



## Diagnosis Plasma Menggunakan *Langmuir Probe* (*Plasma Diagnostic Using Langmuir Probe*)

Asy Syifa Labibah<sup>1</sup>, Teguh Endah Saraswati<sup>2</sup>, Dwi Teguh Rahardjo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutarni 36A Kentingan, Surakarta  
E-mail : syifafafisika13@student.uns.ac.id

### Abstrak

Penulisan artikel ini bertujuan untuk menjelaskan cara mendiagnosis plasma menggunakan *Langmuir Probe*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian pustaka dari berbagai sumber atau referensi yang relevan. Plasma adalah gas terionisasi dalam lucutan listrik dan dikenal sebagai wujud zat ke empat setelah padat, cair dan gas. Tujuan diagnostik plasma adalah untuk mengetahui beberapa karakteristik plasma. Diagnostik plasma dapat ditunjukkan dengan proba Langmuir. Proba Langmuir adalah sebuah *probe* yang berupa konduktor kecil untuk mengumpulkan arus ion atau elektron yang mengalir pada plasma sebagai efek dari perubahan tegangan. Proba yang digunakan adalah proba yang terbuat dari kawat *tungsten* yang disisipkan ke dalam tabung tertutup yang berisi plasma. Arus dan tegangan keluar dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi terkait densitas, suhu dan potensial tegangan, dengan karakteristik *I-V*, biasanya ini digambarkan dalam bentuk kurva karakteristik *I-V*.

*Kata kunci* : Plasma, *Langmuir Probe*, Karakteristik *I-V*

### 1. Pendahuluan

Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan Plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik. Percampuran antara ion-ion yang bermuatan positif dengan elektron-elektron yang bermuatan negatif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya dan materi pada fase ini disebut fase Plasma (Fridman, 2008: 1).

Plasma adalah gas yang terionisasi. Plasma merupakan bentuk materi fase ke empat setelah fase padat, cair dan gas. Ketika benda padat, contohnya es, dipanaskan secara cukup akan menyebabkan atom-atom akan melepaskan ikatan antar atom sehingga memecahkan struktur kisi kristal yang kemudian berubah bentuk menjadi cairan, yaitu air. Ketika air dipanaskan kembali maka atom-atom akan bergerak hingga menimbulkan panas dan menguap ke atas dimana penguapan yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan pengondensasian kembali, sehingga air berubah bentuk menjadi gas. Ketika gas dipanaskan kembali, maka atom-atom akan bertumbukan satu dengan yang lain hingga elektron terlepas dari ikatan atomnya. Keadaan inilah yang disebut dengan plasma (Goldston, 1995: 1).

Menurut Richard dalam bukunya yang berjudul, *Introduction To Plasma Physics* (2003: 6),

menjelaskan ketika suatu tempat memiliki suhu lingkungan yang sangat panas, maka suatu sistem akan menguraikan partikelnya. Contohnya kristal yang meleleh maka molekul akan terlepas atau terurai. Pada suhu mendekati atau melebihi energi ionisasi atom, atom akan terurai menjadi muatan negatif dan muatan positif. Partikel muatan ini tidak terlepas bebas, tetapi masih saling terikat karena adanya medan elektromagnetik antar muatan. Kemudian, karena suhu partikel muatan semakin tinggi sehingga muatan sudah tidak terikat lagi, kumpulan muatan tersebut dapat menjadi gerak kolektif dengan kekuatan besar dan kompleks. Kumpulan muatan ini disebut dengan plasma.

Dari beberapa penjelasan di atas terkait definisi plasma, maka bisa disimpulkan bahwa plasma adalah gas terionisasi dalam lucutan listrik dan dikenal sebagai wujud zat ke empat setelah padat, cair dan gas.

Ada beberapa karakteristik dari plasma antara lain kesetimbangan muatan (*quasineutrality*), panjang Debye, derajat ionisasi, plasma frekuensi, densitas, temperatur dan lain-lain.

