

Pengaruh Waktu Retensi Sterilisasi Terhadap Efisiensi Termal Dan Pertumbuhan Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Menggunakan Steamer Berbahan Bakar LPG

Muhammad Apta Fayyadhilah¹⁾, Jesika Lamtiar Hutagalung¹⁾, Aldi Togu Susanto¹⁾,
Erlinawati^{1*)}, Indah Pratiwi¹⁾, Tahdid¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
^{*)}Corresponding Author: erlinawatiakil@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengukur pengaruh variasi waktu retensi sterilisasi (2, 4, dan 6 jam) terhadap efisiensi termal *steamer*, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan keberhasilan pertumbuhan jamur tiram dengan menggunakan 36 sampel baglog. Analisis dilakukan dengan pendekatan *One Factor at A Time* (OFAT), di mana waktu retensi divariasikan sebagai satu-satunya faktor. Sterilisasi baglog dilakukan menggunakan steamer berbahan bakar LPG. Setelah itu, kontaminasi baglog dievaluasi melalui uji fisik dan pengamatan pertumbuhan miselium, sementara efisiensi termal steamer dan SFC diukur untuk setiap variasi waktu retensi. Sterilisasi 6 jam menghasilkan pertumbuhan jamur terbaik (91,7% baglog tumbuh) tetapi memiliki efisiensi termal terendah (23,18%) dan SFC tertinggi (3726 kJ/kg). Sterilisasi 2 jam paling efisien secara energi (efisiensi 26,07%, SFC 2689 kJ/kg) namun hanya 33,3% baglog tumbuh. Waktu retensi 4 jam memberikan kompromi optimal, dengan 83,3% baglog tumbuh, efisiensi 14,18%, dan SFC 3246 kJ/kg. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan waktu retensi sterilisasi meningkatkan kualitas sterilisasi dan keberhasilan pertumbuhan jamur tiram, meskipun efisiensi energi steamer menurun, karena lamanya paparan panas memungkinkan penyebaran uap yang lebih merata ke dalam baglog sehingga mikroorganisme kontaminan dapat dieliminasi lebih efektif.

Kata Kunci : *steamer*, baglog jamur tiram, efisiensi termal, *specific fuel consumption*, waktu retensi

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak membudidayakan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) karena memiliki potensi ekonomi yang tinggi. Kualitas jamur tiram dipengaruhi oleh kualitas baglog sebagai media tumbuhnya. Jamur tiram merupakan salah satu komoditas yang sedang diminati masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pangan. Permintaan jamur tiram yang cukup tinggi masih belum terpenuhi, masih banyak yang didatangkan dari luar daerah (Zulfarina et al., 2019). Budidaya jamur dapat dikategorikan sebagai budidaya yang ramah lingkungan karena substrat bernama baglog yang dipakai untuk budidaya jamur ini menggunakan limbah pertanian (TJOKKROKUSUMO, 2015).

Sterilisasi baglog jamur tiram secara tradisional biasanya dilakukan dengan metode pengukusan menggunakan drum besi bekas yang dipanaskan oleh tungku berbahan bakar LPG (Laagu et al., 2024). Namun, kondisi operasi ini hanya mendekati tekanan atmosfer dengan suhu uap maksimum sekitar 100 °C, sehingga proses sterilisasi sering tidak optimal. Selain itu, distribusi panas pada media dalam drum berukuran besar cenderung tidak merata akibat keterbatasan sirkulasi uap, yang berakibat pada tingginya risiko kontaminasi baglog. Penggunaan metode tradisional juga menimbulkan konsumsi energi yang cukup tinggi, misalnya konsumsi gas mencapai 2,5 kg untuk retensi 8 jam pada sistem drum konvensional (Sujoko et al., 2015).

