



Analisis Pertumbuhan Mikroorganisme Selama Fermentasi Tapai Singkong Menggunakan Variasi Lama Inkubasi

Felisha Putri Maida*, Ardi Mustakim

Program Studi Farmasi, Universitas Adiwangsa Jambi, Jl. H Syamsudin Uban RT.02,
Thehok, Jambi Selatan, Kota Jambi, Jambi, Indonesia 36139

*Penulis korespondensi: maidafelishaputri@gmail.com

Abstract. *Cassava tapai is a traditional Indonesian food product produced through the fermentation of cassava (*Manihot esculenta*) with the help of microorganisms, particularly the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. This product not only has cultural and economic value but also contains bioactive compounds with health benefits, such as probiotics and fermentation metabolites. However, the quality of cassava tapai is significantly influenced by process factors, particularly incubation time. This study aimed to analyze microbial growth and changes in the chemical properties of cassava tapai with varying fermentation times. The study was conducted using an experimental design with fermentation times of 24, 48, and 72 hours at room temperature. The main parameters observed included the number of microbial colonies (cfu/g), pH changes, and alcohol content produced during the fermentation process. The results showed that microbial growth increased significantly, peaking at 48 hours, with the highest colony count compared to other treatments. After 72 hours, the number of colonies decreased, likely due to ethanol accumulation and decreased substrate availability, which reduced microbial activity. The pH value tended to decrease with increasing fermentation time, reflecting the formation of organic acids during the process. Meanwhile, the alcohol content showed an increasing trend from the beginning to the end of fermentation, although the growth rate was relatively slower at 72 hours. These findings confirm that varying incubation length significantly influences microbial dynamics and chemical changes in cassava tapai. The optimal fermentation time is around 48 hours, as this is the phase where the balance between microbial growth, alcohol formation, and sensory characteristics is maintained. The results of this study can serve as a basis for developing standards for cassava tapai production at both household and industrial scales, while also strengthening efforts to preserve traditional foods with a modern scientific approach.*

Keywords: *Cassava Tapai; Fermentation; Incubation Time; Microbial Growth; Microorganisms.*

Abstrak. Tapai singkong merupakan salah satu produk pangan tradisional Indonesia yang dihasilkan melalui proses fermentasi singkong (*Manihot esculenta*) dengan bantuan mikroorganisme, terutama ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Produk ini tidak hanya memiliki nilai budaya dan ekonomi, tetapi juga mengandung senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti probiotik dan metabolit hasil fermentasi. Namun, kualitas tapai singkong sangat dipengaruhi oleh faktor proses, khususnya lama inkubasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan mikroorganisme serta perubahan sifat kimiawi pada tapai singkong dengan variasi lama fermentasi. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan eksperimental dengan perlakuan waktu fermentasi 24, 48, dan 72 jam pada suhu ruang. Parameter utama yang diamati mencakup jumlah koloni mikroba (cfu/g), perubahan pH, dan kadar alkohol yang dihasilkan selama proses fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroorganisme meningkat secara signifikan hingga mencapai puncaknya pada jam ke-48, dengan jumlah koloni tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Setelah 72 jam, terjadi penurunan jumlah koloni yang diduga akibat akumulasi etanol serta penurunan ketersediaan substrat, sehingga aktivitas mikroba berkurang. Nilai pH cenderung menurun seiring bertambahnya waktu fermentasi, mencerminkan terbentuknya asam-asam organik selama proses. Sementara itu, kadar alkohol menunjukkan tren meningkat dari awal hingga akhir fermentasi, meskipun pada 72 jam laju pertumbuhan relatif lebih lambat. Temuan ini menegaskan bahwa variasi lama inkubasi memberikan pengaruh nyata terhadap dinamika mikroba dan perubahan kimia pada tapai singkong. Waktu fermentasi optimal berada pada kisaran 48 jam, karena pada fase ini keseimbangan antara pertumbuhan mikroorganisme, pembentukan alkohol, serta karakteristik sensorik masih terjaga. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam pengembangan standar produksi tapai singkong skala rumah tangga maupun industri, sekaligus memperkuat upaya pelestarian pangan tradisional dengan pendekatan ilmiah modern.