Ada dua metode pengukuran yang bisa dilakukan dalam pengukuran plasma yaitu sensor dan diagnostik. Diagnostik dilakukan untuk mengetahui beberapa karakteristik plasma, antara lain besaran  $n$ ,  $KT$ ,  $V$ , dan lain-lain. Besaran tersebut dapat diambil dengan pengamatan melalui metode jarak jauh dan langsung. Metode jarak jauh atau biasa disebut *remote* tidak memerlukan objek sisipan pada plasma,

tetapi setidaknya membutuhkan sebuah sisi agar *remote* bisa digunakan. Metode langsung mengukur plasma pada satu titik poin menggunakan proba. Metode jarak jauh dipengaruhi oleh sedikit radiasi, maka jendela harus dibuat dari bahan yang transparan disesuaikan dengan panjang gelombang yang akan digunakan. Sedangkan proba, harus menahan tumbukan beruntun oleh partikel plasma dan hasil dari pelapisan dan pemanasan. Selain itu mereka masih harus berukuran cukup kecil supaya tidak merubah sifat yang dapat diukur (Chen, 2002: 75). Diagnostik menggunakan metode langsung contohnya adalah menggunakan *Langmuir probe*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menjelaskan cara mendiagnosis plasma menggunakan *Langmuir Probe*.

## 2. Pembahasan

### 2.1 Definisi Proba Langmuir

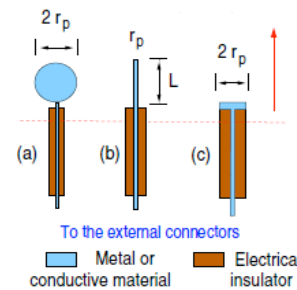
Proba Langmuir adalah sebuah proba yang berupa konduktor kecil yang dapat memperkenalkan plasma dengan cara mengumpulkan arus ion atau elektron sebagai efek dari perubahan tegangan. Arus dan tegangan keluar disebut dengan karakteristik *I-V*. Dari karakteristik ini dapat dianalisis menjadi beberapa informasi terkait densitas, suhu, potensial tegangan, bahkan fungsi distribusi tetapi tidak untuk suhu ion (Chen, 2002: 79).

Dalam pengertian yang lebih luas, proba listrik mengukur parameter plasma lokal menggunakan stasioner atau bermacam-macam waktu lambat dalam medan listrik atau magnet dalam memancarkan atau mengumpulkan partikel bermuatan dari plasma. Teknik pengukuran ini utamanya cocok digunakan untuk densitas rendah pada plasma dingin, tekanan rendah pada muatan listrik, ionosfer dan *space plasma* (Conde, 2011: 3).

Ketika proba dibenamkan ke dalam benda yang keras, teknik spesial digunakan untuk melindungi proba dari plasma serta untuk memastikan rangkaian memberikan nilai *I-V* yang benar. Ujung proba dibuat dari bahan yang tahan dengan temperatur tinggi, biasanya sebuah *tungsten* berbentuk batang atau kawat yang ukuran diameternya sekitar 0,1 – 1 mm. Batangnya disisipkan ke dalam tabung keramik, yang terbuat dari aluminium. Dimana batang ini berguna untuk mengisolasi plasma kecuali jika panjang menuju ujungnya pendek sekitar 2-10 mm. Bahan-bahan ini menunjukkan temperatur rendah Laboratorium plasma tanpa melelehkannya. Untuk mencegah gangguan pada plasma, tabung keramik harus dibuat setipis mungkin, lebih baik dengan ukuran diameter < 1 mm. Ujung proba harus panjang sampai keluar dari tabung tanpa

menyentuhnya, hal ini dikarenakan agar tidak terjadi kontak elektrik dengan bahan pelapis yang bisa menyebabkan deposit pada insulator. Bagian ini dibungkus dengan selubung, yang berupa stainless atau tabung gelas dengan diameter  $\frac{1}{4}$ . Beberapa proba Langmuir menggunakan tabung logam yang cukup tipis untuk mendukung ujung *probe*, dan ini bisa memodifikasi karakteristik plasma seperti densitas yang menjadi rendah. Ketika pengambilan arus ion, *probe* bisa meluruh akibat percikan plasma, yang akibatnya akan merubah area pengambilan arus (Chen, 2002:79-80).