Kelemahan-kelemahan metode sterilisasi tradisional membuka ruang penelitian untuk merancang sistem yang lebih efektif dan efisien. Penelitian Sujoko et al. (2015) menekankan pada efektivitas sterilisasi baglog menggunakan steamer sederhana, namun belum mengukur kinerja energi secara detail. Sementara itu, penelitian Laagu et al. (2024) berfokus pada penerapan kontrol suhu dalam upaya meningkatkan produktivitas, tetapi tidak membahas keterkaitan antara waktu retensi, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi termal. Berbeda dari kedua penelitian tersebut, penelitian ini mengombinasikan rancangan steamer berbahan bakar LPG dengan sistem kontrol suhu dan tekanan yang lebih terukur, kemudian mengevaluasi pengaruh variasi waktu retensi terhadap efisiensi termal, *specific fuel consumption* (SFC), serta tingkat keberhasilan pertumbuhan jamur tiram. Dengan demikian, kontribusi baru yang dihadirkan adalah penentuan kondisi operasi optimal yang mampu menyeimbangkan aspek energi dan hasil budidaya, sekaligus memberikan landasan praktis bagi pengembangan teknologi sterilisasi baglog yang lebih hemat energi dan berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel bebas penelitian ini adalah waktu retensi sterilisasi (durasi pemaparan uap panas pada baglog jamur tiram) dengan tiga taraf perlakuan yaitu 2, 4, dan 6 jam. Variabel terikat yang diukur meliputi efisiensi termal (η) *steamer* dan konsumsi bahan bakar spesifik *specific fuel consumption*, (SFC) selama proses sterilisasi, serta persentase keberhasilan pertumbuhan miselium jamur tiram pada baglog. Variabel-variabel kontrol (komposisi media tanam, suhu dan tekanan uap, jenis bahan bakar) dipertahankan konstan untuk memastikan bahwa hanya waktu retensi yang menjadi pembeda utama antar perlakuan.

Desain Eksperimen

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor (waktu retensi sterilisasi) dengan tiga perlakuan (2, 4, dan 6 jam). Setiap perlakuan direplikasi sebanyak tiga kali untuk menjaga validitas data percobaan. Pemilihan unit eksperimental (baglog) ke dalam setiap perlakuan dilakukan secara acak pada tiap ulangan agar variabilitas selain perlakuan dapat diminimalkan. Data yang diperoleh mencakup nilai rata-rata efisiensi termal (η), nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan persentase keberhasilan tumbuh jamur untuk setiap kombinasi perlakuan dan ulangan.

Prosedur Penelitian

Sebelum percobaan dilakukan, steamer dikalibrasi dengan cara mengisi air ke dalam steam drum hingga mencapai level tertentu, kemudian mengukur volume air yang terpakai sebagai acuan. Berat awal bahan bakar (LPG) ditimbang untuk mengetahui konsumsi energi pada setiap perlakuan.

Baglog disusun di dalam ruang sterilisasi steamer dan pintu ditutup rapat. Pemanasan dilakukan dengan menyalakan burner LPG hingga tekanan uap mencapai ± 10 psi, kemudian udara dalam ruang dilepaskan secara perlahan melalui valve atas. Sterilisasi dilanjutkan sampai tekanan dalam steam drum mencapai 60 psi, kemudian uap dialirkan ke ruang sterilisasi dengan pembukaan katup 50%. Proses sterilisasi dipertahankan sesuai dengan waktu retensi perlakuan (2, 4, atau 6 jam). Selama operasi, tekanan dijaga agar tidak melebihi 60 psi pada steam drum dan 15 psi pada ruang sterilisasi.

Setelah waktu retensi selesai, pemanasan dihentikan dan tekanan uap diturunkan secara bertahap melalui valve pembuangan. Air sisa dikuras, kemudian steam drum dibersihkan untuk mencegah korosi. Berat akhir LPG dicatat untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik. Baglog yang telah didinginkan kemudian diinokulasi dengan bibit jamur tiram dan diinkubasi pada kondisi lingkungan terkontrol. Pertumbuhan miselium diamati melalui parameter visual (warna, bau, tekstur) serta persentase baglog yang berhasil tumbuh.

