

Pengaruh Inkubator Bersuhu Terkontrol terhadap Kecepatan dan Kualitas Fermentasi Tape Singkong khas Jawa Barat

Effect of a Temperature-Controlled Incubator on the Speed and Quality of West Javanese Cassava Tape Fermentation

Alya Putri Ramadhani¹⁾, Fely Aprilia¹⁾, Septi Yana Sabrina¹⁾ Hypatia Ryma Anandhava¹⁾, Eli Trisnowati¹⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tidar

Email korespondensi : elitrisnowati@untidar.ac.id

Diajukan: 24/12/2025 Diperbaiki: 26/02/2026 Diterima: 11/03/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan inkubator bersuhu terkontrol terhadap kecepatan dan kualitas fermentasi tape singkong dibandingkan dengan fermentasi pada suhu ruang. Inkubator dirancang menggunakan kotak styrofoam berlapis kardus, lampu pijar sebagai sumber panas, dan termostat digital sebagai pengendali suhu. Metode penelitian meliputi observasi visual terhadap warna, tekstur, dan tingkat kematangan singkong selama proses fermentasi pada dua perlakuan, yaitu fermentasi menggunakan inkubator dan fermentasi tanpa inkubator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tape yang difermentasi menggunakan inkubator mencapai kematangan optimal dalam 40 jam, sedangkan fermentasi tanpa inkubator membutuhkan 72 jam. Perbedaan waktu yang signifikan ini mengindikasikan bahwa suhu yang stabil mampu meningkatkan laju reaksi enzimatik pada ragi, sehingga proses fermentasi berlangsung lebih cepat dan merata. Tape hasil inkubator memiliki warna kuning yang lebih seragam, tekstur lebih lembut, serta tingkat kelunakan yang homogen, sementara tape tanpa inkubator menunjukkan kematangan yang tidak merata. Dengan demikian, penggunaan inkubator sederhana efektif dalam mempercepat fermentasi serta meningkatkan kualitas produk, sehingga berpotensi menjadi solusi teknologi murah dan mudah diterapkan bagi skala rumah tangga maupun usaha mikro.

Kata kunci: Fermentasi; Inkubator Sederhana; Kualitas Produk; Suhu Terkontrol; Tape Singkong;

ABSTRACT

This research aims to examine the effect of a temperature-controlled incubator on the speed and quality of cassava tape fermentation compared to room-temperature fermentation. The incubator was constructed using a styrofoam box reinforced with cardboard, a light bulb as a heat source, and a digital thermostat for temperature regulation. The method involved visual observations of color, texture, and maturity level during fermentation under two conditions: fermentation using the incubator and fermentation at room temperature. The results showed that cassava tape fermented in the incubator reached optimal maturity within 40 hours, whereas room-temperature

fermentation required 72 hours. This substantial difference indicates that stable temperature enhances the enzymatic activity of yeast, leading to faster and more uniform fermentation. Tape produced using the incubator exhibited more homogeneous yellow coloration, a softer texture, and consistent maturity, while tape fermented without an incubator showed uneven ripening. Therefore, the simple incubator effectively accelerates fermentation and improves product quality, making it a low-cost technological solution suitable for household-scale and micro-enterprise applications.

Keywords: fermentation; Simple Incubator; Product Quality; Controlled Temperature; Cassava Tape;

PENDAHULUAN

Tape merupakan salah satu produk fermentasi tradisional Indonesia yang dibuat dari bahan berkarbohidrat tinggi seperti singkong dan beras ketan. Fermentasi tape melibatkan mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae*, *Amylomyces rouxii*, dan *Rhizopus* sp. yang mengubah pati menjadi gula, etanol, serta asam organik yang menghasilkan rasa manis, aroma khas, dan tekstur lembut (Devindo et al., 2021) Sebagai pangan tradisional yang luas dikonsumsi di berbagai daerah di Indonesia, tape tidak hanya memiliki nilai budaya, tetapi juga nilai ekonomi karena dapat diolah menjadi berbagai produk turunan bernilai tambah.