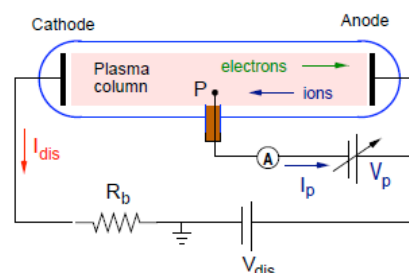
Secara sederhananya, Langmuir *probe* adalah sebuah elektroda logam yang digambarkan dengan baik secara geometri (batang, silinder dan bola), seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Macam-Macam Bentuk *Langmuir Probe* (Conde, 2011: 3).

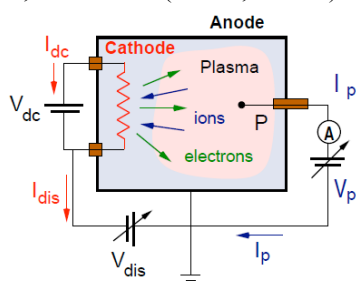
Pemasangan proba bisa dengan proba tunggal maupun ganda. Untuk proba ganda bisa digunakan dengan cara kedua proba identik dan dimasukkan ke dalam plasma dengan letak berdekatan. Arus yang mengalir dari satu proba ke proba yang lain diukur sebagai fungsi dari perubahan tegangan diantara keduanya. Karakteristik *I-V* kemudian hasilnya simetris dan terbatas pada daerah antar arus jenuh masing-masing proba. Metode proba ganda ini tidak bisa bekerja pada plasma RF. Hal ini dikarenakan hampir mustahil untuk membuat kedua system proba tersebut mengapung pada frekuensi RF, karena luasnya kapasitansi yang bocor ke arah *ground* (Chen, 2002: 93).

### 2.2 Cara Kerja Proba Langmuir



Gambar 2. Skema Alur untuk Pengukuran Probe dalam Glow Discharge (Conde, 2011:3).

Pada Gambar 2 menunjukkan alur pengukuran singkat menggunakan proba Langmuir pada percobaan dengan plasma dingin terionisasi lemah. Plasma glow discharge masuk ke dalam tabung gelas dengan tekanannya antara  $10^{-2} - 10^2$  mBar. Lucutan listrik diproduksi dengan menggunakan sebuah tegangan tinggi DC yang tegangannya antara 300 – 600 Volts atau lebih, dan arus lucutan  $I_{dis}$  mencapai 0,1 – 100 mA (Conde, 2011:4).



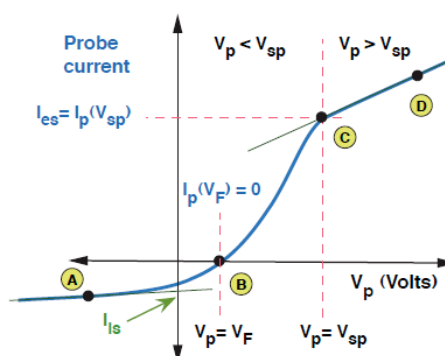
Gambar 3. Skema Alur Pengukuran Probe pada Plasma yang Diproduksi oleh Emisi Termion dari Elektron (Conde, 2011:4).

Pada skema di atas, kawat dipanaskan hingga mencapai sinar merah pada arus DC di dalam ruang tabung kosong untuk menghasilkan emisi termion dari elektron. Elektron ini nantinya akan dipercepat dengan tegangan lucutan sekitar 20 – 80 Volts, di atas potensial ionisasi pertama dari gas netral, dan menyebabkan ionisasi dampak elektron dari sisa atom netral pada tabung kosong tersebut. Pada kasus ini, arus lucutan mungkin akan mencapai beberapa ampere dan mendapat magnet permanen yang akan sering mengatur sekitar tabung kosong (Conde, 2011:4).

Kemudian ujung proba yang berada di luar tabung disambungkan dengan amperemeter untuk mengukur arus dan voltmeter untuk mengukur tegangan atau potensial dari plasma.