Efisiensi Termal

Efisiensi termal dihitung menggunakan perbandingan antara panas yang diserap oleh baglog dan energi total yang dihasilkan dari bahan bakar (LPG) yang digunakan. Berikut adalah rumus yang digunakan :

$$\eta = \frac{\text{Panas Termanfaatkan}}{\text{Panas Supply}} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

(Hougen et al., 1954)

Specific Fuel Consumption (SFC)

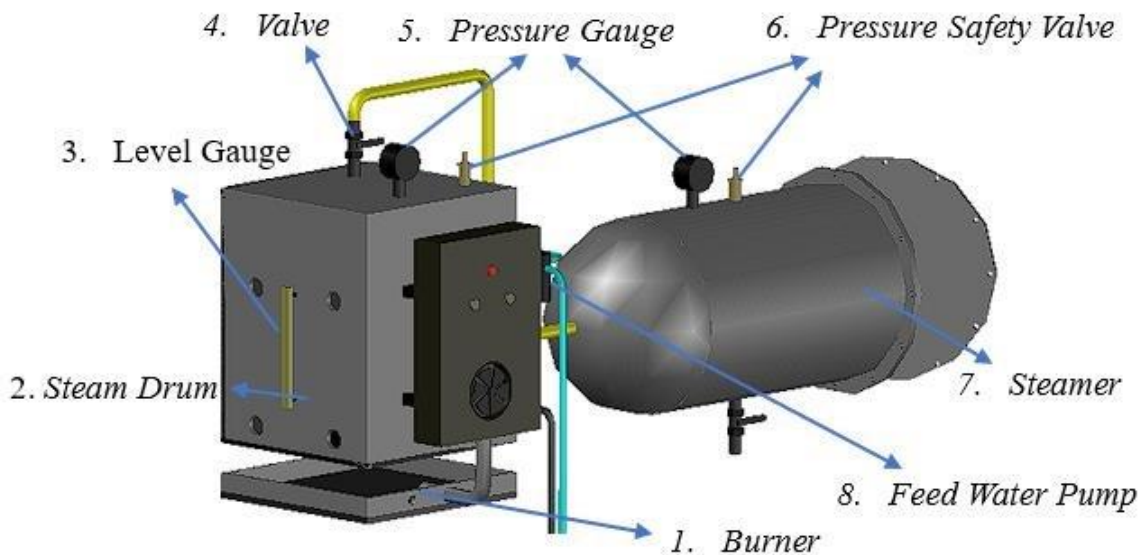
Specific Fuel Consumption dihitung menggunakan perbandingan antara panas yang dihasilkan dari bahan bakar dan massa produk (baglog) yang diolah. Berikut adalah rumus yang digunakan :

$$\text{SFC} = \frac{\text{Panas Supply (kJ)}}{\text{Massa Produk (kg)}} \dots\dots\dots(2)$$

(Heywood, 1983)

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *steamer* baglog, yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. *Steamer* Baglog

Dengan komponen sebagai berikut:

1. *Burner*
Burner memiliki peran sebagai tempat terbakarnya bahan bakar LPG. Terbuat dari plat baja carbon/besi baja tahan panas dan dilengkapi dengan burner LPG yang efisien dan aman, serta ventilasi untuk memastikan pasokan udara yang cukup untuk pembakaran.
2. *Steam drum*
Steam drum dimanfaatkan untuk tempat penampungan air umpan yang akan digunakan untuk menghasilkan uap panas yang masih berbentuk uap saturated dengan temperature $\pm 100^{\circ}\text{C}$. *Steam drum* terbuat dari stainless steel dan dilengkapi dengan katup pengaman serta indikator tekanan. *Steam drum* mempunyai kapasitas air ± 20 liter.
3. *Level Gauge*
Level gauge berperan sebagai alat untuk mengukur dan memantau ketinggian air umpan dalam *steam drum*. *Level gauge* memastikan keseimbangan antara suplai air dan produksi uap sehingga sterilisasi berjalan stabil.

