

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN PADA RUMAH TELUR *BLACK SOLDIER FLY* (BSF)

PROTOTYPE DESIGN OF TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM IN BSF EGG HOUSE

Adilah Devira Fransna¹⁾, Winda Amilia¹⁾, Andrew Setiawan Rusdianto^{1)*}

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jalan Kalimantan No.37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121

* Corresponding author's email: andrew.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

Black soldier fly (Hermetia illucens) is a vital organism in waste bioconversion, and optimizing its breeding environment can enhance its effectiveness. This study investigates the development of a prototype system designed to regulate temperature and humidity in the egg-laying area to improve the living conditions for breeding black soldier flies. The research evaluates the prototype through several parameters: tool functionality, sensor performance, and egg production outcomes. Field tests confirm that the prototype effectively maintains the ideal conditions necessary for the mating process of black soldier flies. The functionality testing showed that the prototype achieved a functionality score of 1, indicating compliance with the ISO/IEC 9126 standards for software quality. Regarding sensor performance, the DHT22 sensor used for temperature monitoring demonstrated an average relative error of 4.49% and an absolute temperature error of 1.33°C. For humidity measurements, the sensor showed an average difference of 0.63% relative humidity (RH), with the maximum observed error being 1% RH. In terms of egg production, observations revealed a notable increase following the introduction of the control system. The egg yield improved significantly from an initial 43 grams to 151 grams, highlighting the positive impact of the prototype on reproductive performance. Overall, the study concludes that the prototype system is effective in creating a controlled environment that enhances the breeding conditions for black soldier flies. This improvement not only supports the flies' mating process but also boosts their productivity, thereby contributing to their efficiency as waste bioconversion agents.

Keywords: Black Soldier Fly, breeding, temperature, humidity

ABSTRAK

BSF (Hermetia illucens) merupakan organisme penting dalam biokonversi limbah, dan pengoptimalan lingkungan pemeliharaannya dapat meningkatkan efektivitasnya. Penelitian ini menyelidiki pengembangan prototipe sistem yang dirancang untuk mengatur suhu dan kelembaban di area peneluran guna meningkatkan kondisi hidup untuk pembiakan BSF. Penelitian ini mengevaluasi prototipe melalui beberapa parameter: fungsi alat, kinerja sensor, dan hasil produksi telur. Uji lapangan mengonfirmasi bahwa prototipe ini secara efektif mempertahankan kondisi ideal yang diperlukan untuk proses kawin BSF. Pengujian fungsi menunjukkan bahwa prototipe mencapai skor fungsi sebesar 1, yang menunjukkan kepatuhan terhadap standar kualitas perangkat lunak ISO/IEC 9126. Dalam hal kinerja sensor, sensor DHT22 yang digunakan untuk pemantauan suhu menunjukkan rata-rata kesalahan relatif sebesar 4,49% dan kesalahan suhu absolut sebesar 1,33°C. Untuk pengukuran kelembaban, sensor menunjukkan perbedaan rata-rata sebesar 0,63% kelembaban relatif (RH), dengan kesalahan maksimum yang diamati sebesar 1% RH. Dalam hal produksi telur, pengamatan menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah pengenalan sistem kontrol. Hasil produksi telur meningkat secara mencolok dari 43 gram awal menjadi 151 gram, menyoroti dampak positif prototipe terhadap kinerja reproduksi. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem prototipe efektif dalam menciptakan lingkungan terkontrol yang meningkatkan kondisi pembiakan lalat tentara hitam. Peningkatan ini tidak hanya mendukung proses kawin lalat tetapi juga meningkatkan produktivitas mereka, sehingga berkontribusi pada efisiensi mereka sebagai agen biokonversi limbah.

Kata kunci: BSF, pembiakan, suhu, kelembaban.

PENDAHULUAN

Perkembangan populasi manusia yang terjadi tidak lepas dari permasalahan lingkungan yang juga ikut meningkat. Sampah merupakan permasalahan utama dalam lingkungan yang timbul akibat meningkatnya perilaku konsumtif masyarakat. Sistem Informasi Sampah Nasional (SIPSN) menyatakan total timbulan sampah di seluruh Indonesia pada tahun 2023 mencapai angka 14 juta. Limbah jenis sisa makanan mempunyai persentase terbesar dalam penyumbang utama timbulan sampah yaitu hampir 40% dimana berdasarkan dari sumber sampah, persentase paling besar limbah yakni 44,6% berasal dari limbah rumah tangga dan sebesar 26,3% berasal dari pasar (Sistem Informasi Sampah Nasional, 2023).