### 2.3 Cara Analisis Data

Hasil dari diagnosis menggunakan proba Langmuir adalah kita mendapatkan nilai tegangan dan juga arus pada plasma. Dari dua variabel tersebut dapat dibuat sebuah grafik seperti berikut ini:



Gambar 4. Kurva I-V Ideal Probe Langmuir (Conde, 2011:5).

Dari grafik tersebut dapat diketahui *floating potential*, arus ion jenuh, arus elektron jenuh dan potensial plasma. Dari data tersebut, nantinya dapat diperoleh densitas plasma dan temperatur elektron dari plasma.

Untuk mengetahui besar temperatur elektron, bisa digunakan persamaan berikut ini :

$$V_{pl} = V_{fl} + T_e \log \frac{I_e}{I_i} \quad (1)$$

dengan  $V_{pl}$  adalah potensial plasma,  $V_{fl}$  *floating potential*,  $T_e$  suhu elektron,  $I_e$  arus jenuh elektron, dan  $I_i$  arus jenuh ion.

Densitas plasma dapat ditentukan dari hasil percobaan dengan menggunakan persamaan

$$n_e = \frac{I_{isat}}{0,61eA} \sqrt{\frac{m_i}{KT_e}} \quad (2)$$

dengan  $n_e$  adalah densitas elektron,  $I_{isat}$  arus jenuh ion,  $e$  muatan elektron,  $A$  luasan proba,  $m_i$  massa ion,  $K$  konstanta Boltzman, dan  $T_e$  suhu elektron (Furno, 2012: 54).

## 3. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Plasma adalah gas terionisasi dalam lucutan listrik dan dikenal sebagai wujud zat ke empat setelah padat, cair dan gas. Plasma memiliki beberapa karakteristik antara lain adalah kesetimbangan muatan, panjang Debye, derajat ionisasi, plasma frekuensi, densitas, temperatur dan lain-lain.

Ada dua metode diagnostik plasma, metode jarak jauh dan langsung. Diagnostik menggunakan proba Langmuir termasuk metode langsung. Proba Langmuir adalah sebuah *probe* yang berupa konduktor kecil untuk mengumpulkan arus ion atau elektron yang mengalir pada plasma sebagai efek dari perubahan tegangan. Proba disisipkan ke dalam tabung tertutup yang berisi plasma. Hasil data yang

akan diperoleh merupakan arus dan tegangan dalam plasma yang terukur dari proba. Dari data tersebut didapatkan kurva karakteristik I-V, dimana dari kurva inilah bisa diperoleh temperatur dan densitas plasma.

#### **Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlunya pengkajian lebih lanjut mengenai karakteristik dan jenis plasma, dimana kedua hal ini akan menjadi dasar untuk mendiagnosis plasma. Selain itu diberikan berupa kelebihan dan kekurangan metode diagnosis ini dibanding dengan yang lainnya.

#### **Daftar Pustaka**

- Chen, Francis F. & Jane P. Chang. 2003. *Principles of Plasma Processing*. New York: Plenum Publishers.
- Conde, Luis. 2011. *An Introduction to Langmuir Probe diagnostics of plasmas*. Spanyol: Universidad Politecnica de Madrid.
- Fridman, Alexander. 2008. *Plasma Chemistry*. USA: Cambridge University Press.
- Furno, Ivo, dkk. 2012. *Plasma Diagnostics In Basic Plasma Physics Devices and Tokamaks From Principles to Practice: Theory of Electrostatic Probe*.
- Goldston R.J., Rutherford P.H., 1996. *Introduction to Plasma Physics*. Institute of Physics
- Merlino, Robert L. 2007. *Understanding Langmuir Probe Current-Voltage Characteristics*. Iowa: The University of Iowa.
- Nur, Muhammad. 2011. *Fisika Plasma dan Aplikasinya*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Purwadi, Agus, Suryadi & W. Usada. 1997. Pengukuran Parameter Plasma dengan Probe Bentuk Bola. Diperoleh 24 Mei 2017 dari <http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/>.
- Usada, Widdi, dkk. (2003). Profil Distribusi Kerapatan Plasma Dalam Lucutan Torus. Dalam Sukarsono (Eds). *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah P3TM-BATAN*, hlm 90 – 96, BATAN, Yogyakarta.