

Analisis Kinerja Sistem Pengering Maggot Menggunakan Sumber Panas Gas *LPG* Dengan Variasi Suhu Dan Waktu

Fariz Araya¹, Radhi Maladzi², Dhiya Luqyana^{3*},

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

^{2,3}Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: dhiya.luqyana@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Meningkatnya limbah organik memerlukan metode pengelolaan sampah yang efektif dan ekonomis, salah satunya melalui menggunakan larva *Black Soldier Fly* atau maggot. Maggot segar memiliki kandungan nutrisi tinggi tetapi sangat rentan membusuk akibat kadar airnya yang mencapai 65%. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja operasional mesin oven pengering berbasis gas *LPG* dengan variasi suhu pengujian (80°C, 100°C, dan 120°C) serta durasi waktu (10, 20, dan 30 menit). Karakteristik termal dianalisis menggunakan persamaan konveksi paksa dan penentuan kadar air menggunakan metode gravimetri basis kering. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengeringan pada suhu 80°C menghasilkan laju perpindahan panas sebesar 360 Watt dengan kadar air akhir berkisar antara 57% hingga 47%, sehingga maggot belum dikategorikan kering dan rentan berjamur. Suhu 100°C menghasilkan laju perpindahan panas sebesar 504 Watt dengan kadar air minimum 17% pada menit ke-30. Suhu operasional 120°C menghasilkan energi konveksi maksimum 648 Watt dan berhasil menurunkan kadar air secara drastis hingga mencapai 7,8% pada durasi waktu tepat 20 menit, memenuhi standar mutu pakan di bawah 10%. Durasi pengeringan selama 30 menit pada suhu 120°C menyebabkan penurunan kadar air total hingga 0% yang berakibat pada kondisi produk gosong. Oleh karena itu, parameter operasional terbaik disimpulkan pada suhu 120°C selama 20 menit.

Kata-kata kunci: Pengering Maggot, Gas *LPG*, Variasi Suhu, Konveksi Paksa, Kadar Air

Abstract

The increasing organic waste requires an effective and economical waste management method, one of which is through the use of *Black Soldier Fly* larvae or maggots. Fresh maggots have high nutritional content but are very susceptible to rot due to their water content reaching 65%. This study aims to design and analyze the operational performance of an *LPG* gas-based drying oven machine with various test temperatures (80°C, 100°C, and 120°C) and time durations (10, 20, and 30 minutes). Thermal characteristics were analyzed using the forced convection equation and water content determination using the dry basis gravimetric method. The test results showed that drying at 80°C produced a heat transfer rate of 360 Watts with a final water content ranging from 57% to 47%, so the maggots were not yet categorized as dry and susceptible to mold. A temperature of 100°C produced a heat transfer rate of 504 Watts with a minimum water content of 17% at the 30th minute. An operating temperature of 120°C produced a maximum convection energy of 648 watts and successfully reduced the moisture content drastically to 7.8% in exactly 20 minutes, meeting the feed quality standard of below 10%. A 30-minute drying duration at 120°C resulted in a total moisture content reduction of 0%, resulting in a burnt product. Therefore, the best operational parameters were concluded to be at 120°C for 20 minutes.

Keywords: Maggot Dryer, *LPG* Gas, Temperature Variation, Forced Convection, Moisture Content,

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya volume limbah organik di area perkotaan mendorong pengembangan metode pengelolaan sampah yang efektif, efisien, dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Salah satu solusi yang paling potensial saat ini adalah proses biokonversi sampah organik dengan menggunakan larva lalat Black Soldier Fly (BSF) atau yang dikenal luas sebagai maggot. Larva dari lalat Black Soldier Fly (BSF) ini digunakan sebagai alternatif pakan ternak karena memiliki sumber protein yang tinggi larva dari lalat hitam atau black soldier fly (BSF) dapat hidup dengan memanfaatkan sisa-sisa bahan organik atau sampah organik untuk tumbuh sehingga berperan sebagai organisme pembusuk [1]. Indukan maggot (*Hermetia illuciens*) yakni lalat hitam (Black Soldier Fly) dapat ditemukan umumnya diberbagai wilayah[2], maggot BSF mengandung nilai nutrisi yang sangat melimpah, khususnya protein kasar yang berkisar antara 40% hingga 50% serta kandungan lemak sekitar 30%. Angka nutrisi yang tinggi ini menjadikan maggot sebagai alternatif pakan ternak dan pakan ikan yang sangat ideal untuk menekan biaya operasional pakan konvensional yang kian mahal.

