

Naive Bayes untuk Pengukuran Kualitas Media pada Larva BSF (*Black Soldier Fly*) Berbasis *Internet of Things*

Mohammad Faisal Fajar Fadilah ^{(1)*}, Ajib Hanani ⁽²⁾, Totok Chamidy ⁽³⁾

Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang
e-mail : 18650095@student.uin-malang.ac.id, ajib@uin-malang.ac.id, to2k2013@ti.uin-malang.ac.id.

* Penulis korespondensi.

Artikel ini diajukan 27 Desember 2022, direvisi 16 Mei 2023, diterima 16 Mei 2023, dan dipublikasikan 26 Mei 2023.

Abstract

Piles of waste increase in line with population growth and consumption patterns. The concept of bioconversion using black soldier fly larvae can solve the problem of organic waste management. From these problems, an application of Internet of Things technology is needed. The system implemented aims to allow the system to find out how much accuracy, precision, and recall are in making decisions on media quality values using the Naive Bayes method. The main feature of this Naive Bayes Classifier is the very strong assumption of the independence of each condition or event. From the research results, the system has been successfully built according to the research design, as well as the goals that have been fulfilled in completing the development of the smart maggot. Several sensors used in this study were tested so that sensor performance could be determined by finding the average error value. Three parameters are measured; namely, the temperature obtained an average error of 1.6%, air humidity obtained an average error of 2.03%, and soil moisture obtained an average error of 2.7%. By measuring using Python, the Confusion Matrix is obtained so that the test results from the calculation of the Naive Bayes method can find the data in the form of accuracy, precision, and recall. Accuracy percentage results obtained 92%, precision percentage average results obtained 93%, and recall percentage average results obtained 92%. The conclusion shows the results of the system's accuracy obtained have worked well.

Keywords: Media Measurement, BSF Larvae, Internet of Things, NodeMCU, Naive Bayes

Abstrak

Timbunan sampah bertambah seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk serta pola konsumsi masyarakat. Konsep biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* bisa menjadi solusi dalam mengatasi persoalan pengelolaan sampah organik. Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan suatu penerapan teknologi *Internet of Things*. Sistem yang diterapkan bertujuan agar sistem dapat mengetahui seberapa besar tingkat akurasi, presisi, dan *recall* dalam pengambilan keputusan nilai kualitas media menggunakan metode Naive Bayes. Ciri utama dari Naive Bayes Classifier ini adalah asumsi yang sangat kuat akan independensi dari masing-masing kondisi atau kejadian. Dari hasil penelitian yang dilakukan, sistem sudah berhasil dibangun sesuai rancangan penelitian, serta tujuan yang telah terpenuhi dalam menyelesaikan pembangunan *smart maggot*. Beberapa sensor yang digunakan pada penelitian diuji sehingga dapat diketahui kinerja sensor dengan mencari nilai eror rata-rata. Ada 3 parameter yang diukur yaitu suhu diperoleh eror rata-rata yaitu 1,6%, kelembaban udara diperoleh eror rata-rata yaitu 2,03%, dan kelembaban tanah diperoleh eror rata-rata yaitu 2,7%. Dengan mengukur menggunakan Python diperoleh Confusion Matrix, Sehingga hasil pengujian dari perhitungan metode Naive Bayes dapat mengetahui data berupa *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Hasil persentase *accuracy* diperoleh 92%, hasil rata-rata persentase *precision* diperoleh 93%, hasil rata-rata persentase *recall* diperoleh 92%. Kesimpulan menunjukkan hasil akurasi dari sistem yang diperoleh berhasil berjalan dengan baik.

Kata Kunci: Pengukuran Media, Larva BSF, *Internet of Things*, NodeMCU, Naive Bayes



1. PENDAHULUAN

Timbunan sampah bertambah seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk serta pola konsumsi masyarakat. Sampah merupakan bentuk konsekuensi dari adanya aktivitas alam juga manusia yang belum mempunyai nilai ekonomis. Tidak dapat dipungkiri, sampah terus selalu ada selama aktivitas kehidupan masih berjalan. Menganalisis permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan sampah di Indonesia, di antaranya kurangnya dasar hukum yang tegas, tempat pembuangan sampah yang tidak memadai, kurangnya usaha dalam melakukan pengomposan, dan kurangnya pengelolaan TPA dengan sistem yang tepat (Chaerul et al., 2007).

Selain sampah organik diolah menjadi kompos dan biogas, ada alternatif lain yang lebih menguntungkan dan cepat yaitu daur ulang sampah organik yang dilakukan menggunakan metode biokonversi. Adapun biokonversi merupakan suatu proses yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, ragi, serta larva yang bertujuan untuk mengubah sampah organik menjadi produk yang memiliki nilai tinggi. Konsep biokonversi bisa menjadi solusi dalam mengatasi persoalan pengelolaan sampah organik. Pemanfaatan larva BSF menjadi agen bioreduksi sampah organik sudah dibuktikan pada skala besar menggunakan kemampuan mereduksi sampah organik mencapai 200 ton per hari. Larva BSF sangat rentan dengan perubahan suhu dan hal itu dapat membuat larva BSF mengalami penurunan daya tahan tubuh sebagai akibatnya bisa menyebabkan kematian. Suhu yang optimal bagi larva BSF pada kondisi suhu 30°-38° C pada kandang (Y. Putra & Ariesmayana, 2020), dengan kelembaban udara optimum sekitar 60%-70% (Holmes et al., 2012), dan kondisi kelembaban tanah 70%-80% (Wahyuni et al., 2020), suhu tersebut sudah sesuai dengan standar yang dibutuhkan larva BSF.

