

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA32

# MONITORING PERTUMBUHAN JAMUR AGENSIA HAYATI DALAM CAMPURAN BAHAN ORGANIK DENGAN VARIASI KOMPOSISI MENGGUNAKAN ELECTRONIC NOSE

Indriani Lutfiyatunnisa<sup>1, a)</sup>, Bambang Heru Iswanto<sup>1, b)</sup>, Agustin Sri Mulyatni<sup>2, c)</sup><sup>1</sup>Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta 13220.<sup>2</sup>Proteksi Tamanan, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jl. Taman Kencana No.1, Bogor, 16128Email: <sup>a)</sup>[indritunnisa@gmail.com](mailto:indritunnisa@gmail.com), <sup>b)</sup>[bhi@unj.co.id](mailto:bhi@unj.co.id), <sup>c)</sup>[agustinmulyatni@gmail.com](mailto:agustinmulyatni@gmail.com)

## Abstrak

Penggunaan campuran agensia hayati dan limbah bahan organik dapat dijadikan alternatif dari pupuk kimia sebagai produk bioinsektisida yang ramah lingkungan. Namun, keberadaan organisme agensia hayati dalam bahan organik dan rentan kontaminasi pada komposisi tertentu sulit dideteksi secara dini. Pada penelitian ini *electronic nose* (e-nose) digunakan untuk mendeteksi keberadaan tiga miselium jamur yang tumbuh dan kontaminasi dalam campuran bahan organik berdasarkan pola aromanya. Sebagai langkah awal akan dilakukan seleksi fitur yang akan digunakan untuk membangun model deteksi. Fitur diekstrak dari data respon e-nose yang diambil dari 28 sampel campuran jamur agensia hayati dengan bahan organik yang terdiri dari 9 variasi komposisi. E-nose yang digunakan versi 3 dengan jumlah sensor sebanyak 16 sensor tipe Taguci. Eksperimen dilakukan dengan tiga sampel jamur agensia hayati yang masing-masing dicampur dengan bahan organik ampas tebu dengan variasi komposisi pengenceran  $10^{(-1)}$ ,  $10^{(-2)}$ , dan  $10^{(-3)}$  serta volume pengenceran 2 ml, 4 ml, dan 6 ml serta sampel kontrol yang berisi bahan organik ampas tebu saja. Total terdapat 28 sampel dengan tiga kali pengulangan dengan waktu sampling yang berbeda. Untuk analisis komponen utama dilakukan pengolahan data dimulai dengan *pre processing* data dengan melakukan koreksi *baseline* dan normalisasi. Selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dengan fitur statistik deskriptif nilai minimum. Dari hasil analisis menggunakan PCA diperoleh dua komponen utama pertama menjelaskan sekitar 67.35% dan komponen utama kedua menjelaskan sekitar 18.19% dari variasi data.

**Kata-kata kunci:** Agensia Hayati, Komposisi, Electronic Nose, Ekstraksi Fitur

## Abstract

The use of a mixture of biological agents and organic matter waste can be used as an alternative to chemical fertilizers as an environmentally friendly bioinsecticide product. However, the presence of biological agent organisms in organic materials and susceptible to contamination in certain compositions is difficult to detect early. In this study, an electronic nose (e-nose) is used to detect the presence of three growing fungal mycelium and contamination in a mixture of organic materials based on their aroma patterns. As a first step, a selection of features will be made that will be used to build a detection model. Features are extracted from e-nose response data taken from 28 samples of a mixture of bio-agent fungi with organic materials consisting of 9 variations in composition. E-nose used version 3 with a total of 16 Taguci type sensors. Experiments were conducted with three samples of biological fungi each mixed with bagasse organic matter with variations in the composition of dilutions  $10^{(-1)}$ ,  $10^{(-2)}$ , and  $10^{(-3)}$  as well as dilution volumes of 2 ml, 4 ml, and 6 ml as well as control samples containing bagasse organic matter

alone. There were a total of 28 samples with three repetitions with different sampling times. For principal component analysis, data processing begins with data pre-processing by performing baseline correction and normalization. Furthermore, data analysis is carried out using Principal Component Analysis (PCA) with descriptive statistical features of the minimum value. From the results of the analysis using PCA, the first two main components explained about 67.35% and the second main component explained about 18.56% of the data variation.