Meskipun dikenal luas, proses fermentasi tape di masyarakat masih dilakukan secara tradisional, yaitu dengan menyimpan singkong beragi pada suhu ruang tanpa pengendalian suhu yang pasti. Padahal, suhu merupakan faktor lingkungan paling menentukan dalam fermentasi karena mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan enzim. Jayanti et al. (2024) menyatakan bahwa suhu yang terlalu rendah (<20 °C) menyebabkan ragi bekerja tidak optimal. Kondisi ini umum terjadi terutama pada musim hujan ketika suhu lingkungan menurun, sehingga tape menjadi lebih lama matang, tekstur kurang lembut, dan aroma tidak terbentuk secara merata.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengendalian suhu selama fermentasi mampu menghasilkan tape dengan kematangan lebih cepat dan kualitas yang lebih konsisten (Asnawi et al., 2013). Namun, meskipun penting, penerapan pengendalian suhu cenderung menggunakan alat fermentasi skala laboratorium atau kotak fermentasi yang tidak selalu mudah dijangkau masyarakat. Celah penelitian (*research gap*) muncul pada kebutuhan alat inkubator sederhana yang murah, mudah dibuat, bekerja otomatis, dan tetap mampu menjaga suhu fermentasi stabil, sehingga dapat diterapkan pada skala rumah tangga maupun UMKM.

Kebaruan ilmiah penelitian ini terletak pada pengembangan dan pengujian inkubator fermentasi berbahan sederhana (sterofoam, kardus, lampu pijar, thermostat digital) yang dirancang untuk menjaga suhu 25-32°C sebagai rentang optimal fermentasi tape. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya menguji pengaruh suhu, penelitian ini menambahkan aspek inovasi alat dan menguji secara langsung keefektifannya dalam mempercepat fermentasi dan meningkatkan kematangan tape singkong.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama yang harus segera diatasi adalah ketidakseragaman mutu tape yang terus muncul akibat proses fermentasi tradisional yang masih mengandalkan suhu ruang yang fluktuatif, terutama ketika lingkungan berada pada kondisi bersuhu rendah. Situasi ini menuntut adanya langkah cepat untuk memahami bagaimana pengendalian suhu melalui penggunaan inkubator sederhana dapat mempercepat proses fermentasi serta memastikan tampilan visual dan tingkat kematangan tape yang lebih merata. Selain itu, menjadi sangat penting untuk menilai sejauh mana inkubator sederhana tersebut benar-benar efektif sebagai inovasi alat fermentasi yang mudah diterapkan pada skala rumah tangga, sehingga mampu menjadi solusi praktis bagi produsen tape dalam menjaga kualitas produk secara konsisten.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah singkong segar varietas lokal yang diperoleh langsung dari kebun daerah Temanggung (Indonesia) dan ragi tape komersial bermerek Na Kok Liong (Indonesia). Semua bahan digunakan dalam kondisi segar tanpa perlakuan kimia tambahan.

Alat

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan utama, yaitu inkubator fermentasi sederhana yang dirancang khusus untuk penelitian. Inkubator dibuat dari kotak sterofoam berlapis karton tebal sebagai isolator panas, dilengkapi sebuah lampu pijar 15 W sebagai sumber panas, serta termoregulator digital model XH-W3001 (Shenzhen Tongchuang, Guangdong, Tiongkok) yang berfungsi mengatur dan menstabilkan suhu selama fermentasi. Termoregulator dioperasikan pada mode

kontrol otomatis dengan setpoint suhu 25-32°C. Selain itu digunakan juga wadah fermentasi berbahan plastik *food-grade*, termometer analog untuk pembandingan suhu, serta kamera digital untuk dokumentasi visual. Rangkaian alat utama (inkubator, lampu pemanas, dan *thermostat*) disusun ke dalam satu unit tertutup sehingga suhu internal dapat dijaga stabil.



Gambar 1. Alat Inkubator



Gambar 2. Alat Inkubator

Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan *mixed-method*, di mana data kuantitatif digunakan untuk mengukur perbedaan waktu fermentasi antara dua kondisi suhu, sedangkan data kualitatif digunakan untuk mendeskripsikan perubahan visual dan merataan kematangan tape singkong. Singkong dikupas, dibersihkan, dan dipotong dengan ukuran relatif seragam. Sampel kemudian dibagi menjadi dua kelompok: fermentasi suhu ruang dan fermentasi dalam inkubator bersuhu terkontrol. Pada kedua perlakuan, singkong dibubuhi ragi dalam jumlah yang sama, lalu ditempatkan dalam wadah tertutup.