Dibutuhkan pengawasan dan pengontrolan terhadap media larva BSF agar menghasilkan kualitas media yang sesuai dengan standar kualitas suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah agar media layak digunakan oleh larva BSF. Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan suatu penerapan teknologi *Internet of Things* untuk sistem pengontrolan media larva BSF. Tahapan proses kerja dari *Internet of Things* dengan memanfaatkan pemrograman di setiap perintah untuk sebuah instruksi kepada mesin tanpa bantuan manusia. Dengan menggunakan sambungan atau koneksi internet. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. Penggunaan sensor secara *real time* mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data (Suresh et al., 2014).

Untuk menentukan klasifikasi kualitas media larva BSF yang optimal terdapat banyak metode klasifikasi yang dapat digunakan, salah satunya dengan menggunakan algoritma Naïve Bayes. Penelitian yang dilakukan oleh (Listiana et al., 2015) dalam kasus identifikasi tumbuh kembang anak balita dengan perbandingan algoritma *decision tree* (C4.5) dan Naïve Bayes, diperoleh hasil pengujian rata-rata nilai akurasi metode Naïve Bayes sebesar 96,89% dan algoritma *decision tree* (C4.5) sebesar 89,78%. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Hastuti, 2012) pada prediksi data mahasiswa nonaktif dengan melakukan perbandingan metode klasifikasi *logistic regression*, *decision tree*, *neural network*, dan Naïve Bayes. Penelitian tersebut menghasilkan tingkat akurasi metode *logistic regression* sebesar 81,64%, metode *decision tree* sebesar 95,29%, metode *neural network* sebesar 94,56%, dan metode Naïve Bayes sebesar 93,47%. Berdasarkan dari beberapa penelitian sebelumnya, Naïve Bayes merupakan metode yang memiliki akurasi cukup tinggi. Untuk itu penelitian ini, peneliti akan menerapkan algoritma *naïve bayes* untuk mengklasifikasikan kualitas media larva BSF. Berdasarkan uraian latar belakang, sistem yang dibangun berguna untuk menganalisis seberapa besar tingkat akurasi, presisi, dan *recall* dalam pengambilan keputusan nilai kualitas media pada sistem pengukuran kualitas media larva BSF menggunakan metode Naive Bayes.



1.1 Landasan Teori

1.1.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian yang telah dilakukan Suciati & Faruq (2017) ditulis bahwa sampah organik seringkali menyebabkan bau dan penyakit. Belakangan ini ditemukan kegiatan untuk mendaur ulang sampah organik dengan metode biokonversi. Umumnya, organisme yang berperan dalam proses biokonversi adalah bakteri, jamur, dan larva serangga. Larva serangga *Hermetia illucens/Black Soldier Fly* (BSF) ini sering dipergunakan menjadi agen biokonversi, serta lebih dikenal dengan istilah “maggot”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis media pertumbuhan larva, dengan parameter biomassa larva, wadah, dan kondisi media tumbuh larva.

Penelitian Abidin & Saragih (2020) telah menghasilkan sebuah sistem pada kandang burung puyuh dengan menerapkan *Internet of Things* dan kecerdasan Naive Bayes di dalamnya. Membuat suatu alat untuk mengontrol suhu kandang burung puyuh agar tetap dalam kondisi yang stabil. Serta mengurangi penggunaan listrik yang berlebih daripada lampu yang digunakan. Pada penelitian ini secara khusus dilakukan pengembangan sistem pada *layer* aplikasi dan *layer* servis disistem berbasis *Internet of Things* dengan melakukan penggunaan platform Node-Red dan pembuatan basis data *local* menampung data dari platform. Data dianalisis menggunakan salah satu metode *data mining* berupa metode Naive Bayes.

Penelitian yang telah dilakukan R. A. D. Putra (2021) merancang sistem kandang *maggot* BSF *Internet of Things* menggunakan sensor otomatis. Pada penelitian ini belum memanfaatkan kecerdasan di dalamnya. Adapun penelitian ini membuat sistem *monitoring* serta kontrol suhu lampu untuk budidaya *maggot* BSF berbasis *Internet of Things* sebagai pengontrol sistem. Dalam penelitian ini komponen utama yang digunakan yaitu Arduino UNO, *relay*, Bluetooth HC-05, I2C LCD 16x2, lampu, dan modul DHT22. Cara kerjanya alat ini nantinya jika ingin memonitor suhu atau mengontrol lampu, menggunakan koneksi via Bluetooth dengan membuka aplikasi di *smartphone*. Hasil dari model sistem ini adalah mampu mempertahankan keseimbangan pada kondisi Suhu 30°-38° C, suhu tersebut sudah sesuai standar suhu yang dibutuhkan oleh larva BSF.

1.1.2 Larva Black Soldier Fly (BSF)



Gambar 1 Larva Black Soldier Fly

Larva *Hermetia Illucens* adalah larva yang dihasilkan serangga *hermetia illucens* atau *black soldier fly* yang akhir-akhir ini banyak dikembangkan untuk menjadi pakan ikan, unggas, dan hewan peliharaan. Larva BSF dikenal juga dengan *maggot*. Larva BSF mengandung protein tinggi yang berpotensi dijadikan pakan alternatif pengganti tepung ikan, bungkil kedelai, dan *meat bone meal*. Penggunaan larva sebagai bahan baku pakan mempunyai banyak keunggulan yaitu keberadaannya dapat ditemukan hampir diseluruh dunia, bisa mereduksi bahan organik, bisa hidup pada toleransi pH yang cukup luas, tidak membawa penyakit, masa hidup yang cukup lama (Indariyanti & Barades, 2018). Larva BSF dapat dilihat pada Gambar 1.