Dalam gerakan aksi pengurangan limbah, pengelolaan sampah terutama limbah organik juga dapat dilakukan dari skala rumah tangga seperti daur ulang sampah dengan metode biokonversi. Biokonversi adalah suatu metode pengolahan sampah organik menjadi produk bernilai tambah dimana dalam prosesnya melibatkan aktivitas mikroorganisme seperti ragi, bakteri, jamur serta larva. Upaya mereduksi sampah organik menggunakan larva dari *Black Soldier Fly* dibuktikan efektif dimana mempunyai percepatan reduksi sebesar 62,68-73,98% [1] Sebagai kontributor penting dalam pengurangan sampah, larva BSF yang mempunyai kandungan sekitar 50% protein kasar serta kandungan lemak dan asam amino dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif seperti pakan hewan ternak unggas dan ikan [2]

Dalam budidaya maggot BSF, kuantitas maggot yang dihasilkan bergantung pada kondisi optimal pada proses perkawinan lalat BSF hingga proses lalat betina bertelur. Beberapa parameter dari mutu lingkungan yang dibutuhkan untuk kehidupan ideal BSF yaitu suhu dan kelembaban. Suhu optimal yang dibutuhkan dalam proses perkawinan dan produksi telur lalat BSF yaitu pada 30°C - 36°C [3]. Sedangkan kelembaban ideal untuk lingkungan hidup lalat BSF yaitu 60-70% [4].

Berdasarkan kondisi tersebut, perlu adanya solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan pada kandang lalat BSF yaitu berupa penciptaan sistem pengelolaan kebutuhan lingkungan hidup pada rumah telur BSF. Sistem pengelolaan lingkungan hidup mencakup suatu sistem yang mampu mengeluarkan respon apabila lingkungan sekitar rumah telur BSF dalam keadaan mendung atau penerangan kurang yang mengakibatkan parameter lingkungan tidak memenuhi kebutuhan ideal BSF untuk melakukan perkawinan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah laptop, alat tulis, smartphome, gunting, obeng set serta perangkat lunak yang dibutuhkan untuk sistem yang akan dibangun yaitu software Arduino IDE, Fritzing, Sketchup. Bahan-bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu Arduino Uno R3, sensor DHT22, breadboard, adaptor, kabel jumper, lampu, fitting lampu, kabel meteran, relay 2 channel, box plastik..

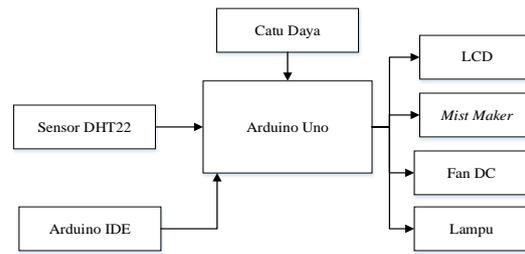
Tahapan Penelitian

Tahap Perencanaan

Tahapan penelitian diawali dengan melakukan identifikasi masalah melalui observasi dan wawancara di lapang. Wawancara dilaksanakan dengan diskusi bersama pelaku usaha budidaya Maggot yaitu Pak Jajar dari Pondok Maggot Poktan Tirto Bakti II Sukamakmur.

Tahap Perancangan

Untuk mengetahui prinsip kerja keseluruhan rangkaian pada suatu sistem, diperlukan diagram blok yang dapat memudahkan dalam menganalisa kebutuhan yang disesuaikan dengan fungsinya. Fungsi dari komponen diagram blok unit penyusun sistem pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Blok

- Arduino Uno, berperan dalam menjalankan fungsi mikrokontroler.
- Sensor DHT22, sebagai sensor pemdeteksi suhu dan kelembaban
- LCD, berperan dalam menampilkan status kondisi lingkungan rumah telur
- Relay, berperan untuk memutuskan-alirkan listrik pada sirkuit
- Lampu, sebagai komponen keluaran yang berguna menaikkan temperature
- Rangkaian pembuat kabut, berfungsi meningkatkan tingkat kelembaban

