

**PENGARUH KETERSEDIAAN OKSIGEN TERHADAP PERTUMBUHAN
KAPANG *RHIZOPUS* SP. PADA PROSES FERMENTASI TEMPE SEBAGAI
PENERAPAN BIOTEKNOLOGI TRADISIONAL**

Anjani¹, Rismatul Fadillah², Intan Mara Claudia³, Muhammad Ridho Ramadhani
Santori⁴, Sumardi⁵, Berti Yolida⁶, Nadya Meriza⁷

¹⁻⁷Pendidikan Biologi Universitas Lampung

¹ anjaniiii024@gmail.com,

²rismatulfadillah@gmail.com, ³intanmarco@gmail.com,

⁴muhridhoramadhan730@gmail.com, ⁵sumardi.1965@fmipa.unila.ac.id,

⁶berti.yolida@fkip.unila.ac.id, ⁷nadya.meriza@fkip.unila.ac.id

ABSTRACT

*Tempe is a traditional Indonesian food product obtained through a fermentation process that utilizes the activity of molds from the genus *Rhizopus* sp. on soybeans. Oxygen availability plays a crucial role in tempe fermentation, as *Rhizopus* sp. is an obligate aerobic mold that requires oxygen for optimal growth. This study was conducted to examine the extent to which oxygen availability affects the growth of *Rhizopus* sp. during the tempe fermentation process, while also serving as a practical application of traditional biotechnology in daily life. The study employed an experimental design with three different packaging treatments: banana leaves, perforated plastic, and non-perforated plastic. Fermentation took place over 48 hours at a temperature of 30–32°C. Observations of mycelium growth were conducted every 12 hours, focusing on several indicators: color, hyphal density, and the surface area covered by mycelium. These observations were supplemented by an assessment of tempeh's physical quality, encompassing color, aroma, texture, and firmness. Based on the research results, it was found that the use of banana leaf packaging produced the densest, most even, and purest white mycelium growth, while also yielding tempeh with the highest physical quality and nutritional content compared to other types of packaging. Perforated plastic packaging yielded fairly good results, whereas non-perforated plastic packaging produced tempeh of the lowest quality due to restricted air circulation. It can be concluded that oxygen availability has a significant effect on the growth of *Rhizopus* sp. and the quality of*

the resulting tempeh. The better the air circulation within the packaging, the more optimal the fermentation process and the quality of the resulting tempe.

Keywords: Tempe Fementation, Oxygen Availability, Rhizopus sp., Traditional Biotechnology, Packaging Types

ABSTRAK

Tempe adalah salah satu produk pangan tradisional Indonesia yang diperoleh melalui proses fermentasi dengan memanfaatkan aktivitas kapang dari genus *Rhizopus* sp. pada biji kedelai. Ketersediaan oksigen memiliki peran yang sangat krusial dalam fermentasi tempe mengingat *Rhizopus* sp. merupakan kapang aerob obligat yang memerlukan oksigen untuk dapat tumbuh secara optimal. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengkaji sejauh mana pengaruh ketersediaan oksigen terhadap pertumbuhan *Rhizopus* sp. selama proses fermentasi tempe berlangsung, sekaligus sebagai wujud nyata penerapan bioteknologi tradisional dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian dilakukan melalui metode eksperimen dengan tiga perlakuan kemasan yang berbeda, yaitu daun pisang, plastik berlubang, dan plastik tanpa lubang. Fermentasi berlangsung selama 48 jam pada suhu 30–32°C. Pengamatan terhadap pertumbuhan miselium dilaksanakan setiap 12 jam sekali dengan memperhatikan beberapa indikator, yaitu warna, kerapatan hifa, dan luas permukaan yang tertutupi oleh miselium, serta didukung dengan penilaian kualitas fisik tempe yang mencakup aspek warna, aroma, tekstur, dan kekompakan. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa penggunaan kemasan daun pisang mampu menghasilkan pertumbuhan miselium yang paling lebat, merata, dan berwarna putih bersih, sekaligus menghasilkan tempe dengan kualitas fisik dan kandungan gizi yang paling tinggi dibandingkan jenis kemasan lainnya. Kemasan plastik berlubang memberikan hasil yang cukup baik, sedangkan kemasan plastik tanpa lubang menghasilkan tempe dengan kualitas terendah akibat terhambatnya sirkulasi udara. Dapat disimpulkan bahwa ketersediaan oksigen berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kapang *Rhizopus* sp. dan kualitas tempe yang dihasilkan. Semakin baik sirkulasi udara dalam kemasan, semakin optimal proses fermentasi dan mutu tempe yang dihasilkan.