Dalam siklus hidupnya lalat *hermetia illucens* mempunyai beberapa stadia yaitu fase dewasa, fase telur, fase larva, fase prepupa, dan fase pupa (Diener & Tov, 2007). Siklus hidup lalat BSF membutuhkan total daur hidup selama 40 hari di mana fase telur akan terjadi selama 3 hari dilanjutkan 18 hari fase larva. Larva menuju tahap prepupa 14 hari, lalu tiga hari setelahnya akan menjadi pupa kemudian bertransformasi menjadi lalat dewasa yang bertahan selama 3 hari dan akan mati jika telah kawin. Untuk sekali bertelur mampu menghasilkan 500 sampai 900 telur dan kekhawatiran akan over populasi tidak akan terjadi karena predator sangat banyak (Fatmasari, 2018).

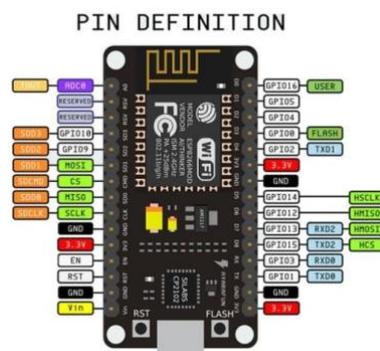
1.1.3 Naïve Bayes

Menurut Olson & Delen (2008) menjelaskan Naive Bayes untuk setiap kelas keputusan, menghitung probabilitas dengan syarat bahwa kelas keputusan adalah benar, mengingat vektor informasi objek. Algoritma ini mengasumsikan bahwa atribut objek adalah independen. Probabilitas yang terlibat dalam memproduksi perkiraan akhir dihitung sebagai jumlah frekuensi dari tabel keputusan. Naïve Bayes Classifier bekerja dengan sangat baik dibandingkan model *classifier* lainnya.

1.1.4 Internet of Things

Ekosistem *Internet of Things* atau disingkat dengan IoT terdiri dari perangkat pintar berkemampuan web yang menggunakan sistem tertanam (*embedded system*), seperti prosesor, sensor, dan perangkat keras komunikasi untuk mengumpulkan, mengirim, dan bertindak sesuai data yang mereka peroleh dari lingkungan mereka. Perangkat IoT berbagi data sensor yang mereka kumpulkan dengan menghubungkan ke *gateway* IoT atau *edge device* lainnya, di mana data dikirim ke komputer *cloud* untuk dianalisis secara lokal. Terkadang, perangkat ini berkomunikasi dengan perangkat terkait lainnya dan bertindak berdasarkan informasi yang mereka dapatkan satu dengan yang lain. Sebagian besar perangkat melakukan pekerjaan tanpa campur tangan manusia, meskipun orang masih dapat berinteraksi dengan perangkat tersebut, misalnya ketika saat mengkonfigurasinya, memberi mereka instruksi, atau mengakses data. Konektivitas jaringan dan protokol komunikasi yang digunakan pada perangkat yang mendukung web ini sangat tergantung pada spesifikasi aplikasi IoT yang digunakan. IoT juga dapat menggunakan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk membantu membuat proses pengumpulan data lebih mudah dan lebih dinamis.

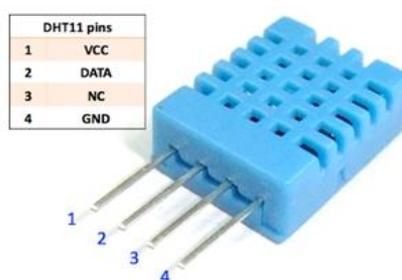
1.1.5 Mikrokontroler NodeMCU ESP8266



memiliki ukuran panjang 4,83 cm, lebar 2,54 cm, serta berat 7 gram. *Board* ini sudah dilengkapi dengan fitur *WiFi* dan *Firmware* yang bersifat *open source*. NodeMCU dapat dilihat pada Gambar 2.

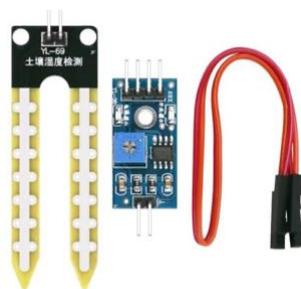
1.1.6 Sensor Suhu DHT11

Sensor DHT11 adalah rangkaian komponen sensor dan IC kontroler yang dikemas dalam satu paket. Pada sensor ini terdapat 4 pin dan juga ada yang memiliki 3 pin. Akan tetapi tidak menjadi masalah karena dalam penerapannya tidak ada yang berbeda. Pada *body* sensor yang berwarna biru atau putih terdapat sebuah Resistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Resistor jenis ini memiliki karakteristik nilai resistansinya berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. Artinya, semakin tinggi suhu ruangan maka nilai resistansi NTC semakin kecil. Sebaliknya nilai resistansi meningkat ketika suhu disekitar sensor menurun. Selain itu di dalamnya terdapat sebuah sensor kelembaban dengan karakteristik resistif terhadap kadar air yang berubah di udara. Kedua data sensor diolah di dalam IC kontroler. IC kontroler mengeluarkan *output* data dalam bentuk *single wire bi-directional*. Sensor suhu DHT11 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Sensor DHT11

1.1.7 Sensor Soil Moisture YL-69



Gambar 4 Sensor Soil Moisture YL-69

Soil moisture sensor merupakan sensor yang dapat mendeteksi kelembaban pada tanah. Sensor ini terdiri dua *probe* untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Sensor ini membantu untuk mengingatkan atau memantau tingkat kelembaban tanah. Sensor kelembaban tanah *Soil Moisture YL-69* dapat dilihat pada Gambar 4.

