

# KARAKTERISASI TEMPERATUR ELEKTRON ( $T_e$ ) DARI SPEKTROSKOPI EMISI OPTIK UNTUK PLASMA GAS ARGON YANG DIHASILKAN DARI *PLASMA ENHANCED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION* (PE CVD)

M.Shoufie Ukhtary<sup>1</sup>, Abdurrouf<sup>2</sup> dan Masrurroh<sup>3</sup>

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya  
Email : 1) muhamadukhtary@gmail.com, 2) a.abdurrouf@googlemail.com, 3) ruroh@ub.ac.id

## ABSTRAK

Studi karakterisasi temperatur elektron ( $T_e$ ) untuk plasma gas argon telah dilakukan. Plasma gas argon murni dihasilkan dari *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PE CVD) dan spektrum emisi diukur dari *Optical Emission Spectroscopy* (OES). Dari spektrum emisi plasma, diperoleh posisi panjang gelombang dan intensitas emisi atomik dari plasma argon. Jenis spesies ditentukan dengan mencocokkan panjang gelombang dengan database *National Institute of Standard and Technology* (NIST). Temperatur elektron dihitung menggunakan persamaan Boltzmann. Variasi laju alir gas argon dalam plasma berpengaruh pada temperatur elektron. Semakin tinggi laju alir gas argon, maka temperatur elektronnya semakin besar.

**Kata kunci:** plasma, *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*, persamaan Boltzmann, temperatur elektron, *Optical Emission Spectroscopy*, database NIST

## ABSTRACT

Study to characterize electron temperature ( $T_e$ ) for argon plasma has been done. Argon plasma has been produced by *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PE CVD) and emission spectrum obtained by *Optical Emission Spectroscopy* (OES) was analysed. Based on plasma emission spectrum, the wavelength and intensity of atomic transition were obtained. The species of each transition was determined by using *National Institute of Standard and Technology* (NIST) atomic database. The electron temperature has been calculated using Boltzmann equation. The results show that argon gas flow rate influences the electron temperature. Moreover, the increasing argon gas flow rate increases electron temperature.

**Keywords:** plasma, *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*, Boltzmann equation, electron temperature, *Optical Emission Spectroscopy*, NIST database

## 1. Pendahuluan

Plasma adalah salah satu dari wujud dari benda yang telah lama dikenal. Plasma merupakan gas yang terionisasi sehingga elektron dapat terlepas dari atom-atom gas tersebut. Dari pengertian tersebut plasma merupakan kumpulan elektron dan ion. Walaupun kurang begitu dikenal, mayoritas wujud dari benda di jagat raya ini adalah plasma. Lebih dari 99% dari jagat raya ini memiliki wujud plasma. Plasma pertama kali dikenalkan pada tahun 1927 oleh Langmuir [2] dan wujud ini mendapatkan namanya berdasarkan analogi pada plasma darah [5].

Plasma memiliki banyak aplikasi dalam teknologi. Salah satu penerapan plasma dalam industri adalah untuk melakukan pelapisan lapisan tipis pada material [4]. Sebagai contoh adalah lapisan tipis karbon. Dalam penggunaan plasma untuk deposisi, gas mulia juga ditambahkan dalam plasma. Gas mulia ditambahkan agar proses ionisasi, eksitasi dan disosiasi dalam plasma

berlangsung dengan optimum. Oleh karena itu untuk mengetahui karakteristik dari plasma gas mulia yang ditambahkan, dalam penelitian ini, karakteristik plasma berupa temperatur, akan diteliti untuk plasma gas mulia murni, dalam hal ini gas argon. Plasma gas argon dihasilkan dari *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PE CVD) dan dengan menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* (OES) diperoleh spektrum emisi dari transisi atomik atom argon dalam plasma. Spektrum emisi yang diperoleh dapat memberikan informasi seperti jenis spesies apa saja yang muncul dalam plasma, dan secara tidak langsung, informasi mengenai temperatur elektron. Pengukuran temperatur elektron dengan menggunakan spektrum emisi plasma disebut metode spektroskopi yang tidak menggunakan alat ukur secara langsung seperti *Langmuir probe*. Pengukuran secara spektroskopik ini selain lebih hemat biaya, juga tidak mengganggu proses atomik dalam plasma karena pengukuran ini bersifat non-invasif.

