

Optimasi Waktu Reaksi dan pH terhadap Peningkatan *Yield Eco Enzyme*

Teodora Dasilva^{1*}, Syntia Nabila², Mega Kasmiyatun³, Ery Fatarina
Purwaningtyas⁴, Priyono Kusumo⁵

¹⁻⁵ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945
Semarang, Indonesia

Alamat : Jl. Pawiyatan Luhur Bendhan Duwur Semarang, 50233, Indonesia

Korespondensi penulis : dasilvanina73@gmail.com*

Abstract : *Eco enzyme is a biocatalyst obtained from a fermentation process involving microorganisms, and has the potential to be applied in various environmental and industrial fields. This research aims to determine the optimum conditions for the volume of eco enzyme, determine the most influential variables between time and pH used during the eco enzyme fermentation process and the chemical characteristics of the eco enzyme product which was fermented for three months. Optimization method using the Central Composite Design – Response Surface Methodology (RSM) method. The comparison made in eco enzyme fermentation is water: organic waste: molasses = 10: 3: 1 = 5000 ml: 1500 gr: 500 gr. Fermentation for 3 months resulted in optimum conditions for making eco enzyme found at a reaction time of 96.213 and a pH of 5.207, with a maximum % yield of 10.24. The most influential variable in this research is pH. FTIR test results show the strongest absorption in the -OH (hydroxyl) group with alcohol properties at a wavelength of 3307.99 cm⁻¹, with a low transmittance of 48.2%. This group has antimicrobial properties that support the growth of good bacteria and other microbes.*

Keywords : *Eco Enzyme, pH, Reaction Time, FTIR*

Abstrak : Eco enzyme adalah biokatalis yang diperoleh dari proses fermentasi yang melibatkan mikroorganisme, serta memiliki potensi untuk diterapkan dalam berbagai bidang lingkungan dan industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum volume eco enzyme, mengetahui variabel yang paling berpengaruh antara waktu dan pH yang digunakan selama proses fermentasi eco enzyme dan karakteristik kimia pada produk eco enzyme yang difermentasi selama tiga bulan. Metode optimasi dengan metode Central Composite Design – Response Surface Methodology (RSM). Perbandingan yang dilakukan pada fermentasi eco enzyme yaitu air : sampah organik : molase = 10 : 3 : 1 = 5000 ml : 1500 gr : 500 gr. Fermentasi selama 3 bulan diperoleh hasil kondisi optimum untuk pembuatan eco enzyme ditemukan pada waktu reaksi 96,213 dan pH 5,207, dengan % yield maksimum sebesar 10,24. Variabel paling berpengaruh dalam penelitian ini adalah pH. Hasil uji FTIR menunjukkan serapan terkuat pada gugus -OH (hidroksil) dengan sifat alkohol di panjang gelombang 3307,99 cm⁻¹, dengan transmitansi rendah 48,2%. Gugus ini memiliki sifat antimikroba yang mendukung pertumbuhan bakteri baik dan mikroba lainnya.

Kata Kunci : Eco Enzyme, pH, Waktu Reaksi dan FTIR

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbanyak keempat di dunia dengan jumlah penduduk 282.477.584 jiwa (BPS Indonesia, 2023). Seiring dengan pertumbuhan populasi manusia yang pesat, permasalahan pembuangan limbah menjadi fokus penting. Di Indonesia, sampah dianggap sampah, dan paradigma pengelolaan sampah di Indonesia secara tradisional didasarkan pada pendekatan end-of-pipe. Hal ini dibuktikan dengan semakin banyaknya sampah di setiap tempat pembuangan akhir (TPA). Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2023 menunjukkan bahwa limbah sisa makanan 39,89% yang berasal dari rumah tangga, limbah

industri dan limbah pertanian. Salah satu metode aman dan efektif dalam mengurangi limbah organik yaitu dengan mengubahnya menjadi eco enzyme.