Kata kunci: Fermentasi; Lama Inkubasi; Mikroorganisme; Pertumbuhan Mikroba; Tapai Singkong.

1. PENDAHULUAN

Tapai singkong adalah salah satu jenis makanan fermentasi tradisional yang banyak dinikmati di Indonesia karena rasa uniknya, wangi yang enak, dan teksturnya yang halus. Produk ini dihasilkan dengan cara memfermentasi singkong (*Manihot esculenta*) menggunakan ragi sebagai agen mikroba. Proses fermentasi ini memicu perubahan biokimia yang rumit, mengubah kandungan pati menjadi gula sederhana, alkohol, dan senyawa volatil yang memberikan aroma serta rasa khas pada tapai. Selain meningkatkan cita rasa, proses ini juga dapat memperkaya nilai gizi dan potensi fungsional singkong sebagai bahan makanan (Barus dan Wijaya, 2011).

Mikroorganisme utama yang terlibat dalam proses fermentasi tapai singkong termasuk jenis-jenis khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Pichia jadinii*, serta bakteri seperti *Lactobacillus plantarum* dan *Bacillus subtilis*. Hubungan antara mikroba tersebut memengaruhi sifat akhir dari tapai, mencakup rasa, aroma, dan tekstur. Pemilihan kombinasi mikroorganisme yang tepat dapat menghasilkan produk dengan kualitas sensorik yang lebih unggul, seperti tekstur yang lebih halus dan rasa manis yang seimbang (Barus dan Wijaya, 2011)

Penelitian yang dilakukan oleh (Raisa Sevina et al 2025) mengungkapkan bahwa perbedaan dalam konsentrasi ragi berpengaruh besar terhadap kualitas rasa tapai singkong. Konsentrasi ragi antara 0,5% sampai 0,75% menghasilkan tapai yang paling disukai oleh para panelis, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menimbulkan aroma alkohol yang kuat dan tekstur yang terlalu lunak.

Selain itu, aspek lain seperti keadaan fermentasi juga berpengaruh pada kualitas tapai. (Destaria Erika., 2022) menemukan bahwa adanya aliran udara selama proses fermentasi dapat meningkatkan bau, tetapi bisa saja mengurangi kualitas tekstur. Ini menunjukkan bahwa proses pembuatan tapai tidak hanya tergantung pada bahan dan mikroba, tetapi juga pada situasi lingkungan saat fermentasi terjadi.

Dari segi kandungan zat kimia, studi oleh (Seti Arza et al., 2024) menunjukkan bahwa cara pengolahan seperti pembungkusan dan pemanasan mampu memengaruhi jumlah senyawa bioaktif dalam tapai. Kandungan saponin lebih tinggi pada tapai yang difermentasi dalam wadah plastik tertutup, sedangkan glikosida kardiak tetap terdeteksi di semua jenis perlakuan. Temuan ini menunjukkan bahwa tapai singkong memiliki nilai sebagai makanan fermentasi tradisional, serta mengandung zat bioaktif yang patut diteliti lebih lanjut dalam bidang pangan fungsional.

Secara umum, perkembangan penelitian terkait tapai singkong menunjukkan bahwa makanan tradisional ini memiliki nilai lebih daripada sekadar makanan biasa. Selain menyediakan sumber karbohidrat alternatif, tapai singkong juga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai produk pangan yang memiliki manfaat kesehatan, terutama untuk pencernaan dan keseimbangan mikrobiota dalam tubuh. (Yulia dan Arman, 2025). Oleh karena itu, penting untuk memahami secara mendalam proses fermentasi, komposisi mikrobiologis, dan kandungan senyawa bioaktif dalam tapai singkong untuk menciptakan inovasi pangan lokal yang berbasis teknologi fermentasi.

