

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.23

ANALISIS DISTRIBUSI TIMBAL SEBAGAI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN TEKNIK *LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY* (LIBS)

Ayu Gustiara Pasyah^{a)}, Mangasi Alion Marpaung^{b)}, Riser Fahdiran^{c)}

Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13320

Email: ^{a)}agpasyah@gmail.com, ^{b)}mangasi@unj.ac.id, ^{c)}riser-fahdiran@unj.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi distribusi partikulat Pb sebagai emisi gas buang kendaraan bermotor dengan teknik *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). Sampel berupa tanah diambil pada dua lokasi berbeda dengan kedalaman 0 cm dan 15 cm dari lingkungan penduduk sekitar jalan raya. Perbandingan menggunakan sampel buatan berupa campuran PbCl₂ dengan tanah. Sampel dipeletisasi dan ditembakkan laser dalam mode *Q-switching*. Data penelitian berupa spektrum antara panjang gelombang dan intensitas. Spektrum yang terbentuk dari keseluruhan sampel menunjukkan tidak adanya kandungan Pb yang terdeteksi. Unsur yang teridentifikasi adalah Magnesium (Mg), Besi (Fe), tungsten (W), Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Silikon (Si), Titanium (Ti), Natrium (Na), Mangan (Mn), Alumunium (Al), Thorium (Th), Tembaga (Cu).

Kata-kata kunci: Kendaraan Bermotor, LIBS, Timbal, Spektroskopi

Abstract

Spectral analysis to identify the distribution of particulate lead (Pb) as exhaust emissions of motorized vehicles has been done using *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). The soil samples were taken at two different location with various depths 0 cm and 15 cm from population around the highway. Comparison was carried out by mixture of PbCl₂ and soil. All samples were pelletized and ablated by Q-Switched Nd:YAG laser. The quantitative result shown in spectrum between wavelength and intensity. The spectrum were formed by all samples showed no detectable Pb content. The identified elements are Magnesium (Mg), Iron (Fe), Tungsten (W), Calcium (Ca), Hydrogen (H), Oxygen (O₂), Silicon (Si), Titanium (Ti), Sodium (Na), Manganese (Mn), Alumunium (Al), Thorium (Th), Copper (Cu).

Keywords: Motorized Vehicles, LIBS, Lead, Spectroscopy

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah yang serius bagi lingkungan sekitar dengan adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2016 jumlah kendaraan yang melintasi Jakarta mencapai 18 juta kendaraan bermotor. Pada umumnya

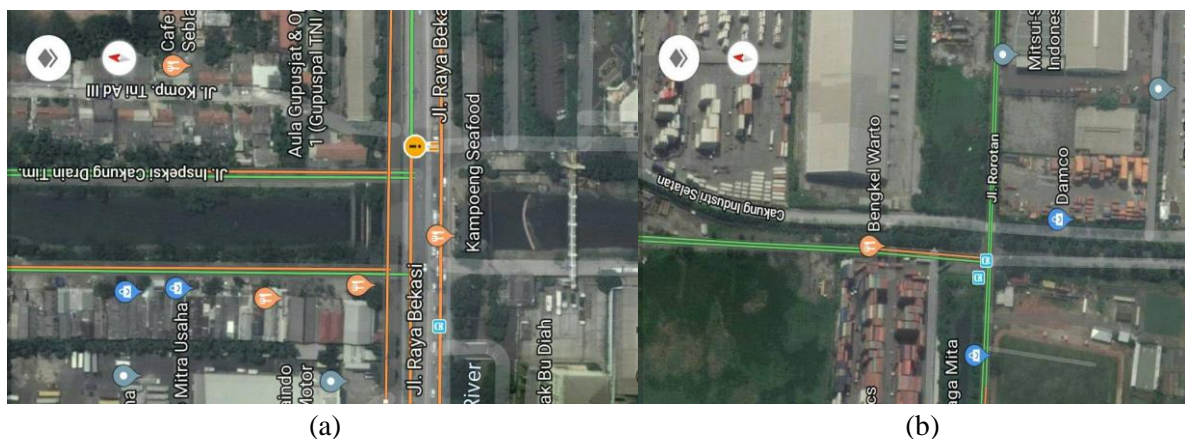
kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar bensin. Di Indonesia, terdapat beberapa jenis bahan bakar kendaraan bermotor yang dikelola Pertamina seperti premium (RON 88), pertalite (RON 90), pertamax (RON 92), pertamax plus (RON 95), dan pertamax turbo (RON 98) yang terdiri dari hidrokarbon, sulfur dan timbal dengan kadar yang bervariasi. Timbal digunakan sebagai campuran bensin karena mempunyai sensitivitas yang tinggi untuk menaikkan bilangan oktan bahan bakar, meningkatkan daya pelumas dan efisiensi pembakaran bahan bakar. Pada bahan bakar bensin, setiap 0,1 g/l timbal mampu menaikkan bilangan oktan sebesar 1,5 hingga 2 satuan. Menurut keputusan Dirjen Migas tahun 2016, kandungan timbal adalah maksimal 0,013 g/l untuk premium tanpa timbal dan 0,3 g/l untuk premium bertimbal. Menurut *Environmental Protection Agency*, sekitar 25 % logam berat timbal tetap berada dalam mesin dan 75 % lainnya akan mencemari udara sebagai asap knalpot. Partikulat timbal yang keluar melalui knalpot berukuran 4 mikron.

