

ANALISIS POTENSI PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA LINDI HIDROPONIK TANAMAN PAKCOY DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM

ANALYSIS OF POTENTIAL HEAVY METAL LEAD (Pb) CONTAMINATION IN HYDROPONIK LEACHATE OF PAKCOY PLANTS USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER METHOD

Siti Halimatuz Zahroh Azizah, Alimuddin, Nanang Tri Widodo
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
*Corresponding Author, email : siha.zahrohazizah@gmail.com

Diterbitkan: 31 Oktober 2024

ABSTRACT

Analysis of the heavy metal lead (Pb) has been carried out in hydroponic leachate using nutrients (A-B mix) of pak-choy plants using the Atomic Absorption Spectrophotometer method. The samples used were 5 samples originating from 5 hydroponic installations at 2 different hydroponic cultivation locations. The research was carried out in the 2nd and 4th weeks of the hydroponic planting period. The sample preparation was wet destruction using HNO₃. The research results showed that the levels of the heavy metal lead (Pb) in the 2nd week of testing, namely sample A was 0.9418 ppm; sample B was 0.9418 ppm; sample C was 2.2906 ppm; sample D was 2.2906 ppm and sample E was 6.3488 ppm. However, in the 4th week of testing no lead heavy metal contamination was found, the five samples used showed results <0.0016. So the results obtained are still below the quality standard value, namely a maximum of 5 ppm based on Minister of Agriculture Regulation No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019.

Keywords: Hydroponic leachate, Nutrition (A-B mix), Lead (Pb)

PENDAHULUAN

Intensitas kebutuhan manusia dibagi menjadi 3, salah satunya yaitu: kebutuhan primer, merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi [1]. Makanan menjadi salah satu kebutuhan primer yang paling mendasar demi bertahan hidup. Sebagian besar pemenuhan kebutuhan gizi pada pangan yang dikonsumsi bergantung pada kualitas industri pertanian. Menurut (BPS, 2022) persentase tenaga kerja informal sektor pertanian di Indonesia mencapai 88,89%, jumlah tersebut menjadi yang terbesar dibanding dengan lapangan pekerjaan utama lainnya. Kebutuhan pangan bagi manusia semakin meningkat, namun tidak beriringan dengan lahan pertanian yang justru semakin sempit. Sehingga industri pertanian terkini mulai mengembangkan usaha pertanian hidroponik.

Hidroponik berasal dari kata *hydro*=air, dan *phonic*=pengerjaan. Usaha pertanian hidroponik merupakan suatu budidaya pertanian dengan sistem tanpa tanah, melainkan air yang ditunjang dengan berbagai nutrisi. Hidroponik dianggap alternatif yang baik karena tanaman akan lebih padat per satuan luas produksi sehingga sangat menghemat penggunaan lahan. Selain itu pertanian hidroponik tidak bergantung pada musim untuk panen sehingga instalasi dan produksi dapat disesuaikan kebutuhan pasar. Hidroponik merupakan teknik tanam tanaman dengan media non-tanah, dapat digunakan *styrofoam*, batu kerikil, sabut kelapa ataupun pasir kasar untuk penanaman benih hingga sampai tiba masa panen. Tanaman hidroponik dapat lebih cepat matang karena terhindar dari gangguan cuaca maupun racun hama. Kelebihan lainnya yaitu pertanian sistem hidroponik lebih padat per satuan luas produksi, tanaman tumbuh dengan rentang waktu lebih cepat, konsumsi pupuk yang lebih hemat, tanaman yang tidak berkembang akan efektif diganti dengan tanaman baru, metode kerja lebih praktis dan telah terstandarisasi, hasil produksi lebih *continue* dibanding produksi di tanah, penggunaan air lebih

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



efisien, tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit, lingkungan kerja lebih bersih, tanpa resiko banjir, erosi atau ketergantungan dengan kondisi alam, dan yang paling mendasar adalah dapat dilakukan di lokasi yang sulit/miskin hara dengan tambahan lampu. Sistem pertanian hidroponik juga memiliki kelemahan yaitu memerlukan kemampuan dan keterampilan khusus untuk mengombinasikan dan meracik bahan yang dapat digunakan sebagai nutrisi demi kualitas tanaman, karena masih asing bagi sebagian besar petani di Indonesia ketersediaan bahan dan alat demi pemeliharaan perangkat hidroponik masih agak sulit, dan memerlukan investasi dengan nilai cukup mahal di awal demi kebutuhan dan jika tidak konsisten akan mengalami kerugian [2].