**Keywords:** Biological Agents, Composition, Electronic Nose, Feature Extraction.

## PENDAHULUAN

Komoditas perkebunan merupakan salah satu sektor terpenting untuk memenuhi kebutuhan pangan dan ekonomi suatu negara. Namun, komoditas ini sering kali menghadapi tantangan utama dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas hasil perkebunan yakni pengendalian hama dan penyakit [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan penanganan yang efektif untuk membasmi hama dan penyakit pada tanaman. Pengendalian secara kimiawi sering digunakan oleh petani. Beberapa petani menggunakan pestisida yang dirasa efektif dan cepat dalam menangani hama dan penyakit [2]. Namun, jika penggunaan pestisida sangat tingginya, maka dapat menjadi masalah dalam keberlanjutan komoditas tersebut.

Ketergantungan penggunaan pestisida yang berlebihan dapat mencemari sumber daya air dan tanah, dan dapat merusak lingkungan serta keanekaragaman hayati akibat hasil residu berbahaya yang dapat mengakibatkan munculnya patogen yang resisten terhadap pestisida [3]. Selain itu, kondisi tanah menjadi keras dan padat yang mengakibatkan fungsi akar pada tanaman untuk bernapas dan menyerap unsur hara akan terganggu dan berakibat menurunnya produktivitas tanah [4], [5]. Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut penggunaan bioinsektisida atau produk pengendali hama berbasis hayati dengan memanfaatkan penggunaan agen pengendalian hama alami (agensia hayati) sebagai alternatif pengganti penggunaan pestisida yang aman dan dapat menekan sisa residu kimia [6].

Agensia hayati merupakan komponen tambahan berupa mikroba atau organisme hidup yang biasanya diberikan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produktivitas, kesehatan tanaman, serta kualitas hasil panen. Agensia hayati berasal dari berbagai jenis mikroba, seperti bakteri, jamur, dan organisme lainnya. Salah satu agensia hayati yang bermanfaat untuk membasmi hama adalah jamur *Metarhizium anisopliae*. Jamur *M. anisopliae* termasuk genus jamur entomopatogen yang memiliki siklus hidup pendek, dapat memproduksi spora yang tahan lama di alam, dan mampu mengendalikan serangga hama, seperti walang sangit, kumbang kelapa, wereng coklat, dan serangga lainnya [1].

Keefektifan dari penggunaan formulasi dari campuran *M. anisopliae* dan bahan organik adalah tidak terkontaminasi oleh bahan-bahan asing atau kontaminan dari bakteri bahkan jamur lain yang dapat mempengaruhi keefektifan dari formulasi tersebut. Pengujian untuk mengetahui keefektifan dari formulasi ini dilakukan untuk optimalisasi pelaksanaan produksi. Cara mengetahuinya dengan memantau langsung pelaksanaan produksi, pemijahan (perbanyakan), cara penyimpanan, cara pengemasan, dan pengujian mutu agens hayati (*M. anisopliae*) [7]. Dalam proses pembuatan formulasi, perlu dilakukan perkembangbiakan jamur *M. anisopliae* yang rentan dengan kontaminasi bakteri atau jamur lain yang dapat mengakibatkan jamur tersebut dan bahan organik kurang efektif dalam membasmi hama [8]. Dan sangat rentan melakukan proses perbanyakan dengan medium cair akan sangat memungkinkan untuk terjadinya kontaminasi yang sangat tinggi. Jika itu terjadi, maka seluruh medium mengalami kerusakan [9]. Oleh karena itu, sangat penting untuk dilakukan monitoring kontaminasi pada formulasi campuran jamur agensia hayati dan bahan organik.

Penelitian terkait deteksi kontaminan yang dilakukan ReddyPriya et al., (2019), untuk mengembangkan standar kualitas molekuler untuk bioinsektisida menggunakan penanda *sequence characterized amplified region* (SCAR). Penelitian ini bertujuan untuk memastikan keaslian *strain* serta beban sel yang diduga dari produk komersial, dan untuk mengevaluasi kelayakan *multipleks-polymerase chain reaction* (PCR) dan kuantitatif *real time PCR* untuk penilaian kualitas berbasis penanda SCAR produk serta persistensi *strain* selama pertumbuhan tanaman. Penggunaan sistem pemantauan berbasis penanda SCAR berpotensi menjamin stabilitas genetik dan meningkatkan kualitas dan memeriksa kontaminan pada bioinsektisida. Kelebihan penelitian tersebut adalah mampu mengetahui keefektifan dari *strain* tersebut sebagai bioinsektisida yang dilakukan di laboratorium secara akurat dan spesifik dengan pengendalian lingkungan yang ketat seperti suhu, kelembapan, dan cahaya. Kelemahan dari penelitian tersebut adalah sampelnya tidak menyeluruh, membutuhkan waktu yang lama dan

