

Rancang Bangun Alat Deteksi Konsentrasi Timbal dalam Air

Riswanto¹, Akhmad Fauzi Ikhsan², Sifa Nurpadillah³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Universitas Garut, Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia

Korespondensi: riswanto021298@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received: 11-12-2023

Revised: 26-12-2023

Accepted: 28-12-2023

Abstrak

Telah dilaksanakan penelitian terkait penginderaan kandungan ion timbal dalam air dengan memanfaatkan serat optik plastik dan sensor cahaya LDR. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan karakterisasi sensor ion timbal berbasis serat optik plastik. Serat optik dikupas jaket dan claddingnya, kemudian claddingnya diganti dengan gel kitosan. Serat optik dikonfigurasi dengan variasi panjang dan pelapisan kitosan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gelombang *evanescent*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin panjang pelapisan kitosan pada serat optik, cahaya yang merambat pada core dan sampai pada sensor LDR semakin mengecil. Pengecilan rambatan cahaya tersebut berakibat pada tegangan output pada LDR semakin turun. Hasil pengujian terbaik sensor ion logam timbal dalam air diperoleh dari variasi pengupasan 2cm dengan nilai koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0.9524$. Alat penginderaan yang telah dirancang ini adalah mempunyai kepekaan yang cukup tinggi dengan nilai sensitivitas 0,346 volt/ppm, biaya lebih ekonomis, dan fabrikasi yang tidak rumit.

Kata kunci: *Evanescent*, Indeks Bias, Kitosan, Laser Dioda, LDR, Timbal, Serat Optik.

Design and Construction of Lead Concentration Detector in Water

Abstract

Research has been carried out related to sensing the content of lead ions in water by utilizing plastic optical fibers and LDR light sensors. This research was carried out with the aim of characterizing a plastic optical fiber-based lead ion sensor. The jacket and cladding are peeled off the optical fiber, then the cladding is replaced with chitosan gel. Optical fibers are configured with varying lengths and chitosan coatings. The method used in this research is the evanescent wave method. The test results show that the longer the chitosan coating on the optical fiber, the less light propagates through the core and reaches the LDR sensor. Reducing light propagation results in the output voltage on the LDR decreasing further. The best test results for the lead metal ion sensor in water were obtained from a 2cm stripping variation with a correlation coefficient value of $R^2 = 0.9524$. The designed sensing device has a fairly high sensitivity with a sensitivity value of 0.346 volts/ppm, more economical costs, and uncomplicated fabrication.

Keywords: *Chitosan, Lead, LDR, Diode Laser, Optical Fiber, Refractive Index, Evanescent.*

1. Pendahuluan

Air merupakan molekul yang melimpah di planet bumi, air menggenangi hampir 71% permukaan bumi. Air ialah satu dari sekian banyak kekayaan alam yang menunjang seluruh kehidupan yang ada dipermukaan bumi ini. Tidak ada yang bisa memungkiri bahwa air ialah satu dari sekian banyak elemen yang amat berarti dalam setiap sendi aktivitas manusia, tidak hanya untuk dikonsumsi, Air juga menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari masyarakat, air juga merupakan unsur yang menyusun sekitar 80% tubuh manusia[1]. Air dalam keadaan alaminya tidak memiliki warna, tidak memiliki bau dan tidak memiliki rasa. Akan tetapi unsur air sangat rentan terkontaminasi atau tercemar oleh unsur lain[2]. Salah satu komponen anorganik yang sering mencemari air adalah logam berat salah satunya adalah Timbal. Logam berat timbal mempunyai kapabilitas yang serupa dengan logam pada umumnya. Yang membedakannya ialah akibat yang tercipta saat logam timbal memasuki dan berikatan ke dalam tubuh makhluk bernyawa yang apabila masuk dalam kadar berlebih akan mengganggu fungsi fisiologi tubuh[3].