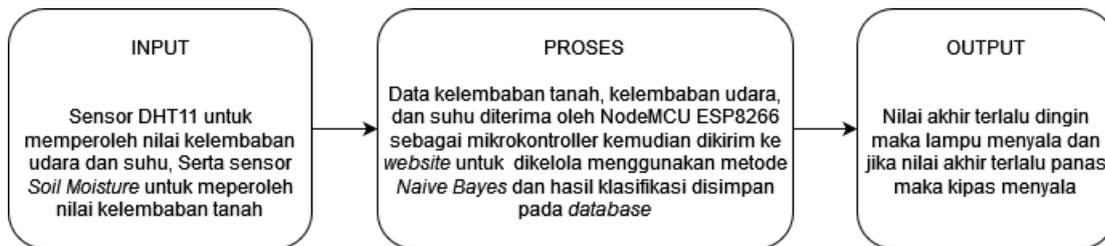
2. METODE PENELITIAN

2.1 Sistem

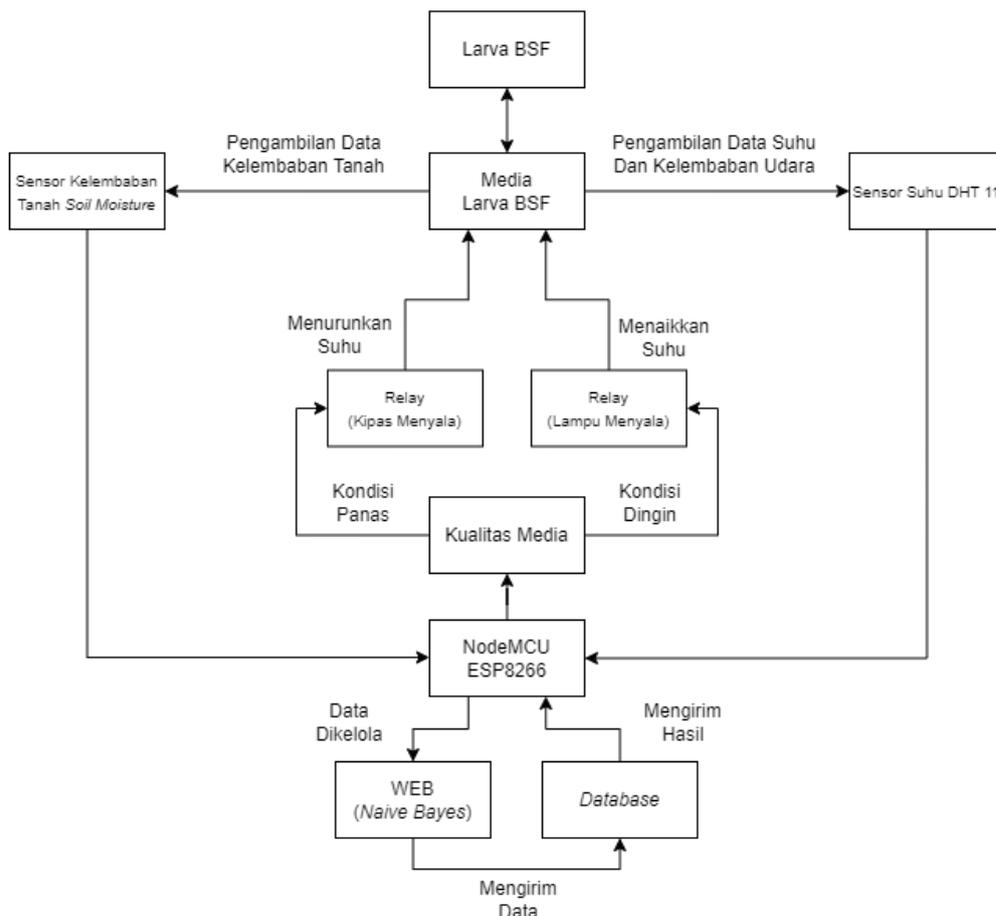
Alur sistem yang dibuat memiliki tujuan untuk memudahkan dalam mengetahui proses berjalannya suatu sistem yang dirancang. Alur sistem dijelaskan pada Gambar 5 dan desain sistem ditunjukkan pada Gambar 6.



Pada desain sistem terdapat alur berjalannya sistem. Untuk dapat menjalankan aksi *output* sesuai hasil klasifikasi, sistem akan melewati beberapa proses. Dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang terhubung sensor suhu DHT11 dan sensor *soil moisture* YL-69 untuk mendapatkan data masukan. NodeMCU ESP8266 menerima data nilai suhu, nilai kelembaban udara, dan kelembaban tanah dari sensor, kemudian data tersebut dikelola pada web menggunakan metode Naive Bayes untuk mendapatkan hasil klasifikasi berupa label dan menyimpannya ke *database*. Setelah mendapatkan hasil klasifikasi berupa label maka NodeMCU ESP8266 memberikan aksi berupa *output* pendinginan atau penghangatan atau tidak keduanya. *Output* yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu label dingin, optimal, dan panas. Kemudian sistem merespon dengan melakukan pengontrolan suhu pada media larva BSF dan melakukan aksi tidak mengaktifkan relay atau mengaktifkan relay (lampu menyala atau kipas angin menyala) sesuai hasil klasifikasi media sehingga media tetap dalam keadaan optimal.



Gambar 5 Alur Sistem



Gambar 6 Desain Sistem



Tabel 1 Kategori Tiap Variabel

Variabel	Nilai	Keterangan
Suhu	<30°	Terlalu Dingin
	30°– 38°	Normal
	>38°	Terlalu Panas
Kelembaban Udara	<60%	Kurang
	60% - 70%	Cukup
	>70%	Lebih
Kelembaban Tanah	<70%	Kering
	70% - 80%	Cukup
	>80%	Basah

Tabel 2 Contoh Data Training

No	Suhu	Kelembaban Udara	Kelembaban Tanah	Label
1	39°	75%	60%	Panas
2	37°	78%	77%	Optimal
3	29°	70%	78%	Dingin
4	40°	59%	50%	Panas
5	31°	69%	72%	Optimal
6	27°	75%	87%	Dingin
7	29°	70%	65%	Optimal
8	27°	78%	90%	Dingin
9	28°	79%	79%	Dingin
10	26°	72%	86%	Dingin

Tabel 3 Contoh Data Testing

No	Kelembaban Tanah	Kelembaban Udara	Suhu	Label
1	79%	75%	28°	?

