

DOI: doi.org/10.21009/0305020221

IDENTIFIKASI UNSUR-UNSUR KIMIA PADA KAYU KERAS (HARDWOOD) DAN KAYU LUNAK (SOFTWOOD) DENGAN TEKNIK LASER INDUCED SHOCKWAVE PLASMA SPECTROSCOPY

Dani Rustanti^{1,*}, Mangasi Alion Marpaung², Maria Margaretha Suliyanti³

¹Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta 13220

²Prodi Fisika FMIPA UNJ, Jl. Pemuda No. 10, Jakarta 13220

³Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314

^{*}Email:pineapplechoco@yahoo.co.id

Abstrak

Telah dilakukan eksperimen dengan teknik *Laser Induced Shockwave Plasma Spectroscopy* (LISPS) menggunakan laser Nd-YAG (1064 nm, 10 Hz) yang dioperasikan pada mode Q-Switch pada sampel kayu jati, kayu meranti, dan kayu balsa yang sudah dikeringkan. Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi dan membandingkan kandungan unsur-unsur kimia dari ketiga sampel kayu. Sampel diletakkan pada suatu ruang yang terbuat dari logam dimana tekanan udaranya dapat divakumkan dan divariasikan dengan pompa vakum. Dalam penelitian ini tekanan divariasikan sebanyak tiga kali yaitu 5 torr, 15 torr, dan 35 torr sedangkan energi lasernya divariasikan sebanyak 5 kali yaitu 12 mj, 45 mj, 70 mj, 93 mj, dan 120 mj. Plasma dibangkitkan dengan memfokuskan berkas (pulsa) laser pada permukaan sampel dengan lensa pemfokus melalui window. Radiasi plasma dideteksi menggunakan spektrometer yang dilengkapi dengan fiber optik. Dari hasil penelitian, diperoleh spektrum garis plasma yang paling tajam pada energi 93 mj tekanan 5 torr untuk masing-masing sampel kayu. Unsur-unsur yang terdeteksi yaitu karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), kalsium (Ca), nitrogen (N), magnesium (Mg), dan kalium (K) dimana intensitas unsur untuk sampel kayu keras (jati dan meranti) lebih tinggi dari pada intensitas unsur sampel kayu lunak (balsa).

Kata kunci: *Laser Induced Shockwave Plasma Spectroscopy, Kayu keras dan kayu lunak, Identifikasi unsur-unsur kimia.*

Abstract

Spectral analysis of elemental wood samples (teak, meranti and balsa) has been done using Laser Induced Shockwave Plasma Spectroscopy with laser Nd-YAG (1064 nm, 10 Hz), which is operated in mode Q-Switch. The study was conducted to identify and compare the content of the chemical elements of the wood samples. Samples were placed in a chamber made of metal where the air pressure can be varied with vacuum pumps. In this experiment there are three times varied pressure 5 torr, 15 torr and 35 torr while the laser energy is varied 5 times, which are 12 mJ, 45 mJ, 70 mJ, 93 mJ, and 120 mJ. Plasma generated by focusing the beam (pulse) of laser at the sample surface by the focusing lens through the window. Plasma radiation was detected using a spectrometer equipped with fiber optics. The research results obtained spectrum plasma lines are the sharpest on the energy of 93 mJ pressure of 5 torr for each samples. The elements were detected, namely carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), calcium (Ca), nitrogen (N), magnesium (Mg), and potassium (K) which the intensity of the hardwood elements (teak and meranti) is higher than the intensity of the softwood elements (balsa).

Keywords: *Laser Induced Shockwave Plasma Spectroscopy, hardwoods and softwoods, identification of chemical elements.*

1. Pendahuluan

Dalam dunia perdagangan, kayu dibagi menjadi dua golongan utama yaitu *softwood* (kayu lunak/kayu daun jarum) dan *hardwood* (kayu keras/kayu daun lebar). Suatu kali pertanyaan tentang bagaimana mengidentifikasi karakteristik kayu keras dan kayu lunak menjadi perdebatan kecil sebab di laboratorium tidak terdapat metode khusus untuk mengidentifikasi karakteristik kedua jenis kayu ini. Padahal dengan memahami sifat dan karakteristik dari kedua jenis kayu ini maka teknik pengolahan dan pemanfaatannya pun akan lebih mudah. Oleh sebab itu, dibutuhkan penelitian mengenai karakterisasi khususnya kandungan unsur pada kayu keras dan kayu lunak menggunakan metode yang tepat dan praktis. Ada berbagai macam metode untuk menganalisis kandungan unsur suatu material yang saat ini telah berkembang pesat salah satunya yaitu metode analisis spektrokimia.