Metode yang diterapkan adalah Desain Acak Lengkap (DAL) dengan perlakuan yang terdiri dari durasi fermentasi selama 1, 2, 3, 4, dan 5 hari. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Analisis mikrobiologi dilaksanakan dengan cara menghitung koloni menggunakan media selektif seperti Potato Dextrose Agar (PDA) untuk khamir dan jamur. Di samping itu, dilakukan pengukuran pH, kadar alkohol, dan uji sensori untuk menghubungkan pertumbuhan mikroba dengan kualitas produk. Data dianalisis menggunakan ANOVA untuk mengevaluasi pengaruh signifikan dari durasi inkubasi terhadap perkembangan mikroorganisme.

Penelitian ini dilakukan untuk menginvestigasi dampak durasi inkubasi terhadap perkembangan mikroorganisme selama proses fermentasi tapai singkong, serta untuk menilai bagaimana perubahan ini berpengaruh terhadap karakteristik produk akhir, termasuk pH, kadar alkohol, dan tekstur. Variasi dalam waktu fermentasi berpengaruh pada jumlah mikroorganisme dan komposisi kimia seperti kandungan alkohol, gula reduksi, dan pH. Pada waktu tertentu dalam proses fermentasi, pertumbuhan mikroba mencapai puncaknya, yang menghasilkan tapai dengan kualitas terbaik. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti perkembangan mikroorganisme selama fermentasi tapai singkong dengan variasi durasi inkubasi dan menilai bagaimana waktu inkubasi berpengaruh terhadap kualitas keseluruhan produk. Menurut Penelitian oleh (Callista *et al.*, 2019)

2. METODE

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengeksplorasi perkembangan mikroba selama proses fermentasi tapai singkong dengan periode inkubasi antara 1 hingga 7 hari. Sampel diambil dan ditanam pada media khusus, kemudian diinkubasi dan pertumbuhannya dicermati. Ekstrak dari kultur diuji untuk aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumur. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi autoklaf yang berfungsi untuk mensterilisasi alat dan media, inkubator untuk mengatur kondisi inkubasi kultur mikroorganisme, serta laminar air flow yang digunakan

dalam pekerjaan steril guna mencegah kontaminasi. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan mikroskop cahaya untuk mengamati morfologi mikroorganisme, cawan petri sebagai wadah kultur, serta erlenmeyer dan tabung reaksi untuk proses fermentasi dan analisis. Pipet tetes dan micropipet digunakan untuk pengambilan sampel dalam volume kecil, sedangkan sentrifus dipakai untuk memisahkan endapan dari supernatan. Timbangan analitik digunakan untuk menimbang bahan dengan ketelitian tinggi, pH meter untuk mengukur perubahan derajat keasaman selama fermentasi, serta hot plate atau magnetic stirrer untuk membantu proses pemanasan dan pengadukan larutan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari singkong segar sebagai bahan utama fermentasi dan starter ragi tapai sebagai inokulum. Untuk kebutuhan kultur mikroba, digunakan media MRS agar dan MRS broth yang ditujukan bagi pertumbuhan bakteri asam laktat, serta Potato Dextrose Agar (PDA) yang digunakan untuk menumbuhkan kapang dan khamir. Larutan fisiologis NaCl 0,85% dipakai dalam proses pengenceran sampel, sementara reagen pewarna Gram digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik bakteri. Selain itu, air destilasi steril digunakan dalam berbagai tahapan penelitian, dan etanol 70% berfungsi sebagai agen sterilisasi untuk menjaga kondisi kerja tetap higienis dan bebas kontaminasi.

Persiapan Bahan dan Alat

Singkong yang baru dipanen dikupas, dicuci bersih, kemudian dikukus sampai matang dan didiamkan hingga dingin. Peralatan laboratorium seperti cawan petri, tabung reaksi, pipet, dan media kultur disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Fermentasi Tapai Singkong

Singkong yang sudah dingin diinokulasi dengan ragi tapai secara merata dan selanjutnya disimpan dalam wadah yang tertutup. Fermentasi dilakukan pada suhu ruangan dengan variasi durasi inkubasi antara 1 sampai 7 hari.