Untuk perlakuan suhu ruang, fermentasi dilakukan pada kondisi lingkungan saat musim hujan dengan kisaran suhu 25-28°C. Untuk perlakuan suhu terkontrol, sampel dimasukkan ke dalam inkubator yang telah distabilkan suhunya selama 30 menit sebelum penggunaan. Termostat mempertahankan suhu dalam rentang 30-35°C melalui mekanisme pemutusan dan penyambungan arus listrik ke lampu pemanas. Proses fermentasi diamati setiap 8 jam untuk mencatat perkembangan kematangan, meliputi aroma, tekstur, kelembutan, dan merataan fermentasi dari permukaan hingga bagian dalam singkong. Waktu fermentasi dicatat hingga tape mencapai kondisi matang yang ditandai dengan tekstur lembut, aroma manis khas tape, dan terbentuknya cairan hasil pemecahan pati oleh ragi.

Data kuantitatif berupa waktu fermentasi dibandingkan antarperlakuan untuk menilai apakah kontrol suhu mempercepat proses pematangan. Data kualitatif dianalisis secara deskriptif berdasarkan catatan observasi visual dan dokumentasi foto. Metode ini dirancang agar dapat direplikasi oleh peneliti lain dengan alat dan kondisi yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan utama penelitian secara langsung memperlihatkan perbedaan hasil fermentasi antara perlakuan menggunakan inkubator dan tanpa inkubator. Perbedaan ini mencakup waktu pencapaian kematangan, warna, serta keseragaman tekstur. Untuk memperjelas hasil yang paling mencolok, ringkasan perbedaan kedua perlakuan ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Perbedaan hasil fermentasi menggunakan inkubator dan tanpa inkubator

Perbedaan	Jenis Perlakuan	
	Fermentasi menggunakan Inkubator	Fermentasi Tanpa menggunakan Inkubator
Waktu	40 jam	72 jam
Warna	Kuning keemasan	Kuning lebih pucat
Kematangan	Merata	Kurang Merata

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inkubator fermentasi sederhana memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kecepatan dan kualitas pematangan tape singkong. Tape pada perlakuan inkubator mencapai kematangan optimal dalam 40 jam, jauh lebih cepat daripada fermentasi tanpa inkubator yang membutuhkan hingga 72 jam. Selain itu, tape inkubator memiliki warna kuning yang lebih cerah dan merata, tekstur lebih lembut menyeluruh, serta tingkat kelunakan yang konsisten di seluruh bagian singkong. Sebaliknya, fermentasi pada suhu ruang musim hujan menghasilkan kematangan yang tidak merata, di mana bagian luar lebih dulu melunak sementara bagian dalam masih keras, dan warna pun tampak kurang homogen. Temuan ini secara jelas membuktikan bahwa pengendalian

suhu berperan penting dalam mempercepat serta menstabilkan proses fermentasi tape, sekaligus mendukung hipotesis bahwa kondisi suhu yang stabil akan meningkatkan mutu dan laju fermentasi.

Fermentasi tape singkong yang dilakukan di dalam inkubator pada suhu stabil sekitar 27 °C menghasilkan tingkat kematangan yang jauh lebih seragam daripada fermentasi pada suhu ruang yang berubah-ubah antara 22-25 °C. Tape yang diproses dalam ruang bersuhu tetap menunjukkan warna kuning pucat yang merata, aroma manis khas fermentasi yang konsisten, serta tekstur lembut hingga ke bagian terdalam. Pada perlakuan suhu ruang, kondisi tersebut tidak tercapai: bagian luar umbi lebih cepat melunak dan berubah warna, sementara bagian dalam tetap keras dan aromanya belum berkembang. Ketidaksamaan ini memperlihatkan bahwa ketidakstabilan suhu membuat proses fermentasi berlangsung tidak teratur.

Secara ilmiah, hasil tersebut sejalan dengan temuan (Maida & Mustakim, 2025), yang menjelaskan bahwa stabilitas proses fermentasi berpengaruh pada pola pertumbuhan mikroba, penurunan pH, dan pembentukan alkohol. Suhu 27 °C yang tidak berubah-ubah memungkinkan enzim pemecah pati bekerja secara lebih teratur, sehingga gula sederhana dapat terbentuk dan tersebar merata. Kondisi ini membuat ragi mampu memproduksi aroma dan melunakkan tekstur secara lebih menyeluruh. Dengan kata lain, kestabilan suhu membantu mencegah terjadinya perbedaan tingkat kematangan antara bagian luar dan dalam singkong.