Hasil perhitungan dari tabel data *training* dapat digunakan untuk mengklasifikasi kualitas media tabel *testing* yang dijabarkan menggunakan Pers. (1) sampai (3).

$$P(Y_i) = \frac{Y_i}{\sum_{j=1}^n Y_j} \quad (1)$$

Di mana Y_i merupakan label Y dengan entitas ke-i dan n adalah jumlah label dengan i merupakan bilangan 1, ..., m.

a) Menghitung jumlah probabilitas variabel Y

$$P(Y = Dingin) = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$P(Y = Optimal) = \frac{3}{10} = 0,3$$

$$P(Y = Panas) = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$P(X_i|Y_j) = \frac{X_i}{Y_j} \quad (2)$$

Di mana X_i adalah label X ke-I dengan i menunjukkan bilangan 1, ..., m.

b) Menghitung probabilitas variabel X terhadap variabel Y

$$P(X_1 = Cukup|Y = Dingin) = \frac{2}{5}$$



$$P(X_1 = Cukup|Y = Optimal) = \frac{2}{3}$$

$$P(X_1 = Cukup|Y = Panas) = \frac{0}{2}$$

$$P(X_2 = Lebih|Y = Dingin) = \frac{4}{5}$$

$$P(X_2 = Lebih|Y = Optimal) = \frac{1}{3}$$

$$P(X_2 = Lebih|Y = Panas) = \frac{1}{2}$$

$$P(X_3 = TerlaluDingin|Y = Dingin) = \frac{5}{5}$$

$$P(X_3 = TerlaluDingin|Y = Optimal) = \frac{1}{3}$$

$$P(X_3 = TerlaluDingin|Y = Panas) = \frac{0}{2}$$

$$P(X_1 \dots X_m|Y_i) = \left(\prod_{j=1}^m P(X_j|Y_i)\right)P(Y_i) \quad (3)$$

Di mana Y_i yaitu label Y ke-i dan X_i adalah label X ke-i dengan i merupakan 1, ..., m.

c) Membandingkan hasil probabilitas tiap label

$$P(X_1 = Cukup, X_2 = Lebih, X_3 = TerlaluDingin|Y = Dingin) = \frac{2}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{5}{5} \times \frac{5}{10} = 0,16$$

$$P(X_1 = Cukup, X_2 = Lebih, X_3 = TerlaluDingin|Y = Optimal) = \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{3}{10} = 0,02$$

$$P(X_1 = Cukup, X_2 = Lebih, X_3 = TerlaluDingin|Y = Panas) = \frac{0}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{0}{2} \times \frac{2}{10} = 0$$

Dari perhitungan di atas diperoleh bahwa probabilitas terbesar adalah pada $P(Y = Dingin)$ maka dapat disimpulkan data pada contoh data *testing* yaitu label berada pada kelas Dingin.

Untuk membandingkan akurasi nilai suhu dan nilai kelembaban udara pada sensor DHT11 dengan alat pengukur termometer. Sementara itu, untuk membandingkan akurasi nilai kelembaban tanah pada sensor *soil moisture* YL-69 dengan akurasi alat pengukur *moisture meter*. Setelah itu, untuk memperoleh hasil persentase *error* dapat menggunakan perhitungan dengan rumus pada Pers. (4).

$$\% error = \frac{|X-Y|}{Y} \times 100 \quad (4)$$

Di mana X merupakan nilai dari sensor dan Y merupakan nilai dari alat ukur termometer dan *moisture meter*.

Pada pengujian metode Naïve Bayes dalam memprediksi kualitas media larva BSF memerlukan *confusion matrix* untuk mengevaluasi performa suatu algoritma. *Confusion matrix* merepresentasikan prediksi dan kondisi sebenarnya dari data yang dihasilkan oleh algoritma. Dengan adanya *confusion matrix*, maka *accuracy*, *precision*, dan *recall* dapat ditentukan. Tabel 4 merupakan tabel *confusion matrix* variabel.

Tabel 4 Confusion Matrix

	TRUE	FALSE
Nilai Prediksi TRUE	(TP)	(FP)
Nilai Prediksi FALSE	(FN)	(TN)

Pada tabel *confusion matrix* terdapat *True Positive* (TP), *False Negative* (FN), *False Positive* (FP), dan *True Negative* (TN). Dari keempat prediksi tersebut memiliki pengertian yang berbeda, di mana *True Positive* (TP) merupakan jumlah data dengan nilai sebenarnya positif dan diprediksi benar oleh algoritmal. *False Negative* (FN) merupakan jumlah data dengan nilai sebenarnya



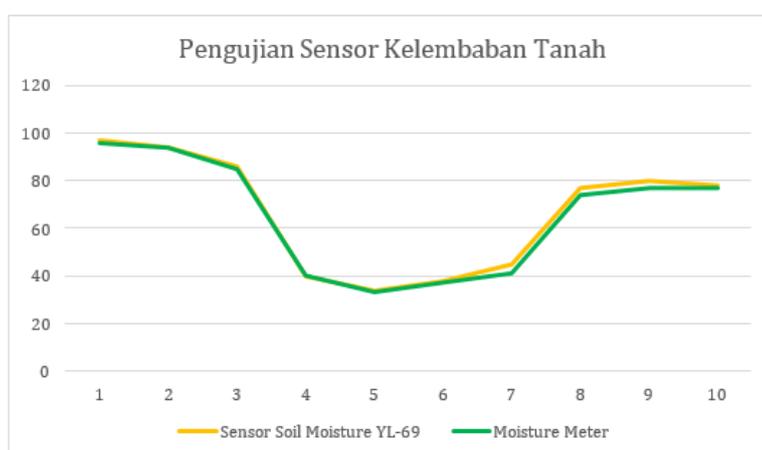
positif dan diprediksi salah oleh algoritma. *False Positive* (FP) merupakan jumlah data dengan nilai sebenarnya negatif dan diprediksi benar oleh algoritma. Sedangkan *True Negative* (TN) merupakan jumlah data dengan nilai sebenarnya negatif dan dinilai salah oleh algoritma (Fibrianda & Bhawiyuga, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor

3.1.1 Sensor *Soil Moisture* YL-69

Perbandingan sensor kelembaban tanah *soil moisture* YL-69 dengan alat ukur *moisture* meter dilakukan sebagai pengujian terhadap sensor agar mengetahui perbedaan nilai kelembaban tanah. Grafik hasil pengujian sensor *soil moisture* YL-69 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengujian Sensor *Soil Moisture* YL-69

Grafik perbedaan hasil pengujian kelembaban tanah menggunakan sensor *soil moisture* YL-69 dengan alat ukur *moisture meter*. Dari data yang diperoleh menggunakan sensor maupun alat ukur, selanjutnya adalah mencari nilai persentase *error* dan mencari nilai rata-rata *error*.

$$\text{Error} = \frac{\text{Sensor Soil Moisture YL-69} - \text{Moisture Meter}}{\text{Moisture Meter}} \times 100\% = \frac{97 - 96}{96} \times 100\% = 1,04\%$$

Diperoleh hasil persentase dari perhitungan *error* antara data sensor *soil moisture* YL-69 dengan alat ukur *moisture* meter yaitu 1,04%

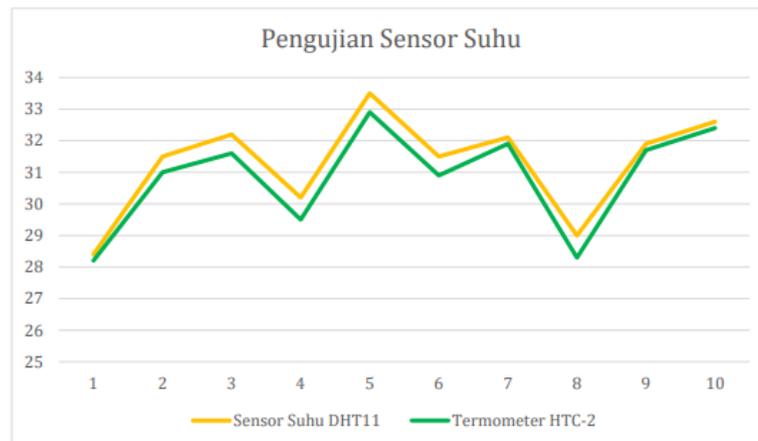
$$\text{Rata - rata error} = \frac{\sum 27,0}{\sum 10} = \frac{27,0}{10} = 2,70$$

Perbandingan antara sensor *soil moisture* YL-69 dengan alat ukur *moisture* meter diperoleh nilai rata-rata *error* yaitu 2,70%.

3.1.2 Sensor Suhu DHT11

Perbandingan sensor suhu DHT11 dengan alat ukur termometer dilakukan sebagai pengujian terhadap sensor agar mengetahui perbedaan nilai suhu. Grafik hasil pengujian sensor suhu DHT11 ditunjukkan pada Gambar 9.





Gambar 9 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT11

Grafik perbedaan hasil pengujian suhu menggunakan sensor suhu DHT11 dengan alat ukur termometer. Dari data yang diperoleh menggunakan sensor maupun alat ukur, selanjutnya adalah mencari nilai persentase *error* dan mencari nilai rata-rata *error*.

$$Error = \frac{Sensor\ Suhu\ DHT11 - Termometer\ HTC-2}{Termometer\ HTC-2} \times 100\% = \frac{28,4 - 28,2}{28,2} \times 100\% = 0,71\%$$

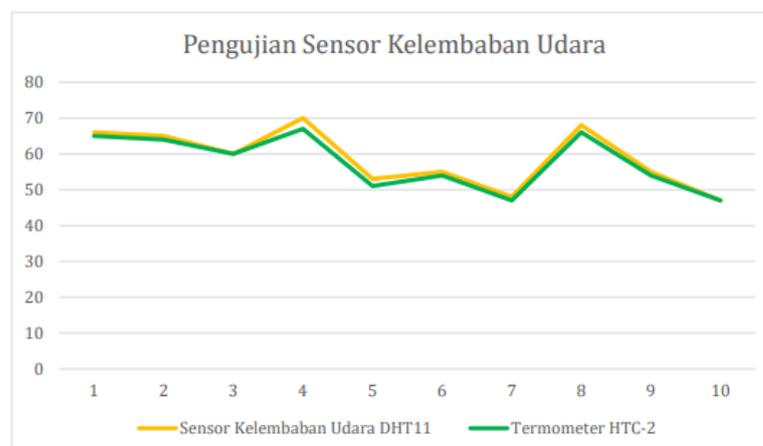
Diperoleh hasil persentase dari perhitungan *error* antara data sensor suhu DHT11 dengan alat ukur termometer yaitu 1,04%.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum 16,0}{\sum 10} = \frac{16,0}{10} = 1,60$$

Perbandingan antara sensor suhu DHT11 dengan alat ukur termometer diperoleh nilai rata-rata *error* yaitu 1,60%.

