

EKSTRAKSI DAN PENENTUAN GUGUS FUNGSI ASAM HUMAT DARI KOTORAN SAPI PETERNAKAN YAYASAN SASMITA JAYA SERANG

¹Mayshah Purnamasari, ²Fakhrotun Nisa, *³Maya Sari Ananda Pohan

^{1,2,3}Universitas Pamulang, Banten, Jl. Raya Serang-Jakarta Kelodran Walantaka Serang Banten 42183

*E-mail: dosen10024@unpam.ac.id

Riwayat Article

Received: 30 January 2025; Received in Revision: 2 March 2025; Accepted: 5 March 2025

Abstract

Humic acid is a derivative of organic matter or the result of organic matter decomposition, characterized by a blackish-brown color, acidic nature, insolubility in acidic solvents, solubility in basic solvents, and classified as a complex macromolecule. In this study, the extraction of humic acid from cow manure fertilizer was successful. The separation of humic acid from its mixture is depends on its solubility in acid and alkali. Understanding and mastering the extraction process of humic acid is essential for facilitating the assessment of compost quality. The selection of the appropriate extractant is based on two main considerations main considerations for selecting a suitable extractant are: 1) The extractant must be compatible with the chemical characteristics of the substance; and 2) The extractant must be able to quantitatively separate humic acid from its mixture. The extraction process was carried out using a base, taking into account variations in base concentration and extraction duration. The obtained humic acid is characterized using FTIR to analyze its functional group absorption and to determine, carboxylate group content, and phenolic -OH group content. he FTIR spectra exhibit characteristic absorptions for humic acid at specific wavenumbers, including -OH and N-H ($3695,1\text{ cm}^{-1}$ and $3299,31\text{ cm}^{-1}$); aliphatic C-H ($2992,80\text{ cm}^{-1}$ and $1448,38\text{ cm}^{-1}$); aromatic C=C ($1606,07\text{ cm}^{-1}$); COO⁻ or C=N ($1521,71\text{ cm}^{-1}$); and C-O from -COOH ($1219,20\text{ cm}^{-1}$). The urgency of this research lies in the utilization of cow manure waste to produce humic acid, which is beneficial for soil fertility and, in turn, increases the economic value of cow manure as livestock waste.

Keywords: humic acid, cow manure, extraction, livestock waste, functional group

Abstrak

Asam humat terbentuk akibat proses alami penguraian bahan organik dan memiliki warna khas hitam kecoklatan. Senyawa ini bersifat asam, tidak larut dalam pelarut asam, tetapi dapat larut dalam pelarut basa, serta termasuk makromolekul kompleks. Pada penelitian ini asam humat telah berhasil diekstrak dari pupuk kotoran sapi. Pemisahan asam humat dilakukan dengan mempertimbangkan kelarutannya dalam larutan asam dan alkali. Memahami metode ekstraksi asam humat dapat membantu dalam evaluasi kualitas kompos. Pemilihan ekstrak yang tepat didasarkan pada dua pertimbangan utama, yaitu: 1) ekstrak harus memiliki kesesuaian dengan sifat kimia dari bahan yang akan diekstrak, dan 2) ekstrak harus mampu memisahkan asam humat dari campurannya secara kuantitatif. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan basa dengan mempertimbangkan variasi konsentrasi basa serta durasi ekstraksi. Analisis FTIR dilakukan untuk mengkarakterisasi asam humat dan mengetahui kandungan gugus karboksilat serta -OH fenolatnya. Hasil spektra menunjukkan adanya serapan khas pada bilangan gelombang $3695,1\text{ cm}^{-1}$ dan $3299,31\text{ cm}^{-1}$ (gugus -OH dan N-H), $2992,80\text{ cm}^{-1}$ dan $1448,38\text{ cm}^{-1}$ (C-H alifatik), $1606,07\text{ cm}^{-1}$ (C=C aromatik), $1521,71\text{ cm}^{-1}$ (COO⁻ atau -C=N), serta $1219,20\text{ cm}^{-1}$ (C-O dari -COOH). Urgensi penelitian ini adalah pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi asam humat yang berguna untuk kesuburan tanah yang nantinya akan menaikkan nilai jual dari kotoran sapi sebagai limbah ternak.

