

Studi Awal Analisator Perubahan Sifat Elektrik Materi Cair yang Berinteraksi dengan Cahaya untuk Aplikasi Spektrometri

Angga Wahyu Pratama^{(1)*}, Arif Surtono⁽¹⁾, dan Junaidi⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung 35145

*E-mail: anhyumaismyname@gmail.com

Diterima (5 Nopember 2018), direvisi (20 Nopember 2018)

Abstract. An initial study research has been carried out on the realization of electrical properties analyzer of liquids that interact with light to be applied to spectrometry. This study aims to develop a spectrometry method based on changes in electrical resistance in liquids when interacting with laser. Methylene blue solution was used as a sample that illuminated by a laser with 650 nm wavelength. The laser beam causes a change in electrical resistance in the methylene blue solution detected by Arduino Nano and converted to a concentration quantity. The conversion equation for changes in electrical resistance to concentration was obtained from the measurement of the change in electrical resistance of methylene blue solutions at concentration of 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, 1000 ppm. The equation was obtained based on the exponential regression approach with error value of 15,70 %. The analyzer test was carried out by measuring the concentration of methylene blue solution at a concentration of 500 ppm, 600 ppm, and 700 ppm. The test results show an error value of 9,83 %.

Keyword: Spectrometry, electrical properties, methylene blue, laser, Arduino Nano

Abstrak. Telah dilakukan penelitian studi awal realisasi analisator perubahan sifat elektrik materi cair yang berinteraksi dengan cahaya untuk aplikasi spektrometri. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode spektrometri berdasarkan perubahan hambatan pada sampel ketika disinari laser. Larutan metilen biru digunakan sebagai sampel yang disinari laser dengan panjang gelombang 650 nm. Sinar laser menyebabkan perubahan hambatan larutan metilen biru yang akan dideteksi oleh Arduino Nano dan dikonversi menjadi besaran konsentrasi. Persamaan konversi perubahan hambatan (y) menjadi konsentrasi (x) diperoleh dari hasil pengukuran perubahan hambatan larutan metilen biru pada konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm. Persamaan tersebut diperoleh berdasarkan pendekatan regresi eksponensial dengan nilai error sebesar 15,70 %. Pengujian analisator dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan metilen biru yang diketahui konsentrasinya sebesar 500 ppm, 600 ppm, dan 700 ppm. Hasil pengujian menunjukkan nilai error sebesar 9,83 %.

Kata Kunci: Spektrometri, sifat elektrik, metilen biru, laser, Arduino Nano.

PENDAHULUAN

Pengetahuan tentang kandungan suatu materi menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi para peneliti. Dengan pengetahuan tersebut, seorang peneliti dapat menganalisis karakteristik materi dan memanfaatkannya dengan lebih maksimal. Sebagai contoh adalah dilakukannya pengukuran dan analisis terhadap kandungan racun sianida pada berbagai

jenis ubi kayu (singkong) untuk mengetahui jenis ubi kayu apa saja yang aman dan layak dikonsumsi.

Metode pengukuran dan analisis kandungan suatu materi terus dikembangkan hingga saat ini. Salah satu metode pengukuran yang banyak digunakan dalam setiap penelitian adalah metode spektrometri. Spektrometri merupakan metode pengukuran konsentrasi berdasarkan interaksi antara cahaya dengan

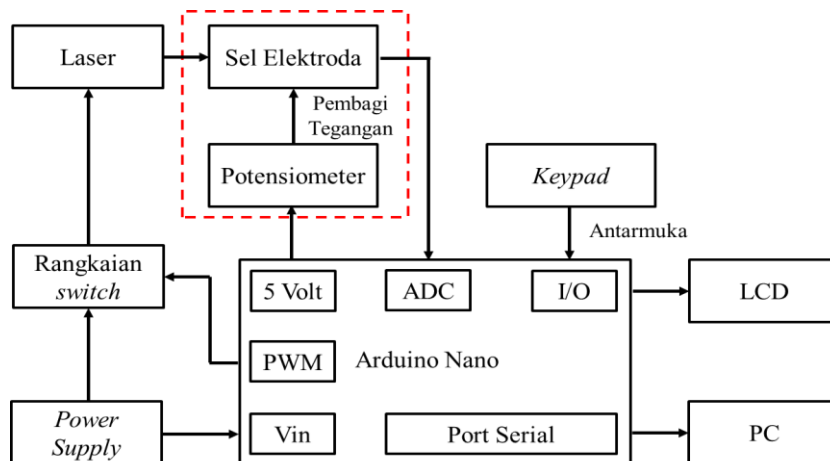
materi. Interaksi antara cahaya dengan materi pada frekuensi resonansi yang tepat dapat menimbulkan eksitasi elektron dalam materi tersebut [1, 2]. Eksitasi elektron akan berpengaruh terhadap konduktivitas dan resistivitas materi [3, 4]. Peristiwa tersebut kemudian dikenal sebagai efek optogalvanik yang banyak digunakan dalam pengukuran dan analisis kandungan materi dalam wujud gas [5].