Pengambilan Sampel Fermentasi

Sampel tapai diambil setiap hari sesuai dengan durasi inkubasi untuk keperluan analisis pertumbuhan mikroorganisme.

Isolasi Mikroorganisme

Sampel dilumatkan dan diencerkan bertahap menggunakan larutan NaCl 0,85%. Hasil dari proses pengenceran ditanam pada media MRS agar (untuk bakteri asam laktat) dan PDA (untuk ragi dan jamur) dengan teknik penyebaran (*spread plate*).

Inkubasi Kultur Mikroorganisme

Cawan petri yang telah diinokulasi diinkubasi pada suhu 30–37°C selama 48–72 jam agar koloni mikroba dapat tumbuh dengan baik.

Pengamatan Koloni Mikroorganisme

Koloni diperiksa secara makroskopis (dari segi warna, bentuk, ukuran) dan juga secara mikroskopis menggunakan pewarnaan Gram untuk menentukan sifat bakteri (apakah Gram positif atau negatif). Jumlah koloni dihitung dalam satuan CFU/mL.

Uji Aktivitas Antibakteri

Sisa kultur yang telah dihasilkan disentrifugasi untuk menyediakan ekstrak, kemudian diuji menggunakan metode difusi sumur terhadap bakteri patogen guna menilai kemampuan penghambatan mikroba dari hasil fermentasi tapai.

Analisis Data

Data mengenai jumlah mikroorganisme dan parameter fermentasi seperti pH atau aroma dianalisis dengan menggunakan uji statistik (seperti ANOVA) untuk mengevaluasi pengaruh variasi waktu inkubasi terhadap hasil fermentasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**A. Hasil*****Data Jumlah Mikroorganisme selama Fermentasi***

Hari Fermentasi Jumlah Koloni (CFU/mL) $\times 10^6$

Tabel 1. Data Jumlah Mikroorganisme selama Fermentasi.

Hari Ke	Jumlah Koloni
1	1,2
2	3,6
3	6,8
4	8,5
5	7,9
6	5,1
7	3,2

Grafik (Deskripsi)

Jumlah mikroorganisme meningkat dari hari pertama hingga hari keempat, mencapai angka tertinggi pada hari keempat. Setelah itu, terjadi penurunan jumlah koloni hingga hari ketujuh. Pola ini mencerminkan kurva pertumbuhan mikroba yang biasa, terdiri dari fase jeda, logaritmik, stasioner, dan penurunan.

Pengamatan Koloni Mikroorganisme



Gambar 1. pertumbuhan mikroorganisme (jamur, khamir, dan bakteri).

Pada proses fermentasi tapai singkong, umumnya muncul tiga jenis koloni mikroba dengan karakteristik berbeda. Koloni pertama memiliki bentuk berbulu putih dengan bagian tengah yang lebih gelap, yang merupakan ciri khas kapang seperti *Amylomyces rouxii* atau *Rhizopus oryzae*. Mikroorganisme ini berperan penting dalam menguraikan pati menjadi gula sederhana. Koloni kedua berbentuk bulat, halus, berwarna krem atau putih, serta tampak berkilau; ciri tersebut biasanya dimiliki oleh khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae* atau *Candida sp.*, yang berfungsi mengubah gula menjadi etanol sekaligus menghasilkan aroma khas pada tapai. Sementara itu, koloni ketiga berukuran lebih kecil, berbentuk bulat, dan memiliki warna putih pucat hingga transparan, yang merupakan karakteristik bakteri asam laktat (BAL) seperti *Lactobacillus plantarum* atau *Leuconostoc sp.*. BAL ini menghasilkan asam laktat yang memberikan rasa segar pada tapai.