Tahap Hasil dan Analisa Data

Pengujian pada sistem berfungsi untuk mengetahui bagaimana kinerja pada sebuah sistem yang telah dirancang. Tahap ini dilakukan secara keseluruhan, *hardware* dan *software*. Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem dan melihat keluarannya (*output*), untuk menentukan apakah sistem atau perangkat memberikan keluaran seperti yang diharapkan atau tidak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

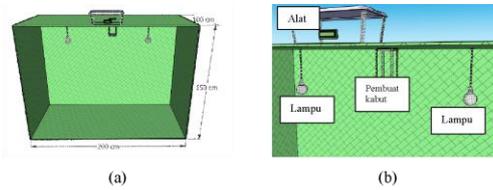
Rumah Telur BSF

Rumah telur merupakan istilah yang merujuk pada tempat dimana lalat BSF dewasa melakukan perkawinan hingga proses bertelur. Petani BSF dalam membudidayakan BSF umumnya bergantung pada kondisi lingkungan sekitar yang cenderung tidak dapat memenuhi kebutuhan ideal pada lalat BSF. Hal ini menyebabkan munculnya kendala yang dialami pembudidaya BSF seperti yang dialami oleh kelompok pembudidaya lalat BSF Tirta Bakti II yang berlokasi di Sukamakmur, Ajung, Jember, Jawa Timur, yaitu angka produksi telur BSF yang tidak dapat optimal. Produksi telur yang optimal ditandai dengan banyaknya angka jumlah telur yang diproduksi. Hasil produksi telur yang optimal membutuhkan pemenuhan mutu lingkungan yang ideal untuk lalat BSF dengan cara memberi perhatian lebih pada parameter-parameter yang berpengaruh. Beberapa parameter yang masuk pada kebutuhan lingkungan ideal BSF yaitu suhu dan kelembaban.

Perubahan pada suhu dan kelembaban terjadi di bawah pengaruh cuaca yang tidak menentu. Suhu yang terlalu rendah membuat lalat BSF cenderung tidak melakukan perkawinan. Pada tingkatan kelembaban tertentu juga mempunyai pengaruh pada kehidupan ideal lalat BSF. Kajian penelitian yang dilakukan oleh Singh et al. menyatakan bahwa lingkungan dengan temperatur di bawah 15°C dan di atas 40°C terbukti berdampak negatif yaitu berupa angka kematian yang tinggi pada kelangsungan hidup lalat BSF [5]. Rentang suhu pada lingkungan lalat BSF untuk melakukan perkawinan menurut Putra dan Ariemayana yaitu di antara 30°C- 36°C [3]. Pada parameter kelembaban, sekitar 60% RH sampai dengan 70% RH merupakan kelembaban yang ideal bagi BSF dewasa [4].

Penelitian ini berupaya mengembangkan rumah telur BSF yang berada di pembudidayaan lalat BSF Tirta Bakti II Sukamakmur dengan menambahkan rancangan sistem pengendalian terhadap dua parameter penting dalam pemenuhan kebutuhan lalat BSF. Sistem kontrol atau sistem pengendalian mengupayakan adanya respon buatan terhadap data suhu dan kelembaban yang terjadi di lingkungan berdasarkan data yang diperoleh dari detektor dan

kemudian diproses oleh mikrontroler. Desain ilustrasi yang dirancang menggunakan aplikasi SketchUp. Posisi peletakan alat beserta komponen keluaran sebagai pengendali yang dilakukan di tempat penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. (a) Ilustrasi rumah telur, (b) posisi alat

Posisi alat berada di bagian luar yaitu di atas rumah telur yang disangga oleh balok kayu untuk memperoleh posisi yang strategis dalam menghubungkan dengan komponen sistem keluaran. Rumah telur BSF yang digunakan dalam implementasi sistem mempunyai dimensi ukuran tinggi 150 cm, panjang 200 cm dan lebar 100 cm. Pada bagian tengah rumah telur terdapat keranjang kotak yang berfungsi dalam menyimpan limbah organik yang umumnya bersifat aromatik sebagai ‘pemancing’ alat betina dalam proses bertelur. Kotak tersebut mempunyai kaki sehingga terdapat ruang kosong di bawah untuk diletakkan keranjang yang berisikan masukan pupa.