Metode spektrometri optogalvanik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode lain dalam hal desain yang lebih sederhana tanpa membutuhkan detektor foto, pengoperasian yang lebih mudah, dan harga yang lebih murah [5]. Namun, metode ini hanya digunakan untuk sampel dalam bentuk gas dan belum teruji untuk sampel dalam bentuk lain seperti sampel cair dan padat. Hal tersebut menjadi salah satu kelemahan metode ini karena pada dasarnya tidak semua sampel berbentuk gas. Bahkan, sebagian besar pengukuran dilakukan menggunakan sampel berbentuk cairan. Sampel dalam bentuk cairan biasa diamati dengan metode lain, seperti spektrometri serapan [6] yang banyak digunakan di laboratorium-laboratorium.

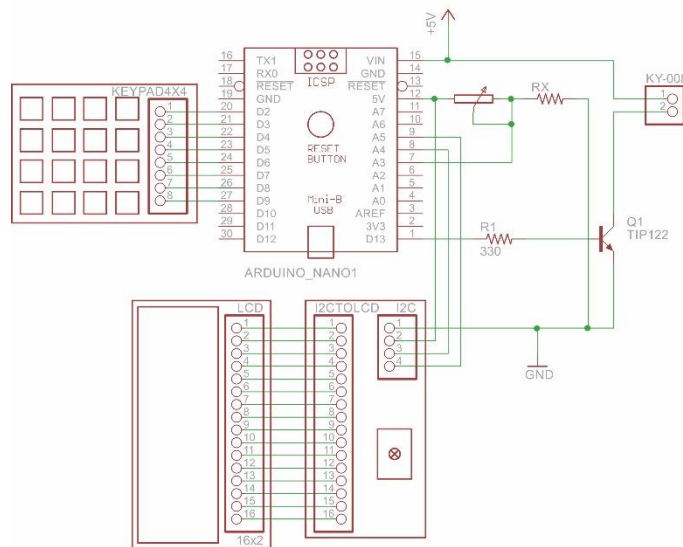
Sinar laser sebagai sumber cahaya dapat mengeksitasi elektron dalam materi cair [5]. Dengan demikian, efek yang serupa dengan optogalvanik juga memiliki potensi jika dikembangkan untuk mengukur dan menganalisis kandungan dalam materi cair. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan studi awal perancangan dan realisasi suatu analisator perubahan sifat elektrik zat cair yang berinteraksi dengan cahaya untuk diaplikasikan sebagai sebuah metode dalam spektrometri.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran konsentrasi larutan metilen biru berdasarkan perubahan hambatan yang terjadi akibat disinari laser dengan panjang gelombang 650 nm [7], sesuai dengan panjang gelombang serapannya [8]. Analisator dirancang untuk melakukan pengukuran tersebut dengan skema seperti pada **Gambar 1** dan rangkaian komponen seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Diagram blok rancangan analisator



Gambar 2. Rangkaian analisator

Sebuah sel dilengkapi dengan dua buah elektroda dirancang sebagai wadah sampel. Sampel diberi tegangan 5 Volt melalui kedua elektroda tersebut yang dirangkai seri dengan sebuah potensiometer sebagai pembagi tegangan. Sampel yang berada di antara kedua elektroda menghasilkan nilai hambatan tertentu yang dideteksi oleh Arduino Nano. Ketika laser ditembakkan menuju sampel, sampel akan mengalami eksitasi yang menyebabkan nilai hambatannya berubah.