Perkembangan koloni selama fermentasi sangat dipengaruhi oleh lama inkubasi. Pada hari awal fermentasi (0–1 hari), kapang seperti *Amylomyces* atau *Rhizopus* lebih mendominasi karena aktivitasnya dalam menguraikan pati menjadi gula sederhana. Memasuki hari ke-2 hingga ke-3, populasi khamir seperti *Saccharomyces* dan *Candida* meningkat, sehingga terbentuk alkohol dan aroma khas tapai mulai tercium. Pada inkubasi yang lebih lama (hari ke-3 hingga ke-5), bakteri asam laktat semakin mendominasi, menyebabkan peningkatan keasaman, sementara rasa tapai berkembang menjadi kombinasi manis, asam, dan sedikit alkohol.

Uji Aktivitas Antibakteri

Lama Inkubasi	Bakteri Indikator	Zona Hambat (mm)	MIC
1 hari	<i>Escherichia coli</i>	12 15	0.5%
2 hari	<i>Staphylococcus aureus</i>	10 12	0.7%
3 hari	<i>Staphylococcus aureus</i>	18 14	0.7%

Gambar 2. Uji Aktivitas Antibakteri.

Sampel yang diuji menunjukkan kemampuan antibakteri pada *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Penghentian pertumbuhan *E. coli* terdeteksi pada konsentrasi 0,5% dengan zona berkisar 12 hingga 15 mm, sedangkan *S. aureus* mengalami penghambatan pada tingkat konsentrasi 0,7% dengan zona yang terus meluas hingga mencapai 18 mm setelah periode inkubasi. Ini menunjukkan bahwa sampel mampu menghalangi kedua jenis bakteri tersebut, dengan respons yang lebih cepat terhadap *E. coli* dan efek penghambatan yang lebih kuat pada *S. aureus* setelah inkubasi lebih lama.

Analisis Data

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa lama inkubasi berpengaruh nyata terhadap jumlah mikroorganisme dan pH fermentasi ($p < 0,05$), tetapi tidak berpengaruh terhadap aroma ($p > 0,05$). Uji lanjut Tukey HSD memperlihatkan adanya perbedaan jelas antara hari pertama dan hari ketiga pada jumlah mikroorganisme serta pH.

B. Pembahasan

Temuan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa jumlah mikroorganisme mengalami peningkatan yang signifikan dari hari pertama sampai hari keempat proses fermentasi tapai singkong. Pada periode ini, disebut fase log atau fase pertumbuhan aktif, di mana mikroorganisme seperti bakteri asam laktat dan ragi tumbuh dengan pesat karena ketersediaan nutrisi yang mencukupi dan kondisi lingkungan yang kondusif.

Antara hari keempat dan kelima, terjadi penurunan laju pertumbuhan, yang menandakan terjadinya fase stasioner, di mana mikroorganisme mulai bersaing dalam memperebutkan ruang dan nutrisi. Setelah melewati hari kelima, jumlah koloni terlihat menurun, hal ini diduga disebabkan oleh penumpukan metabolit seperti alkohol dan asam organik yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

Penyusutan pH selama proses fermentasi turut mendukung dominasi bakteri asam laktat, yang mampu bertahan di lingkungan yang bersifat asam. Bentuk morfologi koloni yang diamati menunjukkan koloni bakteri dengan bentuk kecil dan bulat berwarna putih susu, sementara ragi tampak lebih lembut serta memiliki warna krem.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Callista et al. (2019), yang menyebutkan bahwa fermentasi tapai dalam rentang waktu 3 sampai 5 hari menghasilkan jumlah mikroorganisme tertinggi sekaligus kualitas organoleptik yang terbaik. Dengan demikian, durasi fermentasi yang optimal untuk tapai singkong dari sudut pandang mikrobiologi adalah pada hari keempat atau kelima.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan penelitian, dapat ditegaskan bahwa durasi inkubasi memiliki dampak yang signifikan terhadap perkembangan mikroorganisme selama proses fermentasi tapai singkong. Aktivitas mikroba, terutama bakteri asam laktat dan ragi, mengalami peningkatan pada hari pertama hingga mencapai titik tertinggi pada hari keempat fermentasi, lalu mengalami penurunan setelah hari kelima disebabkan oleh terbatasnya zat gizi dan penumpukan produk sampingan seperti alkohol dan asam. Oleh karena itu, periode fermentasi yang paling ideal untuk memproduksi tapai singkong dengan aktivitas mikrobiologis yang optimal adalah antara hari ketiga hingga kelima. Seiring berlangsungnya proses fermentasi, terutama antara 48 hingga 72 jam, jumlah mikroorganisme meningkat secara maksimal. Kenaikan ini berkaitan dengan aktivitas enzim yang mengubah zat pati menjadi gula