4. *Valve*

Valve berperan sebagai pengontrol aliran fluida. *Valve* digunakan untuk membuka, menutup, atau mengontrol jumlah fluida yang mengalir dalam pipa, memastikan distribusi air atau uap berjalan sesuai kebutuhan.

5. *Pressure gauge*

Pressure gauge membantu mengukur tekanan uap atau air dalam steam drum dan ruang sterilisasi. Jika terjadi penurunan atau lonjakan tekanan yang tidak normal, *pressure gauge* dapat memberi indikasi awal adanya masalah pada sistem, seperti kebocoran uap atau penyumbatan pipa.

6. *Pressure Safety Valve*

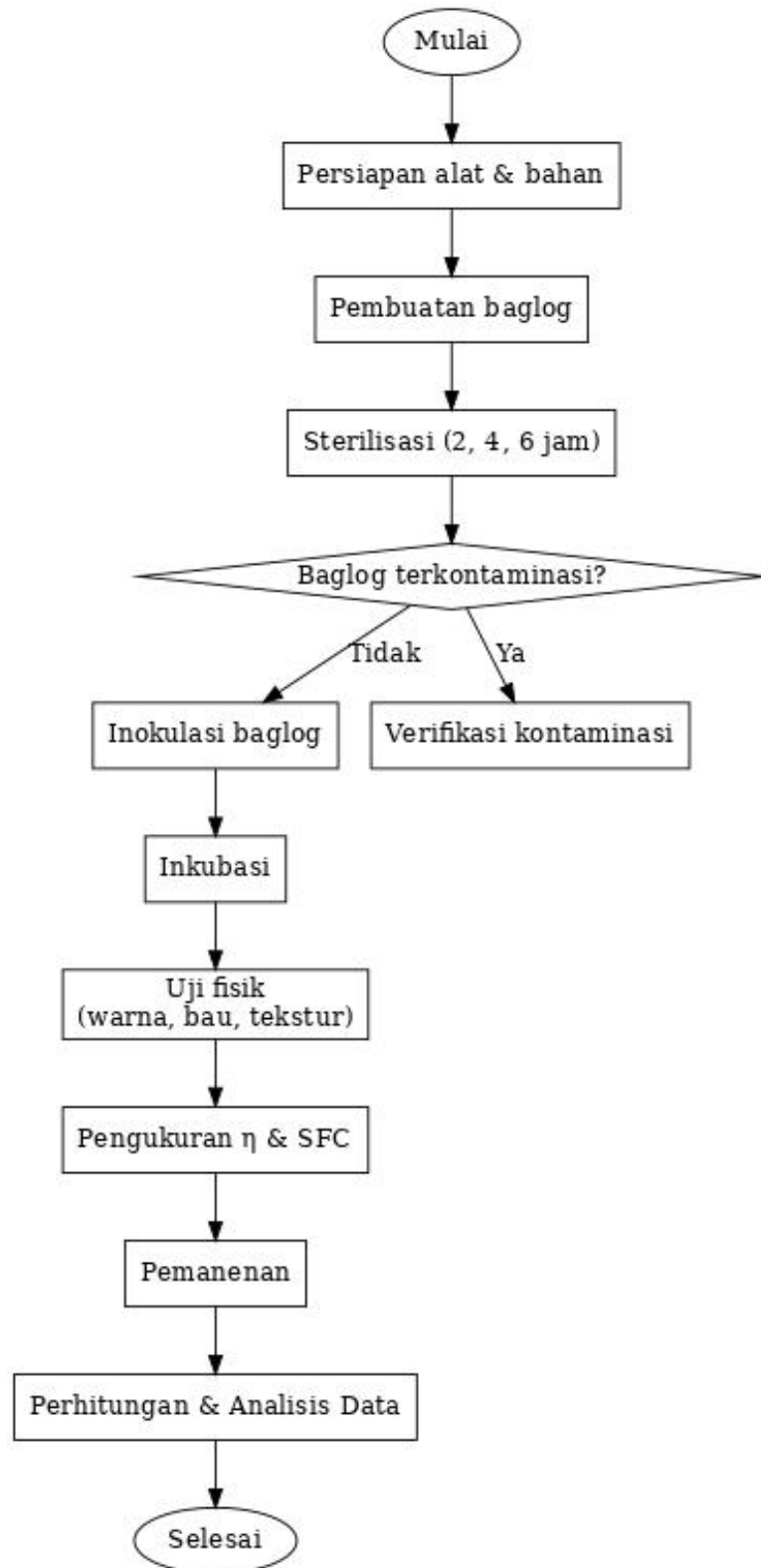
Pressure Safety Valve adalah jenis *valve* yang memiliki tugas spesifik untuk mengamankan suatu ruang bertekanan tinggi agar tidak menahan beban tekanan yang lebih besar daripada tekanan yang dapat diterima ruang tersebut. Dalam hal ini, *Pressure Safety Valve* mencegah *Steam Drum* dan *Steamer* dari kelebihan tekanan, yang dapat menyebabkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan.