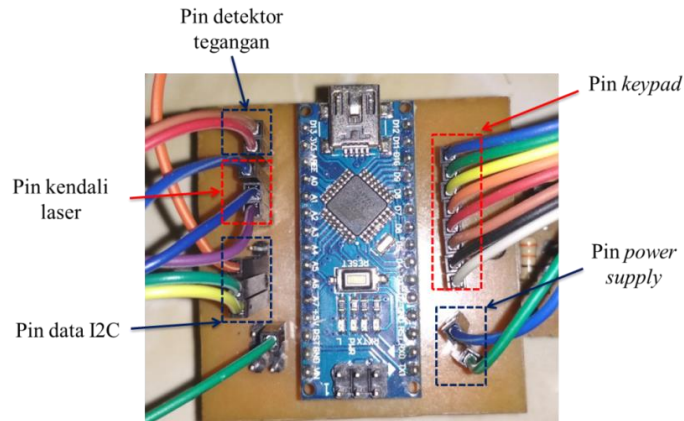
Perubahan hambatan itulah yang dijadikan acuan untuk mengukur konsentrasi sampel berdasarkan persamaan konversi yang harus diperoleh terlebih dahulu, seperti pada penggunaan spektrometer konvensional [9]. Untuk memperoleh persamaan konversi dilakukan pengukuran perubahan hambatan terhadap 6 sampel larutan standar dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm. Persamaan konversi

diperoleh melalui pendekatan regresi eksponensial. Setiap proses pengukuran dikontrol melalui keypad dan setiap data yang diperoleh ditampilkan pada LCD dan dikirimkan menuju PC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi Analisator

Analisisator dirancang menggunakan Arduino Nano sebagai komponen pengendali dengan realisasi seperti pada Gambar 3. Arduino Nano digunakan untuk mendeteksi tegangan, menghitung hambatan sampel, menghitung konsentrasi sampel, mengatur nyala laser, dan menampilkan data hasil pengukuran. Seluruh aktivitas analisisator dikendalikan melalui keypad sebagai antarmuka dengan pengguna.



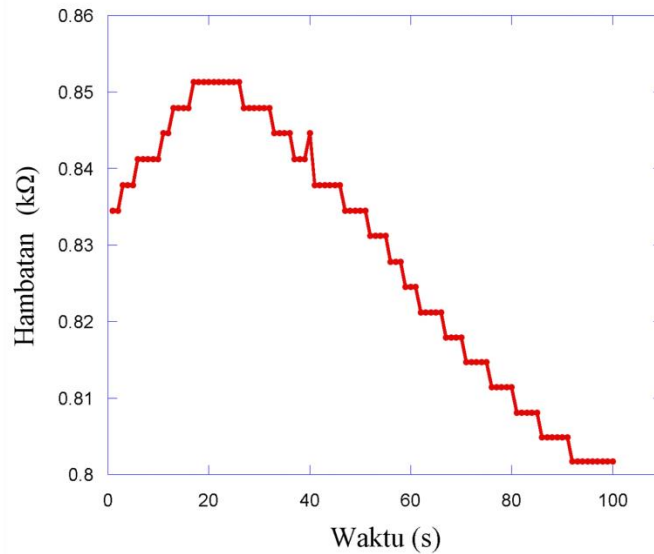
Gambar 3. Realisasi rangkaian analisator

Analisis Perubahan Hambatan pada Sampel Metilen Biru

Hasil pengukuran hambatan sampel larutan dasar metilen biru (2000 ppm) secara *realtime* menunjukkan bahwa sampel memiliki nilai hambatan yang tidak konstan, seperti ditunjukkan dalam grafik pada **Gambar 4**. Nilai hambatan sampel yang tidak konstan dapat disebabkan karena efek pemberian tegangan pada sampel yang dapat memicu terjadinya eksitasi elektron. Adanya eksitasi elektron akan berpengaruh terhadap konduktivitas dan resistivitas sampel yang berakibat pada berubahnya nilai hambatan sampel. Pada materi non logam, elektron yang terlepas (terekstisasi) akan cenderung kembali ke tempatnya semula karena materi tersebut memiliki ikatan elektron yang lebih kuat dibandingkan materi logam [10]. Ketika elektron yang terekstisasi kembali ke tempatnya semula, maka nilai hambatannya akan kembali berubah. Dengan demikian, secara teori kondisi tersebut menjadi salah satu penyebab nilai hambatan pada larutan sampel tidak konstan.