Berdasarkan uraian tersebut mendeteksi logam berat terkhususnya logam berat jenis Timbal (Pb) dalam air sangatlah berguna karena mencegah sedari dini akan bahayanya bagi kesehatan tubuh. Penelitian awal mengenai deteksi logam Timbal memanfaatkan sensor serat optik sudah dilakukan oleh Yi Cai, dkk. (2020). Mengenai metode Fluoresensi, serat optik dilapisi oleh calmodulin (F-CaM) yaitu material yang bersifat fluoresensi selaku fluofoor serta *Dipicolylamine* selaku reseptor ion timbal[4]. Penelitian Sharma dan Gupta (2018). terhadap metoda *Surface Plasmon Resonance* (SPR) memanfaatkan serat optik kemudian claddingnya diubah dengan Perak dan SnO₂ (NPs)[5]. Kelemahan dari penelitian sebelumnya adalah proses fabrikasi yang sangat rumit dan memakan harga tinggi. Kekurangan dari penelitian awal tersebut bisa ditanggulangi dengan mengembangkan dengan sistem penginderaan serat optik dengan cladding kitosan yang bisa memproses data secara *real time*, biaya yang ekonomis, dan fabrikasi yang tidak rumit.

Penelitian yang dilakukan terfokus pada pendeteksian logam timbal yang terkandung dalam air menggunakan serat optik. Teknik yang dimanfaatkan ialah serapan gelombang *evanescent* dengan cangkang keratin berupa kitosan dan asam asetat. Pemanfaatan kitosan dan asam asetat bisa berpengaruh pada tingkat kepekaan penginderaan dalam mendeteksi kandungan timbal dalam air[6]. Jika rangkaian amino kitosan bereaksi dengan rangkaian karboksil asam asetat akan menciptakan karakteristik polielektrolit yang memungkinkannya bertindak menjadi penyerap logam berat[7]. Hasil dari penelitian ini berupa alat pendeteksi logam timbal.

2. Metode

Metode penelitian pada penelitian ini menggunakan metode penelitian *prototyping*. *Prototyping* adalah salah satu metode siklus hidup sistem yang didasarkan pada konsep mode bekerja (*working model*)[8]. Tujuannya adalah mengembangkan model menjadi sistem final.

2.1 Alat

Adapun alat atau instrumen yang menjadi penunjang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.1.1 Magnetik Stirrer

Magnet Stirrer merupakan instrumen laboratorium yang berfungsi mengaduk dan memanaskan yang bertujuan untuk membuat suatu larutan homogen dengan alat bantu berupa batang magnet sebagai pengaduknya. Dalam penelitian ini *magnetic stirrer* berfungsi pada pembuatan gel kitosan.

2.1.2 TDS Meter

TDS meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel yang terlarut dalam sebuah larutan. TDS meter menggunakan satuan PPM (*Part Per Million*). Dalam penelitian ini TDS meter berfungsi sebagai alat ukur pembandingan dengan alat ukur yang dirancang.

2.2 Bahan

2.2.1 Perangkat Keras

Adapun perangkat keras yang menjadi bahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mikrokontroler Arduino Uno
- b. Liquid Crystal Display I2C
- c. Modul Laser Dioda
- d. Sensor LDR
- e. Serat Optik
- f. Gel Kitosan

2.2.2 Perangkat Lunak

Untuk perangkat yang digunakan sebagai penunjang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

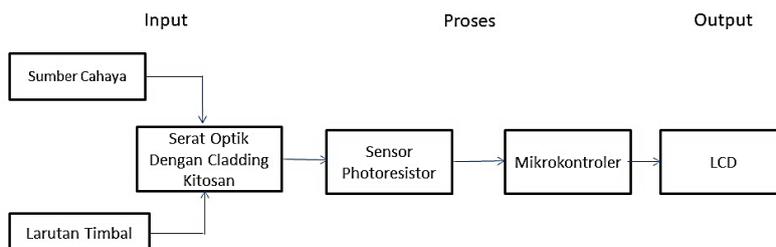
- a. Arduino Ide
- b. Fritzing

2.3 Perancangan Sensor Serat Optik

Perancangan sensor serat optik dimulai dengan mengerjakan pengupasan jaket serat optik menggunakan pisau *cutter* dengan beberapa variasi panjang pengupasan yaitu 1cm, 2cm, dan 3cm. Setelah itu kemudian *cladding* serat optik kemudian direndam dengan larutan aseton dengan tujuan agar material *cladding* mudah terkelupas, sesudah direndam *cladding* kemudian diampelas secara berulang sampai sisa *cladding*nya hilang.