Eco-enzyme merupakan solusi yang dibuat untuk produk fermentasi limbah dapur segar, seperti kulit sayur dan buah. Misalnya kulit jeruk dipilih sebagai bahan baku eco-enzim karena memiliki sifat unik seperti aroma dan rasa yang kuat, kaya vitamin C dan bahan obat, serta nilai asam yang tinggi (Gumilar, 2023). Eco enzyme dapat dibuat dengan mencampurkan sisa-sisa makanan seperti sayur-sayuran dan buah-buahan yang tidak lagi dimanfaatkan sebagai makanan dengan air dan gula aren. Kami memfermentasi eco-enzyme yang terbuat dari kulit dengan komposisi tertentu, serta mengamati perubahan warna, pH, dan bau (Nafilah dkk., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh (Siregar dkk., 2024) menguji kandungan pH pada eco enzyme dengan berbagai campuran kulit buah diperoleh hasil limbah nanas 3,15, pepaya 3,29 dan sayur sawi putih sebesar 3. pH terbaik untuk eco enzyme berkisar 3,5 – 4,5 agar proses fermentasi dapat berjalan optimal. Nanas dan pepaya mengandung gula tinggi yang mempercepat fermentasi dengan menghasilkan asam seperti asetat dan laktat, yang menurunkan pH. Meskipun sawi memiliki gula lebih sedikit, senyawa di dalamnya tetap mendukung pembentukan asam. Selain itu, asam sitrat alami pada nanas dan pepaya juga mempercepat penurunan pH sejak awal fermentasi, sehingga membuat proses fermentasi lebih cepat menjadi asam (Montet dkk., 2014; urban dkk., 2021).

Tujuan penelitian ini untuk, mengetahui kondisi optimum volume eco enzyme, mengetahui variabel yang paling berpengaruh antara waktu dan pH yang digunakan selama proses fermentasi eco enzyme dan karakteristik kimia pada produk eco enzyme yang difermentasi selama tiga bulan.

2. METODE PENELITIAN

Timbang sisa makanan dan gula berdasarkan perbandingan jenis eco-enzyme. Air : Sampah organik : Molase = 10 : 3 : 1 = 5000 ml : 1500 gr : 500 gr. Potong bahan mentah padat menjadi bentuk yang lebih kecil. Ambil galon dan tuangkan air ke dalam galon bersih sesuai perbandingan tersebut. Tambahkan gula merah lalu aduk hingga larut dengan air hingga diperoleh massa yang homogen (Septiani dkk., 2021). Harus diperhatikan bahwa akumulasi semua bahan yang ditempatkan dalam wadah tidak memenuhi seluruh volume wadah yang mana menempati 2/3 ruang untuk gas yang dihasilkan selama fermentasi. Tambahkan sampel sampah organik ke setiap ember dan aduk. Amati pH dan warna awal eco enzyme. Pasang selang dan tutup wadah dengan rapat. Kemudian tunggu 60-90 hari

hingga fermentasi terjadi. Simpan pada suhu kamar jauh dari sinar matahari langsung. Kemudian saring untuk memisahkan larutan eco enzyme dari padatan. Selanjutnya hasil dari penelitian akan dilakukan optimasi dengan metode Central Composite Design – Response Surface Methodology (RSM)

Analisa Karakteristik Eco Enzyme

Analisa gugus eco enzyme dengan uji indentifikasi FTIR

3. PEMBAHASAN

Optimasi pada Eco Enzyme

Hasil eksperimen diperoleh persamaan optimasi sebagai berikut :

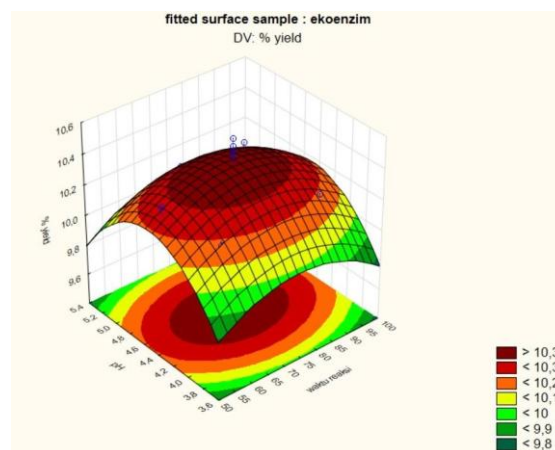
$$\%Yield (Y) = 10,39 - 0,0145X_1 - 0,15 X_1^2 + 0,007X_2 - 0,25X_2^2$$

