

Effect of MgCl Treatment and High pH on the Removal of Phosphate Content in Palm Oil Mill Effluent

Galang Indra Jaya^{1*}, Idum Satia Santi¹, Adi Ruswanto²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta, Indonesia;

²Program Teknologi hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, INSTIPER Yogyakarta, Indonesia;

Article History

Received : September 11th, 2023

Revised : October 14th, 2023

Accepted : November 13th, 2023

*Corresponding Author:

Galang Indra Jaya, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta, Indonesia;
Email:

galang@instiperjogja.ac.id

Abstract: The development trend of oil palm plantations and mills in Indonesia is very rapid. The processing of fresh fruit bunches (FFB) into crude palm oil (CPO) produces the by-product palm oil mill effluent (POME). This by-product contains very high levels of phosphate (P), BOD & COD. These elements will become contaminants and the environment. The research conducted aimed to test the best MgCl dose that can remove P in POME and determine the effect of the treatment given on BOD & COD values. The research was conducted using the struvite making method approach, the treatments tested were MgCl doses of 50 & 100 grams of MgCl per 500 ml of POME that had been maintained at pH 9 with 1N KOH solution. The results showed that the 50 gram MgCl treatment was better at removing P in the solution reaching 80% while the 100 gram MgCl treatment had a removal value of < 2%. BOD & COD values before and after treatment showed no difference, observation with SEM showed that the crystals were not formed completely which supported the very low P & N value of < 1%. The best P removal from POME was in the 50 g MgCl treatment, but the P & N content in the sediment in all treatments was still very low, and all treatments did not change the BOD & COD values, so for development, integrated waste management is needed to change the nature of the waste to meet environmental quality standards.

Keywords: Environment, MgCl, struvite, scanning electron microscopy.

Pendahuluan

Perkembangan perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) di Indonesia terus mengalami ekstensifikasi hingga saat ini, karena tanaman ini sangat tinggi dalam menghasilkan minyak nabati serta produk turunannya. Proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi *crude palm oil* (CPO) menghasilkan produk sampingan berupa *palm oil mill effluent* (POME). Produk sampingan ini berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan dikarenakan kandungan Fosfat (P) di dalam POME cukup tinggi yaitu pada angka 2.74 % (Kusumastuti, 2014), nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan baku mutu air sungai (PP No 22 Tahun 2021). Pencemaran P dari POME akan menjadi sumber ledakan populasi alga (eutrofikasi) di badan sungai yang ditandai

dengan dengan pertumbuhan alga yang sangat pesat seperti yang dilaporkan oleh Prasad & Prasad (2019), populasi alga yang sudah sangat tinggi menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan sehingga kematian biota air tidak bisa dihindari.

Kerugian yang ditimbulkan bukan hanya kerugian ekologi tetapi juga ekonomi, karena masyarakat yang berprofesi sebagai nelayan bertumpu pada hasil tangkapan ikan di sungai. Unsur P yang sangat tinggi di perairan juga berbahaya bagi manusia terlebih apabila masuk ke dalam badan air tanah, karena kebutuhan domestik tidak bisa dilepaskan dari penggunaan air minum, unsur P yang melebihi ambang batas kesehatan dapat menyebabkan gagal ginjal seperti yang dilaporkan Tsuchiya & Akihisa, (2021) dan Jung *et al.*, (2018) laporan lain menyebutkan bahwa unsur P menyebabkan

penurunan fungsi otak (Rroji *et al.*, 2022) gangguan sistem kerja jantung (Foley, 2009). Sumber cemaran P di dalam tanah & air bermacam-macam mulai dari pertanian, rumah tangga hingga industry (Amru & Makkau, 2023) serta tambak udang (Junaidi, 2016).

Limbah industry yang langsung dialirkan ke lingkungan terbukti menurunkan kualitas air pada parameter BOD & COD (Mardhia & Abdullah, 2018). POME juga berpotensi mencemari lingkungan, karena memiliki pH yang rendah (<6), *Biological Oxygen Demand*/BOD tinggi (>250), *Chemical Oxygen Demand*/COD (>500), NH_3 (>20) (Lau *et al.*, 2021; Zalfiatri *et al.*, 2020; Jefferson *et al.*, 2016). POME tidak bisa begitu saja dilepas ke lingkungan, karena akan menjadi beban lingkungan, sehingga perlu dilakukan penyisihan kandungan P di dalam limbah POME. Usaha yang dilakukan untuk penyisihan P di dalam limbah bermacam-macam, ada yang menggunakan biota air seperti ikan bandeng untuk mereduksi P di dalam limbah (Warsa *et al.*, 2018), pembuatan pupuk cair (Putri *et al.*, 2023) dan ada yang menggunakan metode pengkristalan struvite seperti yang dilaporkan oleh Edahwati *et al.*, (2021), menurut penelitian tersebut, struvite adalah mineral yang memiliki unsur $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ atau yang sering disebut Magnesium Ammonium Phosphate, mineral ini terbentuk dengan mereaksikan Mg^{2+} , NH_4^+ & PO_4^{3-} .