7. *Steamer*

Steamer adalah alat pemanas tertutup yang digunakan untuk mensterilisasi baglog jamur menggunakan uap air bersuhu dan bertekanan tinggi (121°C , 15 lbf/in^2). Suhu yang tinggi inilah yang akan membunuh mikroorganisme. Alat ini terbuat dari stainless steel dan dilengkapi dengan rak serta pintu kedap udara dengan kunci pengaman. Selain itu, terdapat juga pengatur suhu dan waktu yang berfungsi untuk mengatur suhu dan waktu sterilisasi yang diinginkan menggunakan termostat dan *timer*.

8. *Feed Water Pump*

Feed Water Pump adalah pompa yang bertugas untuk menyuplai air umpan masuk ke dalam *steam drum*. *Feed water pump* akan berhenti jika *level gauge* menunjukkan angka 80%.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

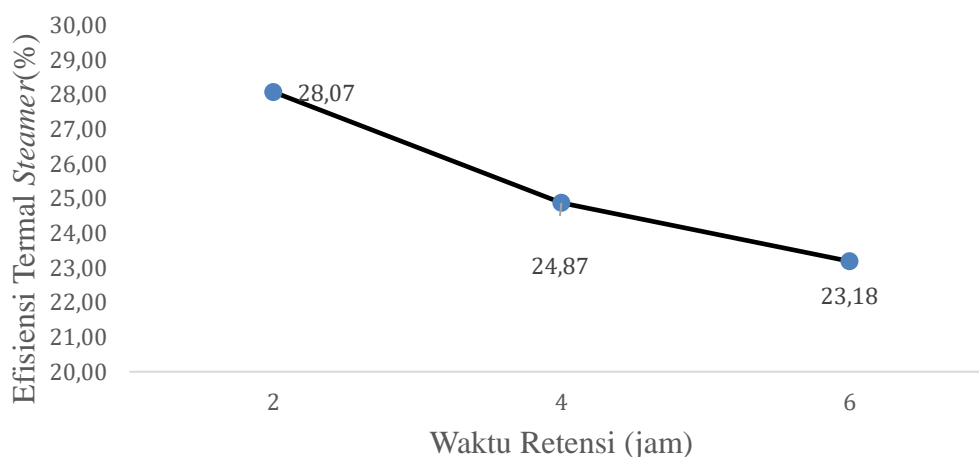
Tabel 1. Hubungan antara waktu retensi terhadap efisiensi *steamer* baglog dan *Specific Fuel Consumption* (SFC)

