

PENGARUH PEMBERIAN RAGI DAN TEPUNG JAMUR TIRAM (PLEUROTUS OSTREATUS) DALAM PROSES PEMBUATAN TEMPE KEDELAI TERHADAP KANDUNGAN LEMAK DAN TEKSTUR SEBAGAI BAHAN AJAR KELAS XII SMA

Diah Ayu Febriani¹, Endah Rita Sulistya Dewi², Ipah Budi Minarti³

¹²³Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang, Indonesia

1diahayufebrian718@gmail.com, 2endahrita@upgris.ac.id, 3pahbudi@upgris.ac.id

ABSTRACT

Tempeh, as a fermented soybean product, has the potential to be developed through innovation using natural additives to improve its nutritional quality and texture. This study aims to determine the effect of adding yeast and oyster mushroom flour (Pleurotus ostreatus) on the fat content and texture of soybean tempeh, as well as to implement the research results as teaching materials in the form of Student Worksheets (LKPD) for Biotechnology learning in grade XII senior high school. This research is an experimental study with three treatments, namely without yeast (P0), addition of yeast (P1), and addition of yeast and oyster mushroom flour (P2). Each treatment was repeated three times. The obtained data were analyzed using ANOVA and followed by Duncan's test to determine differences among treatments. The results showed that the treatments had a significant effect on both fat content and texture of soybean tempeh. The P2 treatment (yeast and oyster mushroom flour) produced the lowest fat content and the softest tempeh texture compared to other treatments. The ANOVA test results indicated that the calculated F value was higher than the F table value at a 5% significance level for both fat content and texture, meaning that the hypothesis was accepted. In addition, the developed LKPD was categorized as valid to highly valid based on expert validation, indicating that it is suitable for use in Biotechnology learning. This study contributes to the development of tempeh-based fermented food products and produces contextual teaching materials that can enhance students' understanding of biotechnology concepts.

Keywords: tempeh, yeast, oyster mushroom, fermentation, fat content, texture, LKPD, biotechnology.

ABSTRAK

Tempe sebagai produk fermentasi kedelai memiliki potensi untuk dikembangkan melalui inovasi bahan tambahan alami guna meningkatkan kualitas gizi dan teksturnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) terhadap kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai, serta mengimplementasikan hasil penelitian sebagai bahan ajar berupa LKPD pada materi Bioteknologi kelas XII SMA. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan tiga perlakuan, yaitu tanpa ragi (P1), penambahan ragi (P2), dan penambahan ragi serta tepung jamur tiram (P3). Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai. Perlakuan P2 (ragi dan tepung jamur tiram) menghasilkan kandungan lemak terendah serta tekstur tempe yang paling lembut dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai Fhitung lebih besar daripada Ftabel pada taraf signifikansi 5%, baik pada kandungan lemak maupun tekstur, sehingga hipotesis penelitian diterima. Selain itu, LKPD yang dikembangkan berdasarkan hasil penelitian memperoleh kategori valid hingga sangat valid berdasarkan penilaian ahli, sehingga layak digunakan dalam pembelajaran Bioteknologi. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan produk pangan fermentasi berbasis tempe serta menghasilkan bahan ajar kontekstual yang dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep bioteknologi.

Kata kunci: tempe, ragi, jamur tiram, fermentasi, kandungan lemak, tekstur, LKPD, bioteknologi.

A. Pendahuluan

Bioteknologi pangan merupakan salah satu cabang ilmu yang berperan penting dalam pengembangan produk pangan yang berkualitas, aman, bergizi, dan bernilai tambah melalui pemanfaatan aktivitas mikroorganisme. Salah satu bentuk penerapan bioteknologi konvensional yang telah berkembang secara luas di Indonesia adalah fermentasi pangan.

Proses fermentasi tidak hanya berfungsi sebagai metode pengawetan bahan pangan, tetapi juga mampu meningkatkan kualitas nutrisi, memperbaiki cita rasa, membentuk tekstur yang lebih baik, serta menghasilkan berbagai senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Steinkraus, 1996; Nout & Kiers, 2005). Di antara berbagai produk fermentasi tersebut,

tempe merupakan pangan tradisional yang memiliki nilai gizi tinggi sekaligus menjadi bagian dari identitas kuliner Indonesia. Tempe telah lama dikenal sebagai sumber protein nabati yang ekonomis, mudah diperoleh, dan dikonsumsi hampir di seluruh wilayah Indonesia. Bahkan, perkembangan tempe menunjukkan bahwa produk ini terus mengalami inovasi dari waktu ke waktu sehingga tetap mampu memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap pangan yang sehat dan bergizi (Shurtleff & Aoyagi, 2019). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan inovasi dalam proses pembuatan tempe masih memiliki peluang yang besar, terutama melalui pemanfaatan bahan pangan lokal yang mampu meningkatkan mutu gizi maupun karakteristik fisik produk.