Keywords: asam humat, kotoran sapi, ekstraksi, limbah ternak, gugus fungsi

1. Introduction

Asam humat, sebagai bagian dari substansi humat atau humus, termasuk dalam kelompok senyawa organik bersama dengan asam fulvat, himatomelanik, dan humin. Kandungan utamanya meliputi unsur makro seperti C, H, N, dan S, dengan struktur aromatik dan alifatik, serta

keasaman yang bergantung pada keberadaan gugus fenol dan karboksil (De Melo et al., 2016). Sejumlah hasil penelitian telah mengonfirmasi bahwa asam humat memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman pangan, contohnya padi (Suntari et al., 2015) dan gandum (Kalle Hirvonen, Elia Machado, 2024) (Xue et al., 2016), juga tanaman hias seperti gladiol (Bashir et al., 2016). Asam humat dapat memperbaiki kesuburan tanah melalui perbaikan total karbon organik, stabilitas agregat, dan densitas yang besar (Ahmad et al., 2015). Efektivitas pupuk organik dan kompos di tanah masih terbatas, sebab kandungan C-organiknya mengalami penurunan yang cepat selama satu siklus tanam. Oleh karena itu, diperlukan bahan organik yang lebih stabil untuk membantu mengontrol perubahan salinitas tanah.

Hasil penelitian terkini membuktikan bahwa kesuburan tanah bergantung pada kadar asam humat yang terdapat di dalamnya. Asam humat memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi, sekitar 60-156 me/100g, kandungan C-organik sebesar 20-30%, serta kadar oksigen dan daya simpan air yang lebih tinggi dari standar umum. Faktor-faktor ini menjadikannya bahan yang efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Keunggulan utama asam humat adalah kemampuannya mengikat ion logam yang tidak larut, oksida, dan hidroksida, lalu secara perlahan mendistribusikannya sesuai kebutuhan tanaman. Berkat sifat ini, asam humat memberikan tiga jenis manfaat utama, yaitu efek fisik, kimia, dan biologis. Selain itu, asam humat juga berfungsi sebagai penyangga tanah, membantu mengurangi perubahan pH akibat faktor eksternal, serta berkontribusi terhadap keseimbangan ekologi tanah. Penyangga tanah adalah zat yang berfungsi mempertahankan keseimbangan pH tanah yang disebabkan oleh faktor eksternal (Mindari et al., 2014). Perubahan pH tanah yang masih aman untuk tanah adalah sekitar 6,0-7,5.

Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa asam humat berpotensi dalam mendukung perbaikan kesehatan tanah serta merangsang pertumbuhan mikroorganisme di dalamnya. Hasil penelitian (Maji et al., 2017) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pertumbuhan tanaman (menghasilkan biomassa tunas 109,17% lebih tinggi dibandingkan kontrol), aktivitas enzim tanah, memperbaiki keragaman dan kelimpahan microbial sehingga meningkatkan kesuburan tanah pada tanaman kacang polong melalui pemberian asam humat. Penelitian lain telah dilakukan dengan pemberian asam humat pada tanaman kangkung darat yang berpengaruh nyata pada pertumbuhan, produktivitas, dan serapan nitrogennya (Rahmandhias et al., 2020). Kandungan asam humat dapat diperoleh dari berbagai sumber alami, seperti akar-akar tumbuhan, tumbuhan mati, mikroorganisme, dan bahan organik lainnya. Selain itu, asam humat juga dapat diperoleh dari pupuk kandang dan pupuk organik lainnya.