Senyawa-senyawa timbal (Pb) dapat memberikan efek racun terhadap banyak organ yang terdapat dalam tubuh [1]. Keracunan Pb dapat juga mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, dan kerusakan otak [2]. Secara alami Pb ditemukan di udara dengan kadar yang berkisar antara 0,0001-0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [3]. Namun, adanya peningkatan volume kendaraan bermotor menyebabkan kenaikan konsentrasi Pb di udara. Masyarakat yang bermukim maupun beraktivitas dalam jangka waktu yang lama disekitar jalan raya akan rentan terkena bahaya timbal karena kendaraan bermotor akan mengemisikan partikulat timbal yang akan terdistribusi pada jarak tertentu. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi distribusi partikulat Pb sebagai emisi gas buang kendaraan dengan teknik *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS).

Teknik LIBS digunakan dalam menganalisis suatu unsur dikarenakan memiliki banyak keunggulan yaitu pengukuran yang cepat hanya dalam hitungan beberapa detik, dapat melakukan analisis secara *real-time*, persiapan sampel yang tidak rumit, dapat mengukur hampir semua kandungan unsur kimia secara bersamaan, serta dapat mengukur konsentrasi unsur yang sangat kecil. Laser sendiri memiliki banyak aplikasi, misalnya pada ragam gelombang [4], kandungan unsur serbuk kopi [5], dan deposisi lapisan tipis yttria-stabilized zirconia [6]. Intensitas menyatakan konsentrasi atau jumlah suatu unsur yang berada didalam sampel sedangkan panjang gelombang menunjukkan jenis unsurnya. Sehingga dapat memilih unsur apa yang akan dianalisis [7]. Karakteristik-karakteristik plasma LIBS yaitu suhu, densitas elektron dan derajat ionisasi ditentukan oleh berbagai parameter termasuk jenis sampel [8].