Salah satu metode analisis spektrokimia yang tergolong baru saat ini yaitu metode melalui analisis plasma pada bahan yang membuat teknik analisis semakin cepat dan praktis. Teknik ini disebut dengan *Laser Induced Plasma* (LIP). Teknik LIP ini dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu teknik *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS) dan *Laser Induced Shockwave Plasma Spectroscopy* (LISPS). Selama ini identifikasi unsur pada sampel organik dilakukan dengan menggunakan teknik LIBS. Teknik ini mempunyai kelemahan akan menghasilkan lubang yang dalam untuk sampel organik yang bersifat lunak sehingga intensitas plasma yang dihasilkan akan semakin menurun. Selain itu, emisi plasma unsur ringan seperti hidrogen dan karbon yang terkandung dalam sampel akan lemah pada kondisi tekanan atmosfer. Sedangkan pada teknik LISPS sangat baik untuk identifikasi unsur sampel organik karena teknik LISPS ini tidak merusak sampel seperti pada LIBS yang menghasilkan lubang pada sampel, selain itu karena teknik ini dikondisikan pada tekanan rendah, maka unsur ringan seperti hidrogen dan karbon akan mampu teridentifikasi dengan baik.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian:

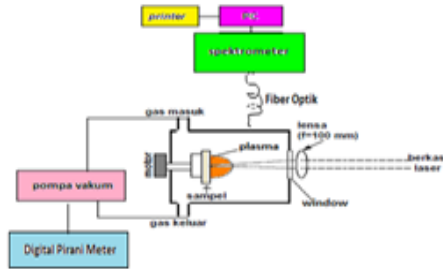
1. Kayu Jati, Kayu Meranti, dan Kayu Balsa ($4 \times 3 \times 1$)cm³
2. Laser Nd-YAG 1064 nm (QUANTA RAY, LAB SERIES)
3. Lensa pemfokus (100mm)
4. Chamber logam ($11 \times 11 \times 25$)cm³
5. Pompa vakum
6. Fiber optik
7. Spektrometer
8. Digital pirani meter
9. Motor stepper
10. Jendela optik quartz
11. Personal computer

Cara Kerja:

Adapun cara kerja pada penelitian ini yaitu berkas laser pulsa Nd:YAG 1064 nm (Quanta Ray LAB SERIES) yang dioperasikan pada mode Q-Switch pada frekuensi repetisi 10 Hz dan difokuskan dengan lensa pemfokus ($f=100$ mm) pada jarak 10 cm dari permukaan sampel melalui jendela quartz. Sampel kayu ini ditempatkan pada ruang yang terbuat dari logam berukuran ($11 \times 11 \times 25$ cm³), yang dapat divakumkan dengan pompa vakum dan dapat diisi udara sesuai dengan tekanan yang diinginkan. Aliran udara dalam *needle valve* dan tekanan dalam ruang vakum dimonitor dan diukur dengan digital pirani meter. Spektrometer dilengkapi dengan fiber optik digunakan untuk mengetahui spektrum emisi plasma

Pada eksperimen ini peneliti memvariasikan tekanan ruang vakum pada lingkungan gas udara sebanyak tiga kali yaitu 5 torr, 15 torr, dan 35 torr serta memvariasikan energi laser sebanyak lima kali yaitu 12 mj, 45 mj, 70 mj, 93 mj, dan 120 mj. Hal ini dilakukan untuk memperoleh sensitivitas spektrum plasma yang paling bagus agar unsur-unsur pada kayu dapat terdeteksi.

Selama iradiasi laser, sampel diputar dengan menggunakan motor stepper. Radiasi plasma dideteksi menggunakan spektrometer dengan bantuan fiber optik yang ditempatkan pada daerah emisi plasma



Gambar 1. Set up eksperimen

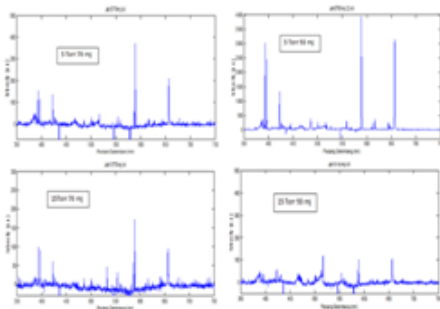
sekunder. Data spektrum yang diperoleh dalam format *txt* ini selanjutnya diolah dengan menggunakan program Microsoft excel dan MATLAB untuk menentukan unsur-unsur kimia apa saja yang terkandung pada ketiga sampel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sensitivitas Spektrum Berdasarkan Variasi Tekanan Udara dan Energi Laser