biaya yang tidak sedikit, serta harus melibatkan ahli dalam bidang mikrobiologi dan entomologi. Oleh karena itu dibutuhkan monitoring kontaminasi pada jamur agensia hayati dengan campuran bahan organik tersebut secara cepat, akurat, dan efisien.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat teknologi *Electronic Nose (E-Nose)* yang berguna untuk mendeteksi kontaminasi dari suatu produk dari pola aromanya. Penelitian di bidang pangan terkait kontaminasi sudah dilakukan oleh [11] mengenai memantau pola aroma ikan menggunakan kumpulan sensor gas yang dapat mendeteksi aroma yang berbeda. Metode penelitian dilakukan dengan menguji sensor dengan tiga jenis sampel, yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, tuna segar, dan tuna yang terkontaminasi bakteri *P. aeruginosa*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)* dan metode *Support Vector Machine (SVM)* untuk memperoleh visualisasi plot skor dan klasifikasi serta untuk menentukan pola aroma ikan.

Pada sistem *E-Nose* memiliki empat faktor utama, yaitu komponen sensor gas, perangkat *headspace*, akuisisi data, dan pengenalan pola. Metode yang biasa digunakan untuk membaca pola tertentu terdiri dari *PCA*, *discriminant analysis*, *partial least squares*, *multiple linear regression*, *cluster analysis*, serta metode jaringan seperti jaringan syaraf tiruan, *multi-layer perceptron*, *fuzzy inference systems*, *self-organizing map*, *radial basis function*, *genetic algorithms*, *neuro-fuzzy systems*, dan *adaptive resonance theory* [11].

Berdasarkan permasalahan diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan untuk monitoring pertumbuhan jamur agensia hayati dalam campuran bahan organik dengan variasi komposisi menggunakan e nose. Sebelum proses deteksi dilakukan, data akan di-*pre-processing*, *labeling*, dan dilakukan beberapa metode ekstraksi fitur. Penelitian ini diharapkan memiliki kontribusi praktis untuk deteksi kontaminasi secara cepat. Dengan cara ini, industri bioinsektisida hayati dapat dengan cepat dan akurat mendeteksi adanya kontaminasi pada formulasi campuran jamur agensia hayati dan bahan organik, sebagai *quality control* produk pupuk hayati untuk menjaga efektivitas produk dalam hama yang menyerang tanaman.

## METODE

Penelitian dilakukan bertujuan untuk pertumbuhan jamur agensia hayati dalam campuran bahan organik (limbah ampas tebu) dengan variasi komposisi menggunakan e-nose.