Pengujian Sensor

Sensor mempunyai rata-rata galat relative sebesar 4,49% dan galat absolut/selisih sebesar 1,33°C. Nilai bacaan error maksimal diketahui sebesar 1,6°C. Sehingga sensor dapat dinyatakan mempunyai performa baik dimana nilai pengukuran sensor DHT22 dengan alat standar tidak terlalu jauh dikarenakan menurut *datasheet* sensor DHT22 mempunyai akurasi suhu $\pm 1^\circ\text{C}$ sedangkan alat ukur standar mempunyai akurasi pembacaan suhu sebesar $\pm 2^\circ\text{C}$. Pengukuran parameter kelembaban dalam sensor DHT22 dengan perbandingan alat ukur standar di dalam ruangan diketahui mempunyai nilai rata-rata galat relative sebesar 0,81%. Selain itu sensor mempunyai rata-rata selisih sebesar 0,63%RH dimana error bacaan kelembaban tertinggi yang ditemukan yaitu sebesar 1%RH. Sedangkan pada parameter kelembaban, sensor DHT22 diketahui mempunyai akurasi sebesar $\pm 2\%RH - \pm 5\%RH$.

Pengujian Alat

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan komponen-komponen yang terlibat dalam sistem terancang telah bertindak atau menjalankan fungsinya sesuai dengan perintah dari sistem yang telah diprogram

Tabel 1 Hasil Pengujian *Functionality* Sistem Pada Alat

Pernyataan	Ya	Tidak
Fungsi Arduino Uno dapat menampilkan hasil pembacaan pada serial monitor Arduino IDE	1	0
Fungsi sensor DHT22 mampu membaca parameter suhu dan kelembaban dengan baik	1	0
Fungsi LCD dapat menampilkan status kondisi suhu dan kelembaban pada rumah telur BSF dari sensor	1	0
Fungsi Relay sesuai dengan perintah kedua lampu menyala saat suhu $< 30^\circ\text{C}$	1	0
Fungsi Relay sesuai dengan perintah rangkaian pembuat kabut menyala saat kelembaban $< 60\%$	1	0

Berdasarkan hasil pengujian *functionality*, selanjutnya dilakukan analisis data hasil validasi pengujian *functionality* dengan rumus ISO/ICE 9126 (2001) untuk mencari nilai *functionality* sebagai berikut :

$$Functionality(X) = 1 - \frac{Fungsi\ yang\ tidak\ dapat\ berfungsi(A)}{Jumlah\ seluruh\ fungsi\ yang\ dievaluasi(B)}$$

$$X = 1 - \frac{0}{5} = 1 - 0 = 1$$

Perhitungan yang diperoleh didapatkan nilai *functionality* sebesar 1 yang berartikan kualitas sistem dari rangkaian elektronika pada penelitian ini berjalan dengan baik sebesar 100% dan telah memenuhi aspek *functionality* menurut ISO/ICE 9126. Kualitas rangkaian elektronika dapat dikategorikan baik sesuai interpretasi dari ISO 9126 ditunjukkan dengan nilai *functionality* yang mendekati angka 1 menurut interval nilai *functionality* yaitu $0 \leq X \leq 1$.

Dengan demikian, alat pemantauan beserta alat pengoptimal suhu dan kelembaban dapat disimpulkan telah layak untuk dilakukan implementasi pada lingkungan rumah telur BSF di Pondok Maggot Desa Sukamakmur, Kecamatan Ajung, Jember.

Produksi Telur

Tujuan dilakukan analisis pada pengamatan produksi telur BSF dari pengujian lapang alat terancang yaitu untuk mengetahui pengaruh implementasi alat terhadap peningkatan kuantitas pada telur BSF sehingga alat suhu dan kelembaban dapat disimpulkan efektif apabila dapat meningkatkan jumlah produksi telur BSF. Sensor DHT22 akan posisikan mendekati kondisi di dalam rumah telur untuk memperoleh hasil suhu dan kelembaban yang sesuai dengan yang terjadi di lingkungan alat BSF selama proses perkawinan berlangsung.

. Langkah pertama dalam pengamatan yaitu memastikan masukan pupa pada rumah telur yang mempunyai jumlah mendekati sama antar dua perlakuan yang akan diamati. Salah satu kendala dalam penelitian ini ialah tidak memungkinkan untuk mendapatkan jumlah pupa yang sama sekaligus karena perolehan pupa dari tempat produksi tidak menentu. Dalam mengatasi permasalahan tersebut, masukan pupa dilakukan dengan jumlah yang saling mendekati.