Berdasarkan hasil penelitian, variasi tekanan udara dan variasi energi laser mempengaruhi pembentukan spektrum emisi plasma. Spektrum emisi plasma dengan sensitivitas paling tinggi diperoleh pada kondisi tekanan 5 torr dengan energi laser 93 mj pada ketiga sampel kayu.

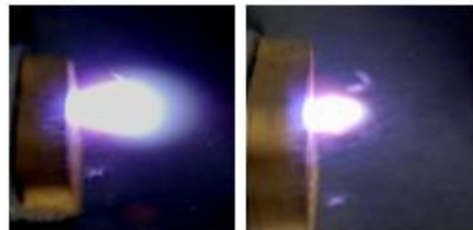
Semakin rendah tekanan udara yang diberikan, maka spektrum yang dihasilkan akan semakin bagus. Pada gambar berikut ini disajikan hasil eksperimen berupa spektrum emisi sampel pada daerah panjang gelombang 300-800 nm.



Gambar 2. Spektrum emisi kayu jati dengan kondisi tekanan dan energi laser yang berbeda, kiri: energi 70 mj, kanan: energi 90 mj

Sedangkan pada energi 120 mj dengan tekanan udara yang sama, sensitivitas spektrum emisi sampel mulai menurun hal ini disebabkan oleh sampel yang rusak karena terus menerus terablasti oleh laser sehingga menimbulkan *deep hole* atau lubang yang dalam pada sampel sebab laser memiliki batas ambang energi yang dipompakan, jadi dalam penggunaannya harus mempertimbangkan batas ambangnya. Jika energi yang diberikan terlalu besar, maka sampel akan cepat rusak dan akan memperpendek usia penggunaan laser. Sebaliknya, jika energi yang diberikan terlalu kecil, maka spektrum emisi yang dihasilkan kurang bagus.

Bentuk dan warna plasma dari hasil penembakan laser Nd-YAG antara ketiga kayu memiliki kesamaan. Gambar bentuk plasma sampel kayu ditunjukkan pada gambar berikut.



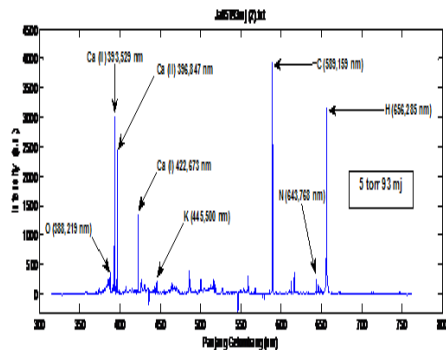
Gambar 3. Bentuk plasma hasil penembakan Laser Nd-YAG pada sampel kayu, kiri: tekanan udara rendah, kanan: tekanan udara tinggi

Gambar 3 menunjukkan gambar plasma pada kondisi tekanan udara yang berbeda. Dari gambar dapat dilihat bahwa bentuk plasma akan semakin mengembang bila diberi tekanan udara rendah. Hal ini sesuai dengan teori bahwa pembentukan plasma dipengaruhi oleh faktor tekanan gas penyangga dimana semakin kecil tekanan udara yang diberikan maka plasma yang mengembang akan menekan gas sekitarnya dengan mudah sehingga plasma merambat dengan cepat dan saat tereksitasi akan

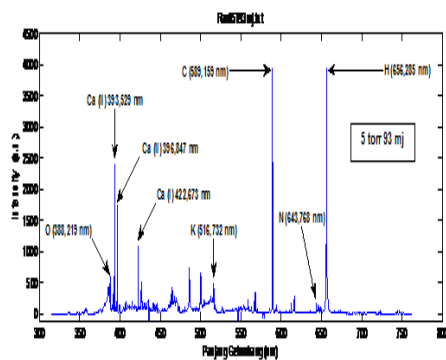
semakin terlihat jelas emisinya dengan mata (Pardede, 1998).