Penelitian lain juga menunjukkan pola yang serupa. Walaupun studi tersebut tidak mengatur suhu secara khusus, variasi jumlah ragi dan lamanya fermentasi tetap menghasilkan perbedaan pada aroma, warna, tekstur, dan rasa tape singkong, sehingga mempertegas bahwa proses fermentasi yang terkontrol akan menghasilkan kualitas yang lebih stabil (Sahratullah et al., 2017). Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi yang lebih terkendali akan menghasilkan kualitas sensoris yang lebih konsisten. Jika dikaitkan dengan penelitian ini, perubahan suhu ruang menciptakan kondisi fermentasi yang tidak stabil, sehingga kualitas tape menjadi lebih bervariasi antarbagian.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kestabilan suhu merupakan faktor penting dalam menghasilkan kematangan tape singkong yang merata. Inkubator menyediakan lingkungan termal yang mendukung aktivitas mikroba dan kinerja enzim berlangsung secara optimal, sehingga perubahan warna,

pembentukan aroma, dan pelunakan tekstur terjadi secara lebih seragam. Tape yang difermentasi dalam inkubator pada akhirnya menunjukkan mutu yang lebih konsisten dibandingkan dengan tape yang dibuat pada suhu ruang yang berubah-ubah.









Proses awal fermentasi tape ditentukan oleh kemampuan mikroba untuk menghidrolisis pati singkong menjadi gula sederhana melalui enzim amilase. Studi karakterisasi enzim menunjukkan bahwa *Bacillus megaterium* menghasilkan amilase dengan aktivitas optimum pada suhu sekitar 37°C (Istianah et al., 2020). Kondisi suhu yang mendekati rentang ini mempercepat reaksi hidrolisis pati menjadi gula, sehingga gula tersedia lebih cepat bagi mikroba fermentasi (ragi dan bakteri asam laktat) untuk tahap selanjutnya. Selain itu, penelitian lain melaporkan bahwa produksi amilase oleh isolat bakteri mencapai nilai tertinggi pada suhu 35°C, sedangkan suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi menyebabkan aktivitas enzim lebih rendah (Dwiantara & Rahmawati, 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa bukan hanya aktivitas enzim murni yang dipengaruhi oleh suhu, tetapi juga jumlah enzim yang diproduksi mikroba, dan kedua faktor tersebut memengaruhi laju hidrolisis pati selama fermentasi.








Dalam penelitian ini, pengendalian suhu inkubator pada 27°C memang berada di bawah suhu optimum enzim amilase, namun konsistensi suhunya memberikan keuntungan besar dibandingkan fluktuasi suhu ruang pada musim hujan. Suhu yang stabil memungkinkan mikroba tetap aktif tanpa mengalami penurunan aktivitas akibat suhu yang terlalu rendah pada malam hari. Kestabilan ini menjaga proses hidrolisis pati berlangsung terus-menerus, sehingga mempercepat pasokan gula sebagai substrat fermentasi. Hal ini menjelaskan mengapa sampel tape yang diinkubasi mencapai kematangan lebih cepat (± 40 jam) serta menunjukkan warna, rasa, dan tekstur yang lebih homogen, sedangkan perlakuan tanpa inkubator membutuhkan waktu lebih lama (± 72 jam) dan menghasilkan kematangan yang tidak merata. Dengan kata lain, meskipun 27°C belum merupakan suhu optimum enzim amilase, kestabilan suhu yang diberikan oleh inkubator tetap mampu mempercepat dan menstabilkan tahap pemecahan pati, sehingga seluruh proses fermentasi berlangsung lebih efisien dan seragam (Dwiantara & Rahmawati, 2024).

Analisis visual kuantitatif dilakukan untuk melihat perubahan karakteristik bahan secara bertahap selama proses fermentasi pada kedua perlakuan. Observasi dilakukan pada interval waktu tertentu untuk mencatat perkembangan warna, tekstur, dan tanda-tanda kematangan. Data hasil pengamatan tersebut disajikan dalam tabel

berikut untuk memperjelas perbedaan pola fermentasi antara perlakuan inkubator dan tanpa inkubator.

Tabel 2. Perkembangan kondisi bahan pada dua perlakuan selama fermentasi

Waktu (Jam)	Perlakuan A (Inkubator)	Perlakuan B (Tidak Inkubasi)
0	Kondisi awal. Singkong masih segar, keras, warna putih, belum ada tanda fermentasi.	Kondisi awal. Singkong masih segar, keras, warna putih, belum ada tanda fermentasi.
		
8	Permukaan mulai sedikit lembap, tekstur sedikit melunak, aroma manis sangat ringan mulai muncul.	Perubahan sangat kecil; singkong masih keras dan kering, aroma belum berubah.
		