Sistem *Nutrient Film Tehnique* (NFT) merupakan teknik hidroponik menggunakan saluran kedap air seperti pipa dengan kemiringan yang telah disesuaikan mengandalkan aliran dangkal menggunakan air baku dan bantuan nutrisi tambahan, akar tanaman akan tumbuh di atas larutan nutrisi dan sebagian terendam sehingga mendapat pasokan nutrisi yang cukup baik [3]. Setelah periode penanaman, sisa air dalam tangki penampung akan dibuang lalu dikuras untuk diganti dengan air baku dan nutrisi baru.

Nutrisi AB mix nutrisi hidroponik merupakan pupuk terbuat dari garam mineral yang dilarutkan ke dalam air, unsur hara yang terkandung di dalamnya sangat penting diperlukan untuk perkembangan tanaman. Nutrisi terdiri dari pupuk A dan pupuk B yang akan dicampur dengan air secara terpisah untuk menjadikan sebagai larutan stok, jika akan digunakan larutan stok yang masih kental dicampur kembali dengan air, pupuk A dan pupuk B tidak dapat dicampur secara langsung, karena jika kation Ca dalam pupuk A bertemu anion sulfat dalam pupuk B akan terjadi endapan dan menghasilkan kalsium sulfat dan unsur CA dan S dan penyerapan tidak dapat dilakukan oleh akar, karena tanaman akan terdefisiensi unsur Ca dan S. Begitupula apabila anion fosfat dalam pupuk B bertemu dengan kation Ca dalam pupuk A akan memunculkan endapan ferri fosfat sehingga unsur Fe dan Ca tidak dapat diserap oleh akar [3].

Limbah hasil pertanian adalah bahan yang merupakan buangan dari proses perlakuan atau pengolahan untuk memperoleh hasil utama atau hasil samping. Sedang limbah industri hasil pertanian adalah produk suatu proses industri yang belum/tidak mempunyai nilai ekonomis, menurut [2] air buangan sisa produksi hidroponik yang dilewatkan sistem berpipa dapat dikategorikan sebagai lindi, karena mengandung unsur organik serta anorganik yang berasal dari pupuk ataupun nutrisi yang digunakan. Nutrisi yang populer digunakan oleh petani budidaya hidroponik adalah nutrisi AB-Mix yang pada dasarnya merupakan pupuk cair anorganik yang dikhawatirkan mengandung logam berat.

Logam berat yang umum dan sering terkandung dalam pupuk anorganik dan pestisida adalah Pb, Cd, Cr, Hg, Zn, As, Cu dan Mn [4]. Salah satu logam yang dianggap berbahaya adalah logam Timbal (Pb), dapat berbentuk logam murni dan memiliki efek toksisitas yang sama bagi makhluk hidup pada bentuk apapun [5]. Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam non esensial atau beracun, keberadaannya dalam tubuh manusia belum diketahui manfaatnya bahkan dapat bersifat racun [6]. Oleh karenanya butuh dilakukan pengujian khusus tentang keberadaan cemaran logam berat.

Pencemaran logam pada sayuran setelah pasca panen terjadi selama produksi, pengangkutan, penjualan dan distribusi, salah satu logam berat yang ditemukan adalah timbal (Pb) [7]. Timbal merupakan logam yang sangat berbahaya dan bersifat toksik bagi manusia, dapat berasal dari tindakan mengkonsumsi makanan, minuman, atau inhalasi dari udara, debu yang tercemar Pb, kontak langsung dengan kulit, kontak mata dan lewat prenatal. Secara umum dampak dari terpapar logam berat timbal ini adalah pusing, kehilangan selera makan, sakit kepala, sukar tidur, lelah [8].