Namun, kendala utama pemanfaatan maggot segar terletak pada karakteristik pasca-panennya. Maggot hidup memiliki kadar air awal yang sangat tinggi, yaitu mencapai 65%, sehingga tubuhnya sangat rentan mengalami aktivitas pembusukan oleh mikroba jika disimpan dalam waktu yang lama tanpa penanganan lebih lanjut. Proses pengeringan merupakan tahapan paling krusial untuk menurunkan kadar air tersebut hingga di bawah 10% agar masa simpan dapat diperpanjang dan kualitas nutrisinya tetap terjaga stabil. Penjemuran secara tradisional di bawah terik matahari memiliki ketergantungan penuh terhadap cuaca dan membutuhkan waktu yang sangat lama. Oleh karena itu, penggunaan sistem pengering mekanis berbasis mesin dengan sumber panas gas (LPG) selain mudah di dapat di kalangan masyarakat menjadi solusi relevan karena mampu menghasilkan panas yang stabil, higienis, dan dapat dioperasikan kapan saja[3]

Meskipun mesin pengering berbahan bakar gas LPG menawarkan efisiensi termal yang baik, efektivitas penguapan kadar air sangat sensitif terhadap regulasi temperatur di dalam ruang pengering serta durasi waktu pemrosesan. Temperatur yang terlalu rendah akan memperlambat proses penguapan dan memicu timbulnya jamur, Semakin tinggi suhu pengeringan, maka semakin rendah kadar air suatu bahan pangan [4], menyebabkan kondisi gosong serta denaturasi protein penting pada jaringan tubuh maggot. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang secara sistematis dengan pendekatan eksperimental untuk menganalisis pengaruh variasi suhu operasional (80°C, 100°C, dan 120°C) serta variasi waktu (10, 20, dan 30 menit) terhadap laju perpindahan panas konveksi serta penurunan kadar air nyata pada maggot.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Mengatasi permasalahan optimasi dan mengetahui sejauh mana signifikansi pengaruh dari masing-masing variasi suhu terhadap kinerja pengeringan, metode eksperimental merupakan metode yang dianggap relevan karna dimana penulis melakukan eksperimen dan pengujian untuk mengetahui suhu dan waktu yang relevan dalam proses pengeringan. Metode ini mencakup tahapan sistematis dalam merancang, menentukan parameter, melaksanakan percobaan untuk mengumpulkan, dan menganalisis data yang diperoleh dari pengujian. Penjelasan ini bertujuan untuk memastikan bahwa eksperimen dilakukan secara terstruktur sehingga hasilnya dapat dipercaya dan valid [5]. Variabilitas menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil pengujian [6]

2.1 Komponen Alat dan Persiapan Bahan

Eksperimen ini dilakukan menggunakan rancang bangun mesin oven pengering otomatis dengan spesifikasi utama sebagai berikut:

- **Mesin Oven Pengering:** Menggunakan ruang isolasi termal dengan 8 susunan rak pengering (tray) yang memiliki kapasitas total mencapai 40 kg (5 kg per rak).
- **Sumber Pemanas Gas LPG:** Menggunakan tabung gas LPG kapasitas 3 kg yang dihubungkan ke burner utama melalui katup solenoid (solenoid valve) sebagai aktuatur pemutus aliran gas otomatis.
- **Sistem Sirkulasi Udara:** Menggunakan blower sentrifugal untuk mengalirkan panas secara konveksi paksa (forced convection) melewati tumpukan maggot. Cara kerja mesin blower sama seperti kipas angin tapi angin di kumpulkan dan di hembuskan dengan lubang khususnya pada pengeringan biomassa seperti maggot (Black Soldier Fly)[7].Sistem ini dirancang untuk mengatur proses pemanasan secara otomatis dan efisien pada skala laboratorium maupun industri kecil[8]
- **Sistem Pengendalian Termal:** Menggunakan sensor termostat digital yang terintegrasi dengan solenoid valve untuk mendeteksi suhu aktual dan menjaga kestabilannya agar konstan pada setpoint

variasi yang ditentukan. Selenoid valve sebagai komponen output berfungsi sebagai valve utama buka tutup gas setelah pemantik api dinyalakan sebelum nantinya kapasitas gas yang keluar akan diatur oleh motor servo [9]. Bahan Sampel: Larva maggot BSF segar seberat 100 gram per sampel dengan karakteristik kadar air awal konstan sebesar 65%.