Limbah ternak yang jumlahnya berlimpah merupakan aset sebagai sumber asam humat. Seluruh limbah yang dihasilkan dari aktivitas peternakan, baik dalam bentuk padatan, cairan, gas, maupun sisa pakan, masih mengandung nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang berpotensi menyebabkan pencemaran. Bahkan dalam kondisi kering, limbah ternak tetap dapat mencemari lingkungan dengan menghasilkan debu. Selain itu, kotoran sapi menimbulkan cemaran gas metana (CH_4) dan cemaran air. Emisi gas metana dari sistem pencernaan ternak ruminansia menimbulkan bau yang tidak menyenangkan serta berdampak pada lingkungan. Selain itu, gas ini turut menyumbang pemanasan global dan degradasi lapisan ozon, dengan laju peningkatan sekitar 1% per tahun. Limbah ternak juga menyebabkan pencemaran air melalui peningkatan kadar nitrogen, yang dapat memicu eutrofikasi dan mengurangi kualitas air. Senyawa nitrogen merupakan polutan spesifik yang dapat mengurangi kualitas perairan melalui proses eutrofikasi (proses di mana suatu badan air, baik seluruhnya maupun sebagian, secara bertahap mengalami peningkatan kandungan mineral dan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor), serta mengalami penurunan kadar oksigen terlarut akibat proses nitrifikasi yang terjadi di dalam air (Mindari et al., 2022). Oleh karena itu, pemanfaatan pupuk kandang sebagai sumber asam humat bisa menjadi solusi pengolahan limbah ternak yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi.

Pupuk dari kotoran sapi dapat menjadi sumber asam humat karena telah melalui proses biodegradasi dalam pengomposan, yang merupakan bentuk awal dari humifikasi bahan organik. Secara umum, asam humat terbentuk akibat dekomposisi bahan organik dalam jangka waktu lama dengan bantuan mikroorganisme (Ihsan et al., 2018). Proses ini mirip dengan teknik pengomposan, yang memungkinkan dekomposisi bahan organik dalam waktu yang dapat dikendalikan, sehingga rasio C/N dalam bahan organik mengalami penurunan akibat degradasi. Ekstraksi asam humat dari serbuk kotoran sapi telah dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 0,1 M, dan dalam penelitian ini, ekstraksi asam humat akan dilakukan dari pupuk kotoran sapi. Pupuk ini dibuat dari kotoran sapi yang telah melalui tahap pengomposan.

Pemisahan asam humat dilakukan dengan mempertimbangkan kelarutannya dalam asam dan alkali. Pemahaman tentang proses ekstraksi ini diperlukan untuk mempermudah penentuan kualitas kompos. Dalam memilih ekstrak, ada dua aspek pokok yang harus diperhatikan, yakni: 1) ekstrak harus memiliki kesesuaian dengan sifat kimia dari bahan yang akan diekstrak, dan 2) ekstrak harus mampu memisahkan asam humat dari campurannya secara kuantitatif. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan basa dengan mempertimbangkan variasi konsentrasi basa serta durasi ekstraksi. Asam humat yang telah diekstrak dianalisis menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi serapan gugus fungsinya (gugus karboksilat dan -OH fenolat). Kebaruan dari penelitian ini adalah bahan baku yang digunakan berasal dari peternakan Yayasan Sasmita Jaya. Tujuan penelitian ini adalah mengekstraksi asam humat dari pupuk kotoran sapi dan menganalisis gugus fungsi dari asam humat yang dihasilkan.

2. Methodology

2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan sebagai berikut: gelas ukur, Hotplate, thermometer, stirrer, timbangan analitik, spektrometer FTIR, spektrometer UV-Vis, labu destilasi, sentrifuge, ayakan, lumping, mixer, cawan porselin, oven dan shaker.

2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah pupuk kandang dari peternakan sapi Yayasan Sasmita Jaya, Kalium hidroksida (KOH), Barium hidroksida ($Ba(OH)_2$), Asam Klorida (HCl), Perak nitrat ($AgNO_3$), Ca asetat ($Ca(CH_3COO)_2$), Aquades, Natrium Hidroksida (NaOH).

2.3. Prosedur kerja

2.3.1. Pengumpulan sampel

Sampel (Pupuk kotoran sapi) diperoleh dari peternakan sapi milik Yayasan Sasmita Jaya di Serang. Sampel yang diperoleh sudah dalam keadaan kering.

2.3.2. Ekstraksi asam humat dan karakterisasi

Secara umum, ekstraksi asam humat dilakukan berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Stevenson. Dalam penelitian ini, proses ekstraksi melibatkan variasi parameter, yaitu konsentrasi larutan basa dan durasi pengocokan sampel dengan larutan basa. Kalium hidroksida (KOH) digunakan sebagai dilakukan dengan merujuk pada metode dari Stevenson. Kalium hidroksida (KOH) digunakan sebagai larutan basa dengan variasi konsentrasi variasi konsentrasi 0,050 M; 0,100 M; 0,250 M dan 0,50 M. Sementara itu, waktu pengocokan sampel dengan larutan KOH divariasikan antara 1 hingga 6 jam.