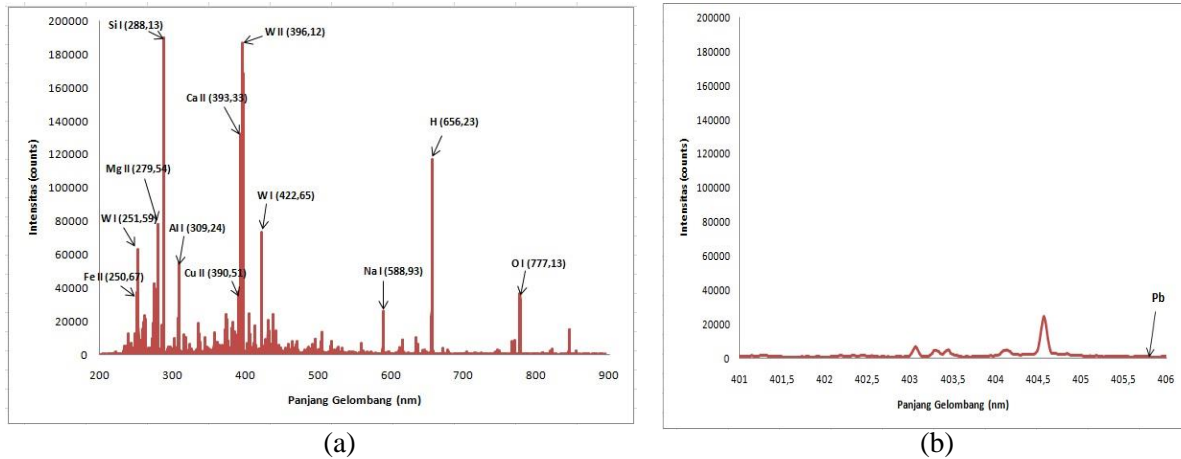
METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimen menggunakan teknik LIBS. Sampel tanah dicuplik dari dua lokasi yang berbeda dengan kedalaman 0 cm dan 15 cm. Sampel buatan berupa campuran PbCl_2 10 % dengan tanah sebagai perbandingan. Setiap 10 gram sampel tanah dipeletisasi berdiameter 2,5 cm dengan ketebalan 0,5 cm. Sampel difokuskan dan ditembakkan laser Nd:YAG dengan panjang gelombang 1064 nm yang dioperasikan dalam mode *Q-Switching* dengan waktu tunda 1 μs . Energi laser diatur sebesar 83 mJ dan tekanan diatur sebesar 4 torr.



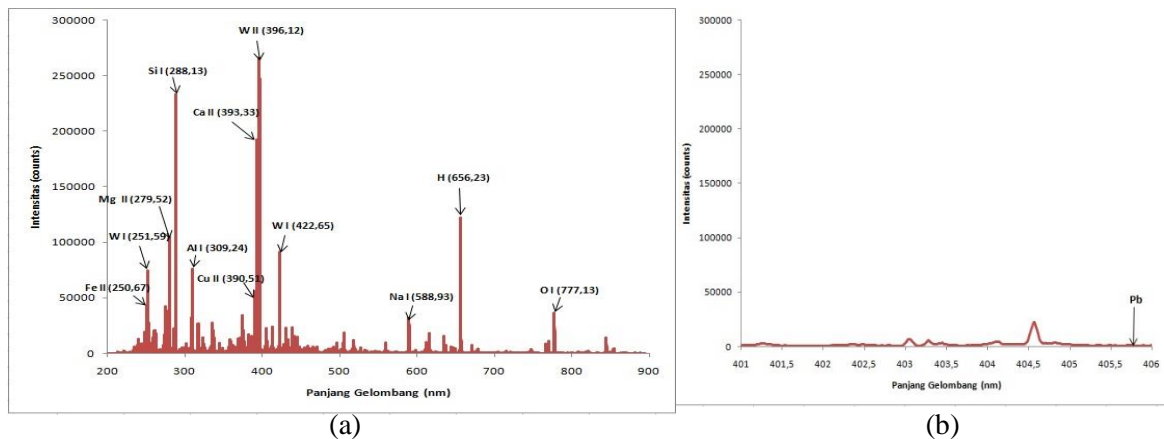
GAMBAR 1. Lokasi Pencuplikan Sampel Tanah (a) Jl. Raya Bekasi, (b) Jl. Rorotan Cakung Cilincing