Cladding serat optik yang sudah terkelupas kemudian diganti menggunakan gel kitosan, pelapisan gel kitosan dilakukan dengan metode *deep coating* (pencelupan), yaitu dengan mencelupkan inti serat optik yang sudah terkelupas tadi ke dalam gel kitosan, kemudian dikeluarkan secara perlahan. Selanjutnya serat optik dibiarkan mengering dalam suhu ruangan selama 24 jam.

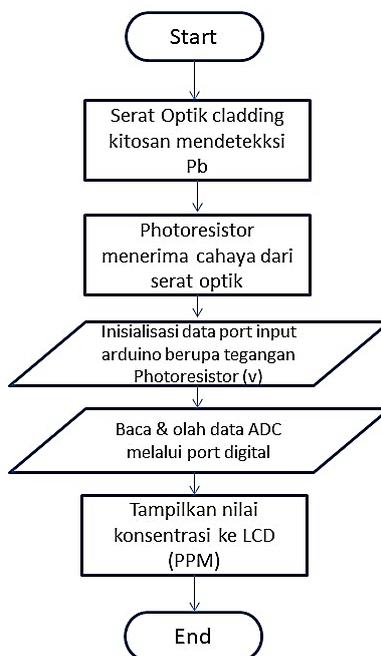
2.4 Blok Diagram



Gambar 1. Diagram Blok Sitem Deteksi Konsentrasi Timbal Dalam Air

Pada gambar 1. dapat dilihat terdapat beberapa bagian blok diagram yaitu Input, Proses, Output. Pada bagian Input langkah pertama yang harus dilakukan oleh peneliti adalah memasukan sensor serat optik yang telah dilapisi gel kitosan ke dalam larutan air yang sudah terkontaminasi ion timbal. Kemudian pada inputan selanjutnya Laser Dioda dinyalakan sebagai sumber cahaya serat optik. Pada blok diagram Input terakhir, setelah serat optik menerima inputan berupa sumber cahaya dan larutan timbal selanjutnya serat optik akan mendeteksi logam timbal yang terdapat pada air, dibagian inputan terakhir ini serat optik akan memperoleh kadar logam timbal dalam air tersebut tetapi informasinya masih dalam bentuk cahaya. Pada bagian proses awal cahaya terdeteksi oleh sensor photoresistor yang mengkonversi informasi dalam bentuk cahaya tadi menjadi tegangan yang kemudian akan dikirimkan ke mikrokontroler, disini informasi kadar logam timbal dalam satuan ppm tersebut lalu dikonversi dari analog ke digital dan mengirimnya ke bagian output. Setelah diubah ke digital kemudian dibagian terakhir yaitu ouput liquid crystal display menerima kadar logam timbal dalam satuan ppm tersebut lalu menampilkannya pada layar display.

2.5 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Deteksi Konsentrasi Timbal Dalam Air

Flowchart ini menjelaskan tahapan-tahapan yang dilalui oleh data yang akan dikirimkan melalui pertukaran data pada sistem yang dirancang. Berikut merupakan tahapan-tahapan alur data dari sistem yang dirancang, tahapan tersebut antara lain :

1. Hal pertama dalam proses pengukuran adalah serat optik mendeteksi ion Timbal dalam larutan
2. Setelah itu sensor Photoresistir akan menerima cahaya dari serat optik yang membawa informasi berupa konsentrasi kandungan logam Timbal pada larutan.
3. Kemudian data yang masih dalam bentuk analog tersebut masuk ke arduino dan di inialisasi pada port input
4. Arduino kemudian mengkonversi data dari analog ke digital pada port digital arduino
5. Kemudian setelah dikonversi menjadi data digital, data tersebut kemudian ditampilkan pada LCD