Waktu Retensi (jam)	η (%) <i>Steamer</i>	SFC (kJ/kg)
2	28,07	2689,4757
4	24,87	3246,9816
6	23,18	3726,0445

Tabel 2. Hubungan antara waktu retensi terhadap jumlah baglog yang berhasil tumbuh

Waktu Retensi (jam)	Jumlah Baglog	Jumlah Baglog yang ditumbuhi Jamur	Baglog yang Berhasil Tumbuh (%)	Massa Jamur Total (gram)
2	12	4	33,3	1719
4		10	83,3	4341
6		11	91,7	4829

Pengaruh Waktu Retensi Terhadap Efisiensi Termal Steamer Baglog

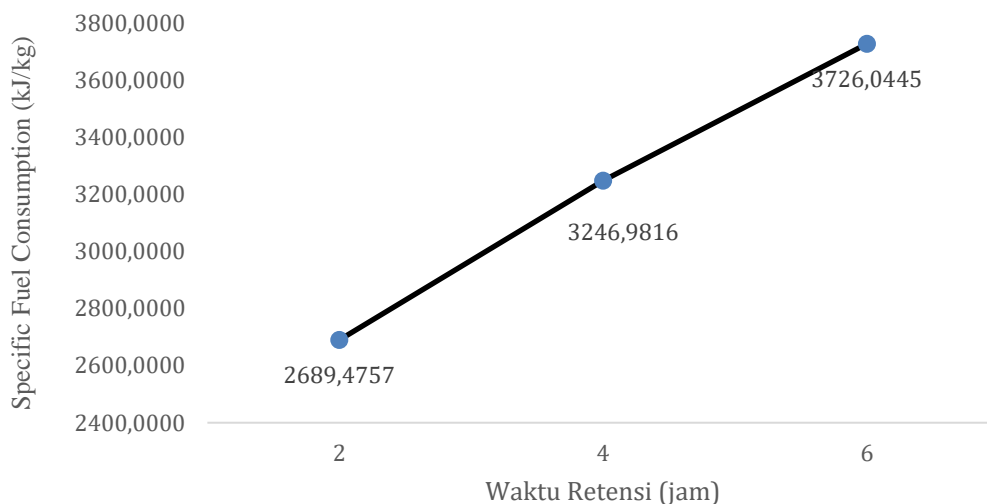


Gambar 2. Pengaruh Waktu Retensi Terhadap Efisiensi Termal pada Steam Drum

Efisiensi termal steamer menunjukkan tren penurunan seiring bertambahnya waktu retensi. Pada retensi 2 jam, nilai efisiensi mencapai 28,07%, kemudian turun menjadi 24,87% pada 4 jam dan 23,18% pada 6 jam. Fenomena ini dapat dijelaskan berdasarkan prinsip perpindahan panas dan termodinamika, di mana semakin lama proses sterilisasi berlangsung, semakin besar energi yang hilang ke lingkungan melalui konduksi dinding, konveksi, dan radiasi (Hougen et al., 1960). Hal ini mengurangi proporsi energi yang benar-benar diserap baglog dibandingkan total energi yang dilepaskan dari pembakaran bahan bakar. Menurut Heywood (1988), durasi operasi yang panjang cenderung meningkatkan losses termal akibat tidak seluruh energi dapat dimanfaatkan secara efektif untuk proses utama. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Darussalam et al. (2022) yang menunjukkan bahwa efisiensi termal sistem

pemanas berbasis uap menurun seiring dengan lamanya waktu operasi akibat meningkatnya akumulasi kehilangan energi. Dengan demikian, dapat dipahami bahwa semakin lama waktu retensi, semakin banyak energi yang terbuang sehingga efisiensi termal steamer menurun meskipun sterilisasi berjalan lebih optimal dari sisi inaktivasi mikroorganisme.