SSA adalah metode analisis yang berfungsi untuk menentukan konsentrasi suatu sampel berdasarkan prinsip energi radiasi yang diserap oleh atom-atom dalam keadaan dasarnya menjadi ke keadaan yang lebih tinggi. Penyerapan energi akan terjadi pada panjang gelombang yang sesuai dengan logam yang akan dianalisis. Menurut [9] bahwa metode spektrofotometri serapan atom memiliki kelebihan dibandingkan spektroskopi biasa karena dapat mengukur unsur-unsur logam dalam jumlah yang sedikit, memiliki kepekaan yang tinggi dan bersifat spesifik.

Berdasarkan latar belakang diatas, perlu dilakukan penelitian tentang kualitas lindi hidroponik, khususnya terkait dengan cemaran logam timbal (Pb) akibat penggunaan pupuk cair anorganik atau nutrisi AB-mix yang dikaitkan dengan ambang batas baku mutu menurut Permentan No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dirancang secara eksperimental di laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Timur pada bulan Desember 2023 sampai dengan Februari 2024. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian logam berat timbal (Pb) pada lindi instalasi hidroponik dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom. Lokasi pengambilan sampel lindi hidroponik dilakukan pada 2 usaha hidroponik yang berbeda, yang pertama di Hidroponik Mekarsari bertempat di Jalan Rmania II, No. 36, Rt. 46 Sidodadi, Kota Samarinda. Lokasi kedua pada Reyken Hydrofarm, bertempat di Jalan Tepian 6, Sempaja Selatan, Samarinda Utara, Kota Samarinda. Analisis Laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan, Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Timur, Samarinda.

Alat dan Bahan

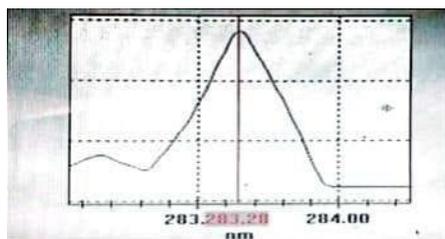
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, lemari asam, pipet mikro, labu ukur, pipet volume, pipet mikro, botol semprot, neraca analitik, botol *reagent*, kertas *Whatman* no.40 dan seperangkat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Hitachi Z 2000 Series. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lima sampel lindi instalasi hidroponik, $\text{HNO}_3(\text{p})$, HNO_3 1 N dan akuades.

Prosedur Penelitian

Dilakukan pengukuran kurva standar kalibrasi logam timbal dengan mengukur absorbansi dari larutan standar timbal yang telah dibuat yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0 ppm dengan instrumen spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 283,28 nm. Prosedur selanjutnya yang dilakukan adalah preparasi sampel, disiapkan lima sampel lindi instalasi hidroponik, masing-masing diukur sebanyak 100 mL lalu masukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan 10 mL HNO_3 pekat. Diaduk hingga homogen lalu dipanaskan perlahan hingga mendidih menggunakan *hotplate*. Destruksi dihentikan saat volume berkurang dan menghasilkan larutan jernih, didinginkan. Setelah dingin, disaring menggunakan kertas *whatman* no. 40. Sampel hasil destruksi masing-masing diambil sebanyak 5 mL lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda tera, lalu dihomogenkan dan siap untuk dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,28 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang Gelombang Maksimum yang didapatkan pada lampu katoda timbal yaitu 283,28 nm. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan cara mengukur serapan larutan standar Pb (Gambar 1).



Gambar 1. Panjang Gelombang Maksimum Pb

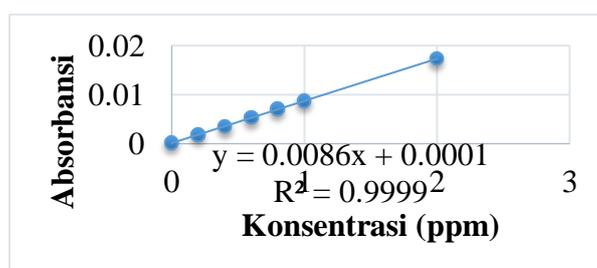
Serapan tertinggi pada pengukuran panjang gelombang larutan standar Pb adalah 283,28 nm. Penentuan panjang gelombang dilakukan untuk dapat mengetahui absorbansi capaian maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menghubungkan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu. Penentuan ini didasarkan pada hukum *Lambert-Beer*, dimana nilai absorbansi akan berbanding lurus dengan panjang gelombang nyala yang dilalui oleh sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala. Persamaan garis linear yang diperoleh dari larutan standar adalah $y = ax + b$ ($y = 0,0086 x + 0,0001$) dengan koefisien korelasi (r) adalah sebesar 0,9999. Nilai y menunjukkan hasil serapan, nilai x menunjukkan besar konsentrasi, nilai a menunjukkan *slope* (kemiringan) dan nilai b menunjukkan *intercept* (titik potong).