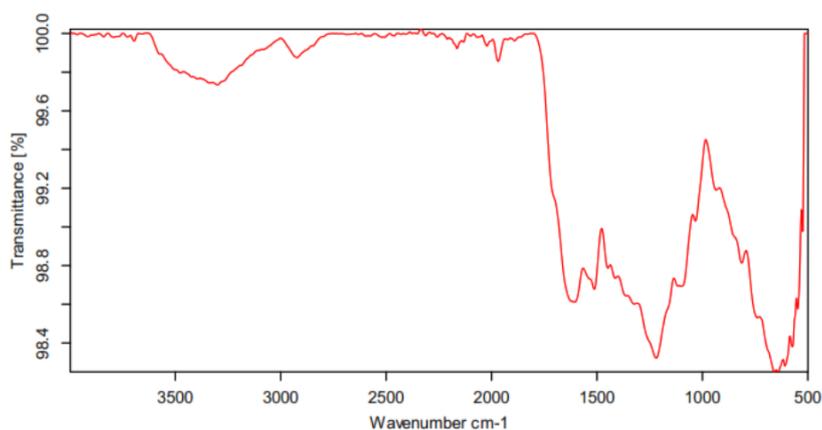
Sampel yang sudah bersih, kering, dan halus kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi larutan basa sebagai media ekstraksi dengan perbandingan massa (w/w) 1:12,5. Campuran kemudian dikocok menggunakan shaker dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu, campuran disaring untuk memisahkan filtrat dan endapan. Filtrat yang diperoleh, dengan pH 11-12, ditambahkan sekitar 3 ml asam klorida (HCl) pekat hingga mencapai pH 1, kemudian dikocok kembali menggunakan shaker dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu, campuran kembali disaring untuk mendapatkan filtrat dan endapan. Proses pemisahan menggunakan KOH dan HCl ini dilakukan sebanyak dua kali. Endapan yang dihasilkan kemudian dicuci berulang kali dengan akuades hingga tidak mengandung ion Cl^- , yang dibuktikan dengan tidak adanya endapan putih saat air pencucian direaksikan dengan larutan $AgNO_3$. Setelah proses pencucian selesai, asam humat dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Campuran tersebut didiamkan 24 jam. Setelah 24 jam, campuran disaring untuk memperoleh filtrat dan endapan. Filtrat hasil saringan ditambahkan HCl pekat hingga pH 1, dikocok menggunakan shaker. Asam humat yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrometer FTIR (Nurlina et al., 2018).

3. Results and Discussion

Dalam proses ekstraksi, pupuk kotoran sapi dicampurkan dengan larutan basa kuat, yaitu KOH. Larutan basa kuat lebih efektif daripada larutan asam lemah dalam mengekstraksi asam humat. Hasil penelitian lain juga membuktikan bahwa ekstraksi menggunakan KOH menghasilkan rendemen asam humat 46% lebih tinggi dibandingkan dengan NaOH pada konsentrasi yang sama. Tujuan utama *Alkaline extraction* (ekstraksi basa) ini adalah untuk mendapatkan karbon total dan karbohidrat dari kotoran sapi.

Larutan KOH digunakan untuk mencampur asam humat agar dapat larut dan terpisah dari humin. Humus, yang merupakan bahan organik yang telah terdekomposisi, mengandung humin sebagai salah satu fraksi humatnya yang bermanfaat sebagai nutrisi tanaman. Untuk memisahkan asam humat dari asam fulvat, filtrat yang mengandung keduanya diperlakukan dengan larutan asam, karena asam humat tidak larut dalam larutan asam. Endapan yang dihasilkan dalam proses ini disebut asam humat. Larutan HCl yang digunakan dalam perlakuan akan meninggalkan ion Cl⁻, yang perlu dihilangkan melalui pencucian berulang menggunakan air demineral. Untuk memastikan hilangnya ion Cl⁻, larutan AgNO₃ 0,1 M ditambahkan ke dalam air yang telah melewati asam humat. Asam humat dianggap bebas ion Cl⁻ apabila tidak terbentuk endapan putih setelah ditambahkan AgNO₃ 0,1 M ke dalam wadah.