2.6 Teknik analisis Data

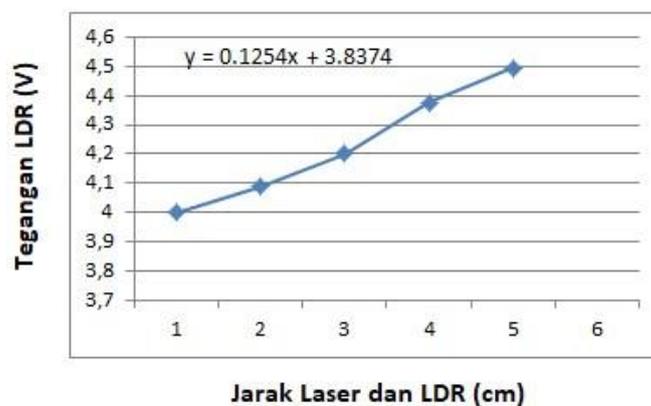
$$\%error = \left[\frac{y_n - x_n}{y_n} \right] \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan (1) digunakan untuk menentukan persentase error dari alat yang dirancang, dengan Y_n adalah nilai konsententrasi pasti yang terukur pada alat ukur, dalam penelitian ini menggunakan TDS meter, sementara X_n adalah nilai konsententrasi yang diperoleh atau terbaca pada alat ukur yang dirancang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dikerjakan untuk melihat apakah sensor LDR bisa berfungsi dengan baik atau tidak. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada gambar 3.