Kurva kalibrasi dibuat dengan tujuan mendapatkan persamaan garis regresi. Hasil yang diperoleh dari pengujian larutan standar $Pb(NO_3)_2$ ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Hasil Absorbansi Larutan Standar

Konsentrasi mg/L	Absorbansi
0,0	0,0001
0,2	0,0018
0,4	0,0036
0,6	0,0053
0,8	0,0071
1,0	0,0087
2,0	0,0173

Pengukuran larutan standar dilakukan dengan menggunakan larutan standar $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 0,0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; 1,0 ppm; dan 2,0 ppm. Didapatkan hasil pengukuran absorbansi pada larutan standar berbeda-beda yaitu berturut-turut yaitu 0,0001; 0,0018; 0,0036; 0,0053; 0,0071; 0,0087; dan 0,0173 maka berdasarkan pengukuran kurva baku adalah semakin tinggi konsentrasi larutan standar yang digunakan maka hubungannya berbanding lurus dengan semakin meningkatnya nilai absorbansi yang didapatkan.



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar

Pengujian menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom telah dilakukan dan menghasilkan grafik kurva kalibrasi larutan standar Pb, dari grafik yang diperoleh didapatkan nilai r (koefisien korelasi) yang berfungsi untuk menunjukkan ada atau tidaknya hubungan antara variabel X dengan variabel Y. Kemudian didapatkan nilai R^2 (koefisien determinasi), nilai R^2 menunjukkan rasio variabilitas nilai-nilai yang dibuat menggunakan nilai asli dimana nilai R^2 yang didapat dari grafik kurva kalibrasi larutan standar Pb adalah 0,9999 (99,99%). Hal ini menunjukkan bahwa varian yang terjadi pada absorbansi dan konsentrasi sebesar 99,99 % ditentukan oleh besarnya konsentrasi standar dan 0,01 % oleh faktor lain seperti kurangnya ketelitian pada saat pemipetan, larutan standar dibuat sehari sebelum pembacaan, atau kurangnya kebersihan alat yang digunakan [10].

Preparasi sampel dilakukan dengan metode destruksi basah dengan bantuan asam kuat HNO_3 pekat, setelah itu terbentuk larutan bening yang merupakan senyawa garam stabil yang siap untuk diuji menggunakan instrumen. Pengujian kadar logam timbal dilakukan dua kali, pada pekan ke-2 dan pekan ke-4 pada bulan Desember dengan masing-masing 5 sampel. Telah dilakukan pengujian air lindi hidroponik pada pekan ke-2 dan pekan ke-4, hasil disajikan pada Tabel 2, dan Tabel 3 berikut :

Tabel 2. Hasil Uji Lindi Hidroponik pekan ke-2

Sampel	Konsentrasi (ppm)
A	0,9418
B	0,9418
C	2,2906
D	2,2906
E	6,3488

Tabel 3. Hasil Uji Lindi Hidroponik pekan ke-4

Sampel	Konsentrasi (ppm)
A	<0,0016
B	<0,0016
C	<0,0016
D	<0,0016
E	<0,0016

Pada pengujian pekan ke-2 dihasilkan kadar logam berat timbal (Pb) yang terkandung dalam 5 sampel air lindi hidroponik adalah 0,9418 ppm; 0,9418 ppm; 2,2906 ppm; 2,2906 ppm dan 6,3488 ppm. Kemudian pengujian selanjutnya menggunakan sampel di tempat yang sama pada waktu pekan ke-4 didapatkan hasil uji tidak terdeteksinya kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sampel yang digunakan sesuai hasil yang diperoleh yaitu <0,0016 ppm.