Kandungan P dalam struvite mencapai 70% seperti yang dilaporkan oleh Saru *et al.*, (2022), sehingga metode ini diharapkan mampu mereduksi kandungan P di dalam POME. Penyisihan unsur P di dalam larutan POME dengan cara kerja pengolahan struvite merupakan cara baru yang perlu dikembangkan, sebab perkembangan pabrik CPO yang pesat apabila tidak diimbangi dengan teknik pengelolaan limbah yang baik akan menyebabkan kerusakan lingkungan. Penelitian struvite yang telah banyak dilakukan diantaranya dengan bahan baku limbah tempe (Edahwati *et al.*, 2021), urine (Katrina, 2019) serta limbah industri pupuk (Ikhlash, 2017). Tujuan pada penelitian ini ialah menguji dosis MgCl terbaik yang dapat menyisihkan P di dalam POME dan mengetahui pengaruh

perlakuan yang diberikan terhadap nilai BOD & COD.

Bahan dan Metode

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pH meter, *magnetic stirrer*, *beaker glass*, *pipette bulb*. Bahan-bahan yang digunakan adalah POME segar, akuades, Kalium Hidroksida (KOH) 1N, Magnesium Klorida (MgCl) teknis, dan larutan untuk kalibrasi pH meter.

Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan simulasi penyisihan P yang ada di dalam POME dilakukan di laboratorium terpadu Institut Pertanian STIPER pada bulan Juni- September 2023, sedangkan analisa dilakukan di laboratorium Hidrologi dan Klimatologi Lingkungan (Fakultas Geografi) dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada.

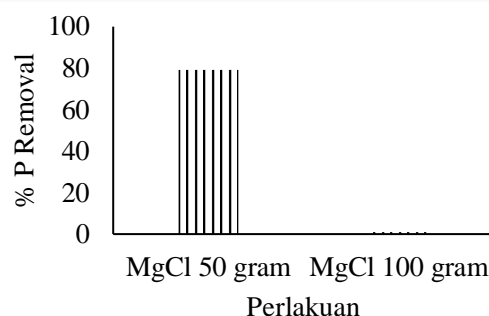
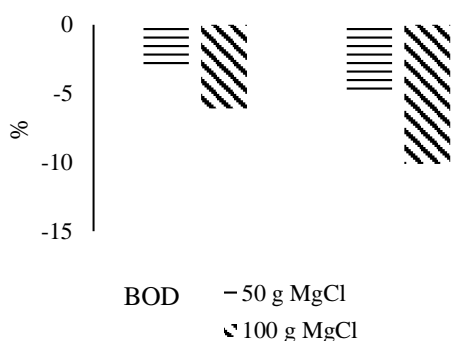
Metode penelitian yang digunakan adalah mengacu dari penelitian yang telah dilakukan oleh Edahwati *et al.*, (2021) yaitu dengan penjuenan yang dimodifikasi yaitu dengan perlakuan penambahan 50 & 100 gram MgCl per 500 ml POME pada kondisi lingkungan pH 9. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menempatkan POME sebanyak 0.5 liter ke dalam *beaker glass* 1 liter, langkah berikutnya meletakkan pH meter digital di dalam gelas, setelah itu ditambahkan KOH 1 N secara perlahan hingga pH mencapai 9 dan diaduk dengan *magnetic stirrer*, langkah berikutnya menambahkan MgCl sesuai perlakuan dan dijaga pH tetap di angka 9, larutan tetap diaduk untuk memastikan MgCl larut, langkah berikutnya adalah endapan disaring dan dioven dalam suhu 60°C selama 48 jam. Parameter pengamatan POME BOD, COD, P_2O_5 , sebelum dan sesudah dianalisa, sedangkan endapan/struvite diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Hasil dan Pembahasan

Penyisihan P_2O_5 pada POME

Perlakuan yang diberikan pada penelitian ini menunjukkan terdapat perbedaan penyisihan kandungan P di dalam larutan POME. Gambar