Kata Kunci: Fermentasi Tempe, Ketersediaan Oksigen, *Rhizopus* sp., Bioteknologi Tradisional, Jenis Kemasan

A. Pendahuluan

Tempe adalah produk fermentasi tradisional asli Indonesia yang dihasilkan dari proses fermentasi biji kedelai dengan memanfaatkan kapang *Rhizopus* sp., menghasilkan bahan pangan bertekstur padat dengan cita rasa yang khas serta kandungan gizi yang tinggi (Kristiadi & Lunggani, 2022).

Pembuatan tempe dapat dijadikan contoh nyata bagaimana prinsip-prinsip bioteknologi tradisional diterapkan dalam kehidupan sehari-hari untuk menghasilkan produk pangan yang bernilai ekonomi dan gizi tinggi (Soktavia et al., 2026)

Bioteknologi tradisional umumnya menggunakan mikroorganisme secara langsung melalui proses fermentasi tanpa melibatkan rekayasa genetika maupun teknologi modern yang kompleks.

Rhizopus sp. merupakan kapang utama dalam fermentasi tempe, sebuah produk pangan tradisional asli Indonesia yang terbuat dari miselium *Rhizopus* yang mengikat biji kedelai membentuk padatan kompak (Sari et

al., 2024). *Rhizopus* sp. selaku agen fermentasi berperan dalam menghasilkan berbagai enzim yang mampu menguraikan senyawa protein kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana, sehingga tempe menjadi produk pangan dengan kandungan gizi yang kaya, meliputi protein, lemak, karbohidrat, dan vitamin. (Nurholipah & Ayun, 2021).

Pertumbuhan kapang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan yang saling berkaitan satu sama lain. Suhu dan kelembaban ruangan merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam proses produksi tempe, sebab apabila kedua faktor tersebut tidak stabil maka laju fermentasi dapat mengalami perlambatan (Sari et al., 2024). Selain itu kapang memerlukan oksigen untuk tumbuh sehingga bersifat aerob obligat (Fadlilah et al., 2024).

Oksigen adalah faktor penting bagi pertumbuhan jamur *Rhizopus* sp. saat proses fermentasi tempe, karena jamur ini membutuhkan oksigen untuk hidup dan menjalankan proses di dalam selnya. Dengan tersedianya oksigen yang cukup, jamur *Rhizopus*

dapat tumbuh lebih cepat dan merata, sehingga biji kedelai bisa menyatu dan membentuk tempe yang padat. Sebaliknya, jika oksigen kurang, pertumbuhan jamur akan terhambat, proses fermentasi menjadi lebih lambat, dan kualitas tempe yang dihasilkan pun menjadi kurang baik (Watanabe et al., 2023).

Dalam pembuatan tempe, jumlah oksigen yang masuk bisa berbeda-beda tergantung pada jenis kemasan yang digunakan, ukuran lubang udara, dan seberapa padat bahan yang difermentasi. Perbedaan kondisi tersebut dapat mempengaruhi seberapa cepat jamur tumbuh dan menentukan kualitas tempe yang dihasilkan (Kristiadi & Lunggani, 2022). Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bagaimana pengaruh ketersediaan oksigen terhadap pertumbuhan jamur *Rhizopus* sp., sehingga dapat dihasilkan informasi ilmiah yang bermanfaat dalam upaya peningkatan kualitas proses fermentasi tempe sebagai salah satu wujud penerapan bioteknologi tradisional.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen dengan tiga perlakuan yang berbeda, yaitu menggunakan kemasan daun pisang dilubangi, plastik tanpa dilubangi dan plastik dilubangi. Hasil yang diamati meliputi pertumbuhan miselium *Rhizopus* sp. dan kualitas fisik tempe yang mencakup warna, aroma, tekstur, serta kekompakan. Prosedur penelitian dimulai dengan pencucian, perendaman, pengupasan, dan perebusan kedelai, kemudian kedelai didinginkan, dicampur ragi, dikemas sesuai perlakuan, dan difermentasi selama 48 jam pada suhu 30–32°C. Pengamatan pertumbuhan miselium dilakukan setiap 12 jam secara visual berdasarkan warna, kepadatan hifa, dan luas permukaan yang tertutup miselium.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian eksperimen tempe dengan berbagai macam kemasan dan perlakuan didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 1 Tempe dengan bungkus daun pisang

Tempe yang dibungkus menggunakan daun pisang cenderung memiliki pertumbuhan miselium yang lebat, tebal, dan merata di seluruh permukaannya.