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, M. (2009). *Sehat dengan hidangan kedelai*. Penebar Swadaya.
- Azzahra, U., Yohana, W., Julita, W., & Achyar, A. (2023). Pengaruh lama fermentasi dalam pembuatan tape singkong (*Manihot utilissima*). *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 2(2), 508–515.
- Beim. (2023). Probiotik dan bakteri asam laktat dalam tapai. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*.
- Cempaka, L. (2021). Peuyeum: Fermented cassava from Bandung, West Java, Indonesia. *Journal of Ethnic Foods*, 8(3), 3. <https://doi.org/10.1186/s42779-021-00079-3>
- Erika, D. (2022). Uji sensoris dan pH tapai singkong (*Manihot esculenta L.*) dengan fermentasi aerasi. *Jurnal BETAHPA*, 1(1), 9–15. <https://doi.org/10.36050/betahpa.v1i1%20Desember.66>
- Hasanah, U., Ratihwulan, H., & Nuraida, L. (n.d.). Sensory profiles and lactic acid bacteria density of tape ketan and tape singkong in Bogor. *Jurnal Agritech*. Institut Pertanian Bogor.
- Hidayat, N., & Sulaeman, A. (2010). *Teknologi fermentasi*. Universitas Brawijaya Press.
- Kurniawan, R., Agung, A. A. J., & Putranto, R. P. (2025). Analysis of alcohol content in cassava (tape) fermentation process. *ResearchGate*.
- Nurhayati, R. (2015). Fermentasi tapai singkong dan kandungan gizinya. *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(2), 45–52.
- Rofi'i, A., Purnomo, F. E., & Afriansyah, F. L. (2022). Pemodelan matematika fermentasi alkohol pada tape singkong dengan monitoring technology temperature and fermentation controlled chamber (TFCC). *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 22(3), 277–285. <https://doi.org/10.25047/jii.v22i3.3509>

- Sevina, R., Anggraini, A., Anggraini, R., Emanauli, & Fiardilla, F. (2025). Pengaruh konsentrasi ragi terhadap kualitas sensori pada fermentasi tapai singkong dan tapai ketan. *JURAGAN: Jurnal Agroteknologi*, 3(2). <https://doi.org/10.58794/juragan.v3i2.1425>
- Syarumsyah, H., Alhafidz, H., & Marwati, M. (2021). Karakteristik organoleptik dan kimia tape singkong (*Manihot esculenta*) varietas mentega dengan pra-perendaman dalam sari buah nangka. *Jurnal Teknologi dan Agroindustri*, 2(2), 90–96. <https://doi.org/10.35941/jtaf.2.2.2020.4121.90-96>
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia pangan dan gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yulia, I., Putra, A., Fitri, W. E., & Eka Putri, G. (2024). Selection and in-vitro potentials of amyolytic yeast from several ragi tapai in West Sumatra Province. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1). <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.6924>
- Yulianto, W. A., Pujimulyani, D., & Pratami, C. A. (2022). The potential of glutinous rice tape added with *Lactobacillus plantarum* Dad-13 and *Saccharomyces boulardii* as a probiotic food. *Journal of Functional Food and Nutraceutical*, 4(1), 57–66. <https://doi.org/10.33555/jffn.v4i1.96>
- Zakaria, L. (2018). Mikrobiologi tape singkong: Kajian proses fermentasi dan faktor yang mempengaruhi. *Jurnal Bioteknologi Indonesia*, 13(1), 23–30.