1 menunjukkan bahwa pada perlakuan 50 gram MgCl per 500 ml POME memperlihatkan persentase penurunan yang lebih baik dibandingkan perlakuan 100 gram MgCl per 500 ml POME, yaitu mencapai 80%, sedangkan perlakuan yang lain hanya <1%, hal ini dikarenakan tingkat molaritas Mg sangat memengaruhi keberhasilan pembentukan kristal struvite, sesuai penelitian Ariyanto *et al.*, (2015) bahwa molaritas yang tepat sangat memengaruhi penyisihan P di dalam larutan, artinya pada penelitian ini, dosis 100 gram MgCl terlalu jenuh sehingga tidak terjadi penyisihan P di dalam POME. Penelitian yang dilakukan Edahwati *et al.*, (2021) & Setiawan *et al.*, (2022) menyatakan hal yang sama, bahwa pada pH 9 dan molaritas antara Mg, NH₄ & P dengan nisbah 3:1:1 menunjukkan penyisihan P yang lebih baik dibandingkan molaritas 1:1:1.



Gambar 2. % Penurunan BOD & COD berdasarkan perlakuan 50 & 100 gram MgCl

Peningkatan parameter ini dikarenakan material minyak yang masih terkandung di dalam POME masih tinggi, sehingga ketika minyak terdegradasi akibat perlakuan yang diberikan maka minyak/lipids akan menjadi molekul karbon yang lebih kecil (Bertrand *et al.*, 2015). Hal tersebut menjadikan nilai BOD & COD meningkat. Usaha penurunan kadar BOD & COD dapat menggunakan metode yang dilakukan oleh Sumada *et al.*, (2021) yaitu dengan memberikan aerasi sehingga nilai BOD & COD bisa turun dan memenuhi standar baku mutu limbah. Perlakuan lainnya yang lebih modern dapat dilakukan dengan pembangunan instalasi

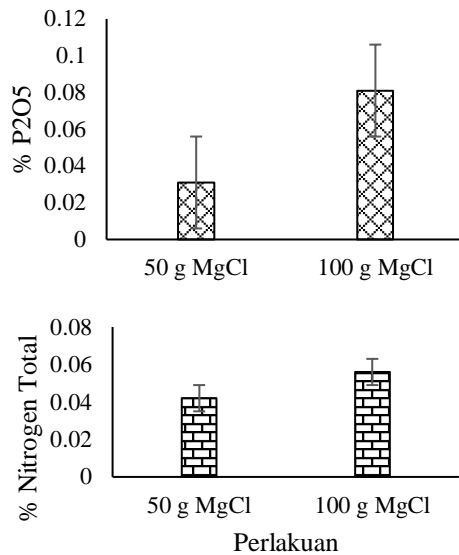
Gambar 1. % Penurunan P₂O₅ pada larutan POME setelah perlakuan 50 & 100 gram MgCl

Penurunan BOD & COD

Parameter BOD & COD perlu diperhatikan pada parameter limbah dikarenakan apabila nilainya melebihi bakumutu limbah akan menjadi beban lingkungan. Perlakuan yang diberikan baik pada perlakuan 50 & 100 g MgCl tidak menurunkan kedua parameter ini. Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa parameter yang dianalisa justru sedikit meningkat, POME segar memiliki kadar BOD 1660 mg/L, setelah diberi perlakuan pembentukan struvite yaitu diberi KOH 1 N hingga pH 9 dan ditambahkan 50 & 100 g MgCl per 500 ml POME, secara berurutan nilai BOD menjadi 1711 mg/L dan 1761 mg/L, sedangkan parameter COD awal 6587 mg/L meningkat menjadi 6920 mg/L dan 7523 mg/L secara berurutan.

Kadar P₂O₅ & N total pada endapan/struvite

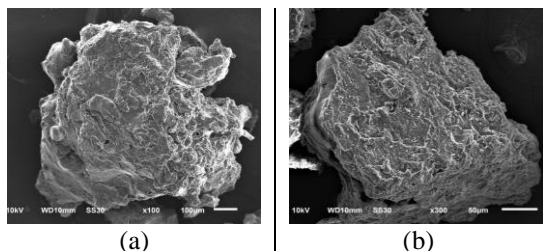
Unsur P dan N berpotensi digunakan pada bidang pertanian yaitu pemupukan, harga pupuk yang semakin meningkat sepanjang tahun menyebabkan biaya produksi komoditas pertanian meningkat. Kadar P & N yang didapatkan berdasarkan Gambar 3. masih sangat rendah yaitu memiliki kandungan hanya <1 %, sedangkan menurut Ngatiman *et al.*, (2021) pada penelitian tersebut kandungan P & N mencapai 25% dan 2 % pada kristal struvite yang ditemukan di instalasi *anaerobic digester* POME. Perlakuan struvite yang diberikan pada limbah berpotensi menjadi pupuk N, menurut Yuhyi *et al.*, (2015) kandungan N pada kristal dapat mencapai 26%. Kandungan unsur P & N yang tinggi berpotensi dijadikan pupuk kimia, akan tetapi pada penelitian ini belum diduga pada penelitian ini kristal yang terbentuk belum sempurna sehingga masih memiliki kandungan P serta N yang masih rendah.