Ekstraksi sampel menggunakan larutan KOH 0,05 M selama 1 jam menghasilkan asam humat. Asam humat yang diekstraksi dianalisis menggunakan spektrometri FTIR guna menentukan pola serapan gugus fungsinya (Gambar 1). Hasil serapan ini selanjutnya dibandingkan dengan spektrum asam humat standar serta asam humat menurut Stevenson, 1994.



Gambar 1. Spektrum FTIR hasil ekstraksi

Berdasarkan hasil analisis FTIR, asam humat hasil ekstraksi mengandung gugus hidroksil (-OH) dan karboksilat (-COOH). Indikasi adanya gugus -OH dapat dilihat dari vibrasi perubahan (deformation) -OH dari -COOH serta regangan -C-O yang muncul dalam spektra FTIR pada bilangan gelombang 1219,208 cm⁻¹. Gugus -COOH teridentifikasi melalui serapan khas gugus -OH dari -COOH pada bilangan gelombang 3299,31 cm⁻¹. Namun, serapan yang umumnya menunjukkan keberadaan gugus karbonil (-C=O) di rentang bilangan gelombang 1725-1720 cm⁻¹ tidak terlihat dalam spektra asam humat hasil ekstraksi maupun pada asam humat standar. Tidak adanya serapan khas gugus C=O di sekitar 1700 cm⁻¹, yang umumnya menjadi indikator gugus -COOH, diduga disebabkan oleh interaksi antara gugus -COOH dengan kandungan logam yang kemungkinan ada dalam pupuk kotoran sapi (Mohadi et al., 2008). Logam-logam yang terdapat pada kotoran sapi dapat berasal dari unsur hara makro seperti kalium (K), magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan lain-lain.

Table 1. Bilangan Gelombang Asam Humat Standar dan Asam Humat Hasil Ekstraksi dari Sampel
Bilangan Gelombang (cm⁻¹)

Asam Humat Standard [9]	Asam Humat Hasil Ekstraksi Sampel	Gugus Terkait
3425,58	3695,10	Regang O-H
2924,09	3299,31	Regang N-H

-	2922,80	regang simetri dan asimetri C-H alifatik dari -CH ₂ atau -CH ₃
-	1606,07	C=C aromatik, H terkonjugasi dari gugus C=O dari keton dan atau karboksilat
-	1512,60	vibrasi ulur -C=N dari amida ikatan rangkap 2
1573,91	1448,38	C-H alifatik deformation -O-H, regang C-O dari
1388,75	1324,38	OH fenolik, deformation C-H dari -CH ₂ dan -CH ₃
-	1219,20	Regang C-O, deformation -OH, ulur -CH ₃

Indikasi keberadaan gugus fungsional ditunjukkan oleh beberapa serapan pada spektra. Vibrasi C-H alifatik dari gugus CH₂ maupun -CH₃ terkonfirmasi melalui serapan yang muncul pada bilangan gelombang 2922,809 cm⁻¹. Ciri khas asam humat juga dapat diamati pada bilangan gelombang 1606 cm⁻¹. Pita serapan yang muncul berasal dari regangan simetris COO⁻, perubahan vibrasi N-H, serta vibrasi ulur -C=N pada amida dengan ikatan rangkap dua. Ciri khas asam humat tampak pada serapan di bilangan gelombang 1606 cm⁻¹. Selain itu, pita serapan yang berasal dari regangan simetris COO⁻, perubahan vibrasi N-H, serta vibrasi ulur -C=N dari amida berikatan rangkap dua terdeteksi pada bilangan gelombang 1512,60 cm⁻¹. Keberadaan gugus C=C dalam struktur aromatik serta kemungkinan konjugasi atom hidrogen dengan karbonil (C=O) pada gugus karboksilat dan keton ditunjukkan oleh serapan ini. Adapun serapan pada bilangan gelombang 1219,2 cm⁻¹ mengindikasikan perubahan vibrasi C=O yang berasal dari gugus karboksilat, khususnya -COOH.