Perbedaan nilai konsentrasi logam berat timbal (Pb) dapat disebabkan oleh perbedaan konsentrasi (dosis) penggunaan pupuk cair atau nutrisi (*A-B mix*) saat proses pemupukan hidroponik, seperti menurut [11] tingkat konsentrasi atau kepekatan suatu larutan nutrisi dapat mempengaruhi metabolisme dalam tubuh tanaman, antara lain kecepatan fotosintesis, aktivitas enzim dan potensi penyerapan ion-ion dalam larutan oleh akar. Pemberian larutan nutrisi dengan konsentrasi tertentu dapat berpengaruh baik ataupun buruk terhadap pertumbuhan kalian.

Pada penelitian ini pengujian pada pekan ke-4 menunjukkan hasil kandungan timbal sebesar <0,0016 atau berada di bawah limit uji instrumen, dimungkinkan bahwa kandungan timbal yang sebelumnya terdeteksi pada pekan ke-2 telah terserap ke dalam akar, batang ataupun daun yang ditanam dalam produksi hidroponik tersebut. Menurut [12] bahwa kandungan timbal dalam tanaman berumur 6 minggu jumlah cemarannya signifikan lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang masih berumur 3 minggu. Pada penelitiannya menggunakan kangkung berumur 54 hari untuk memastikan terdapatnya kandungan timbal yang cukup untuk dianalisis cemaram logamnya. Dihasilkan pada media tanam yang mengandung timbal ditemukan cemaran sebesar 0,7140 mg/100 g pada daun dan 0,3380 mg/100 g pada batang kangkung, dan tidak ditemukannya cemaran logam timbal (Pb) pada tanaman kangkung yang ditanam dalam media penanaman dan pupuk tanpa kandungan timbal. Kadar timbal (Pb) dalam bagian daun kangkung akan lebih tinggi dibanding batang, karena setelah terserap oleh akar kemudian ditransfer ke daun untuk di asimilasi lebih jauh.

Menurut [13] mengatakan bahwa Konsentrasi Pb dalam bagian tubuh tanaman dapat bertambah seiring dengan waktu, jumlah kandungan logam berat dan kemampuan tanaman melakukan translokasi logam berat, dilakukan pengujian cemaran timbal dalam sawi tanpa melakukan fitoremediasi menunjukkan cemaran timbal yang tinggi yaitu sebesar 92,76 ppm. Konsentrasi timbal (Pb) dalam bagian tubuh tanaman dapat bertambah seiring dengan waktu, jumlah kandungan logam berat dan kemampuan tanaman melakukan translokasi logam berat.

Media tanam yang mengandung logam berat akan mempengaruhi cemaran yang terserap pada tanaman sehingga mempengaruhi optimalitas pertumbuhan tanaman tersebut. Dalam penelitian [14] saat menguji respon pertumbuhan tanaman pakcoy terhadap kontaminasi logam berat pada media tanam, menjelaskan bahwa cekaman logam berat menyebabkan terganggunya pembesaran dan pembelahan sel, transfer energi, fotosintesis, metabolisme lainnya sehingga mengganggu proses pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman yang terkena cekaman logam berat. Nilai *Translocation Factor* (TF) menunjukkan sejauh mana logam berat seperti tembaga (Cu) dipindahkan dari akar ke bagian atas tanaman (tajuk), dengan nilai TF paling tinggi sebesar 0,17. Nilai TF menunjukkan mekanisme *fitostabilisasi*, *fitostabilisasi* akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengabsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan logam (Cu) dalam zona akar secara erat dan stabil.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dari seluruh sampel yang digunakan untuk menguji kandungan logam berat timbal (Pb) ditemukan nilai cemaran timbal yang cukup tinggi yaitu sebesar 6,3488 ppm pada sampel E pekan ke-2, tetapi saat pengujian selanjutnya pada pekan ke-4 kandungan tersebut tidak ditemukan lagi, sehingga nilainya berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Pertanian No.261/KPTS/SR/310/M/4/2019 tentang persyaratan teknis minimal mutu pupuk cair dengan cemaran logam timbal (Pb) maksimal 5,0 ppm.