Dimana : X_1 = waktu reaksi; X_2 = pH sampel

Dengan memasukkan nilai variabel optimum ke persamaan optimasi maka yield(%) optimum ditemukan. Hasil perhitungan kadar alkohol optimum dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 1. Kadar alkohol optimum pada Eco Enzyme

Faktor	Kondisi Optimum	%Yield Optimum
Waktu reaksi (X_1)	96,213	10,24
pH (X_2)	5,207	



Gambar 1. Grafik Optimasi Waktu Reaksi, pH terhadap Yield Eco Enzyme

Gambar 3.1 menunjukkan permukaan tiga dimensi (3D surface plot) Responss Surface Methodology yang menampilkan hubungan antara dua variabel proses. pH pada sumbu X dan waktu reaksi sumbu Y terhadap yield pada sumbu Z dalam proses pembuatan eco enzyme. Waktu reaksi dengan batas bawah 60 hari dan batas atas 90 hari, dengan pH batas bawah 4 dan batas atas 5. Kondisi optimum pada waktu reaksi ialah 96,213, pH optimum 5,207 dan yield optimum 10,24%. Yield maksimal dicapai pada pH 4,8-5,0 dan durasi reaksi selama 5 hari. Sebelum mencapai kondisi ini, peningkatan pH dan waktu reaksi meningkatkan hasil, namun setelah melewati titik tersebut, yield justru menurun. Oleh karena itu, terdapat kondisi optimal untuk kedua faktor ini guna memperoleh hasil terbaik. Produksi eco enzyme sangat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi, khususnya pH dan waktu reaksi, yang berperan dalam menentukan aktivitas mikroorganisme dalam penguraian bahan organik.

Pada pH optimal sekitar 4,8-5,0, mikroba dan enzim bekerja dengan efisien, menghasilkan yield tertinggi. Namun, jika pH terlalu rendah atau tinggi, hasilnya akan menurun. Di sisi lain, waktu reaksi yang terlalu pendek tidak memberikan cukup waktu bagi proses fermentasi, sementara waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan akumulasi produk sampingan yang menghambat proses (Arun & Sivashanmugam, 2017; Soleha dkk., 2023).

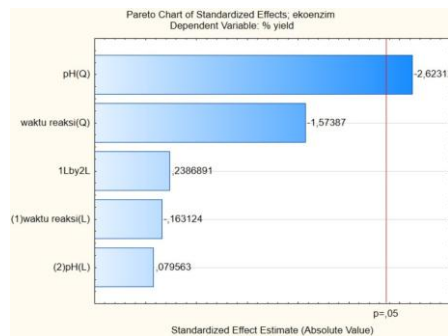
Variabel yang berpengaruh Waktu Reaksi dan pH

Analisis ANOVA digunakan untuk menentukan apakah variabel-variabel dalam penelitian memiliki pengaruh signifikan atau tidak. Hasil analisis ANOVA terhadap kadar yield (%) disajikan dalam Tabel 3.2. Signifikansi pengaruh suatu faktor dilihat dari nilai F dan P-value. P-value merupakan probabilitas untuk menolak hipotesis nol, dan jika P-value > 0,05 dengan tingkat kepercayaan 95%, variabel tersebut dianggap signifikan. F-value adalah rasio antara Mean Square of Factors (MSF) dan Mean Square of Error (MSE). Suatu faktor dianggap signifikan jika F-value lebih besar dari nilai F-tabel.

Tabel 2. Analis ANOVA

Sumber	Jumlah Kudrat	Derajat kebebasan	Rata - Rata Kuadrat	F-Nilai	F-Tabel	R ²
S.S. Regretion	0,516	5				
S.S Error	0,110	7	0,015	0,057	0,02	0,5488
S.S. Total	0,245	12				