Interaksi antara sinar laser sebagai sumber cahaya dengan larutan sampel juga dapat menyebabkan eksitasi dan berubahnya nilai hambatan sampel [11,12]. Dengan demikian, terdapat dua faktor yang dapat menyebabkan berubahnya nilai hambatan sampel, yaitu efek pemberian tegangan

pada sampel dan efek interaksi sampel dengan sinar laser. Untuk membedakan perubahan nilai hambatan sampel sebagai akibat dari interaksi dengan sinar laser, proses pengukuran kemudian dilakukan selama 45 detik. Hal tersebut dilakukan untuk mengamati pola perubahan hambatan yang terjadi pada sampel. Perubahan nilai hambatan sampel karena efek pemberian tegangan pada sampel cenderung memiliki pola tertentu, seperti terlihat dalam grafik pengukuran pada **Gambar 4**. Pada pengukuran tersebut, laser dihidupkan pada detik ke-40 dan dihidupkan selama 3 detik. Hasil pengukuran hambatan pada detik ke-40 (efek interaksi dengan laser) menunjukkan perbedaan dengan pola perubahan secara keseluruhan (efek pemberian tegangan). Pola perubahan hambatan secara keseluruhan menunjukkan penurunan mulai dari detik ke-27 hingga detik ke-100. Namun, pada detik ke-40 diperoleh hasil pengukuran yang meningkat dan kembali menurun pada detik selanjutnya. Hasil pengukuran pada detik ke-40 yang tidak mengikuti pola perubahan secara keseluruhan mengindikasikan adanya efek interaksi sampel dengan sinar laser. Analisis tersebut kemudian dijadikan sebagai metode untuk menentukan nilai perubahan hambatan sampel yang berinteraksi dengan sinar laser pada penelitian ini.

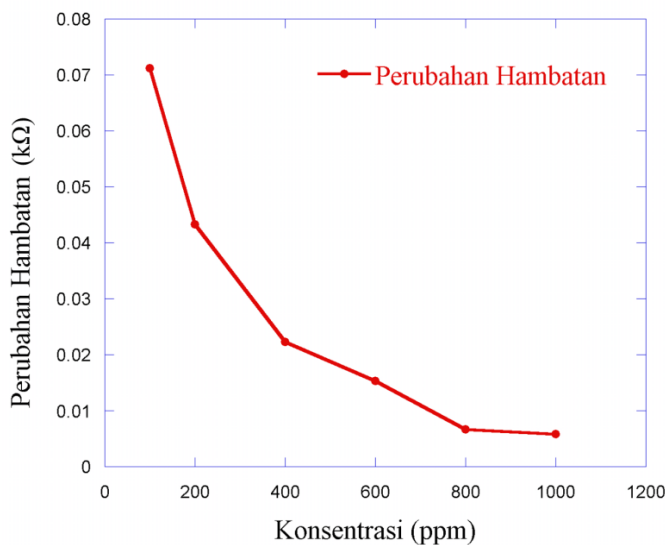


Gambar 4. Hasil pengukuran hambatan secara *realtime* selama 100 detik (C=2000 ppm)

Data Hasil Pengukuran Perubahan Hambatan pada Larutan Standar Metilen Biru

Perubahan konsentrasi sampel metilen biru dalam larutan akan berpengaruh terhadap jumlah muatan dalam larutan tersebut. Perubahan muatan tentunya akan berpengaruh terhadap resistivitas dan konduktivitas larutan, sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh [13] yang menunjukkan bahwa nilai konduktivitas berbanding lurus dan linier terhadap konsentrasi. Hubungan antara

resistivitas (ρ) dan konduktivitas (σ) ditunjukkan oleh persamaan $\rho = 1/\sigma$. Berdasarkan persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa resistivitas dan konduktivitas memiliki hubungan yang berbanding terbalik dan non linier. Dengan demikian, perubahan konsentrasi sampel dalam larutan secara teori memiliki hubungan yang juga berbanding terbalik dan non linier, sesuai dengan data hasil pengukuran yang ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil pengukuran larutan standar

