan plasma dalam cairan. Semua komponen tersebut saling terintegrasi dan dijalankan secara simultan selama proses pengujian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pembangkitan microwave plasma dalam cairan dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembangkitan plasma pada beberapa jenis sampel cairan yaitu cairan rontgen, pure water, air baku PDAM, dan air laut. Dari hasil pengamatan selama proses pengujian, maka didapatkan data berupa dokumentasi visual dan tabulasi data. Dokumentasi visual tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pembangkitan microwave plasma dalam cairan, a) cairan rontgen, b) pure water, c) air baku PDAM, dan d) air laut

Gambar 2 menunjukkan dokumentasi visual pembangkitan plasma dalam berbagai sampel cairan. Dari dokumentasi tersebut, dapat dilihat terjadi persamaan dan perbedaan karakteristik warna plasma dalam berbagai sampel cairan. Cairan rontgen dan air laut memiliki karakteristik warna plasma yang sama yakni orange. Sementara cairan pure water dan air baku PDAM memiliki karakteristik warna plasma yang sama yakni pink. Adanya perbedaan karakteristik warna plasma tersebut dapat dikaitkan dengan komposisi unsur kimia dari beberapa sampel cairan. S. Horikoshi dan N. Serpone telah meneliti emisi spektrum cahaya plasma dalam cairan yang mana dapat dikaitkan dengan beberapa unsur kimia seperti unsur radikal H_{α} ($\lambda = 656 \text{ nm}$) H_{β} ($\lambda = 486 \text{ nm}$), dan OH radikal ($\lambda = 316 \text{ nm}$) serta unsur nitrogen (N_{β}) dan oksigen (O_2) pada $\lambda = 289 \text{ nm}$ dan $\lambda = 778 \text{ nm}$ [10]–[12]. Selanjutnya tabulasi data disajikan pada tabel 1 berupa data dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengamatan Karakteristik Plasma dalam Cairan

No	Tekanan Vakum (kPa)	Waktu awal pembangkitan plasma (detik)			
		Cairan Rontgen	Pure Water	Air baku PDAM	Air Laut
1	94.5	-	-	-	-
2	87.8	-	-	-	-
3	81.0	-	-	-	-
4	74.3	43	-	-	-
5	67.5	30	-	-	-
6	60.7	30	-	-	-
7	54.0	12	-	-	-
8	47.2	12	-	-	4
9	40.5	7	-	-	4
10	33.7	1	-	-	3
11	27.0	1	-	-	1
12	20.2	1	-	-	1
13	13.5	1	41	-	1
14	6.7	1	2	2	1

Tabel 1 menunjukkan hasil pengamatan antara parameter tekanan reaktor dengan waktu awal pembangkitan plasma dalam berbagai sampel cairan. Pada tekanan 6.7 kPa, seluruh sampel cairan memiliki waktu awal pembangkitan plasma berkisar antara 1-2 detik. Sementara ketika tekanan dinaikkan menjadi 13.5 kPa, terjadi variasi waktu awal pembangkitan plasma pada tiap sampel cairan. Sampel cairan yang memiliki waktu awal pembangkitan plasma yang besar sekitar 41 detik adalah *pure water*. Sementara sampel cairan yang tidak memiliki waktu awal pembangkitan plasma (plasma tidak terbangkitkan) adalah air baku PDAM. Sampel cairan rontgen dan air laut masih memiliki waktu awal pembangkitan plasma konstan berkisar antara 1 detik. Dari tabel 1 dapat juga disimpulkan hubungan antara tekanan reaktor dan waktu awal pembangkitan plasma dalam berbagai sampel cairan dimana semakin besar tekanan reaktor, maka waktu awal pembangkitan plasma dalam cairan akan semakin besar pula. Hal ini disebabkan oleh hubungan antara tekanan terhadap titik didih dari suatu cairan dimana semakin besar tekanan, maka titik didih dari suatu cairan akan semakin besar. Titik didih tersebut merupakan salah satu indikator dalam perubahan fase zat cair ke dalam fase gas yang mana berbentuk gelembung gas dalam cairan. Gelembung gas tersebut akan terionisasi oleh energi gelombang mikro yang ditransfer secara terus-menerus ke dalam reaktor. Hasil ionisasi gelembung gas tersebut akan menghasilkan plasma [10].