Kualitas tempe sangat ditentukan oleh proses fermentasi yang melibatkan kapang *Rhizopus oligosporus* sebagai mikroorganisme utama. Selama fermentasi berlangsung, kapang menghasilkan berbagai enzim hidrolitik, seperti protease, lipase, dan amilase, yang menguraikan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga protein, lemak, dan karbohidrat menjadi lebih mudah

dicerna oleh tubuh (de Reu et al., 1995). Aktivitas enzim tersebut juga menyebabkan perubahan karakteristik kimia dan fisik tempe, antara lain meningkatnya daya cerna protein, terbentuknya cita rasa khas, serta terbentuknya tekstur yang kompak akibat pertumbuhan miselium yang mengikat biji kedelai (Handoyo & Morita, 2006). Selain itu, proses fermentasi diketahui mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dan memperbaiki sifat fungsional tempe sehingga produk yang dihasilkan tidak hanya memiliki nilai gizi yang tinggi, tetapi juga berpotensi memberikan manfaat kesehatan bagi konsumen (Kusumah et al., 2018). Dengan demikian, keberhasilan fermentasi menjadi faktor utama dalam menentukan kualitas akhir tempe.

Keberhasilan fermentasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kualitas dan konsentrasi ragi yang digunakan. Ragi tempe mengandung spora *Rhizopus oligosporus* yang akan tumbuh membentuk miselium selama proses fermentasi. Pertumbuhan miselium yang optimal menghasilkan tempe dengan tekstur padat, permukaan berwarna putih merata, aroma khas,

serta mutu sensori yang lebih baik. Sebaliknya, penggunaan ragi yang tidak sesuai dapat menyebabkan fermentasi berlangsung kurang sempurna sehingga memengaruhi kualitas produk yang dihasilkan (Kustyawati, 2009). Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi ragi memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan kapang, aktivitas fermentasi, dan karakteristik tempe yang dihasilkan (Permatasari et al., 2025). Selain konsentrasi ragi, kualitas ragi juga dipengaruhi oleh jenis substrat yang digunakan dalam proses pembuatannya karena substrat berperan dalam mendukung pertumbuhan *Rhizopus oligosporus* dan viabilitas spora selama penyimpanan (Surbakti et al., 2022). Oleh karena itu, pengaturan penggunaan ragi menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam upaya menghasilkan tempe dengan mutu yang lebih baik.

Selain pengaturan konsentrasi ragi, inovasi pembuatan tempe juga dapat dilakukan melalui penambahan bahan fortifikasi yang memiliki kandungan gizi tinggi. Salah satu bahan yang berpotensi dikembangkan adalah tepung jamur tiram (*Pleurotus*

ostreatus). Jamur tiram dikenal sebagai salah satu jamur pangan yang kaya protein, serat pangan, vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif, seperti β -glukan dan antioksidan, dengan kadar lemak yang relatif rendah sehingga berpotensi meningkatkan kualitas gizi berbagai produk pangan (Raman et al., 2021). Pengolahan jamur tiram menjadi tepung memberikan keuntungan karena mampu memperpanjang masa simpan, mempermudah proses penyimpanan dan distribusi, serta memperluas pemanfaatannya sebagai bahan fortifikasi dalam berbagai produk olahan (Damayanti et al., 2014). Selain itu, proses pengolahan yang tepat mampu mempertahankan karakteristik kimia dan mutu organoleptik tepung jamur tiram sehingga tetap layak digunakan sebagai bahan tambahan pangan (Ardiansyah et al., 2014). Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan tepung jamur tiram pada produk pangan dapat meningkatkan kandungan protein, serat, dan mutu fisik produk tanpa menurunkan tingkat penerimaan konsumen (Astuti et al., 2016; Rahmawati, 2020; Siyame et al., 2021). Berdasarkan karakteristik

tersebut, tepung jamur tiram memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam proses pembuatan tempe sebagai bahan fortifikasi yang tidak hanya meningkatkan nilai gizi, tetapi juga memengaruhi karakteristik fisik produk, khususnya kandungan lemak dan tekstur tempe.

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa kualitas tempe dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berkaitan dengan proses fermentasi maupun karakteristik bahan tambahan yang digunakan. Kustyawati (2009) menjelaskan bahwa ragi berperan sebagai sumber mikroorganisme yang menentukan keberhasilan fermentasi melalui pertumbuhan kapang dan aktivitas enzimatis selama pembentukan tempe. Hasil penelitian Handoyo dan Morita (2006) serta de Reu et al. (1995) menunjukkan bahwa fermentasi oleh *Rhizopus oligosporus* mampu meningkatkan sifat fungsional tempe melalui hidrolisis protein dan perubahan komponen kimia yang berkontribusi terhadap peningkatan kualitas gizi. Penelitian Nout dan Kiers (2005) juga menegaskan bahwa inovasi dalam proses fermentasi merupakan salah satu strategi penting untuk menghasilkan tempe yang memiliki nilai fungsional lebih tinggi.