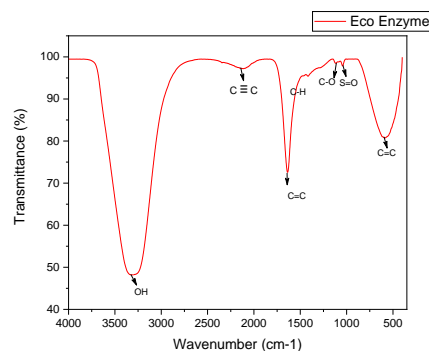
Pada tabel 3.2, Hasil ANOVA menunjukkan bahwa respon yield (%) memiliki koefisien determinasi $R^2 = 0,5488$, yang berarti hanya 2,23% dari variasi total yang tidak sesuai dengan model. Kesesuaian model dengan respon yield (%) diuji menggunakan uji Statistik Fischer (F). Nilai F-model dibandingkan dengan F-tabel, di mana F-nilai sebesar 0,057 dibandingkan dengan F-tabel (5; 7; 0,05) yang sebesar 0,02. Berdasarkan hasil ANOVA untuk respon yield (%), F-nilai lebih besar daripada F-tabel, menunjukkan pengaruh signifikan pada variabel respon yield (%).



Gambar 2. Grafik Pareto Pengaruh Waktu Reaksi, pH pada Pembuatan Eco Enzyme

Pada Gambar 3.2 digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki pengaruh signifikan dan tidak signifikan. P-value < 0,05 menunjukkan bahwa interaksi variabel pH memiliki efek signifikan, dengan batang diagram yang lebih pendek menunjukkan semakin signifikan pengaruhnya, karena semakin jauh dari nilai $p = 0,05$. Grafik Pareto menunjukkan variabel-variabel yang mempengaruhi optimasi respon yield (%). Variabel yang tidak memiliki pengaruh signifikan adalah pH, sedangkan waktu, pH, dan interaksi variabelnya memberikan pengaruh signifikan pada respon yield (%).

Analisa Uji FTIR



Gambar 3. Uji FTIR Eco Enzyme

Gambar 3.3 merupakan hasil uji spektrum FITR pada eco enzyme dengan panjang gelombang 4000 – 400 cm^{-1} . Grafik menunjukkan terdapat gugus -OH dengan panjang gelombang 3307,99 cm^{-1} , gugus hidroksil yang memiliki sifat alkohol yang kuat yang berperan sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan bakteri baik dan mikroba lain yang bermanfaat karena memiliki sifat antimikroba (Arun & Sivashanmugam, 2017). Serapan 2112,61 cm^{-1} adalah gugus alkuna $-\text{C}\equiv\text{C}-$ (Raturandang dkk., 2022), senyawa alkuna pada eco enzyme berfungsi sebagai substrat atau ko-substrat dalam reaksi enzimatik yang dapat meningkatkan aktivitas enzim dalam degradasi bahan organik dan mempercepat proses penguraian (Li dkk., 2021). Serapan 1636,87 cm^{-1} adalah gugus alkena $-\text{C}=\text{O}-$ (Subamia dkk., 2023). Alkena pada eco enzyme memiliki sifat bioaktif yang membuat lebih efektif dalam aplikasi pertanian dan pengelolaan limbah (Intasian dkk., 2021). 1416,58 cm^{-1} menunjukkan adanya deformasi bending dari ikatan C-H berfungsi sebagai sumber energi, berinteraksi dengan enzim dengan mengikat substrat dan meningkatkan efisiensi reaksi enzimatik serta menjaga stabilitas structural yang dapat mempengaruhi sifat aroma dan rasa (Ahmed, 2024; Sanjiwani dkk., 2020). Gugus C – O ditunjukkan pada panjang gelombang 1118,9 cm^{-1} yang mana merupakan senyawa polar (Tiquia-Arashiro dkk., 2023). Serapan 1043,64 cm^{-1} merupakan gugus S=O (sulfonat) dan serapan pada 582,78 cm^{-1} merupakan gugus C-Br (alkil bromida). Gugus S=O berperan sebagai aktivator atau dalam proses transfer elektron dalam reaksi enzimatik, sedangkan gugus C-Br berfungsi sebagai reaktif yang berpartisipasi dalam reaksi substitusi, yang krusial untuk sintesis senyawa baru (Kodavanti dkk., 2023).