GAMBAR 1. Metode Penelitian

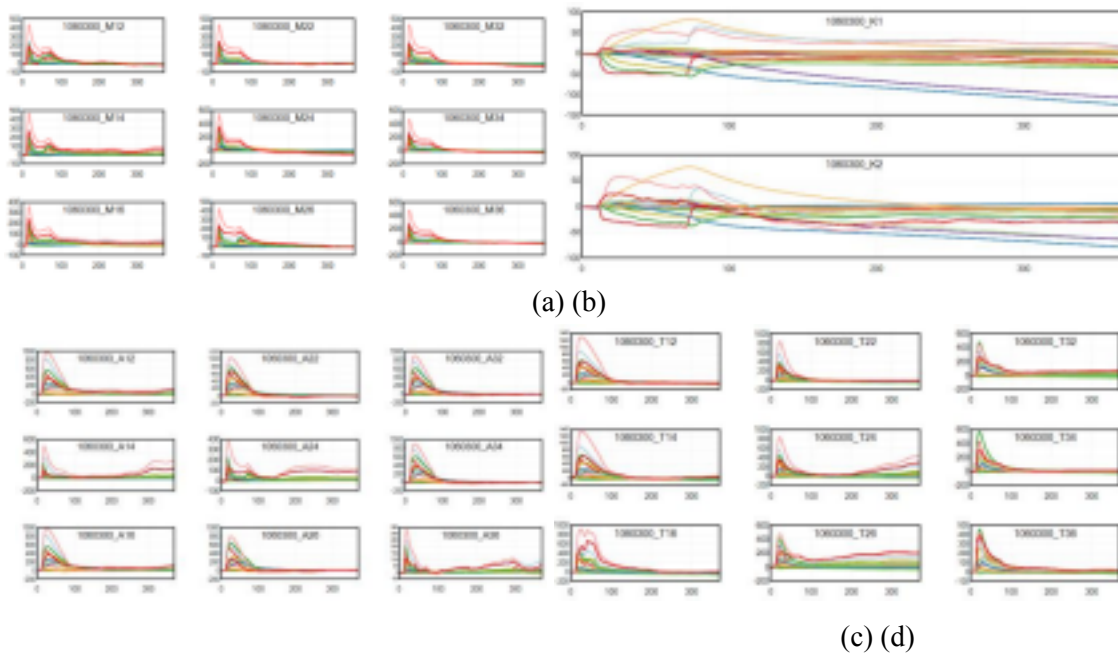
Formulasi yang dijadikan sebagai sampel terdiri dari tiga sampel jamur agensia hayati (*M. Anisopliae*, *Aspergillus niger*, dan *Trichoderma harzianum*) yang masing-masing dicampur dengan bahan organik ampas tebu dengan variasi komposisi pengenceran  $10^{(-1)}$ ,  $10^{(-2)}$ , dan  $10^{(-3)}$  serta volume pengenceran 2 ml, 4 ml, dan 6 ml serta sampel kontrol yang berisi bahan organik ampas tebu saja. Total jumlah sampel sebanyak 28 sampel yang dilakukan inkubasi 7 hari dan dalam suhu ruang di Laboratorium Bioteknologi. Komposisi dari miselium *Metarhizium anisopliae* sebesar 2 ml per 20 gram bahan organik limbah ampas tebu. Pengambilan data gas menggunakan e-nose dilakukan sebanyak tiga kali. Waktu pengambilan dan perekaman data diatur dengan waktu delay 10 detik, sampling 60 detik, dan 300 detik pembersihan. Kemudian dilakukan dengan melakukan metode ekstraksi fitur statistik nilai minimum dan analisis PCA untuk mengetahui pola gas pada sampel dengan menjelaskan sebagian variasi dalam data. Penerapan metode ekstraksi fitur dilakukan sebagai proses pengambilan fitur dari sensor gas yang ada pada *E-Nose*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis respon 16 sensor gas berdasarkan grafik tegangan terhadap waktu. Di 10 detik pertama dalam keadaan nilai awal tegangan saat sensor mulai mendeteksi gas kondisi *baseline* atau kondisi awal sebelum adanya paparan gas. Dan 60 detik selanjutnya terjadi perubahan tegangan yang terjadi setelah paparan gas dimulai. Tegangan meningkat tajam, sensor memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kecil dalam konsentrasi gas.

Tegangan tetap stabil pada nilai tertentu setelah mencapai puncak, ini menunjukkan bahwa sensor memiliki

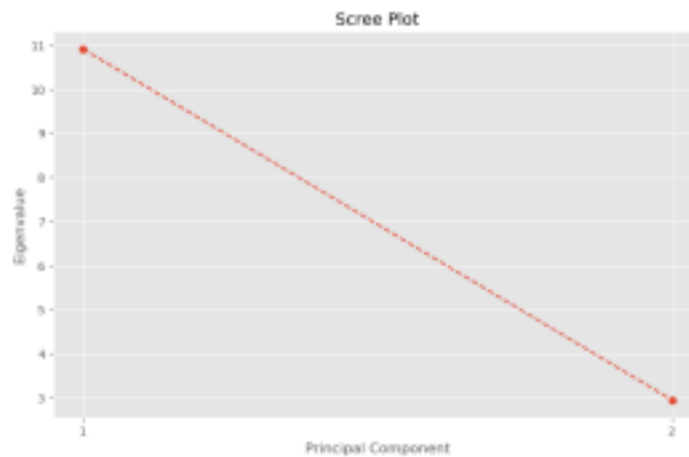
kemampuan yang baik untuk mempertahankan sinyal pada konsentrasi gas tertentu. Dan 300 detik selanjutnya dilakukan pembersihan gas dalam ruang sampel sehingga sampel gas tidak ada dalam ruang sampel. Hal ini dapat dilihat terjadi penurunan tegangan kembali ke nilai *baseline*. Waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke *baseline* disebut waktu pembersihan.