Gambar 2 Tempe dengan bungkus plastik tanpa dilubangi

Tempe yang bungkus menggunakan plastik tanpa lubang memiliki sirkulasi udara yang sangat minim, sehingga pertumbuhan jamur menjadi kurang maksimal.



Gambar 3 Tempe dengan bungkus plastik dilubangi

Tempe yang bungkus menggunakan plastik berlubang mendapatkan sirkulasi udara yang baik, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih padat dan kompak.

Hasil pengamatan pertumbuhan miselium *Rhizopus* sp. selama 48 jam pada ketiga perlakuan kemasan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pada jam ke-12, seluruh perlakuan belum menunjukkan pertumbuhan miselium yang tampak secara visual. Namun demikian, tanda-tanda awal pertumbuhan berupa permukaan kedelai yang sedikit lembab dan hangat sudah mulai terdeteksi pada perlakuan daun pisang dan plastik berlubang, menandakan bahwa

proses metabolisme kapang telah dimulai.

Pada jam ke-24, perlakuan daun pisang mulai menampilkan pertumbuhan miselium tipis berwarna putih yang menyebar secara merata di beberapa bagian permukaan substrat. Plastik berlubang juga menunjukkan pertumbuhan serupa meski sedikit lebih lambat. Sementara itu, plastik tanpa lubang hanya menunjukkan tanda pertumbuhan yang sangat minimal, dengan permukaan kedelai yang terlihat lembab tetapi belum menunjukkan pertumbuhan miselium yang nyata.

Pada jam ke-36, perbedaan antar perlakuan semakin jelas. Tempe yang dibungkus daun pisang memperlihatkan miselium putih lebat yang telah menutupi hampir seluruh permukaan substrat (estimasi 75–90% permukaan tertutup). Miselium tampak tebal, berwarna putih bersih, dan membentuk jaringan hifa yang rapat. Tempe plastik berlubang menunjukkan pertumbuhan miselium yang merata dengan persentase penutupan sekitar 50–65%, sementara tempe plastik tanpa lubang hanya menunjukkan penutupan sekitar 1–5% dengan miselium yang tipis dan tidak merata.

Pada akhir fermentasi jam ke-48, tempe daun pisang menampilkan miselium putih yang sangat lebat dan merata menutupi hampir seluruh permukaan (>95%), dengan hifa yang terlihat tebal dan kompak. Tempe plastik berlubang memiliki pertumbuhan miselium yang baik dengan penutupan sekitar 75–85%, sedangkan tempe plastik tanpa lubang hanya mencapai sekitar 5–10% penutupan dengan miselium yang tipis dan sporadis.

Dari hasil percobaan yang dilakukan itu menunjukkan bahwa Ketersediaan oksigen merupakan faktor lingkungan yang sangat menentukan keberhasilan proses fermentasi tempe, karena *Rhizopus sp.* sebagai kapang aerob obligat membutuhkan oksigen untuk melangsungkan respirasi dan pertumbuhannya secara optimal. Perbedaan jenis bahan pembungkus yang digunakan pada tempe berpotensi mempengaruhi jenis mikroorganisme yang berperan aktif selama proses fermentasi berlangsung (Ayun et al., 2022).

Tempe dengan kemasan daun pisang terbukti menghasilkan kualitas yang lebih unggul dibandingkan jenis kemasan lainnya, dengan nilai

tertinggi pada berbagai aspek meliputi warna, aroma, tekstur, rasa, daya simpan, serta laju pertumbuhan kapang yang lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya (Rachmah et al., 2024).

Hal ini disebabkan oleh permukaan daun pisang yang berpori secara alami, sehingga memungkinkan sirkulasi udara berlangsung lebih lancar ke seluruh bagian substrat kedelai. Dengan oksigen yang mencukupi, miselium *Rhizopus sp.* mampu tumbuh lebat, merata, dan berwarna putih bersih yang menjadi tanda khas tempe berkualitas tinggi.

Tempe berkualitas baik dicirikan oleh bentuknya yang padat dan kompak, warna putih yang merata di seluruh permukaan, serta aroma khas tempe yang kuat dan tajam (Ellent et al., 2022). Karakteristik tersebut hanya dapat terbentuk apabila kapang mendapat cukup oksigen selama proses inkubasi berlangsung. Di samping itu, tempe yang dibungkus dengan daun pisang memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan tempe berbungkus plastik, hal ini mengindikasikan bahwa jenis kemasan yang digunakan secara

langsung turut menentukan kualitas gizi tempe yang dihasilkan (Rejeki et al., 2023)