Gambar 3. % Kandungan P₂O₅ & Nitrogen total berdasarkan perlakuan 50 & 100 gram MgCl

Karakterisasi Kristal Endapan/Struvite

Pengamatan SEM yang telah dilakukan bertujuan untuk melihat kristal yang terbentuk, berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan Edahwati *et al.*, (2021), bahwa bentuk kristal struvite dari limbah tempe memiliki sudut yang lancip dan pembentukan kristal terbentuk secara sempurna, hal ini berbeda dengan kristal yang terbentuk dari POME.



Gambar 4. (a) Foto hasil endapan dengan metode SEM pada perlakuan 50 gram MgCl, (b) 100 gram MgCl

Gambar 4 menunjukkan foto kristal yang didapatkan belum terbentuk secara sempurna pada bagian sudut kristal, pada penelitian bentuk kristal serupa dengan foto SEM yang disampaikan oleh Ngatiman *et al.*, (2021) yaitu pada gambar 4 (a) & (b) terbentuk kristal yang tidak seragam dan hanya membentuk sedikit tepian kristal. Bentuk kristal yang belum sempurna ini mendukung data kandungan P & N total di dalam endapan yang masih sangat

rendah dibandingkan dengan beberapa literatur yang telah dipelajari.

Kesimpulan

Penyisihan unsur P dari POME menghasilkan penurunan nilai P terbaik pada perlakuan 50 g MgCl per 500 ml POME dengan nilai mencapai 80%. Kandungan P & N di dalam endapan masih sangat rendah, hal ini didukung dengan pengamatan SEM yang menunjukkan bahwa kristal belum terbentuk sempurna. Perlakuan tidak merubah nilai BOD & COD di dalam POME. Perlu pengelolaan limbah secara terintegrasi untuk merubah sifat limbah agar memenuhi baku mutu lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas rahmatnya sehingga kami bisa menyelesaikan naskah ini. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada LPPM INSTIPER atas dukungan pembiayaan penelitian ini melalui Program Penelitian Dana Internal.

Referensi

- Amru, K., & Makkau, B. A. (2023). Analisis Kualitas Air Sungai Palopo Akibat Pencemaran Limbah Domestik dengan Metode Index Pollution. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 137–142.
- Ariyanto, E., Melani, A., & Anggraini, T. (2015). Penyisihan Po 4 Dalam Air Limbah Rumah Sakit Untuk Produksi Pupuk Struvite. *Jurnal.Ftumj*, November 2015, 1–8.
- Bertrand, J., Bonin, P., Caumette, P., & Gattuso, J. (2015). *Biogeochemical Cycles 14*. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9118-2>
- Edahwati, L., Sutiyono, & Anggriawan, R. R. (2021). Pembentukan Pupuk Struvite dari Limbah Cair Industri Tempe dengan Proses Aerasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 215–221. DOI: <https://doi.org/10.29122/jtl.v22i2.4721>
- Edahwati, L., Sutiyono, S., Alvira, F. H., & Anggriawan, R. R. (2021). Struvite Crystallization for Ammonium Removal