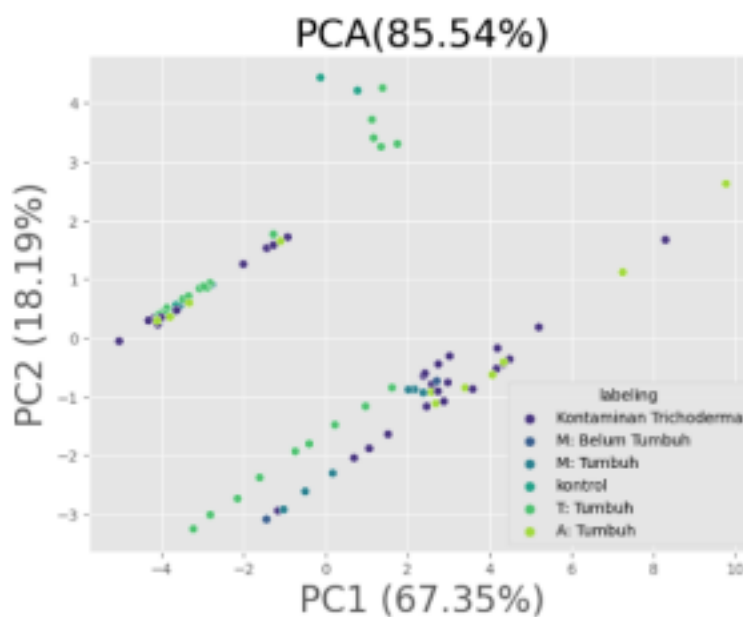
**GAMBAR 2.** Respon 16 sensor gas (a) Sampel kontrol, (b) Sampel Bahan organik dengan *M.anisopliae*, (c) Sampel Bahan organik dengan *T. harzianum*, dan (d) Sampel Bahan organik dengan *A.niger*

Analisis data menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) pada Gambar 4 dengan fitur statistik deskriptif nilai minimum. Dari hasil analisis menggunakan PCA diperoleh dua komponen utama pertama menjelaskan sekitar 67.35% dan komponen utama kedua menjelaskan sekitar 18.19% dari variasi data. Dengan komponen total 85.54% variasi dijelaskan oleh dua komponen utama pertama, ini menunjukkan bahwa sebagian besar informasi dalam data tercakup dalam grafik ini, yang biasanya dianggap baik. Dan analisis PCA ini menghasilkan nilai eigen value [10.90555269 2.94595512] yang berarti komponen utama pertama menjelaskan sebagian besar varians dalam data. Dalam hal ini, komponen utama pertama memiliki nilai yang jauh lebih besar dibandingkan komponen kedua, menunjukkan bahwa sebagian besar informasi dalam data bisa direpresentasikan oleh komponen pertama ini. Hal ini dapat dilihat dari scree plot pada Gambar 3.

Titik-titik pada plot PCA ini merepresentasikan sampel yang berbeda, dengan pewarnaan dan label yang menunjukkan kategori atau kondisi sampel tersebut. Kategori yang ada meliputi “Kontaminan *T.harzianum*”, “*M.anisopliae*: Belum Tumbuh”, “*M.anisopliae*: Tumbuh”, “kontrol”, “*T.harzianum*: Tumbuh”, dan “*A.niger*: Tumbuh,” yang masing-masing diwakili oleh warna berbeda. Distribusi titik-titik menunjukkan variasi dan hubungan antar sampel dalam ruang dua dimensi berdasarkan dua komponen utama. Dari distribusi ini, dapat dilihat bahwa beberapa kategori memiliki clustering yang jelas, seperti “Kontaminan *T.harzianum*” dan “kontrol” yang cenderung berkelompok di sekitar satu area, menunjukkan adanya pola atau karakteristik spesifik yang memisahkan kategori ini dari yang lain. “M: Tumbuh”, “T: Tumbuh”, dan “A: Tumbuh” ini menunjukkan penyebaran titik-titik yang lebih luas dan sebagian saling tumpang tindih. Hal ini bisa menandakan bahwa meskipun ada pertumbuhan, karakteristik pertumbuhan untuk kategori ini memiliki variasi yang lebih besar dan mungkin tidak sejelas perbedaan yang terlihat pada sampel terkontaminasi sehingga memiliki penyebaran yang mungkin mencerminkan kesamaan dalam variabel yang diukur.