Tabel 3. Data Hasil pengamatan Uji FTIR

Bilangan Gelombang cm^{-1}	Intensitas %T	Gugus Ikatan	Keterangan
3307,99	48,2	-OH rengangan	Kuat
2112,61	97,2	$-\text{C}\equiv\text{C}-$ rengangan	Lemah
1636,87	72,57	$-\text{C}=\text{O}-$ rengangan	Lemah
1416,58	95,41	C-H rengangan	Lemah
1118,9	98,48	C-O rengangan	Lemah
1043,64	97,85	S=O rengangan	Lemah
582,78	80,74	C-Br rengangan	Lemah

Pada tabel 3.3 menunjukkan gugus -OH yang biasa ditemukan pada gugus hidroksil dengan serapan yang kuat, sedangkan pada gugus $-\text{C}\equiv\text{C}-$ serapan lemah. Pada $-\text{C}=\text{O}-$ (karbonil) umumnya pada aldehida, keton atau asam karboksilat. Regangan S=O terdapat dalam gugus dengan serapan yang sangat lemah. Pada tabel 3.3 serapan kuat, pada ikatan -OH, menunjukkan bahwa gugus ini secara efektif menyerap radiasi IR, sementara serapan lemah terjadi pada ikatan seperti $-\text{C}\equiv\text{C}-$ atau S=O. Regangan -OH pada 3307,99 cm^{-1} menunjukkan serapan yang kuat karena polaritasnya tinggi, dengan transmitansi rendah

sebesar 48,2%. Sementara itu, regangan $C\equiv C$ pada $2112,61\text{ cm}^{-1}$ memiliki serapan yang lemah karena sifatnya yang non-polar. Regangan $C=O$ pada $1636,87\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan sedang namun tetap dikategorikan sebagai lemah, dan regangan $S=O$ pada $1043,64\text{ cm}^{-1}$ memiliki serapan yang sangat lemah dengan transmitansi tinggi, yaitu 97,85% (Mokari dkk., 2023; Sahadat Hossain & Ahmed, 2023).

4. KESIMPULAN

Kondisi optimum waktu reaksi pada pembuatan eco enzyme adalah 96,213 dan pH optimum diperoleh pada 5,207 dengan nilai %yield optimum adalah 10,24. Variabel yang paling berpengaruh pada penelitian ini untuk hasil fermentasi eco enzyme yang terbaik ialah pH. Hasil uji dari FTIR menunjukkan daerah serapan terkuat ialah pada gugus -OH yaitu gugus hidroksil dengan panjang gelombang $3307,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan yang kuat karena polaritasnya tinggi, dengan transmitansi rendah sebesar 48,2%. gugus alkohol -OH dengan panjang gelombang $3307,99\text{ cm}^{-1}$, gugus hidroksil yang memiliki sifat alkohol yang kuat yang berperan sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan bakteri baik dan mikroba lain yang bermanfaat karena memiliki sifat antimikroba.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Z. (2024). FTIR analysis of enzymatically biopolished eco-friendly jute-cotton union fabrics. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12606235>
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2017). Study on optimization of process parameters for enhancing the multi-hydrolytic enzyme activity in garbage enzyme produced from preconsumer organic waste. *Bioresource Technology*, 226, 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.029>
- BPS Indonesia, S. I. (2023). *Catalog: 1101001. Statistik Indonesia 2023, 1101001 (790)*. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- Gumilar, G. G. (2023). Ecoenzyme production, characteristics, and applications: A review. *Jurnal Kartika Kimia*, 6(1), 45–59. <https://doi.org/10.26874/jkk.v6i1.186>
- Intasian, P., Prakinee, K., Phintha, A., Trisrivirat, D., Weeranoppanant, N., Wongnate, T., & Chaiyen, P. (2021). Enzymes, in vivo biocatalysis, and metabolic engineering for enabling a circular economy and sustainability. *Chemical Reviews*, 121(17), 10367–10451. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00121>

- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan (KLHK). (2022). *Capaian kinerja pengelolaan sampah*. SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. <https://menlhk.go.id>
- Kodavanti, P. R. S., Costa, L. G., & Aschner, M. (2023). Perspective on halogenated organic compounds. *Advances in Neurotoxicology*, 10, 1–25. <https://doi.org/10.1016/bs.ant.2023.06.001>
- Li, X., Lv, J. M., Hu, D., & Abe, I. (2021). Biosynthesis of alkyne-containing natural products. *RSC Chemical Biology*, 2(1), 166–180. <https://doi.org/10.1039/d0cb00190b>
- Mokari, A., Guo, S., & Bocklitz, T. (2023). Exploring the steps of infrared (IR) spectral analysis: Pre-processing, (classical) data modelling, and deep learning. *Molecules*, 28(19), 1–21. <https://doi.org/10.3390/molecules28196886>
- Montet, D., Ray, R. C., & Zakhia-Rozis, N. (2014). Lactic acid fermentation of vegetables and fruits. In *Microorganisms and fermentation of traditional foods* (pp. 108–140). <https://doi.org/10.1201/b17307>
- Nafilah, D. U., Rahmawati, F., Tafrikan, M., & Khasanah, N. (2024). Making a multi-purpose liquid (eco-enzyme) as an alternative for processing household organic waste and reviewing its benefits. *Jurnal Pengabdian KOLABORATIF*, 2(2), 17. <https://doi.org/10.26623/jpk.v2i2.9832>
- Raturandang, R., Wenas, D. R., Mongan, S., & Bujung, C. (2022). Analisis spektroskopi FTIR untuk karakterisasi kimia fisik fluida mata air panas di kawasan wisata hutan pinus Tomohon Sulawesi Utara. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, 3(1), 28–33. <https://doi.org/10.53682/fista.v3i1.167>
- Sahadat Hossain, M., & Ahmed, S. (2023). FTIR spectrum analysis to predict the crystalline and amorphous phases of hydroxyapatite: A comparison of vibrational motion to reflection. *RSC Advances*, 13(21), 14625–14630. <https://doi.org/10.1039/d3ra02580b>
- Sanjiwani, N. M. S., Paramitha, D. A. I., Chandra, A. A., Ariawan, I. M. D., Megawati, F., Dewi, T. W. N., Mirati, P. A. M., & Sudiarsa, I. W. (2020). Pembuatan hair tonic berbahan dasar lidah buaya dan analisis dengan Fourier transform infrared. *Jurnal Widyadari*, 21(1), 249–262. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3756902>
- Septiani, U., Oktavia, R., Dahlan, A., Tim, K. C., & Selatan, K. T. (2021). Eco enzyme: Pengolahan sampah rumah tangga menjadi produk serbaguna di Yayasan Khazanah Kebajikan. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 02(1), 1–7.
- Siregar, B. L., Siallagan, R. S., Butar Butar, S., Mahmudi, B., & Pujiastuti, E. S. (2024). The nutrient content of eco-enzymes from mixture of various fruit peels. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(2), 475–487. <https://doi.org/10.37637/ab.v7i2.1646>
- Soleha, S., Maretha, D. E., Saputra, A., Indahsari, S. R., Butar, B. B., Suhendra, A. A., Maharani, M., Harlis, H., & Kapli, H. (1970). Optimization of pH on enzymatic activity of eco-enzyme *Averrhoa bilimbi* L. in Plaju District, South Sumatra. *Jurnal Biota*, 9(2), 72–79. <https://doi.org/10.19109/biota.v9i2.16460>

- Subamia, I. D. P., Widiasih, N. N., Sri Wahyuni, I. G. A. N., & Pratami Kristiyanti, P. L. (2023). Optimasi kinerja alat Fourier transform infrared (FTIR) melalui studi perbandingan komposisi dan ketebalan sampel-KBr. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 5(2), 58–69. <https://doi.org/10.14710/jplp.5.2.58-69>
- Tiquia-Arashiro, S., Li, X., Pokhrel, K., Kassem, A., Abbas, L., Coutinho, O., Kasperek, D., Najaf, H., & Opara, S. (2023). Applications of Fourier transform-infrared spectroscopy in microbial cell biology and environmental microbiology: Advances, challenges, and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 14(November). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1304081>
- Urbaninggar, A., & Fatimah, S. (2021). Pengaruh penambahan ekstrak kulit nanas dan gula pada karakteristik nata de soya dari limbah cair tahu. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 4(2), 82–91. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss2.art5>