### 3. Hasil & Pembahasan

#### 2. Metode Penelitian

Data yang akan diolah berupa spektrum OES dari plasma yang bersangkutan. Pengolahan spektrum berguna agar posisi puncak gelombang dari puncak-puncak transisi atomik diketahui, begitu juga dengan intensitasnya. Spektrum diolah dengan menggunakan program komputer *PeakFit*. Secara umum, langkah pengolahan spektrum adalah: menghapus background (*Subtract Baseline*), menghaluskan (*Smoothing*), *fitting*, dan menentukan jenis spesies. Dalam penentuan jenis spesies, panjang gelombang transisi atomik yang diperoleh dari spektrum dicocokkan dengan panjang gelombang yang tersedia pada database transisi atomik *NIST* [3]. Dalam penelitian ini, laju alir gas argon dalam plasma divariasi pada laju 50, 60, 70 dan 80 mL/menit.

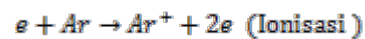
Temperatur elektron dapat ditentukan menggunakan grafik Boltzmann. Penentuan temperatur elektron dengan menggunakan metode ini adalah dengan cara menggrafikan persamaan di bawah (untuk spesies yang sama) [1]:

$$\ln \frac{I\lambda}{gA} = \text{Const} - \frac{E_i}{kT} \quad (2.1)$$

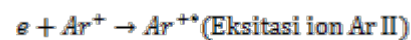
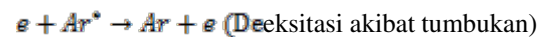
di mana  $I$  merupakan intensitas emisi,  $\lambda$  panjang gelombang emisi,  $g$  merupakan bobot statistik,  $A$  adalah probabilitas transisi, dan  $E_i$  merupakan energi level atas dari transisi. Informasi mengenai  $g$ ,  $A$  dan  $E_i$  dapat diperoleh dari database *NIST*. Dengan menggrafikan hubungan di atas, di mana bagian kiri persamaan merupakan sumbu  $y$  terhadap energi level atas transisi, maka dapat diperoleh persamaan garis linear  $y = mx + C$ , dengan gradien  $m$  bernilai negatif. Dari persamaan garis tersebut, maka temperatur elektron plasma (dalam satuan eV) adalah  $1/m$ . Dalam penelitian ini, ion Ar (Ar II) digunakan untuk pengukuran temperatur elektron.

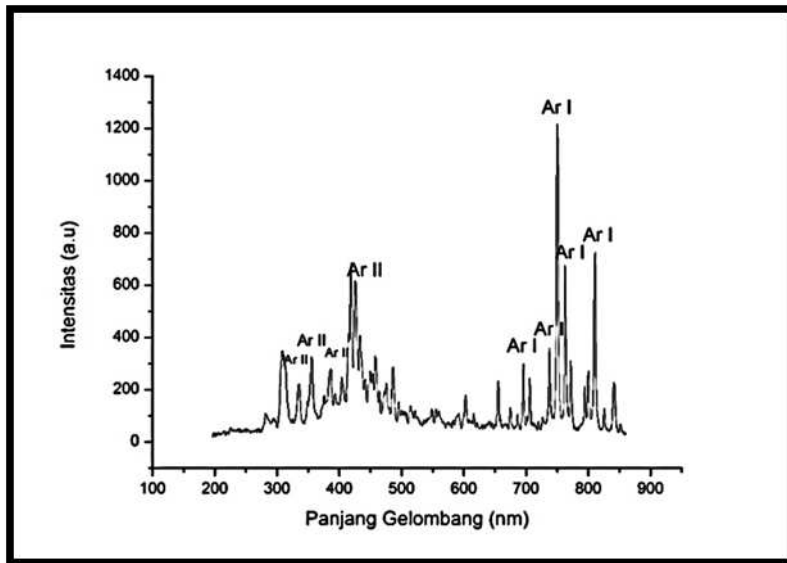
Pada plasma argon murni, spesies utama yang muncul adalah Ar I dan Ar II. Spektrum OES yang digunakan menunjukkan banyak garis-garis spektral Pada spektrum OES argon murni, karena plasma ini monoatomik, sehingga spektrum yang muncul adalah garis-garis spektral, bukan berupa pita (*band*) yang muncul karena transisi elektronik molekul diatomik. Tetapi, dikarenakan adanya mekanisme pelebaran garis spektra, garis-garis spektral yang teramati tidaklah berupa garis lurus, tetapi berupa puncak-puncak. Pada plasma argon murni, garis spektral yang banyak muncul adalah garis spektral Ar I dan Ar II. Garis spektral Ar I cenderung muncul pada wilayah spektrum berenergi rendah, yaitu pada wilayah foton radiasi dengan panjang gelombang tinggi ( $>700$  nm), sedangkan garis spektral Ar II cenderung berada pada wilayah spektrum berenergi rendah ( $<500$  nm). Garis spektral dengan intensitas paling tinggi berada pada garis 750.59 nm yang berasal dari transisi Ar I.