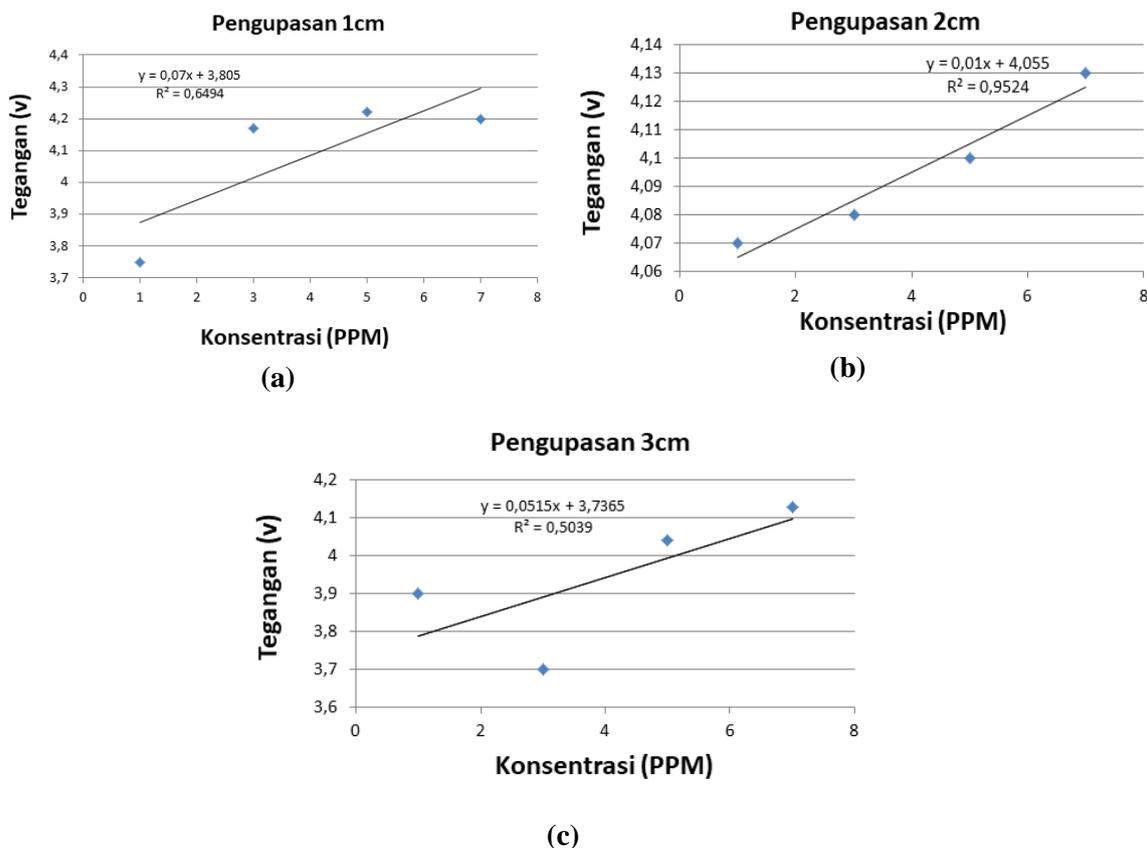
Gambar 3. Hasil pengujian sensor LDR

Melihat fungsi transfer yang termuat dalam Gambar 3 mempunyai sensitivitas setinggi 0,1254 volt artinya setiap penambahan jarak 1 cm akan menghasilkan tegangan setinggi 0,1254 volt dengan perolehan nilai persamaan regresi yang cukup baik yaitu $R^2 = 1$. Gambar 4.2 memperlihatkan keterikatan antara Tegangan Keluaran LDR dan jarak antara

dioda laser dan LDR sebanding satu sama lain. Semakin jauh jarak dioda laser dari LDR maka semakin tinggi nilai tegangan keluaran yang didapat.

3.2 Hasil Karakterisasi Serat Optik

Karakterisasi serat dilakukan dengan membandingkan tegangan keluaran sebelum serat dilapisi gel kitosan dengan panjang stripping 1 cm, 2 cm, 3 cm. Evaluasi sensitivitas sensor diperoleh dari angka-angka yang ditampilkan pada fungsi transmisi fiber, hasil terbaik akan dijadikan hasil pengujian akhir alat ukur. Data pencariannya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi terhadap tegangan LDR pada serat optik dengan panjang pengupasan (a) 1cm, (b) 2cm, dan (c) 3cm



Gambar 5. Hasil pengujian serat optik pada pengupasan 2cm dan konsentrasi 5 PPM

Gambar 4. memperlihatkan hubungan antar konsentrasi larutan timbal (ppm) dengan tegangan sensor LDR. Dari gambar tersebut dapat diketahui serat optik yang menghasilkan persamaan regresi linier cukup akurat adalah serat optik dengan variasi panjang pengupasan 2cm yaitu $R^2 = 0.9524$. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin naik konsentrasi membuat indeks bias pada cladding menjadi semakin mengecil yang menyebabkan cahaya yang masuk lebih banyak ke cladding dan intensitas cahaya yang menjalar pada core semakin mengecil.

3.3 Hasil Pengujian Akhir Alat Ukur Kosentrasi Timbal Dalam Air

Hasil pengujian akhir alat deteksi logam timbal dala air dilakukan ddengan memperhatikan seberapa akuratnya tingkat ketelitian dari alat ukur yang akan dibandingkan dengan TDS meter. Hasil akhir dari pengujian alat deteksi logam timbal dalam air dan pengukuran konsentrasi menggunakan TDS meter dapat dilihat dari dan tabel 1.

Tabel 1. Hasil perbandingan pembacaan nilai konsentrasi pada LCD dengan nilai konsentrasi yang terukur

Konsentrasi terukur dengan TDS meter (PPM)	Konsentrasi yang terbaca pada LCD (PPM)	Kesalahan (%)
1.00	1.00	0
3.00	2.00	33
5.00	4.00	20
7.00	4.00	42.8
Rata rata kesalahan		23.95