4. Conclusion

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa asam humat berhasil diekstraksi dari sampel dengan larutan KOH 0,05 M sebagai larutan pengeskrak dan waktu pengocokan selama 1 jam. Spektrum FTIR menunjukkan serapan khas untuk asam humat yaitu pada bilangan gelombang untuk gugus-gugus -OH dan regang N-H (3695, 1 cm⁻¹ dan 3299,31 cm⁻¹); C-H alifatik untuk CH₂, CH₃ (2992,80 cm⁻¹ dan 1448,38 cm⁻¹); C=C aromatik (1606,07 cm⁻¹); regang simetrik COO⁻ atau perubahan vibrasi N-H dan vibrasi ulur -C=N dari amida ikatan rangkap 2 (1521,71 cm⁻¹); C-O dari -COOH (1219,20 cm⁻¹).

References

- Ahmad, I., Ali, S., Khan, K., Hassan, F., & Bashir, K. (2015). Use of Coal Derived Humic Acid as Soil Conditioner to Improve Soil Physical Properties and Wheat Yield. *International Journal of Plant & Soil Science*, 5(5), 268–275. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2015/14410>
- Bashir, M., Qadri, R. W. K., Khan, I., Zain, M., Rasool, A., & Ashraf, U. (2016). HUMIC ACID APPLICATION IMPROVES THE GROWTH , FLORET AND BULB INDICES OF GLADIOLUS (*Gladiolus grandiflorus* L .) ABSTRACT : 68(2).
- De Melo, B. A. G., Motta, F. L., & Santana, M. H. A. (2016). Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Materials Science and Engineering C*, 62, 967–974. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.001>
- Ihsan, M., Rahayu, T. (2018) Ekstraksi Asam Humat Pupuk Kandang Sapi Dan Pengaruhnya Untuk Meningkatkan Efektivitas Pemupukan Nitrogen Dari Beberapa Sumber Pada Tanaman Bayam, *Agronomika*, 13 (1),225-231.
- Kalle Hirvonen, Elia Machado, A. M. S. (2024). This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search . Help ensure our sustainability. *AgEcon Search*, 1–26. file:///F:/Spec 2/Traffic Delay Model.pdf
- Maji, D., Misra, P., Singh, S., & Kalra, A. (2017). Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. *Applied Soil Ecology*, 110, 97–108.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.10.008>

- Mindari, W., Aini, N., & Kusuma, Z. (2014). Effects of humic acid-based buffer + cation on chemical characteristics of saline soils and maize growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(1), 259–268. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2014.021.259>
- Mindari, W., Sassongko, P. E., Syekhfani. (2022) *Asam Humat Sebagai Amelioran dan Pupuk*, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Jawa Timur
- Mohadi, R., Hidayati, N., Santosa, S.J. Narsito. (2008) Karakterisasi Asam Humat dari Gambut Indralaya, Ogan Ilir Sumatera Selatan, *Jurnal Penelitian Sains*, 11(1), 411-420.
- Nurlina, N., Syahbanu, I., Tamnasi, M. T., Nabela, C., & Furnata, M. D. (2018). Ekstraksi Dan Penentuan Gugus Fungsi Asam Humat Dari Pupuk Kotoran Sapi. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(1), 30. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v1i1.26041>
- Rahmandhias, D. T., & Rachmawati, D. (2020). The Effect of Humic Acid on Productivity and Nitrogen Uptake in Kangkong (*Ipomoea reptans* Poir.). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(2), 318–324. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.2.318>
- Stevenson, F.J. (1994) *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction*. 2nd ed. John Wiley&Sons, Inc. New York.
- Suntari, R., Retnowati, R., Soemarno, & Munir, M. (2015). Determination of urea-humic acid dosage of vertisols on the growth and production of rice. *Agrivita*, 37(2), 185–192. <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2015-37-2-p185-192>
- Xue, X., Xue, Z., Song, Z., Zhang, F., Wang, Z., Han, Y. (2016) Effect of combined application of humic acid and urea on the wheat growth and yield, *Asian Agricultural Research*, 8 (9), 67-70.