Kemungkinan proses atomik yang terjadi dalam plasma argon murni ini sebagai berikut :



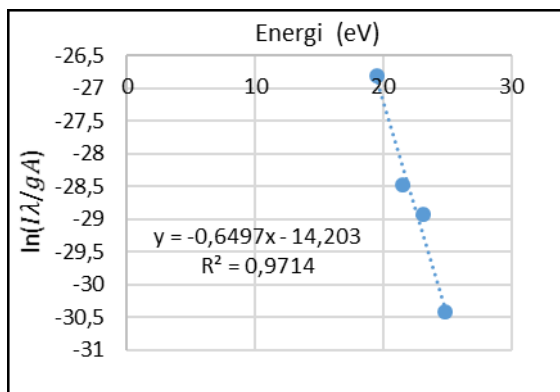
(Eksitasi atom Ar netral , Ar I)





**Gambar 3.1** Spektrum OES Argon Murni dan Beberapa Transisi Atomiknya

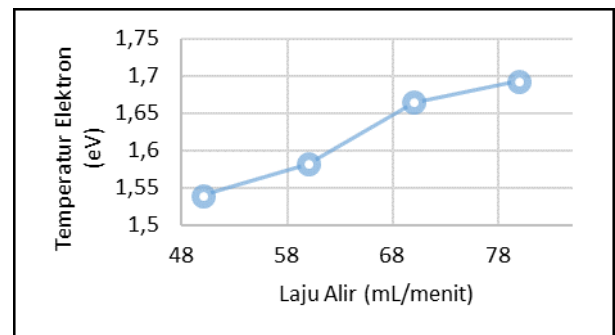
Temperatur elektron dari plasma argon murni ditentukan menggunakan grafik Boltzmann. Grafik Boltzmann yang diperoleh menghasilkan regresi linear yang baik, dengan koefisien regresi mendekati satu ( $R^2$ ). Garis transisi atomik yang dipilih untuk grafik Boltzmann adalah 4 garis transisi Ar II yaitu, pada panjang gelombang 335,1, 354,9, 404,4 dan 426,7 nm. Data – data spektroskopik pada transisi bersangkutan diperoleh dari NIST. Salah satu grafik Boltzmann yang telah dibuat disertakan di bawah:



**Gambar 3.2** Grafik Hubungan  $\ln(I\lambda/gA)$  Terhadap Energi Eksitasi

Variasi laju alir gas argon berpengaruh pada temperatur elektron. Peningkatan laju alir gas argon ternyata meningkatkan temperatur elektron. Temperatur elektron pada penelitian ini antara 1,5 – 1,7 eV untuk variasi laju alir

50 – 80 mL/menit.. Di bawah disertakan grafik variasi laju alir terhadap temperatur.



**Gambar 3.3** Grafik Pengaruh Laju Alir terhadap Temperatur Elektron

Bila dilihat dari grafik di atas, hubungan antara laju alir gas terhadap temperatur adalah linear. Pada variasi laju alir 50 - 80 mL/menit, kenaikan temperatur tidak signifikan. Naiknya laju alir 60% hanya meningkatkan temperatur sebesar 13% saja.

#### 4. Kesimpulan

Plasma yang digunakan pada penelitian ini adalah plasma gas argon murni. Temperatur elektron pada penelitian ini antara 1,5 – 1,7 eV untuk variasi laju alir 50 – 80 mL/menit. Peningkatan laju alir gas argon ternyata meningkatkan temperatur elektron, walaupun tidak signifikan.

## Daftar Pustaka

- [1] Hamed, S. 2005. Spectroscopic Determination of Excitation Temperature and Electron Density in Premixed Laminar Flame. *Egypt. J. Solids*, **28**, 349-357.
- [2] Harry, J. 2010. *Introduction to Plasma Technology*. WILEY-VCH Verlag: Weinheim.
- [3] ([http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines\\_form.html](http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html)). NIST. 2012. NIST Atomic Spectra Database. Diakses pada bulan Februari-April 2013.
- [4] Jamroz, P., W. Zyrnicki. 2010. Optical emission spectroscopy study for nitrogen–acetylene–argon and nitrogen–acetylene–helium 100 kHz and dc discharges. *Vacuum*, **84**(7), 940-946.
- [5] Piel, A. 2010. *Plasma Physics: An Introduction to Laboratory, Space and Fusion Plasmas*. Springer: Heidelberg.