HASIL DAN PEMBAHASAN



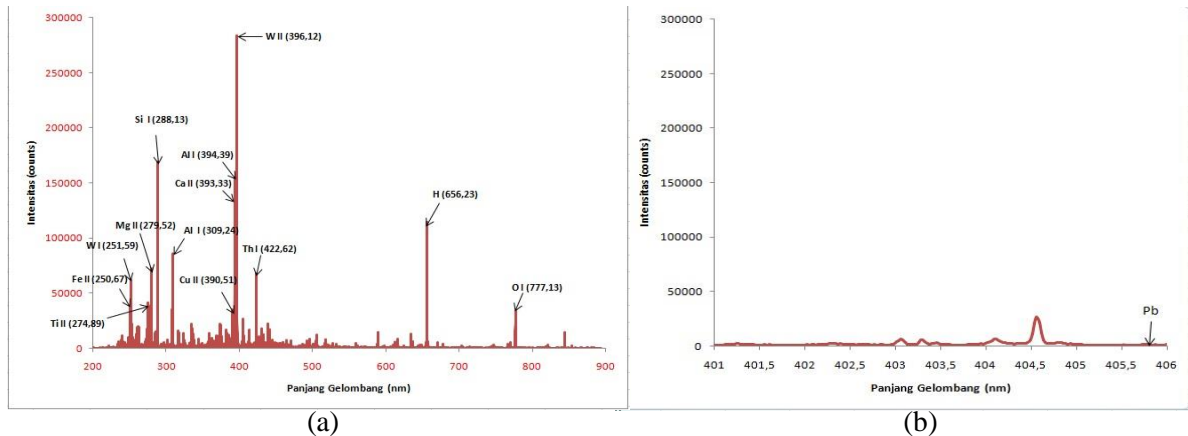
GAMBAR 1. Spektrum Sampel Tanah Jl. Rorotan Cakung Cilincing Kedalaman 0 cm (a) semua unsur, (b) unsur Pb

GAMBAR 1 menunjukkan spektrum yang dihasilkan dari sampel tanah pada permukaan di Jl. Rorotan Cakung Cilincing. Unsur yang terdeteksi yaitu Magnesium (Mg), Besi (Fe), tungsten (W), Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Silikon (Si), Natrium (Na), Alumunium (Al), Tembaga (Cu). Unsur – unsur yang dominan yaitu Silikon (Si), Kalsium (Ca), Tungsten (W), dan Hidrogen (H). Sedangkan untuk unsur Pb tidak terdeteksi.



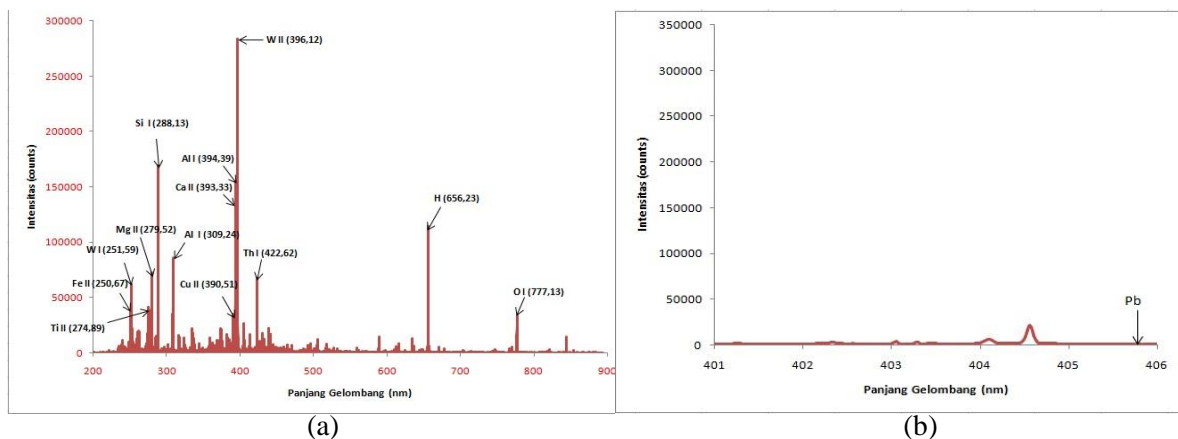
GAMBAR 2. Spektrum Sampel Tanah Jl. Rorotan Cakung Cilincing Kedalaman 15 cm (a) semua unsur, (b) unsur Pb

GAMBAR 2 menunjukkan spektrum yang dihasilkan dari sampel tanah pada kedalaman 15 cm di Jl. Rorotan Cakung Cilincing. Unsur yang terdeteksi yaitu Magnesium (Mg), Besi (Fe), tungsten (W), Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Silikon (Si), Natrium (Na), Alumunium (Al), Tembaga (Cu). Unsur – unsur yang dominan yaitu Silikon (Si), Kalsium (Ca), Tungsten (W), Magnesium (Mg) dan Hidrogen (H). Sedangkan untuk unsur Pb tidak terdeteksi.