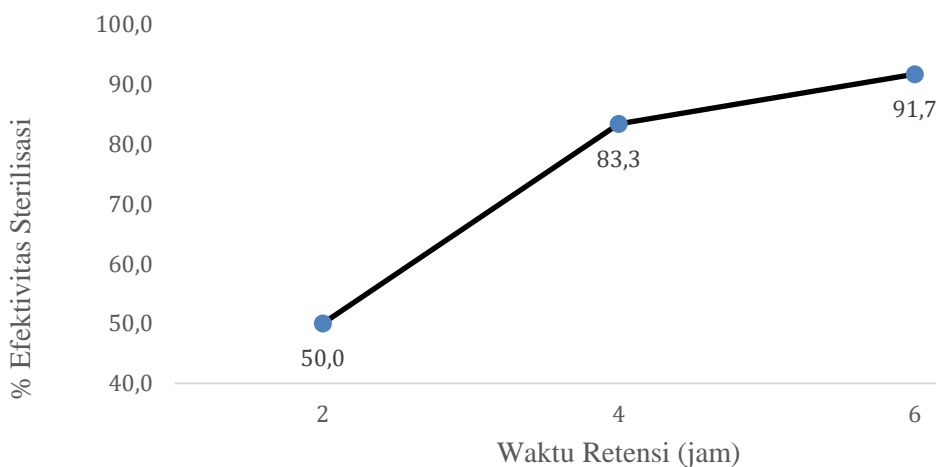
Pengaruh Waktu Retensi Terhadap Specific Fuel Consumption (SFC)



Gambar 1. Pengaruh Waktu Retensi Terhadap SFC (Specific Fuel Consumption) Steamer Baglog

Pada waktu retensi 2 jam, nilai SFC berada pada angka 2689,48 kJ/kg dan meningkat menjadi 3246,98 kJ/kg pada 4 jam, kemudian mencapai 3726,04 kJ/kg pada 6 jam. Kenaikan ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu retensi, semakin besar energi yang diperlukan untuk memproses jumlah baglog yang sama. Secara termodinamika, hal ini dapat dijelaskan karena energi tambahan yang diberikan setelah titik tertentu tidak seluruhnya dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas sterilisasi, tetapi sebagian besar hilang sebagai panas ke lingkungan melalui dinding steamer dan kebocoran uap (Hougen et al., 1960). Dengan demikian, efisiensi penggunaan bahan bakar menurun karena output (jumlah baglog) tetap, sedangkan input energi bertambah. Fenomena ini sesuai dengan prinsip *diminishing return* dalam sistem termal, yaitu penambahan energi lebih lanjut tidak berbanding lurus dengan peningkatan hasil proses (Heywood, 1988). Penelitian serupa oleh Krismanto (2022) juga menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik meningkat signifikan pada durasi sterilisasi lebih dari 4 jam, karena laju kehilangan energi melebihi energi efektif yang diserap media. Artinya, retensi yang terlalu lama justru menghasilkan pemborosan energi meskipun mampu menekan tingkat kontaminasi baglog.