16	Tekstur makin lunak, kemasan lebih lembap karena uap fermentasi, aroma manis lebih jelas.	Hampir tidak ada perubahan. singkong masih keras dan kering, aroma belum berubah
		
24	Singkong semakin lunak, kelembapan tinggi dalam kemasan, aroma manis, alcohol ringan muncul.	Mulai terjadi pelembaran kecil, namun tidak merata; aroma fermentasi masih lemah
		

32	Tape makin lembut dan basah, aroma fermentasi kuat, warna sedikit kusam.	Fermentasi meningkat tapi tekstur masih lebih keras dibanding perlakuan A; aroma manis mulai jelas.
		
40	Tape terlihat hampir matang, tekstur lembut menyeluruh, aroma kuat.	Tape mulai matang tekstur belum seoptimal A, aroma manis meningkat.
		
48	-	ekstur sebagian lunak tetapi tidak seragam, warna masih campuran (putih-kusam).
		
56	-	Fermentasi meningkat tapi warna dan tekstur masih tidak merata, bagian dalam masih keras.
		
64	-	Belum matang. Hanya bagian luar yang lebih lunak, bagian dalam belum berubah; warna tidak homogen.
		
72	-	Tape matang. Fermentasi mencapai puncak, warna matang tidak

menyeluruh, tekstur lembut tetapi
masih ada bagian agak utuh



Tabel tersebut memperlihatkan bahwa perubahan fisik pada perlakuan inkubator berlangsung lebih cepat dan lebih konsisten dibandingkan dengan perlakuan tanpa inkubasi. Pola perkembangan yang lebih teratur ini menunjukkan bahwa suhu stabil berperan penting dalam mempercepat aktivitas mikroorganisme sekaligus menjaga keseragaman proses fermentasi. Temuan visual ini mendukung hasil perhitungan laju fermentasi sebelumnya dan menjadi dasar integrasi lebih lanjut pada aspek STEM.

Aspek teknologi dalam penelitian ini tampak jelas melalui penggunaan sistem pengendalian suhu berbasis thermostat digital yang berfungsi menjaga kondisi inkubasi tetap stabil. Thermostat ini mengatur kerja lampu pijar sebagai elemen pemanas, sehingga suhu di dalam inkubator dapat dipertahankan tanpa fluktuasi berarti. Keberadaan sensor temperatur memungkinkan pemantauan kondisi ruang inkubasi secara terus-menerus sehingga setiap perubahan suhu dapat dikoreksi secara otomatis. Teknologi kontrol suhu ini menjadi elemen krusial, karena pada kondisi ruang selama musim hujan suhu cenderung berubah-ubah antara 22-26 °C, sehingga ragi tidak bekerja secara optimal dan proses fermentasi berlangsung jauh lebih lama. Tanpa dukungan sistem kontrol tersebut, fermentasi hanya mencapai kematangan penuh setelah 72 jam dan hasilnya masih tidak merata. Dengan demikian, teknologi pada inkubator yang dikembangkan tidak sekadar menjadi alat bantu, tetapi berperan sebagai faktor utama yang memungkinkan fermentasi berlangsung lebih cepat, stabil, dan menghasilkan produk yang lebih seragam.

Dari sisi rekayasa, desain fisik inkubator menunjukkan penerapan prinsip-prinsip teknik yang sederhana namun efektif. Kotak inkubator dibuat dari bahan styrofoam yang berfungsi sebagai insulator panas, kemudian diperkuat dengan lapisan kardus untuk memberikan kekokohan struktur. Penempatan lampu pemanas, jalur kabel listrik, serta komponen elektronik lainnya dirancang sedemikian rupa agar panas dapat tersebar merata ke seluruh ruang inkubasi. Selain itu, disisipkan lubang sirkulasi berukuran kecil untuk mencegah penumpukan uap air yang berpotensi menyebabkan

kondensasi berlebihan di dalam wadah fermentasi. Prinsip rekayasa yang diterapkan mulai dari insulasi termal, sirkulasi panas pasif, hingga optimasi volume ruang secara langsung berkontribusi pada keberhasilan proses fermentasi. Efektivitas desain ini tampak dari hasil tape yang dihasilkan: warna lebih homogen, tekstur lebih lembut dan merata, serta tingkat kematangan yang konsisten dari bagian luar hingga bagian dalam. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan rekayasa yang baik bukan hanya mendukung, tetapi benar-benar menentukan kualitas akhir produk fermentasi.

Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tape yang difermentasi menggunakan inkubator dengan suhu terkontrol matang dalam 40 jam, sementara tape tanpa inkubator pada suhu ruang musim hujan membutuhkan 72 jam. Secara ilmiah, fenomena ini dijelaskan oleh prinsip kinetika suhu biologis, dimana peningkatan suhu mempercepat aktivitas enzim ragi (*Saccharomyces sp.*). Kenaikan suhu 8-10 °C dari kondisi ruang ($\pm 22-25$ °C) ke suhu inkubator (± 27 °C) meningkatkan laju reaksi fermentasi karena enzim bekerja lebih optimal pada rentang tersebut.

Prinsip ini sejalan dengan koefisien suhu Q_{10} , yang menggambarkan peningkatan laju reaksi setiap kenaikan 10 °C:

$$Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{10}{T_2-T_1}} \approx Q_{10} = \left(\frac{1}{\frac{40}{72}}\right)^{\frac{10}{27-25}} \approx Q_{10} = 18.896$$

Nilai Q_{10} yang diperoleh sebesar $\pm 18,9$ menunjukkan bahwa percepatan fermentasi tidak dapat dijelaskan hanya oleh kenaikan suhu 2 °C dari 25 °C menjadi 27 °C. Secara biologis, proses fermentasi umumnya memiliki rentang Q_{10} sekitar 2-3, sehingga nilai yang jauh lebih tinggi ini mengindikasikan adanya faktor tambahan selain suhu yang berkontribusi besar terhadap peningkatan laju fermentasi. Dengan kata lain, efektivitas inkubator bukan terutama karena perbedaan suhu absolut, tetapi karena stabilitas suhu, kelembapan tinggi, dan lingkungan tertutup yang mendukung aktivitas *Saccharomyces sp.* secara lebih optimal dibanding kondisi ruang musim hujan yang fluktuatif (22-26 °C).

Efek gabungan tersebut menjelaskan mengapa tape dalam inkubator matang sepenuhnya dalam 40 jam, menampilkan warna kuning merata, tekstur lebih lembut dan homogen, serta aroma fermentasi kuat dan seragam. Sebaliknya, tape pada suhu ruang membutuhkan 72 jam untuk matang dan tetap menunjukkan ketidakmerataan:

warna cenderung pucat, tingkat kelembekan tidak seragam, serta bagian dalam yang cenderung lebih keras. Dengan demikian, hasil penelitian ini mempertegas bahwa konsistensi suhu dan lingkungan fermentasi yang stabil memiliki pengaruh lebih besar daripada sekadar kenaikan suhu kecil, dan menjadi kunci utama percepatan serta peningkatan kualitas fermentasi tape singkong.

Aspek matematika dalam penelitian ini digunakan untuk mengkuantifikasi seberapa besar pengaruh pengendalian suhu melalui inkubator terhadap kecepatan fermentasi tape. Laju fermentasi dihitung berdasarkan rumus dasar laju proses, yaitu kebalikan dari waktu yang diperlukan untuk mencapai kematangan: $R = \frac{1}{t}$.

Pada perlakuan inkubator, waktu fermentasi hanya 40 jam sehingga laju fermentasinya: $R_2 = \frac{1}{40} = 0.025 \text{ jam}^{-1}$. Sementara itu, pada fermentasi suhu ruang yang membutuhkan 72 jam, lajunya $R_1 = \frac{1}{72} = 0.0138 \text{ jam}^{-1}$. Perbandingan kedua laju ini menunjukkan bahwa proses fermentasi dalam inkubator berlangsung jauh lebih cepat. Secara matematis, percepatannya dihitung melalui rasio:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{0.025}{0.0138} = 1.81$$

Artinya, laju fermentasi dalam inkubator 1,81 kali lebih cepat dibanding fermentasi pada suhu ruang. Nilai ini memperkuat bukti bahwa sedikit peningkatan suhu, ketika dijaga stabil, mampu memberikan dampak signifikan pada aktivitas enzim ragi. Sehingga percepatan yang diperoleh:

$$\text{Percepatan} = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100\% \approx \text{Percepatan} = \frac{72 - 40}{72} \times 100\% = 44.4\%$$

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa penggunaan inkubator mempercepat fermentasi sebesar 44,4%, sebuah angka yang sangat signifikan untuk proses biologis sederhana seperti fermentasi tape singkong.

Penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian mengenai fermentasi tape singkong dengan mengatur suhu menggunakan sensor LM35 dan mikrokontroler ATmega8 (Asnawi et al., 2013). Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa menjaga suhu pada kisaran 27-30°C atau 32-35°C dapat mempercepat proses fermentasi. Tape yang dihasilkan menjadi lebih lunak dan memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan tape yang difermentasi secara alami. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan kami pada saat ini. Dengan menggunakan inkubator

sederhana berbasis thermostat digital, waktu fermentasi benar-benar menjadi lebih singkat sehingga tape matang secara optimal dalam 40 jam, jauh lebih cepat dibandingkan 72 jam jika hanya menggunakan suhu ruang pada musim hujan.

Perbedaan utama terletak pada rancangan alat fermentasinya. Pada penelitian sebelumnya, penelitian yang mereka lakukan menggunakan box plastik yang dilengkapi sistem pengatur suhu berbasis mikrokontroler, sensor LM35, lampu pemanas, dan kipas DC untuk pendinginan. Alat tersebut lebih kompleks dan memerlukan banyak komponen elektronik khusus agar suhu tetap stabil pada kisaran 27-30°C atau 32-35°C. Sementara itu, pada penelitian ini kami memilih inkubator yang jauh lebih sederhana dengan menggunakan styrofoam, karton, lampu pijar 15 W, dan thermostat digital XH-W3001. Meskipun sederhana, alat ini tetap mampu menjaga suhu fermentasi secara otomatis di kisaran 27-35°C tanpa mikrokontroler tambahan. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan alat yang lebih praktis, murah, dan mudah digunakan untuk rumah tangga ataupun UMKM.

Dari segi hasil, penelitian sebelumnya membuktikan bahwa suhu yang terkontrol dapat membuat kualitas tape menjadi lebih baik. Kadar air akan meningkat, tape menjadi lebih lembut, total gula akan naik di 24 jam kedua fermentasi, dan total asam juga akan bertambah seiring waktu. Hasil akhirnya, tape yang diinkubasi tidak hanya lebih enak tetapi juga lebih konsisten dibandingkan dengan fermentasi alami. Penelitian yang kami lakukan ini juga menemukan hal yang serupa. Tape yang difermentasi dalam inkubator warnanya lebih merata, teksturnya lebih halus, aromanya manis dan kuat, serta tingkat kematangannya sama dari luar hingga ke dalam. Jika menggunakan suhu ruang, terutama di musim hujan, hasilnya sering tidak merata sehingga pada bagian luar dan dalam singkong memiliki tingkat kematangan yang berbeda.

Lingkungan penelitian yang berbeda juga memengaruhi hasil masing-masing penelitian. Penelitian sebelumnya melakukan pengamatan pada suhu laboratorium yang stabil. Di sisi lain, penelitian yang kami lakukan ini dilakukan pada musim hujan, dengan suhu lingkungan yang berfluktuasi antara 25-28°C. Kondisi tersebut menyebabkan efek penggunaan inkubator menjadi lebih jelas. Fermentasi pada suhu ruang berlangsung jauh lebih lambat dan tidak merata, sehingga pengaturan suhu menggunakan inkubator benar-benar terasa manfaatnya jika dibandingkan dengan studi sebelumnya. Penelitian ini semakin memperkuat bukti bahwa pengendalian suhu

sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan mempercepat proses fermentasi tape.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa inkubator fermentasi sederhana terbukti efektif dalam mempercepat proses pematangan tape sekaligus meningkatkan kualitas dan keseragamannya. Penggunaan teknologi yang relatif sederhana seperti pengendalian suhu berbasis lampu pijar, sensor temperatur, dan insulasi kotak menunjukkan bahwa inovasi murah dan mudah dirakit dapat diterapkan secara luas, termasuk oleh pelaku UMKM pengolah pangan. Temuan ini memberikan kontribusi praktis terhadap pengembangan alat fermentasi berbiaya rendah yang tetap mampu menghasilkan produk dengan mutu lebih stabil, sehingga berpotensi mendukung peningkatan produktivitas dan konsistensi hasil pada skala kecil maupun rumah tangga.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan inkubator dengan suhu terkontrol memberikan pengaruh signifikan terhadap percepatan fermentasi tape singkong. Tape yang difermentasi dalam inkubator mencapai kematangan optimal hanya dalam 40 jam, sedangkan fermentasi pada suhu ruang musim hujan membutuhkan 72 jam. Perbedaan waktu ini menunjukkan bahwa kestabilan suhu memiliki peran penting dalam meningkatkan laju reaksi fermentasi yang dikendalikan oleh kerja enzim ragi.