3.1.3 Sensor Kelembaban Udara DHT11

Perbandingan sensor kelembaban udara DHT11 dengan alat ukur termometer dilakukan sebagai pengujian terhadap sensor agar mengetahui perbedaan nilai kelembaban udara. Grafik hasil pengujian sensor kelembaban udara DHT11 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Udara DHT11



Grafik perbedaan hasil pengujian kelembaban udara menggunakan sensor kelembaban udara DHT11 dengan alat ukur termometer. Dari data yang diperoleh menggunakan sensor maupun alat ukur, selanjutnya adalah mencari nilai persentase *error* dan mencari nilai rata-rata *error* seperti pada.

$$Error = \frac{Sensor\ Kelembaban\ Udara\ DHT11 - Termometer\ HTC-2}{Termometer\ HTC-2} \times 100\% = \frac{66-65}{65} \times 100\% = 1,54$$

Diperoleh hasil persentase dari perhitungan *error* antara data sensor kelembaban udara DHT11 dengan alat ukur termometer yaitu 1,54%.

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum 20,3}{\sum 10} = \frac{20,3}{10} = 2,03$$

Perbandingan antara sensor kelembaban udara DHT11 dengan alat ukur termometer diperoleh nilai rata-rata *error* yaitu 2,03%.

3.2 Confusion Matrix

Hasil *confusion matrix* ditunjukkan pada Gambar 11.

		PREDIKTED		
		Dingin	Optimal	Panas
AKTUAL	Dingin	6	1	0
	Optimal	0	11	0
	Panas	0	1	6

Gambar 11 Hasil Confusion Matrix

Perhitungan pada Pers. (5) merupakan perhitungan untuk mendapatkan nilai akurasi.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \times 100\% \quad (5)$$

$$Akurasi = \frac{6 + 17}{6 + 17 + 1 + 1} \times 100\% = 92\%$$

Untuk melakukan perhitungan *precision* dengan rumus pada Pers. (6).

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (6)$$

$$Precision_{dingin} = \frac{6}{6 + 0} \times 100\% = 100\%$$

$$Precision_{optimal} = \frac{11}{11 + 1} \times 100\% = 85\%$$

$$Precision_{panas} = \frac{6}{6 + 0} \times 100\% = 100\%$$

Nilai *recall* digunakan untuk menentukan seberapa lengkap sebuah algoritma. Perhitungan *recall* dengan rumus pada Pers. (7).



$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (7)$$

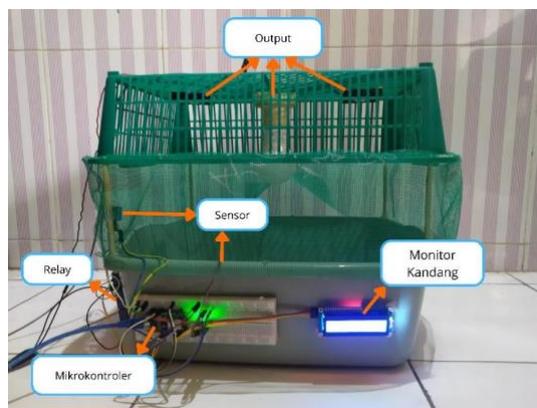
$$Recall_{dingin} = \frac{6}{6+1} \times 100\% = 86\%$$

$$Recall_{optimal} = \frac{11}{11+0} \times 100\% = 100\%$$

$$Recall_{panas} = \frac{6}{6+1} \times 100\% = 86\%$$

3.3 Aplikasi

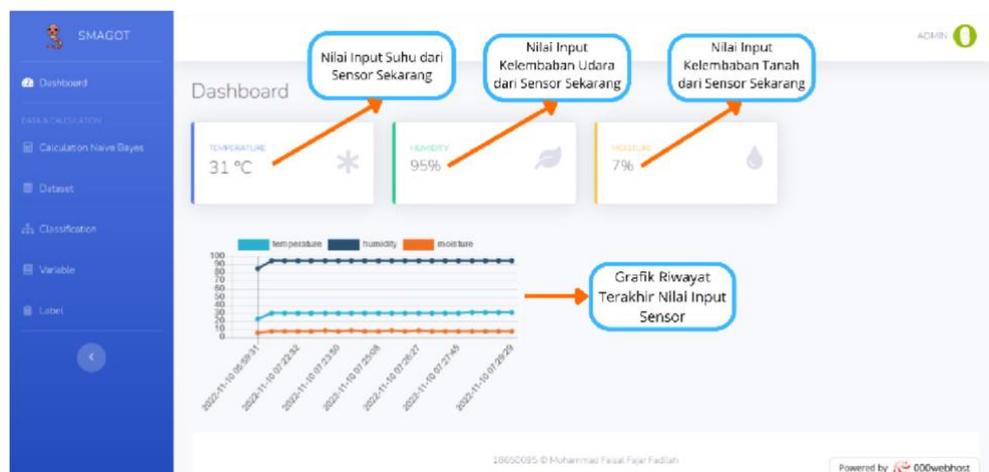
3.3.1 Kandang *Smart Maggot*



Gambar 12 Kandang *Smart Maggot*

Gambar 12 menunjukkan kandang *smart maggot*. Kandang larva BSF dibangun dengan boks ukuran lebar 30 cm, panjang 38 cm, dan tinggi 36 cm dengan kerangka menggunakan boks plastik dan kayu sebagai penyangga. Atap yang digunakan yaitu plastik berongga. Pemasangan instalasi pendinginan dan pemanasan dipasang pada kandang di atas media larva BSF dengan pendinginan menggunakan 1 kipas ukuran 5 cm sebanyak 2 buah dan pemanasan menggunakan lampu sebanyak 1 buah.