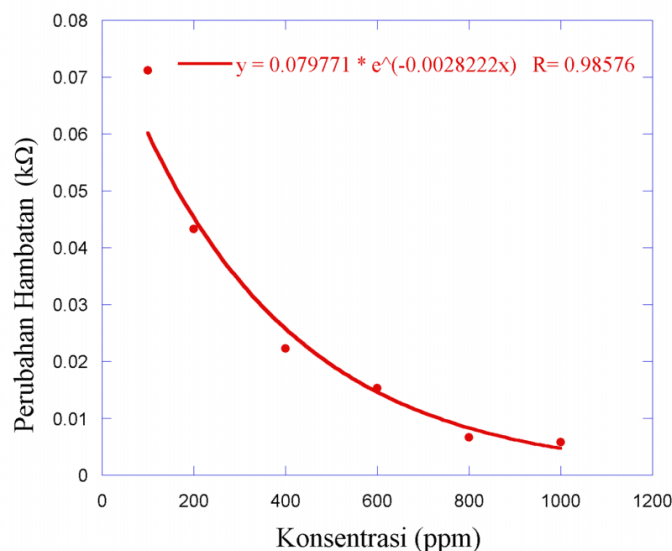
Aplikasi Analisator sebagai Metode Spektrometri

Metode spektrometri pada penelitian ini didasarkan pada perubahan hambatan yang terjadi akibat sampel berinteraksi dengan sinar laser. Persamaan konversi perubahan hambatan menjadi konsentrasi diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan 6 sampel larutan standar dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm seperti diperlihatkan pada **Gambar 4**. Berdasarkan data tersebut, persamaan garis yang menunjukkan hubungan antara perubahan hambatan terhadap konsentrasi dapat diperoleh melalui pendekatan regresi eksponensial dengan bantuan fungsi *trendline* yang ada pada Microsoft Excel. Pengujian analisator dilakukan dengan mengukur larutan metilen biru pada konsentrasi 500 ppm, 600 ppm, dan 700 ppm. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk setiap sampel dengan hasil ditunjukkan dalam **Tabel 2**. Data hasil pengukuran pada tabel tersebut menunjukkan kepresisian yang kurang baik dengan selisih hasil pengulangan

seperti ditunjukkan pada **Gambar 6**. Berdasarkan persamaan garis pada grafik tersebut, konsentrasi (x) dapat dihitung berdasarkan perubahan hambatan (y) seperti ditunjukkan pada persamaan (1). Persamaan tersebut dimasukkan ke dalam program Arduino Nano sehingga Analisator dapat melakukan penghitungan konsentrasi secara otomatis. Hasil penghitungan konsentrasi menggunakan persamaan tersebut dengan data perubahan hambatan larutan standar (**Gambar 4**) menunjukkan nilai error sebesar 15,70 %.

$$x = \frac{\ln\left(\frac{0.0798}{y}\right)}{0.0028} \quad (1)$$

pengukuran yang lumayan besar pada setiap konsentrasi. Beberapa hasil pengukuran juga menunjukkan nilai error yang cukup besar hingga 17,61 % walaupun secara keseluruhan memiliki error sebesar 9,83 %. Nilai error yang cukup besar menunjukkan bahwa analisator memiliki akurasi pengukuran yang kurang baik.



Gambar 6. Persamaan garis pada grafik hubungan perubahan hambatan terhadap konsentrasi

Tabel 2. Data hasil pengujian Analisator

No	Konsentrasi Sebenarnya (ppm)	Pengulangan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Error (%)
1	500	1	469,66	6,07
		2	504,10	0,82
		3	588,05	17,61
2	600	1	699,74	16,62
		2	697,78	16,30
		3	661,92	10,32
3	700	1	789,93	12,42
		2	725,39	3,63
		3	732,65	4,66

Faktor utama yang dapat menjadi penyebab besarnya nilai error tersebut adalah adanya eksitasi karena efek pemberian tegangan. Adanya eksitasi dari karena efek pemberian tegangan akan mempengaruhi perubahan hambatan yang terjadi. Kondisi tersebut akan mengganggu proses pengukuran perubahan hambatan yang disebabkan oleh adanya interaksi dengan laser, dimana hasil pengukuran tersebut menjadi acuan dalam menghitung nilai konsentrasi. Hasil pengukuran perubahan hambatan akibat interaksi dengan laser memiliki kemungkinan terpengaruh oleh adanya perubahan hambatan secara terus menerus karena efek pemberian tegangan. Dengan demikian, pengukuran pada beberapa konsentrasi sampel yang sama dapat menghasilkan perubahan hambatan yang berbeda.