Jika dilihat dari tabel 1 yaitu hasil pengujian akhir dari alat deteksi konsentrasi logam timbal dalam air yang memuat nilai konsentrasi yang terbaca pada layar LCD alat dengan nilai konsentrasi logam timbal yang terukur dengan alat ukur TDS meter didapat rata rata kesalahan sebesar 23.95%. Pada konsentrasi 1 PPM serat optik dan LDR dapat bekerja dengan baik bisa dilihat dari persentase kesalahannya 0%, hal itu berarti tidak ada kesalahan dalam pengujian dengan konsentrasi 1PPM. Sementara pada konsentrasi 3PPM serat optik bekerja cukup baik dengan ditunjukkannya persentase kesalahan sebesar 33%. Akan tetapi pada konsentrasi 5PPM dan 7PPM serat optik dan sensor LDR tidak dapat bekerja dengan baik dengan ditunjukkannya persentase kesalahan yang cukup besar. Ada beberapa faktor yang menyebabkan besarnya persentasi kesalahan tersebut, baik itu dari segi sensor serat optik yang masih sangat rentan terhadap kesalahan sistematis ataupun pada kesalahan fisik seperti pemakaian sensor yang terus berulang, hal tersebut dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan kitosan dalam menyerap ion timbal. Selain itu terdapat faktor lain yang menyebabkan besarnya persentase kesalahan tersebut yaitu saat pelapisan kitosan yang masih menggunakan cara manual yaitu dengan cara *deep coating*. Hal tersebut menyebabkan sulit mendapatkan ketebalan yang merata pada seluruh permukaan serat optik yang telah diganti *cladding-nya*.

Melihat dari hasil pengujian akhir dari alat deteksi logam timbal pada air, alat tersebut sudah dapat merespon konsentrasi logam timbal dalam air dengan baik, akan tetapi sama seperti penelitian sebelumnya, perancangan alat deteksi logam timbal dalam air perlu adanya standar dan fabrikasi yang dapat teruji dan terjamin agar mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.

4. Kesimpulan

Serat optik dengan cladding kitosan dapat digunakan sebagai sensor konsentrasi ion logam timbal di dalam larutan logam timbal murni. Karakterisasi serat optik yang dapat bekerja dengan baik untuk pengukuran konsentrasi ion timbal pada panjang pengupasan 2cm dengan koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0.9524$. Nilai rata rata kesalahan dari nilai yang terbaca pada alat ukur dengan nilai yang terbaca pada pada lcd alat sebesar 23,95%. Alat yang dirancang mampu mengukur rentang konsentrasi larutan timbal pada konsentrasi 1 PPM sampai 5 PPM.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut dan beserta pihak lain yang telah bekerja sama, membimbing serta menunjang penelitian ini sampai akhir.

Daftar Pustaka

- [1] R. J. Kodoatie and S. Roestam, "Tata Ruang Air Edisi I," *Tata Ruang Air*, pp. 1–535, 2010.
- [2] A. F. Widiyanto, S. Yuniarno, and K. Kuswanto, "Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri Dan Limbah Rumah Tangga," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 10, no. 2, p. 246, 2015, doi: 10.15294/kemas.v10i2.3388.
- [3] R. Adhani, *Logam Berat Sekitar Manusia*, vol. 2018, no. December. 2017.
- [4] Y. Cai, M. Li, M. Wang, J. Li, Y. N. Zhang, and Y. Zhao, "Optical Fiber Sensors for Metal Ions Detection Based on Novel Fluorescent Materials," *Front. Phys.*, vol. 8, no. November, pp. 1–5, 2020, doi: 10.3389/fphy.2020.598209.
- [5] S. Sharma and B. D. Gupta, "Fiber optic surface plasmon resonance based cadmium sensor using SnO₂ Nanoparticles," *Opt. InfoBase Conf. Pap.*, vol. Part F124-, no. November, 2018, doi: 10.1364/ofs.2018.the9.
- [6] A. Wiyarsi and E. Priyambodo, "Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat," *J. Kim. UNY*, vol. 1(1), p. 27, 2008.
- [7] A. Indra and H. -, "Karakterisasi Sistem Sensor Serat Optik Berdasarkan Efek Gelombang Evanescent," *J. Fis. Unand*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2014.
- [8] R. S. Wahyuni, R. V. M., and A. Arifin, "Fabrikasi dan Karakterisasi Sensor Elektrokimia untuk Mendeteksi Kadmium Berbasis Teknologi Film Tebal," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 10, no. 2, p. 121, 2020, doi: 10.22146/ijeis.53468.