3.3.2 Aplikasi *Smart Maggot*



Gambar 13 Aplikasi Web *Smart Maggot*



Aplikasi smart maggot dibangun dengan gabungan teknologi Internet of Things dan aplikasi berbasis web dengan bahasa PHP seperti pada Gambar 13. Aplikasi ini dapat melakukan pemantauan dengan jarak jauh serta melakukan pengontrolan secara otomatis. Aplikasi dibangun dengan memperhatikan *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) dengan tujuan agar pengguna mudah dan nyaman saat menggunakan aplikasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh penulis dari hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa algoritma Naïve Bayes dapat diaplikasikan untuk sistem kandang *smart maggot*. Hasil dari pengujian yang dilakukan, penelitian dengan menggunakan *dataset* yang diambil pada penelitian ini memiliki akurasi yang cukup tinggi dibandingkan pada penelitian sebelumnya yang belum memanfaatkan algoritma Naïve Bayes Classifier di dalamnya. Penelitian ini sudah berhasil dibangun sesuai rancangan penelitian, serta tujuan yang telah terpenuhi dalam menyelesaikan pembangunan *smart maggot*. Beberapa sensor yang digunakan pada penelitian diuji sehingga dapat diketahui kinerja dari sensor-sensor tersebut dengan cara mencari nilai *error* rata-rata. Ada 3 parameter yang diukur pada penelitian yaitu suhu diperoleh *error* rata-rata 1,6%, kelembaban udara diperoleh *error* rata-rata 2.03%, dan kelembaban tanah diperoleh *error* rata-rata 2,7%. Dengan mengukur menggunakan Python diperoleh *Confusion Matrix*, Sehingga hasil pengujian dari perhitungan metode Naive Bayes dapat diketahui dengan data yang didapatkan berupa *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Hasil persentase *accuracy* yang diperoleh adalah 92%, hasil rata-rata persentase *precision* diperoleh 93%, dan hasil rata-rata persentase *recall* diperoleh 92%. Kesimpulan menunjukkan hasil akurasi dari sistem yang diperoleh berhasil berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. Z. Z., & Saragih, N. A. A. (2020). Sistem Monitoring Kandang Burung Puyuh Berbasis Internet of Things pada Platform Node-RED Menggunakan Metode Naive Bayes. *Jurnal Teknologi Dan Komunikasi STMIK Subang*, 13(1), 16–25. <https://doi.org/10.47561/a.v13i1.164>
- Chaerul, M., Tanaka, M., & Shekdar, A. V. (2007). Municipal Solid Waste Management in Indonesia: Status and The Strategic Actions. *Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology*, 2(1), 41–49.
- Diener, E., & Tov, W. (2007). Subjective Well-Being and Peace. *Journal of Social Issues*, 63(2), 421–440. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2007.00517.x>
- Fatmasari, L. (2018). *Tingkat Densitas Populasi, Bobot, dan Panjang Maggot (Hermetia Illucens) pada Media yang Berbeda* [UIN Raden Intan Lampung]. <http://repository.radenintan.ac.id/3265/>
- Fibrianda, M. F., & Bhawiyuga, A. (2018). Analisis Perbandingan Akurasi Deteksi Serangan Pada Jaringan Komputer Dengan Metode Naïve Bayes Dan Support Vector Machine (SVM). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(9), 3112–3123. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/2559>
- Hastuti, K. (2012). Analisis Komparasi Algoritma Klasifikasi Data Mining untuk Prediksi Mahasiswa Non Aktif. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, 241–249. <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/132/>
- Holmes, T. R. H., Jackson, T. J., Reichle, R. H., & Basara, J. B. (2012). An assessment of surface soil temperature products from numerical weather prediction models using ground-based measurements. *Water Resources Research*, 48(2). <https://doi.org/10.1029/2011WR010538>
- Indariyanti, N., & Barades, E. (2018). Evaluasi Biomassa dan Kandungan Nutrisi Magot (Hermetia illucens) pada Media Budidaya yang Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, 137–141. <https://doi.org/10.25181/PROSEMNAS.V2018I0.1151>
- Listiana, M., Sujalwo, & Gunawan, D. (2015). *Perbandingan Algoritma Decision Tree (C4.5) Dan Naïve Bayes Pada Data Mining Untuk Identifikasi Tumbuh Kembang Anak Balita (Studi Kasus Puskesmas Kartasura)* [Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <https://eprints.ums.ac.id/36124/>
- Olson, D. L., & Delen, D. (2008). Advanced data mining techniques. In *Advanced Data Mining*



- Techniques*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-76917-0/COVER>
- Putra, R. A. D. (2021). Monitoring dan Kontrol Suhu Lampu untuk Budidaya Maggot BSF Berbasis IoT (Lamp Temperature Monitoring and Control for IoT-Based Maggot BSF Cultivation). *JURNAL TRANSIT*, 9. <https://repository.usm.ac.id/detail-jurnalmahasiswa-979.html>
- Putra, Y., & Ariesmayana, A. (2020). Efektifitas Penguraian Sampah Organik Menggunakan Maggot (BSF) di Pasar Rau Trade Center. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 3(1), 11–24. <https://ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/jls/article/view/888>
- Suciati, R., & Faruq, H. (2017). Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots *Hermetia Illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik. *BIOSFER: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v2i1.356>
- Suresh, G., Gunasekar, P. H., Kokila, D., Prabhu, D., Dinesh, D., Ravichandran, N., Ramesh, B., Koodalingam, A., & Vijaiyan Siva, G. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles using *Delphinium denudatum* root extract exhibits antibacterial and mosquito larvicidal activities. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 127, 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.02.030>
- Wahyuni, L., Ramdani, M. R., Imama, N. O., Larasati, V. E., Fahmi, A. R., & Hermana, W. (2020). Suplementasi Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dalam Air Minum terhadap Produktivitas Telur Puyuh. *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 18(2), 54–61. <https://doi.org/10.29244/jintp.18.2.54-61>