Selain mempercepat proses, inkubator juga terbukti mampu meningkatkan kualitas tape secara visual maupun tekstural. Tape inkubator memiliki warna kuning yang lebih merata, tekstur lembut menyeluruh, dan tingkat kematangan yang lebih seragam. Sementara itu, fermentasi tanpa inkubator cenderung menghasilkan kematangan tidak merata, bagian dalam yang lebih keras, serta warna yang kurang homogen. Temuan ini memperkuat pemahaman bahwa suhu stabil tidak hanya mempengaruhi kecepatan reaksi, tetapi juga mempengaruhi penyebaran panas yang menentukan kualitas fermentasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa inkubator sederhana merupakan inovasi yang efektif dan dapat diterapkan dengan biaya rendah. Teknologi pengendalian suhu berbasis lampu pijar dan termostat mampu memberikan hasil fermentasi yang lebih baik dibandingkan kondisi ruang yang fluktuatif. Inovasi ini dapat

menjadi alternatif solusi untuk meningkatkan efisiensi produksi tape baik pada skala rumah tangga maupun UMKM lokal.

Penulis menyarankan agar penelitian lanjutan dilakukan dengan menguji hasil fermentasi pada berbagai variasi suhu, seperti 28 °C, 32 °C, dan 35 °C, untuk menentukan suhu optimal yang paling efisien bagi berbagai jenis ragi. Penulis juga merekomendasikan UMKM pengolah tape untuk mengadopsi inkubator sederhana karena alat ini mudah dibuat, hemat energi, dan terbukti mampu meningkatkan kecepatan serta kualitas produksi. Selain itu, penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan parameter kimia, seperti kadar alkohol, kadar gula reduksi, dan pH, guna memperkuat analisis kualitas fermentasi secara lebih ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnawi, M., Sumarlan, S. H., & Bagus Hermanto, M. 2013. Karakteristik Tape Ubi Kayu (*Manihot utilissima*) Melalui Proses Pematangan Dengan Penggunaan Pengontrol Suhu Characteristics Maturation Process of Cassava Tape (*Manihot utilissima*) Through the Use of Temperature Control. In *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis* (Vol. 1, Issue 2).
- Devindo, Zulfa, C. S., Attika, C., Handayani, D., & Fevria, R. 2021. Pengaruh Lama Fermentasi Dalam Pembuatan Tape. *Prosiding SEMNAS BIO 2021*, 01(2021), 600–607. <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/74>
- Dwiantara, W. S., & Rahmawati, W. 2024. Pengaruh Suhu terhadap Produksi Amilase dari Bakteri sebagai Bahan Praktikum di Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 3(1), 30–34. <https://doi.org/10.25047/plp.v3i1.4517>
- Islami, R., 2019. Pembuatan Ragi Tape dan Tape. *Jurnal Bioteknologi Pangan*. 2(1). 123-214
- Jayanti, S. P., Husain, H., & Ilyas, N. M. 2024. Analisis Proses Fermentasi Tape dengan Variasi Ragi: Ragi Tape (*Aspergillus Oryzae*), Ragi Roti (*Saccharomyces Cerevisiae*) dan Ragi Tempe (*Rhizopus Oligosporus*). 25, 64–73.
- Maida, F. P., & Mustakim, A. 2025. Analisis Pertumbuhan Mikroorganisme Selama Fermentasi Tapai Singkong Menggunakan Variasi Lama Inkubasi. *Polygon* :

Jurnal Ilmu Komputer Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 3(5), 27–35.
<https://doi.org/10.62383/polygon.v3i5.751>

Muhiddin, N. H, dkk. 2019. Analisa Kuantitatif Mikroorganisme pada Ragi Tape Lokal dan Daya Terima “Tape Junista” yang Dihasilkan. *Jurnal Penelitian Biologi*. Vol 6. No 2. Hal: 1007 – 1016.

Sahratullah, Jekti, D. S. D., & Zulkifli, L. 2017. Pengaruh Konsentrasi Ragi Dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Air, Glukosadan Organoleptik Pada Tape Singkong. *Jurnal Biologi Tropis*, 17.

Silalahi, K. J. A, dkk., 2019. Evaluasi Karakter Morfologi dan Agronomi Ubi Kayu (*Manihot Esculenta crantz*) 13 Populasi F1 di Bandar Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. Vol 7. No 1. Hal 281-289

Suwandeewi, dkk., 2019. Gambaran Personal Hygiene dan Keadaan Sanitasi Industri Tempe di UD Andika Panguripan di Desa Tagtag Kaja Kecamatan Denpasar Utara Tahun 2019. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol 9. No 2. Hal 109-114.