

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Komoditas perkebunan merupakan salah satu sektor terpenting untuk memenuhi kebutuhan pangan dan ekonomi suatu negara. Namun, dalam pelaksanaannya, komoditas ini sering kali menghadapi tantangan utama dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas hasil perkebunan yakni pengendalian hama dan penyakit (Debataraja, 2021). 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 (Erawati & Wardati, 2016). Namun, jika penggunaan pestisida sangat tinggi pada tanah, maka dapat menjadi masalah dalam keberlanjutan komoditas tersebut.

Ketergantungan penggunaan pestisida yang berlebihan dapat mencemari sumber daya air dan tanah, menyebabkan polusi udara, muncul permasalahan kesehatan kronis pada manusia, dan dapat merusak lingkungan serta keanekaragaman hayati akibat hasil residu berbahaya yang dapat mengakibatkan munculnya patogen yang resistan terhadap pestisida (Karsli & Şahin, 2021). 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 (Bande et al., 2020; Durán-Lara et al., 2020). 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 (Sudantha, 2017).

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. Kemampuan jamur ini dalam membasmi hama di lapangan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan (suhu, kelembapan, dan sinar matahari) (Debataraja, 2021).

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*) (Syahnen et al., 2014). Dalam proses pembuatan formulasi, perlu dilakukan perkebangbiakan jamur *M. anisopliae* yang rentan dengan kontaminasi bakteri atau jamur lain yang dapat mengakibatkan jamur tersebut dan bahan organik kurang efektif dalam membasmi hama (Suswanto et al., 2020). 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 (Heriyanto & Suharno, 2020). Oleh karena itu, sangat penting untuk dilakukan deteksi kontaminasi pada formulasi campuran *M. anisopliae* 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 deteksi kontaminan pada *M. anisopliae* 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 yang menggunakan teknologi tersebut dilakukan oleh Reidt et al., (2020) mengenai deteksi mikroorganisme untuk aplikasi dalam kondisi gaya berat mikro menggunakan E-nose. Metode yang digunakan adalah *Principal Component Analysis* (PCA) untuk klasifikasi bakteri dan jamur dari *International Space Station* (ISS). Hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus warneri* membentuk kelas yang terpisah, sementara *Aspergillus versicolor* dan *Penicillium expansum* membentuk kelas besar yang sama. Namun, dalam hal ini masih perlu ditingkatkan dalam ukuran *database* yang memerlukan kemampuan untuk membedakan yang lebih tinggi. Selain itu, jenis sensor gas yang sesuai dan algoritma pengenalan pola yang lebih canggih juga harus dipertimbangkan.

Penelitian di bidang pangan terkait kontaminan sudah dilakukan oleh Astuti et al., (2022) 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 analisis komponen utama

(PCA) dan metode *support vector machine* (SVM) untuk memperoleh visualisasi plot skor dan klasifikasi serta untuk menentukan pola aroma ikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem E-nose mampu mendeteksi aroma ikan berdasarkan waktu dengan 95% nilai persentase varians dari dua komponen utama dalam uji klasifikasi antara tuna segar dan tuna yang terkontaminasi *P. aeruginosa*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa klasifikasi SVM mampu mengklasifikasikan ikan yang terkontaminasi dan tidak terkontaminasi dengan akurasi 99%. Sensor yang memberikan respon tertinggi adalah sensor TGS 825 dan TGS 826.

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* (Astuti et al., 2022). Adapun penelitian yang dilakukan oleh Liu, et al., (2019), mengenai prototipe E-nose *portabel* dikembangkan menggunakan sensor semikonduktor oksida logam untuk mendeteksi bau anggur yang berbeda dengan menggunakan empat algoritma pembelajaran mesin populer yang terdiri dari *extreme gradient boosting* (XGBoost), *random forest* (RF), *support vector machine* (SVM), dan *backpropagation neural network* (BPNN). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa BPNN mencapai kinerja terbaik, dengan akurasi masing-masing 94% dan 92,5% dalam mengidentifikasi area produksi dan varietas, dan SVM mencapai kinerja terbaik dalam mengidentifikasi *vintage* dan proses fermentasi, dengan akurasi masing-masing 67,3% dan 60,5%.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan untuk mendeteksi kontaminan pada formulasi *Metarhizium sp* dan bahan organik dengan E-nose menggunakan *machine learning*. Sebelum proses deteksi dilakukan, data akan di-*pre-processing*, *labeling*, dan dilakukan beberapa metode ekstraksi fitur. Penelitian ini diharapkan memiliki kontribusi

praktis untuk deteksi kontaminan secara cepat. Dengan cara ini, industri bioinsektisida hayati dapat dengan cepat dan akurat mendeteksi adanya kontaminan pada formulasi campuran *Metarhizium sp* dan bahan organik, sebagai *quality control* produk bioinsektisida hayati untuk menjaga efektivitas produk dalam hama yang menyerang tanaman.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Metode ekstraksi fitur statistik manakah yang paling efektif digunakan untuk menghasilkan tingkat akurasi tertinggi dari model klasifikasi dalam mendeteksi kontaminan pada formulasi campuran *Metarhizium sp* dan bahan organik dengan E-nose menggunakan *machine learning*?
2. Parameter model klasifikasi *machine learning* manakah yang memiliki kinerja paling optimal dalam mendeteksi kontaminan pada formulasi campuran *Metarhizium sp* dan bahan organik menggunakan E-nose?

C. Pembatasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya pokok masalah, maka berdasarkan rumusan masalah diatas dapat dijelaskan batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Formulasi bahan organik yang akan digunakan berupa limbah ampas tebu.
2. Agensia hayati yang digunakan dalam formulasi adalah jamur *Metarhizium anisopliae* dengan agen kontaminan *Aspergillus niger* dan *Trichoderma harzianum*.
3. Perangkat E-nose yang digunakan dalam penelitian ini memiliki 16 sensor jenis *Metal Oxide Semiconductor* (MOS).
4. Pengambilan data pola aroma formulasi yang terkontaminasi berdasarkan variasi waktu inkubasi jamur.
5. Model *machine learning* yang akan digunakan adalah *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* (RF).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun model *machine learning* dalam mendeteksi kontaminan pada formulasi campuran *Metarhizium sp* dan bahan organik menggunakan E-nose. Adapun secara rinci tujuan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menganalisis ekstraksi fitur statistik yang efektif untuk menghasilkan tingkat akurasi tertinggi dari model klasifikasi dalam mendeteksi kontaminan pada formulasi campuran *Metarhizium sp* dan bahan organik.
2. Mengevaluasi performa dari model klasifikasi *machine learning* untuk menganalisis pola aroma yang dihasilkan oleh E-nose dalam mendeteksi kontaminan pada formulasi campuran *Metarhizium sp* dan bahan organik yang paling optimal.

E. Manfaat Penelitian

Melalui proposal penelitian ini, diharapkan memberikan manfaat dan kontribusi secara teoretis dan praktis sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis

Dapat mengaplikasikan E-nose dan model *machine learning* untuk deteksi kontaminan pada produk bioinsektisida.

2. Manfaat praktis

Membantu meningkatkan keamanan produk bioinsektisida dari kontaminasi bakteri dan jamur lain yang dapat mempengaruhi kualitas produk bioinsektisida secara cepat, akurat, dan efisien.