KESIMPULAN

Analisisator yang direalisasikan pada penelitian ini dapat mengukur konsentrasi larutan metilen biru berdasarkan perubahan hambatan sampel ketika disinari laser. Pengukuran perubahan hambatan pada larutan standar menghasilkan persamaan konversi dengan nilai error sebesar 15, 70 %. Hasil pengujian analisisator untuk mengukur konsentrasi larutan metilen biru menunjukkan error sebesar 9, 83 %. Nilai error yang cukup besar menunjukkan bahwa hasil pengukuran menggunakan analisisator ini memiliki keakuratan yang

kurang baik. Besarnya nilai error dapat disebabkan karena adanya faktor lain yang mempengaruhi perubahan hambatan pada sampel, seperti efek pemberian tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M., Blosser, X. L., Han, R. F., Garcia-Sanchez, & P. Misra, “Laser optogalvanic spectroscopy and collisional state dynamics associated with hollow cathode discharge plasmas”. *Applied Spectroscopy and the Science of Nanomaterials*. pp 21-40. 2015.

[2] J. I., Kai, “Interaction between photons and electrons”. *Nuclear Science and Techniques*. Vol. 17. No. 6. pp 334-341. 2016

[3] I. S., Bayer, I., Eroglu, & L., Turker, “Photogalvanic effect in aqueous methylene blue nickel mesh system: conversion of light into electricity”. *International Journal of Energy Research*. Vol 25. pp 207-222. 2001.

[4] M. S. Eldaki, “Transfer of Knowledge from Scientific Experiment to Student Laboratory - Hollow Cathode Discharge and Optogalvanic Effect”. *Dissertation*. Belgrade: University of Belgrade. 2017.

[5] H. H., Telle, A. G., Urena, & R. J. Donovan, “*Laser Chemistry : Spectroscopy, Dynamics and Applications*”. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. 2007.

- [6] Susilawati, Nurdjanah, S., & Putri, S. "Karakteristik sifat fisik dan kimia ubi kayu (manihot esculenta) berdasarkan lokasi penanaman dan umur panen berbeda". *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. Vol. 13. No. 2. pp 59-72. 2008.
- [7] S. L., Handayani, "Analisis pola interferensi celah banyak untuk menentukan panjang gelombang laser He-Ne dan laser dioda". *Jurnal Fisika*. Vol. 4. No. 1. pp 26-31. 2014.
- [8] L. X., Sun, A. M., Reddy, N., Matsuda, A., Takatsu, K., Kato, & T. Okada, "Simultaneous determination of methylene blue and new methylene blue by slab optical waveguide spectroscopy and artificial neural networks." *Analytica Chimica Acta*. Vol. 487. pp 109-116. 2003.
- [9] L. W., Handayani, I., Riwayati, & R. D. Ratnani, "Adsorpsi pewarna metilen biru menggunakan senyawa xanthat pulpa kopi". *Momentum*. Vol. 11. No. 1. pp 19-23. 2015.
- [10] J. C. Whitaker, *The Resource Handbook of Electronik*. Boca Raton: CRC Press LLC. 2001.
- [11] V. G., Fernandez, K., Grutzmacher, L. M., Fuentes, & C. Perez, "Optogalvanic spectroscopy applied to the study of hollow cathode discharge devices". *Journal of Physics: Conf. Series*. Vol. 810. pp 1-5. 2017.
- [12] M., Berglund, G., Thornell, & A. Persson, "Microplasma source for optogalvanic spectroscopy of nanogram samples". *Journal of Applied Physics*. Vol 114. pp 1-11. 2013.
- [13] H., Golnabi, M. R., Matloob, M., Bahar, & M. "Shariflan, Investigation of electrical conductivity of different water liquids and electrolyte solutions". *Iranian Physical Journal*. Vol. 3. No. 2. pp 24-28. 2009.