- from Cow Urine with Bulkhead Reactor. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(1), 41. DOI: <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i1.202>
- Foley, R. N. (2009). Phosphate levels and cardiovascular disease in the general population. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 4(6), 1136–1139. DOI: <https://doi.org/10.2215/CJN.01660309>
- Ikhlas, N. (2017). Pengaruh pH, Rasio Molar, Jenis Presipitan, dan ion Pengganggu dalam Recovery Amonium dan Fosfat pada Limbah Cair PT Petrokimia Gresik dengan Metode Presipitasi Struvite. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya*, 1–134.
- Jefferson, E. E., Kanakaraju, D., & Tay, M. G. (2016). Removal efficiency of ammoniacal nitrogen from palm oil mill effluent (Pome) by varying soil properties. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(1), 111–120. DOI: <https://doi.org/10.3923/jest.2016.111.120>
- Junaidi, M. (2016). Pendugaan Limbah Organik Budidaya Udang Karang dalam Keramba Jaring Apung terhadap Kualitas Perairan Teluk Ekas Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 16(2), 64–79.
- Jung, S. Y., Kwon, J., Park, S., Jhee, J. H., Yun, H. R., Kim, H. N., Kee, Y. K., Yoon, C. Y., Chang, T. I., Kang, E. W., Park, J. T., Yoo, T. H., Kang, S. W., & Han, S. H. (2018). Phosphate is a potential biomarker of disease severity and predicts adverse outcomes in acute kidney injury patients undergoing continuous renal replacement therapy. *PLoS ONE*, 13(2), 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191290>
- Katrina, L. I. A. (2019). Pengaruh pH Pada Proses Pembuatan Pupuk Struvite (MgNH₄ PO₄ · 6H₂O) Dari Urine Manusia Pada Aeration Column Crystallizer. *Universitas Muhammadiyah Palembang*, 1–20.
- Kusumastuti, A. (2014). Dinamika P Tersedia, pH, C-Organik dan Serapan P Nilam (Pogostemon cablin Benth.) pada Berbagai Aras Bahan Organik dan Fosfat di Ultisols. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(3), 145–151.
- Lau, K. J., Lim, A., Chew, J. J., Ngu, L. H., & Sunarso, J. (2021). Treatment and decolourisation of treated palm oil mill effluent (POME) using oil palm trunk-derived activated carbon as adsorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1195(1), 012025. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1195/1/012025>
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 182–189. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- Ngatiman, M., Jami, M. S., Abu Bakar, M. R., Subramaniam, V., & Loh, S. K. (2021). Investigation of struvite crystals formed in palm oil mill effluent anaerobic digester. *Heliyon*, 7(1), e05931. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05931>
- Prasad, R., & Prasad, S. (2019). Algal Blooms and Phosphate Eutrophication of Inland Water Ecosystems with Special Reference to India. *International Journal of Plant and Environment*, 5(01), 01–08. DOI: <https://doi.org/10.18811/ijpen.v5i01.1>
- Putri, F. S., Fevria, R., Des, M., Leilani, I., & Putri, E. (2023). The Effect of Nano Technology Liquid Organic Fertilizer on The Growth of Red Spinach (Amaranthus tricolor L.) Cultivated Hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 491 – 497. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4872>
- Rroji, M., Figurek, A., Viggiano, D., Capasso, G., & Spasovski, G. (2022). Phosphate in the Context of Cognitive Impairment and Other Neurological Disorders Occurrence in Chronic Kidney Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(13). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23137362>
- Saru, M. V. V., Zevi, M., & Edahwati, L. (2022). Sintesis dan Karakteristik Struvite Dengan Proses Bubble. *Journal of Chemical Process Engineering*, 7(1), 27–32. DOI: <https://doi.org/10.33536/jcpe.v7i1.1151>
- Setiawan, A., Jannah, F. F., Ramadani, T. A., & Dewi, T. U. (2022). Penyisihan Fosfat dan Amonium Pada Air Limbah Menggunakan Presipitasi Struvite Dengan Penambahan

- Bittern. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 4(1), 21–28. DOI: <https://doi.org/10.35970/jppl.v4i1.1185>
- Sumada, K., Chaerani, N. C., Priambodo, M. D., & Saputro, E. A. (2021). Pengolahan Limbah Cair Industri Pakan Ternak dengan Kombinasi Proses Aerasi dan Biologi Aerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 249–256. DOI: <https://doi.org/10.29122/jtl.v22i2.3967>
- Tsuchiya, K., & Akihisa, T. (2021). The importance of phosphate control in chronic kidney disease. *Nutrients*, 13(5), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13051670>
- Warsa, A., Haryadi, J., & Astuti, L. P. (2018). Mitigasi Beban Fosfor dari Kegiatan Budidaya dengan Penebaran Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 259. DOI: <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2669>
- Yuhyi, M., Tadza, M., Hawa, H., Sobani, M., Ain, N., & Ghani, F. (2015). Characteristics of Struvite Precipitate from Palm Oil Mill Effluent. *Journal of Science and Technology in The Tropics*, 11, 1–8.
- Zalfiatri, Y., Restuhadi, F., Pramana, A., & Yuliandri, F. (2020). Decreasing Levels of BOD, COD and Oil in Palm Oil Mill Effluent (Pome) Using Scale Up Experiment of Symbiosis Mutualism Technology Between Microalgae *Chorella* Sp and Agrobost. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 4(2), 170–180. DOI: <https://doi.org/10.32530/jaast.v4i2.155>