2.2 Persamaan Analisis Perhitungan

Analisis karakteristik termal mesin didasarkan pada laju perpindahan panas konveksi paksa dari udara pemanas menuju luas permukaan tumpukan bahan, penerapan perhitungan sebagai berikut:

$$Q = h \times A \times (T_s - T_{\infty}) \quad (1)$$

Di mana Q merupakan laju perpindahan panas konveksi (Watt), h adalah koefisien konveksi paksa yang dalam pengujian ini diasumsikan konstan sebesar $30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, A adalah luas permukaan tray kontak termal efektif sebesar $0,24 \text{ m}^2$, T_s adalah variasi temperatur pengeringan yang disetel (80°C , 100°C , 120°C), dan T_{∞} adalah temperatur awal bahan atau ruang lingkungan sekitar sebesar 30°C .

Penentuan kadar air maggot setelah melewati proses pengeringan dianalisis menggunakan metode perhitungan gravimetri dengan dasar Basis Kering (Dry Basis / DB) untuk mengukur rasio sisa air terhadap berat padatan murni, dengan persamaan

$$K A_k = \frac{W_k - A}{W_k} \times 100\% \quad (2)$$

Di mana $K A$ adalah kadar air basis kering (%), W_k adalah berat akhir sampel setelah proses pengeringan (gram), dan A adalah berat padatan murni dari maggot murni yang dihitung dari kondisi kadar air awal 65%

$$A = 100 \text{ gram} \times (100\% - 65\%) = 35 \text{ gram}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Karakteristik Perpindahan Panas

Berdasarkan hasil substitusi parameter fisik alat ke dalam persamaan konveksi, besarnya pasokan energi termal yang dialirkan oleh blower sirkulasi meningkat secara linier seiring dengan peningkatan suhu operasional yang disetel pada unit termostat:

1. Pada suhu 80°C : $Q = 30 \times 0,24 \times (80 - 30) = 360 \text{ Watt (Joule/sekon)}$
2. Pada suhu 100°C : $Q = 30 \times 0,24 \times (100 - 30) = 504 \text{ Watt (Joule/sekon)}$
3. Pada suhu 120°C : $Q = 30 \times 0,24 \times (120 - 30) = 648 \text{ Watt (Joule/sekon)}$

Data perpindahan panas ini membuktikan secara ilmiah bahwa pengoperasian mesin oven pada temperatur yang lebih tinggi memberikan dorongan gaya termal yang jauh lebih besar guna memutus ikatan molekul air dalam sel maggot secara konveksi. Perbedaan suhu ini berperan sebagai dorongan alami yang memungkinkan panas berpindah dari satu kondisi termal ke kondisi lainnya [10].

3.2 Pengaruh Variasi Parameter Terhadap Kadar Air

Data perubahan massa berat akhir maggot dan persentase kadar air sisa hasil pengujian eksperimental secara lengkap disajikan pada tabel-tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Pengeringan Maggot pada Suhu 80°C

No	Suhu Pengeringan (°C)	Rentan Waktu (Menit)	Berat Awal Basah (Gram)	Berat Akhir Kering (Gram)	Kadar Air Sisa Nyata (%)
1	80(°C)	10 Menit	100	81	56,79% (Dibulatkan 57%)
2	80(°C)	20 Menit	100	73	52,05% (Dibulatkan 52%)
3	80(°C)	30 Menit	100	66	46,96% (Dibulatkan 47%)

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Pengeringan Maggot pada Suhu 100°C

No	Suhu Pengeringan (°C)	Rentan Waktu (Menit)	Berat Awal Basah (Gram)	Berat Akhir Kering (Gram)	Kadar Air Sisa Nyata (%)
1	100(°C)	10 Menit	100	65	46,15% (Dibulatkan 46%)
2	100(°C)	20 Menit	100	58	39,65% (Dibulatkan 40%)
3	100(°C)	30 Menit	100	42	16,66% (Dibulatkan 17%)