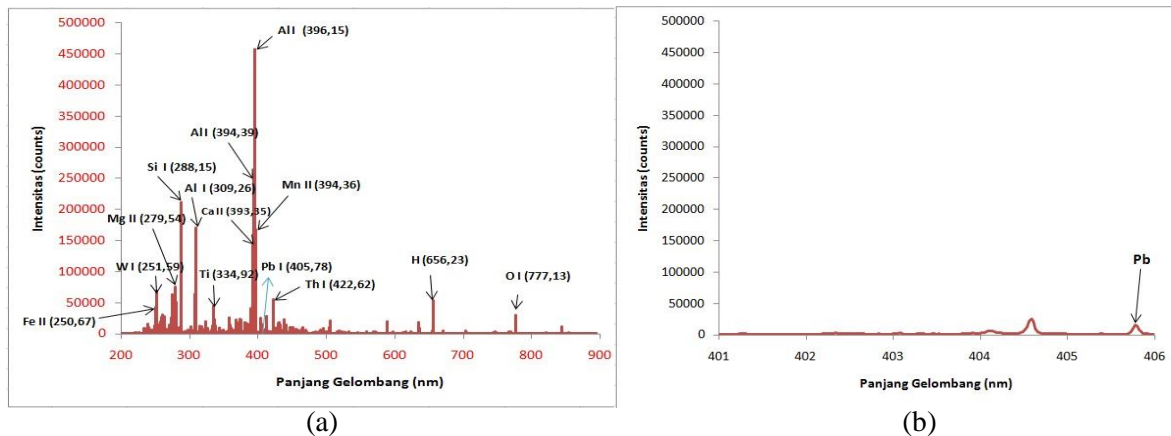
GAMBAR 3. Spektrum Sampel Tanah Jl. Raya Bekasi Kedalaman 0 cm (a) semua unsur, (b) unsur Pb

GAMBAR 3 menunjukkan spektrum yang dihasilkan dari sampel tanah pada permukaan di Jl. Raya Bekasi. Unsur yang terdeteksi yaitu Magnesium (Mg), Besi (Fe), tungsten (W), Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Silikon (Si), Natrium (Na), Alumunium (Al), Tembaga (Cu), Titanium (Ti), Thorium (Th). Unsur – unsur yang dominan yaitu Silikon (Si), Kalsium (Ca), Alumunium (Al), Tungsten (W), dan Hidrogen (H). Sedangkan untuk unsur Pb tidak terdeteksi.



GAMBAR 4. Spektrum Sampel Tanah Jl. Raya Bekasi Kedalaman 15 cm (a) semua unsur, (b) unsur Pb

GAMBAR 4 menunjukkan spektrum yang dihasilkan dari sampel tanah pada kedalaman 15 cm di Jl. Raya Bekasi. Unsur yang terdeteksi yaitu Magnesium (Mg), Besi (Fe), Tungsten (W), Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Silikon (Si), Natrium (Na), Alumunium (Al), Tembaga (Cu), Titanium (Ti), Thorium (Th). Unsur – unsur yang dominan yaitu Silikon (Si), Kalsium (Ca), Alumunium (Al), Tungsten (W), dan Hidrogen (H). Sedangkan untuk unsur Pb tidak terdeteksi.



GAMBAR 5. Spektrum Campuran $PbCl_2$ 10 % dengan Sampel Tanah (a) semua unsur, (b) unsur Pb