Pengaruh Waktu Sterilisasi terhadap Efektivitas Sterilisasi



Gambar 2. Pengaruh Waktu Retensi Terhadap Efektivitas Sterilisasi

Pada waktu retensi 2 jam, persentase keberhasilan baglog mencapai 66,67%, kemudian meningkat menjadi 83,33% pada 4 jam, dan mencapai 100% pada 6 jam. Tren ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu retensi, semakin efektif proses sterilisasi dalam menekan kontaminasi. Secara mikrobiologis, peningkatan waktu retensi memperpanjang paparan uap panas sehingga inaktivasi spora dan mikroorganisme kontaminan lebih tuntas (Pelczar & Chan, 2008). Namun, efektivitas sterilisasi tidak hanya ditentukan oleh lamanya paparan, melainkan juga distribusi panas yang merata pada seluruh volume baglog. Retensi yang terlalu singkat cenderung menghasilkan sterilisasi tidak sempurna karena masih terdapat bagian media yang tidak mencapai suhu mematikan, sehingga potensi kontaminasi tetap tinggi. Sebaliknya, retensi yang terlalu lama memang menghasilkan efektivitas sterilisasi maksimum, tetapi dengan konsekuensi pemborosan energi dan penurunan efisiensi termal (Heywood, 1988). Oleh karena itu, hasil ini menegaskan bahwa penentuan waktu retensi harus mempertimbangkan keseimbangan antara efektivitas sterilisasi dan efisiensi energi agar proses budidaya jamur tiram dapat berlangsung optimal dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu retensi sterilisasi berpengaruh langsung terhadap keberhasilan pertumbuhan jamur tiram, efisiensi termal steamer, dan konsumsi bahan bakar. Retensi yang lebih lama memang mampu menekan tingkat kontaminasi dan meningkatkan persentase keberhasilan pertumbuhan, namun konsekuensinya adalah penurunan efisiensi energi dan peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik. Dengan demikian, waktu retensi 4 jam dapat direkomendasikan sebagai kompromi terbaik antara efisiensi energi dan keberhasilan pertumbuhan jamur, karena memberikan hasil panen yang tinggi sekaligus menjaga penggunaan energi agar tetap rasional. Temuan ini dapat menjadi dasar praktis bagi petani jamur maupun industri kecil untuk memilih waktu sterilisasi yang optimal sehingga proses budidaya lebih efisien, berkelanjutan, dan tetap produktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Biosci, I. J., Soriano, A. U., & Tuliao, J. D. (2022). *Variation of Substrates and Steaming Time on Mushroom Production*. *International Journal of Biosciences*, 6655, 48–55.
- Darussalam, M. H., Rusnadi, I., & Zurohaina (2022). Uji Kompor Gas Biomassa Menggunakan Berbagai Jenis Isolator Ditinjau dari Efisiensi Termal dengan Metode Water Boiling Test. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)*, 2(1), 27-31
- Faizah, A. R., Kirom, M. R., Ajiwiguna, T. (2019). *Terkonsentrasi Tipe Heliostat Efficiency Thermal Analysis of Heliostat Concentrated Solar Thermal Collector*. 6(2), 4931–4938.
- Gani, U. A., & Taufiqurrahman, M. (2021). Analisis Efektivitas Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Double Pipe. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 2(2), 97–104.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill.
- Hougen, O. A., Watson, K. M., & Ragatz, A. (1960). *Chemical process principles: Part 1 – Material and energy balances (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.
- Krismanto, Wahyudi (2022). *Analisis Efisiensi Alat Sterilisasi Baglog Jamur Tiram*. Bachelor thesis, Institut Teknologi Kalimantan.
- Laagu M. H., Nur, V., Sutimi, anini, Aditya Rahardi, G., Muldayani, W., & Hadi, W. (2024). *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement Productivity Improvement of Oyster Mushroom Cultivation by Utilizing Temperature Control on Baglog Steamer in Industrial Farming Area*. 4, 20–29.
- Sujoko, A., Lutfi, M., & Purnomo, D. (2015). Kajian Sterilisasi Media Tumbuh Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus* (L) Fries) Menggunakan Steamer Baglog Study Sterilization White Oyster Mushroom Growing Media (*Pleurotus ostreatus* (L) Fries) Using Steamer Baglog. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 303–314.
- TJOKROKUSUMO, D. (2015). *Diversifikasi produk olahan jamur tiram (Pleurotus ostreatus) sebagai makanan sehat*. November, 2015–2020.
- Zulfarina, Suryawati, E., Yustina, Putra, R. A., & Taufik, H. (2019). Budidaya Jamur Tiram dan Olahannya untuk Kemandirian Masyarakat Desa. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 5(3), 358.