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Pengeringan Maggot pada Suhu 120°C

No	Suhu Pengeringan (°C)	Rentan Waktu (Menit)	Berat Awal Basah (Gram)	Berat Akhir Kering (Gram)	Kadar Air Sisa Nyata (%)
1	120(°C)	10 Menit	100	60	41,66% (Dibulatkan 42%)
2	120(°C)	20 Menit	100	38	7,89% (Dibulatkan 8%)
3	120(°C)	30 Menit	100	32	0,00% (Kondisi Gosong)

3.3 Pembahasan Hasil Pengujian dan Komparasi Literatur

Berdasarkan data eksperimen pada Tabel 3.1, pengeringan dengan suhu operasional rendah (80°C) memperlihatkan laju penyusutan air yang lambat dan tidak signifikan. Hingga menit ke-30, kadar air maggot tercatat masih sangat tinggi, yaitu sebesar 47%. Kondisi fisik maggot pada suhu ini cenderung basah, lunak, dan sangat tidak ideal untuk dijadikan produk pakan komersial karena kelembaban tinggi tersebut memicu pembentukan serta pertumbuhan jamur pembusuk dalam waktu singkat. Meskipun studi literatur terdahulu oleh Fadil et al. (2023) menyebutkan suhu 80°C ideal pada oven listrik tipe rak dengan waktu operasional sangat lama, pada sistem konveksi oven berbahan bakar gas LPG dengan throughput cepat, suhu ini dinilai sangat tidak efisien dari segi konsumsi bahan bakar dan waktu produksi.

Pada pengujian suhu menengah (100°C) yang tertera pada Tabel 3.2, laju penguapan massa air mulai berjalan lebih agresif dan progresif. Pada durasi waktu 30 menit, kadar air maggot menyusut tajam hingga ke angka 17%. Persentase kadar air ini sudah mulai mendekati standar maggot kering, namun masih berada di atas batas aman kelembaban komersial (<10%). Untuk dapat mencapai target di bawah 10% menggunakan suhu 100°C, mesin oven harus dipaksa beroperasi secara konstan selama rentang waktu 40 hingga 60 menit. Durasi tersebut dianggap kurang menguntungkan bagi skala industri kecil karena meningkatkan biaya operasional pengeluaran gas LPG secara akumulatif.

Hasil pengujian yang paling optimal, efektif, dan efisien didapatkan pada temperatur tinggi 120°C dengan kontrol kombinasi waktu yang presisi (Tabel 3.3). Karakteristik perpindahan energi konveksi yang sangat tinggi (648 Watt) mampu memicu penguapan air secara instan. Pada durasi tepat 20 menit, kadar air sisa dalam tubuh maggot menyusut drastis dan stabil menyentuh angka 7,89% (atau dibulatkan sebesar 8%). Hasil ini telah memenuhi seluruh kriteria mutu standar nasional maggot kering untuk pakan hewan, di mana kadar air harus di bawah 10% guna menghentikan segala aktivitas enzim pembusuk mikroba dan memberikan masa simpan yang tahan lama.

Namun, faktor pengawasan waktu operasional (timer) pada suhu tinggi 120°C ini memegang peranan yang sangat kritis dan mutlak. Ketika pengujian dipaksakan berlanjut hingga menyentuh durasi 30 menit, kadar air terhitung menyusut habis hingga mencapai nilai 0%. Secara visual dan fisik, komoditas mengalami kerusakan total akibat kondisi gosong. Kerusakan fisis berupa gosong ini sangat merugikan kualitas pakan karena menyebabkan denaturasi total pada kandungan protein esensial dan asam lemak yang terkandung di dalam tubuh larva maggot BSF. Respons otomatis dari katup solenoid yang dipandu oleh termostat sangat membantu menahan lonjakan temperatur di atas parameter uji 120°C.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Rangkaian eksperimen analisis performa mesin pengering maggot otomatis berbasis gas LPG sirkulasi konveksi paksa ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik laju penguapan massa air dan efisiensi termal sistem sangat dipengaruhi oleh regulasi variasi temperatur operasi dan durasi waktu pemrosesan di dalam ruang oven. Kenaikan suhu berbanding lurus dengan besarnya suplai laju perpindahan panas konveksi.
2. Suhu operasional 80°C dan 100°C dinilai kurang efektif untuk sistem pengeringan cepat berskala industri kontinu. Pada suhu 80°C sisa air masih sangat tinggi (47%), sedangkan pada suhu 100°C membutuhkan waktu operasi tambahan yang lama (40-60 menit) sehingga memboroskan bahan bakar gas LPG.
3. Parameter kombinasi operasional terbaik yang menghasilkan laju pengeringan paling optimal, memenuhi standar mutu kadar air di bawah 10% (nyata 7,89%), menjaga kualitas nutrisi protein tinggi.