GAMBAR 3. Scree Plot PCA



GAMBAR 4. Analisis PCA

## PENUTUP

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komponen utama pertama menjelaskan sekitar 67.35% dan komponen utama kedua menjelaskan sekitar 18.19% dari variasi data. Titik-titik pada grafik terkelompok dalam beberapa area yang menunjukkan bahwa sampel dalam satu kategori cenderung memiliki pola yang mirip dalam ruang komponen utama. Sampel dengan label "Kontaminan *T.harzianum*" dan "kontrol" tampak tersebar lebih jauh dari kelompok lain, yang menunjukkan bahwa sampel-sampel ini memiliki variasi yang lebih besar.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Bogor yang membantu atas dukungan fasilitas yang diberikan selama penelitian ini dan kepada seluruh staf dan peneliti yang telah memberikan bimbingan, saran, serta masukan yang konstruktif sepanjang proses penelitian.

## REFERENSI

- [1] C. O. Debatara, "Prospek Penggunaan Agensia Hayati dalam Mewujudkan Perkebunan Berkelanjutan di Indonesia," *Riset Perkebunan Nusantara*, vol. 2, pp. 2–5, Aug. 01, 2021.
- [2] D. N. Erawati and I. Wardati, "Teknologi Pengendali Hayati *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* terhadap Hama Kumbang Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros*)," *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 2016.
- [3] A. Karsli and Y. S. Şahin, "The Role of Fungal Volatile Organic Compounds (FVOCs) in Biological Control," *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, vol. 12, no. 1, pp. 79–92, Jun. 2021, doi: 10.31019/tbmd.818701.
- [4] L. O. Bande *et al.*, "Pelatihan Pembuatan Pupuk Hayati, Agens Hayati dan Pestisida Nabati Desa Aunupe Kabupaten Konawe Selatan," *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 120–126, Apr. 2020, doi: 10.31849/dinamisia.v4i1.3512.
- [5] E. F. Durán-Lara, A. Valderrama, and A. Marican, "Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming," *Agriculture (Switzerland)*, vol. 10, no. 2, pp. 1–22, Feb. 2020, doi: 10.3390/agriculture10020041.
- [6] I. M. Sudantha, "Eksplorasi Sumberdaya Alam (Biokompos, Bioaktivator, Biochar dan FMA) Untuk Mengembangkan Tanaman Pangan Sistem Organik Di Lahan Kering," in *Seminar Nasional MIPA 2017*, Mataram: Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Dec. 2017, p. 137.
- [7] D. D. N. Syahnen, S. E. B. Sirait, and Pinem, "Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium. (Online)." Accessed: Nov. 07, 2023. [Online]. Available: <http://ditjenbun.deptan.go.id/BBPPTPmed/>
- [8] I. Suswanto, Sarbino, and Maherawati, "Pengendalian Hama Kumbang Badak Pada Kebun Kelapa Masyarakat," *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 4, no. 5, pp. 752–763, Oct. 2020, doi: 10.31764/jmm.v4i5.2953.
- [9] Heriyanto and Suharno, "Studi Patogenitas *Metarhizium anisopliae* (metch.) Sor Hasil Perbanyakakan Medium Cail Alami Terhadap Larva *Oryctes rhinoceros*," *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, vol. 4, no. 1, pp. 47–54, 2020.
- [10] P. ReddyPriya, A. Soumare, and D. Balachandar, "Multiplex and Quantitative PCR Targeting SCAR Markers for Strain-Level Detection and Quantification of Biofertilizers," *J Basic Microbiol*, vol. 59, no. 1, pp. 111–119, Jan. 2019, doi: 10.1002/jobm.201800318.
- [11] S. D. Astuti *et al.*, "Gas Array Sensors Based on Electronic Nose for Detection of Tuna (*Euthynnus Affinis*) Contaminated by *Pseudomonas Aeruginosa*," *J Med Signals Sens*, vol. 12, no. 4, pp. 306–316, Oct. 2022, doi: 10.4103/jmss.jmss\_139\_21.