Tabel 2. Masukan Pupa Untuk Produksi Telur BSF

Masukan ke-	Perlakuan	
	Dengan Alat (gram)	Kontrol (gram)
1	428	492
2	321	560
3	616	692
4	664	540
5	1.066	737
Total	3.095	3.021

Pada perlakuan kontrol yaitu tanpa alat masukan pupa mempunyai total jumlah 3.021 gram dimana pupa yang dimasukkan secara berturut hari pertama sampai hari kelima yaitu 492 gram, 560 gram, 692 gram, 540 gram, 737 gram. Sedangkan pada perlakuan dengan alat pengendali, masukan pupa yang dijadikan pengamatan secara berturut dimasukan selama 5 hari yaitu 428 gram, 321 gram, 616 gram, 664 gram, 1.066 gram dimana mempunyai total berjumlah 3.095. Waktu yang dibutuhkan pupa berubah menjadi fase lalat adalah 3-5 hari. Waktu panen dilakukan selama 2-3 hari sekali. Indikator selesainya pengamatan tiap perlakuan ditandai dengan tidak adanya telur yang dapat dipanen lagi.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Produksi Telur BSF

Perlakuan	Perlakuan	
	Dengan Alat (gram)	Kontrol (gram)
1	428	492
2	321	560
3	616	692
4	664	540
5	1.066	737
Total	3.095	3.021

Berdasarkan hasil pengamatan pada jumlah produksi telur yang ditunjukkan pada **Tabel 2**, perlakuan kontrol diketahui total jumlah produksi telur BSF yang dihasilkan secara berturut dari panen pertama hingga kelima yaitu 12 gram, 6 gram, 13 gram, 8 gram, 4 gram. Pada perlakuan dengan alat menghasilkan produksi telur dari panen pertama hingga kelima secara berturut yaitu 20 gram, 33 gram, 48 gram, 19 gram dan 31 gram. Total produksi telur yang dihasilkan selama perlakuan control yaitu sebanyak 43 gram, sedangkan pada perlakuan dengan alat menghasilkan produksi telur sebanyak 151 gram.

Selisih sejumlah 70 gram di antara perlakuan kontrol dan dengan alat menunjukkan adanya pengaruh yang terjadi pada perbedaan perlakuan terhadap kuantitas telur yang dihasilkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam mengoptimalkan parameter suhu dan kelembaban pada rumah telur BSF, pengaplikasian alat mampu mengoptimalkan produksi telur BSF.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini alat yang dirancang dapat direalisasikan untuk menyelesaikan permasalahan kebutuhan lingkungan hidup pada proses perkawinan BSF. Alat menggunakan sensor DHT22 sebagai komponen masukan (input) yang kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno sehingga kemudian mengeluarkan perintah reaksi pada komponen keluaran (output) pada rangkaian elektronika dari sistem yang dibangun yaitu LCD 16×2, rangkaian relay, pembuat kabut dan lampu. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan berupa penambahan sistem penjadwalan minum pada lalat dewasa BSF.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Y. Rofi, S. W. Auvaria, S. Nengse, S. Oktorina, and Y. Yusrianti, "Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Sebagai Upaya Percepatan Reduksi Sampah Buah dan Sayuran," **Jurnal Teknologi Lingkungan**, vol. 22, no. 1, pp. 130–137, 2021.
- [2] E. Oktavia and F. Rosariawari, "Rancangan Unit Pengembangbiakan Black Soldier Fly (BSF) Sebagai Alternatif Biokonversi Sampah Organik Rumah Tangga," **Envirovius**, vol. 1, no. 1, pp. 65–74, 2020.
- [3] Y. Putra and A. Ariesmayana, "Efektifitas Penguraian Sampah Organik Menggunakan Maggot (BSF) di Pasar Rau Trade Center," **Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)**, vol. 3, no. 1, pp. 11–24, 2020.
- [4] P. Utari, R. Aisuwarya, and R. Rahayu, "Rancang Bangun Sistem Pemberi Minum Lalat BSF (Black Soldier Fly) Otomatis Berbasis Mikrokontroler," **CHIPSET**, vol. 4, no. 2, pp. 141–155, 2023.
- [5] A. Singh, D. Marathe, and K. Kumari, "Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (L.): Ideal Environmental Conditions and Rearing Strategies," **Indian Journal of Entomology**, pp. 743–753, 2022.