Berbeda halnya dengan tempe yang dikemas menggunakan plastik berlubang. Kemasan ini masih memungkinkan oksigen masuk ke dalam substrat melalui lubang-lubang yang ada, sehingga *Rhizopus sp.* masih dapat tumbuh dan proses fermentasi berjalan cukup baik. Kedelai biasanya dibungkus dengan daun pisang atau plastik yang memiliki lubang untuk memungkinkan aliran udara masuk, dan selama proses ini kelembapan serta suhu ruangan harus diperhatikan agar jamur dapat berkembang dengan baik (Sari et al., 2024)

Meskipun demikian, sirkulasi udara pada plastik berlubang tetap tidak sebaik daun pisang yang memiliki pori-pori alami di seluruh permukaannya, sehingga pertumbuhan miselium pun tidak seoptimal tempe berdaun pisang. Plastik berlubang tetap banyak dipilih oleh produsen tempe karena lebih praktis, mudah didapat, dan harganya lebih terjangkau, asalkan jumlah dan ukuran lubangnya mencukupi kebutuhan oksigen kapang.

Sebaliknya, tempe yang dikemas dengan plastik tanpa lubang mengalami hambatan serius dalam proses fermentasinya. Tempe yang dibungkus dengan plastik cenderung lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan tempe yang dibungkus dengan daun pisang, dan tempe berbungkus daun pisang menunjukkan persentase sifat fisik yang paling tinggi dibandingkan jenis pembungkus lainnya. Ketidadaan lubang pada kemasan menyebabkan udara tidak dapat masuk dengan bebas, sehingga kapang *Rhizopus sp.* terpaksa beralih ke jalur metabolisme anaerobik yang jauh kurang efisien.

D. Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa ketersediaan oksigen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan kapang *Rhizopus sp.* dalam proses fermentasi tempe. Semakin baik sirkulasi udara dalam kemasan, semakin optimal pertumbuhan kapang dan kualitas tempe yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aýun, Q., Suryani, S., & Kurnia, C. (2022). Identifikasi Kapang Pada Tempe Bungkus Daun Pisang Dan Plastik Asal Pengrajin Tempe Jatiasih, Bekasi. *Bioed : Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 45.
- Ellent, S. S. C., Dewi, L., & Tapilouw, M. C. (2022). Karakteristik Mutu Tempe Kedelai (*Glycine max L.*) yang Dikemas dengan Klobot. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(1), 32–40.
- Fadlilah, N., Nuraini, D., Ulya, Z., Hikmal Yaman, D., Qurotul, S., Sardlee, ain, Lestari, W., Nurhidayah, S., Danurwenda, A., Kimia, P., & Biologi, P. (2024). *Identifikasi Kapang Rhizopus Oligosporus pada Tempe Bungkus yang Dijual di Pasar Krempyeng Kota Semarang* (Vol. 3, Number 2).
- Kristiadi, O. H., & Lunggani, A. T. (n.d.-a). *Tempe Kacang Kedelai Sebagai Pangan Fermentasi Unggulan Khas Indonesia: Literature Review Tempe as Indonesian Special Fermented*

- Food: Literature Review.* 2022(2022), 48–56.
- Nurholipah, N., & Qurrota Ayun Prodi Biologi, dan. (2021). *ISOLASI DAN IDENTIFIKASI Rhizopus Oligosporus DAN Rhizopus Oryzae PADA TEMPE ASAL BEKASI Isolation And Identification of Rhizopus oligosporus and Rhizopus oryzae In Tempeh from Bekasi.* 15(1).
- Rachmah, A. N., Cempaka, L., & Mukaromah, A. S. (2024). Yeast and Wrapping Materials on The Quality of Tempeh. *Berkala Ilmiah Biologi*, 15(2), 82–91.
- Soktavia, E., Nursanti, F. E., Septianasari, N., Olimfia, S., & Indahsari, S. N. (2026). Analisis Kinetika Dan Aktivitas Enzimatis Dalam Fermentasi Tempe Berbasis Rhizopus Oligosporus. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, 4(2), 237–243.
- Rejeki, D. S., Cahyanta, A.N., Ayu Musiyam, S., Studi Farmasi S-, P., & Ilmu Kesehatan, F. (2023). Pengaruh Metode Pengemasan terhadap Kadar Protein pada Tempe The Effect of Packaging Method on Protein Content in Tempeh. In *Jurnal Farmasi Indonesia* (Vol. 1, Number 2).
- Watanabe, N., Hara, Y., Tashiro, H., & Aoki, H. (2023). Antioxidant activity of tempe fermented with three different Rhizopus species. *Food Science and Technology Research*, 29(2), 141–146.