3.2 Identifikasi Unsur Berdasarkan Spektrum yang Diperoleh

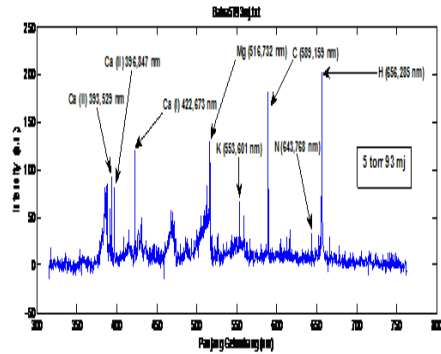
Dari hasil pengolahan data spektrum, didapatkan bahwa unsur-unsur yang teridentifikasi pada ketiga sampel kayu antara lain karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan kalium (K) dengan intensitas unsur yang berbeda pada masing-masing sampel kayu. Kayu jati dan kayu meranti (*hardwood*) memiliki intensitas unsur yang tinggi dari pada kayu balsa (*softwood*).



Gambar 4. Unsur-unsur kayu jati yang teridentifikasi



Gambar 5. Unsur-unsur kayu meranti yang teridentifikasi



Gambar 6. Unsur-unsur kayu balsa yang teridentifikasi

Untuk bisa lebih membedakan antara *hardwood* dan *softwood*, peneliti membandingkan rasio intensitas antara emisi ion Ca (II) 393,5 nm dan emisi atom netral Ca (I) 422,67 nm. Dari hasil perhitungan, untuk kayu jati, kayu meranti, dan kayu balsa masing-masing memiliki rasio intensitas unsur kalsium sebesar 2.27, 2.07, dan 0.77. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio Ca (II) dan Ca (I), maka tingkat kekerasan sampel juga akan semakin besar artinya, kayu jati memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan kayu meranti dan kayu balsa karena kayu jati mengandung unsur kalsium lebih banyak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Interaksi pulsa daya tinggi dengan material padat akan menghasilkan penguapan dari fase padat material menjadi fase gas yang temperaturnya panas. Gas yang memiliki temperatur tinggi ini lah yang disebut plasma.
2. Variasi dari tekanan udara dan energi laser mempengaruhi sensitivitas spektrum serta bentuk plasma yang dihasilkan. Pada penelitian ini, spektrum dengan sensitivitas yang tinggi diperoleh pada kondisi tekanan udara 5 torr dan energi laser 93 mj untuk ketiga sampel kayu.
3. Unsur-unsur yang teridentifikasi pada ketiga sampel kayu sama namun memiliki intensitas yang berbeda. Unsur-

unsur tersebut antara lain karbon (C), hidrogen (H), Oksigen (O), nitrogen (N), kalsium (Ca), kalium (K), dan magnesium (Mg).

4. Kayu keras (jati dan meranti) memiliki intensitas unsur lebih tinggi dibandingkan kayu lunak (balsa).
5. Kayu jati memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan kayu meranti dan kayu balsa berdasarkan perhitungan rasio intensitas Ca(II) 393,5 nm dan Ca(I) 422,67 nm.

Daftar Acuan

- [1] Hedwig, R dkk, Studi Pendahuluan untuk Analisa Kualitatif dan Kuantitatif Elemen Hidrogen pada Sampel Logam dengan Menggunakan Teknik Ablasi Laser, Seminar Nasional I Optoelektronika dan Aplikasi Laser (2013).
- [2] Iswanto, A H, Struktur Anatomi Kayu Daun Lebar (Hardwood) dan Kayu Daun Jarum (Softwood), Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara (2008).
- [3] Khumaeni, Ali, Budi, W S, Firdausi, K S, Penghitungan Rasio Intensitas Ca (II) 396,8 nm dan Ca (I) 422,6 nm pada Sampel Tasbih Asli dan Imitasi Menggunakan Metode Laser Induced Shockwave Plasma (LISPS), Jurnal Fisika (2006) Vol.9, No.2, hal 55-62.
- [4] Marpaung, M A, Pembangkitan Plasma dengan Laser Pulsa Daya Tinggi, Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta (2013).
- [5] Pardede, Marincan, Efek Penguapan Selektip pada Plasma Gelombang Kejut Iradiasi Laser, Tesis Program Studi Opto Elektroteknika dan Aplikasi Laser, Universitas Indonesia (1998).
- [6] Suliyanti, M M, Aplikasi Laser dalam Analisa Unsur dengan Teknik Pembangkitan Plasma dan Metode Pelapisan, Jurnal Fisika (2010) Vol.10-No.1, Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong.