KESIMPULAN

Kadar logam berat timbal (Pb) pada air lindi hidroponik pengujian pekan-2 pada 5 sampel berurutan adalah sebesar 0,9418; 0,9418; 2,2906; 2,2906 dan 6,3488 ppm dan tidak terdeteksinya kadar logam berat timbal pada pengujian pekan-4 sesuai hasil yang diperoleh dari 5 sampel yaitu <0,0016 ppm. Berdasarkan hasil pengujian kadar logam berat timbal (Pb) pada total 10 sampel air lindi hidroponik tersebut berada di bawah ambang batas baku mutu menurut Permentan No.261/KPTS/SR/310/M/4/2019. Saran pada penelitian ini bahwa diperlukan data secara kontinyu pengujian logam berat timbal (Pb) pada tubuh tanaman baik pada akar, batang ataupun daun tanaman yang tumbuh dalam sistem pertanian hidroponik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zainnur, H. (2017). Konsep Dasar Kebutuhan Manusia Menurut Perspektif Ekonomi Islam. *Jurnal An-Nahl. Volume 5(9)*.
- [2] Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung BONOROWO. Volume 1(2)*.
- [3] Setiawan, N. D. (2018). Otomasi Pencampur Nutrisi Hidroponik Sistem NFT(Nutrient Film Technique) Berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST). Volume 3(2)*.
- [4] Mahendra, R., Siaka, I.M., & Suprihatin, I.E. (2018). Bioavailabilitas Logam Berat Pb dan Cd dalam Tanah Perkebunan Budidaya Kubis di Daerah Kintamani Bangli. *Ecotrophic. Volume 12(1) : 42-49*.
- [5] Adhani, R. & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- [6] Hamzah, B., Fiskanita., Supriadi. (2015). Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Pelabuhan Desa Paranggi Kecamatan Ampibabo. *Jurnal Akademika Kimia. Volume 4(4), 175-180*.
- [7] Pane, H. F. (2020). Analisa Kandungan Timbal (Pb) Pada Sayuran Hijau Yang Dijual Di Pasar Tradisional Kampung Lalang Medan. *Jurnal Sains dan Teknologi Laboratorium Medik. Volume 5(1)*.
- [8] Rosita, B., & Widiarti, L. (2018). Hubungan Toksisitas Timbal (Pb) Dalam Darah Dengan Hemoglobin Pekerja Pengecatan Motor Pekanbaru. *Volume 1(1)*.
- [9] Purnama, C. P., Primadimanti, A., Yanti, F. (2020). Uji Adsorben Limbah Kulit Singkong Terhadap Ion Logam Pb (Timbal) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Analisis Farmasi. Volume 5(2), 127-134*.
- [10] Abdurrahman, Tjoneng, A., Saida. (2022). Pengaruh Jenis Air Baku dan Dosis Larutan AB Mix pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica Oleraceae*) dengan Hidroponik Sistem Deep Flow Technique. *Jurnal AGrotekMAS. Volume 3(1), 55-61*.
- [11] Kohar, I., Hardjo, P. H., Jonatan, M., Agustanti, O. (2004). Studi Kandungan Logam Pb Dalam Batang Dan Daun Kangkung (*Ipomoea Reptans*) Yang Direbus Dengan Penambahan NaCl dan Asam Asetat. *Jurnal Makara Sains, No. 3, Volume 8, 85-88*.
- [12] Nurindiana, F. M. & Wicaksono, K. S. (2022). Pemanfaatan *Biochar* Kompos *Black Soldier Fly* Fitoremediasi Tanah Tercemar Timbal dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Sawi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. Volume 9(2)*.
- [13] Putra, D. D. A., Rosyidah, A., Muslikah, S. (2024). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) Pada Media Terkontaminasi Logam Berat Tembaga (Cu). *Jurnal Folium. Volume 8(1), 13-27*.
- [14] Nasir, M. (2020). *Spektrofotometri Serapan Atom* (I. Khaldun, Ed.). Syiah Kuala University Press.