GAMBAR 5 menunjukkan spektrum yang dihasilkan dari sampel buatan berupa campuran tanah dengan 1 gram $PbCl_2$ 10%. Unsur yang terdeteksi yaitu Magnesium (Mg), Besi (Fe), Tungsten (W), Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Oksigen (O_2), Silikon (Si), Natrium (Na), Aluminium (Al), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Titanium (Ti), Thorium (Th). Pada spektrum tersebut unsur Pb terdeteksi dan menunjukkan puncak gelombang yang signifikan pada panjang gelombang 405,78 nm. Dikarenakan unsur Pb memiliki potensial eksitasi yang kecil sehingga mudah untuk terkesitasi ketingkat energi yang lebih tinggi dan menghasilkan emisi. Spektrum sampel sebelumnya menunjukkan unsur-unsur dominan yang memiliki potensial eksitasi yang lebih besar daripada potensial eksitasi unsur Pb seperti Silikon (Si), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Mangan (Mn), dan Hidrogen (H). Hal ini membuktikan bahwa alat yang digunakan dapat mendeteksi unsur Pb meskipun dengan intensitas yang kecil.

Tidak adanya unsur Pb yang terdeteksi pada sampel tanah yang diujikan dikarenakan tidak adanya penambahan aditif logam seperti timbal pada produksi bahan bakar minyak untuk menaikkan angka oktan oleh PT Pertamina berdasarkan keputusan Dirjen Migas tahun 2016, yaitu kandungan timbal maksimal 0,013 g/l untuk premium tanpa timbal dan 0,3 g/l untuk premium bertimbal. Kandungan maksimal timbal yang dimaksud adalah kandungan timbal dari hasil pengolahan minyak mentah. Pada kendaraan bermotor, saat pembakaran berlangsung suhu udara naik mencapai 2000 – 2500 $^{\circ}C$ dan tekanan mencapai 3 - 4 juta pascal. Sedangkan titik lebur logam timbal yaitu 327,46 $^{\circ}C$ dan tekanan uap timbal sebesar 10^5 Pa pada suhu 1753,85 $^{\circ}C$. Pada suhu 550 – 600 $^{\circ}C$ timbal akan menguap dan membentuk senyawa PbO . Sehingga untuk konsentrasi timbal yang sangat kecil akan mudah melebur dan menguap menjadi saat pembakaran berlangsung.

REFERENSI

- [1] Palar, H. 1995. Pencemaran dan etoksologi logam berat. Jakarta : Rineka Cipta.
- [2] Herman, Danny Zulkifli. 2006. Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 1 Maret 2006: 31-36
- [3] Kumaat, M., 2012. Transportasi dan Polusi pada Kawasan Pendidikan. *Jurnal Tekno Sipil*, Vol.10, No. 57, p27-32.
- [4] N. F. Maghfiroh, N. F. Nikmah, and R. A. Safarudin, "ANALISIS KARAKTERISTIK RAGAM GELOMBANG YANG DIHASILKAN RESONATOR LASER (LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION) DENGAN HERMIT GAUSSIAN MODE", *SPEKTRA*, vol. 1, no. 1, pp. 77 - 82, Aug. 2016.
- [5] R. Septiani, M. A. Marpaung, and M. M. Suliyanti, "IDENTIFIKASI KANDUNGAN UNSUR-UNSUR VARIETAS SERBUK KOPI DENGAN TEKNIK LASER INDUCED

SHOCK WAVE PLASMA SPECTROSCOPY”, *SPEKTRA*, vol. 2, no. 1, pp. 15 - 22, Mar. 2017.

- [6] A. Agusutrisno, E. Suharyadi, M. Mardiyanto, and A. K. Rivai, “STUDI AWAL DEPOSISI LAPISAN TIPIS YTTRIA-STABILIZED ZIRCONIA (YSZ) PADA SUBSTRAT BAJA FERITIK DENGAN METODE PLD - PULSED LASER DEPOSITION”, *SPEKTRA*, vol. 16, no. 1, pp. 34-38, Jun. 2015.
- [7] Suyanto, H., & Manurung, M. 2014. Studi Perbandingan Analisis Unsur Plumbum (Pb) dari Hasil Elektrolisis Antara Metode Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) dengan Metode Konvensional. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 10(2), 178-185, <https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i2.3355>
- [8] Idris, N., Usmawanda, T. N., Lahna, K., & Ramli, M. (2018). Karakteristik Fisik Plasma dalam Metode Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) Menggunakan Laser Neodymium : Yttrium-Alumunium-Garnet (Nd:YAG) Pada Sampel Daging Kerang Sungai, 2(1),9-14.