4.2 Saran

1. Bagi Institusi Akademik: Disarankan untuk mengintegrasikan unit mesin oven pengering maggot otomatis ini ke dalam mata kuliah praktikum berkala laboratorium Teknik Mesin, terutama pada konsentrasi rekayasa termal, perpindahan panas, dan otomasi industri.
2. Bagi Pelaku Usaha dan Peneliti Selanjutnya: Pengusaha wajib mematuhi batas waktu pengeringan konstan (20 menit pada suhu 120°C) menggunakan timer otomatis untuk menghindari risiko denaturasi protein akibat gosong. Untuk peneliti selanjutnya, disarankan melakukan modifikasi pada tata letak blower pengarah sirkulasi udara panas agar distribusi panas mengalir jauh lebih seragam tanpa perlu membalikkan rak secara manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak kampus Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendukung penelitian ini dan memberikan subsidi untuk pembuatan mesin pengering maggot dengan sumber panas gas LPG. Penulis mengucapkan juga kepada dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing penulis dan bersedia menjadi *co-authors* pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. yang Berkelanjutan di Desa Ketawang *et al.*, “Budidaya Maggot: Implementasi Langkah Nyata Pemberdayaan,” *Jurnal Penelitian Nusantara*, vol. 1, pp. 419–424, 2025, doi: 10.59435/menulis.v1i8.596.
- [2] R. Kusumaningsih, “Pemanfaatan Maggot Sebagai Organisme Kecil Pengolah Sampah Organik,” *ADMA : Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 533–544, Jan. 2024, doi: 10.30812/adma.v4i2.3162.
- [3] J. ReTiMs Vol, H. Nurosyid, and A. Solehudin, “Pemanfaatan Gas LPG sebagai Bahan Bakar Mesin Pengering Padi.”
- [4] M. Ikhsan and A. Program Studi Pendidikan Teknologi Pertanian, “PENGARUH VARIASI SUHU PENERING TERHADAP MUTU DENDENG IKAN LELE DUMBO (*Clarias gariepinus*),” 2016.
- [5] F. Marentiko *et al.*, “Pengaruh Temperatur pada Mesin Compression Molding Terhadap Kekerasan Material Komposit,” 2024. [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [6] M. E. Defriatno, D. N. Rikhmasari, and M. S. Aswan, “Analisis Kondisi Kelembaban dan Suhu Optimum untuk Pertumbuhan Maggot dalam Proses Penguraian Sampah Organik Analysis of Optimum Humidity and Temperature Conditions for Maggot Growth in the Organic Waste Decomposition Process.”
- [7] A. Rahmat Saleh, M. Ridwan Agung, L. Nuzul Wahyudin, M. Julianto Firdaus, P. D-, and T. Mesin Pendidikan Vokasi Universitas Halu Oleo, “) Juni 2022, hal,” vol. 7, no. 1, pp. 29–35, [Online]. Available: <http://piston-jt.uho.ac.id/https://dx.doi.org/10.xx/xx.xyz>
- [8] V. G. Pinangkaan, T. T. V Pangow, and J. N. T. Papia, “Politeknik Negeri Manado Kaji Eksperimental Alat Instrumentasi dan Kendali pada Suhu Air untuk On/Off dengan Programmable Logic Controller (PLC),” 2025.
- [9] I. Wahyu Putra Perkasa, F. Hunaini, and S. Setiawidayat, “Prototype Burner Control of Gas Fuel Oven Machine using Fuzzy Logic Control and Wireless Data Monitoring,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–21, Mar. 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i1.1005.
- [10] E. Irawati, C. Huda, and W. Kurniawan, *Prosiding Seminar Nasional The 5 th Lontar Physics Forum*. 2019.