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian sebagai berikut :

1. Selama proses pembangkitan microwave plasma dalam beberapa sampel cairan, karakteristik warna yang dihasilkan microwave plasma dalam cairan rontgen dan air laut adalah sama berwarna orange. Sementara karakteristik warna yang dihasilkan microwave plasma dalam *pure water* dan air baku PDAM adalah sama berwarna pink.
2. Dalam proses pembangkitan microwave plasma dalam cairan, variasi tekanan vakum sangat mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk pembangkitan plasma dimana semakin kecil tekanan, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk membangkitkan plasma. Untuk tekanan

6.7 kPa, pembangkitan plasma dalam seluruh sampel cairan membutuhkan waktu sekitar 1-2 detik. Adapun saran dari hasil penelitian sebagai berikut :

1. Diharapkan karakteristik unsur senyawa dalam berbagai sampel cairan sebelum dan setelah pengujian dianalisis lebih lanjut.
2. Diharapkan penelitian ini dikembangkan dalam aplikasi pengolahan limbah cair dan produksi nano material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nomura *et al.*, “Discharge characteristics of microwave and high-frequency in-liquid plasma in water,” *Appl. Phys. Express*, vol. 1, no. 4, pp. 0460021–0460023, 2008, doi: 10.1143/APEX.1.046002.
- [2] A. F. Yong Yang, Young I. Cho, *Plasma Discharge in Liquid: Water Treatment and Applications*. 2012.
- [3] M. Nur, *Plasma Physics and Applications*. 2011.
- [4] Y. Yang, Y. I. Cho, and A. Fridman, “Plasma Discharge in Water and Its Application for Industrial Cooling Water Treatment,” no. June, p. 30, 2011, [Online]. Available: <https://studylib.net/doc/18261981/plasma-discharge-in-water-and-its-application-for>.
- [5] F. F. Chen, “Radiofrequency Plasma Sources for Semiconductor Processing,” *Adv. Plasma Technol.*, pp. 99–115, 2008, doi: 10.1002/9783527622184.ch6.
- [6] C. Chaichumporn, P. Ngamsirijit, N. Boonklin, K. Eaiprasetsak, and M. Fuangfoong, “Design and Construction of 2 . 45 GHz Microwave Plasma Source at Atmospheric Pressure,” vol. 8, pp. 94–100, 2011, doi: 10.1016/j.proeng.2011.03.018.
- [7] A. Erwin and E. Putra, “Produksi Bahan Bakar Gas Melalui Dekomposisi Bioetanol,” no. Snttm Xiii, pp. 15–16, 2014.
- [8] N. Amaliyah, S. Mukasa, S. Nomura, H. Toyota, and T. Kitamae, “Plasma in-liquid method for reduction of zinc oxide in zinc nanoparticle synthesis,” *Mater. Res. Express*, vol. 2, no. 2, p. 25004, 2015, doi: 10.1088/2053-1591/2/2/025004.
- [9] A. Erwin, E. Putra, and N. Amaliyah, “MEMBANGKITKAN MICROWAVE PLASMA DALAM CAIRAN,” vol. 7, no. 2, pp. 14–18, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.borneo.ac.id/index.php/elektrika/article/download/2121/1485>.
- [10] S. Horikoshi and N. Serpone, “In-liquid plasma: A novel tool in the fabrication of nanomaterials and in the treatment of wastewaters,” *RSC Adv.*, vol. 7, no. 75, pp. 47196–47218, 2017, doi: 10.1039/c7ra09600c.
- [11] S. Horikoshi, S. Sawada, S. Sato, and N. Serpone, “Microwave-Driven In-liquid Plasma in Chemical and Environmental Applications. III. Examination of Optimum Microwave Pulse Conditions for Prolongation of Electrode Lifetime, and Application to Dye-Contaminated Wastewater,” *Plasma Chem. Plasma Process.*, vol. 39, no. 1, pp. 51–62, 2019, doi: 10.1007/s11090-018-9935-x.
- [12] A. Tsuchida, T. Shimamura, S. Sawada, S. Sato, N. Serpone, and S. Horikoshi, “In-liquid Plasma. A stable light source for advanced oxidation processes in environmental remediation,” *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 147, pp. 53–58, 2018, doi: 10.1016/j.radphyschem.2018.01.028.