Sementara itu, Kusumah et al. (2018) melaporkan bahwa kondisi fermentasi yang optimal mampu meningkatkan pertumbuhan kapang sekaligus aktivitas antioksidan pada tempe. Penelitian yang lebih baru menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ragi maupun kualitas substrat dalam pembuatan ragi memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik tempe yang dihasilkan (Surbakti et al., 2022; Permatasari et al., 2025). Di sisi lain, berbagai penelitian mengenai jamur tiram menunjukkan bahwa bahan ini memiliki kandungan protein, serat, vitamin, dan senyawa bioaktif yang berpotensi meningkatkan kualitas nutrisi produk pangan. Pengolahan jamur tiram menjadi tepung terbukti mampu mempertahankan karakteristik kimia bahan sekaligus memperluas pemanfaatannya sebagai bahan fortifikasi pada berbagai produk pangan (Widyastuti & Istini, 2004; Ardiansyah et al., 2014; Damayanti et al., 2014). Penambahan tepung jamur tiram juga dilaporkan mampu meningkatkan kandungan protein, memperbaiki tekstur, serta meningkatkan nilai gizi beberapa produk olahan tanpa mengurangi tingkat penerimaan konsumen (Astuti

et al., 2016; Rahmawati, 2020; Siyame et al., 2021). Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa baik pengaturan konsentrasi ragi maupun pemanfaatan tepung jamur tiram sama-sama berpotensi meningkatkan kualitas produk pangan berbasis fermentasi.

Meskipun demikian, kajian mengenai kombinasi pemberian ragi dan tepung jamur tiram dalam proses fermentasi tempe masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak mengkaji pengaruh konsentrasi ragi terhadap keberhasilan fermentasi atau hanya meneliti pemanfaatan jamur tiram sebagai bahan fortifikasi pada produk pangan selain tempe. Penelitian yang mengintegrasikan kedua faktor tersebut dalam satu proses fermentasi serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai masih belum banyak dilaporkan. Selain itu, hasil penelitian bioteknologi pangan umumnya masih difokuskan pada aspek pengembangan produk dan belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber belajar berbasis penelitian pada pembelajaran Biologi di sekolah. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan

melalui pengkajian kombinasi pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam proses pembuatan tempe kedelai untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kandungan lemak dan tekstur. Kebaruan lainnya terletak pada pemanfaatan hasil penelitian sebagai bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi Bioteknologi kelas XII SMA sehingga hasil penelitian tidak hanya memberikan kontribusi pada pengembangan produk pangan fermentasi, tetapi juga memperkuat implementasi pembelajaran berbasis penelitian di sekolah (Sawitri & Santoso, 2014).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki signifikansi ilmiah dan praktis dalam bidang bioteknologi pangan maupun pendidikan. Dari sisi bioteknologi pangan, penelitian ini diharapkan memberikan informasi empiris mengenai pengaruh kombinasi pemberian ragi dan tepung jamur tiram terhadap kandungan lemak serta tekstur tempe kedelai sebagai salah satu alternatif inovasi produk pangan fermentasi berbasis sumber daya lokal. Dari sisi pendidikan, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi

sumber belajar yang kontekstual melalui pengembangan LKPD berbasis hasil penelitian sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep fermentasi secara teoritis, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam proses pembuatan tempe kedelai terhadap kandungan lemak dan tekstur, serta mengembangkan hasil penelitian sebagai bahan ajar berupa LKPD pada materi Bioteknologi kelas XII SMA.

B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam proses pembuatan tempe kedelai terhadap kandungan lemak dan tekstur. Pendekatan kuantitatif dipilih karena bertujuan menguji hubungan sebab-akibat antarvariabel melalui pengukuran data secara objektif dan analisis statistik sehingga menghasilkan kesimpulan yang dapat

dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Menurut Creswell dan Creswell (2018), penelitian kuantitatif merupakan pendekatan yang digunakan untuk menguji teori dengan mengukur hubungan antarvariabel menggunakan instrumen penelitian dan dianalisis melalui prosedur statistik. Sejalan dengan pendapat tersebut, Sugiyono (2023) menjelaskan bahwa metode eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu perlakuan terhadap variabel lain dalam kondisi yang dikendalikan sehingga hubungan sebab-akibat dapat diamati secara lebih akurat. Oleh karena itu, metode eksperimen dipandang paling sesuai untuk menguji pengaruh pemberian ragi dan tepung jamur tiram terhadap kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai.

Selain menghasilkan data empiris mengenai kualitas tempe kedelai, penelitian ini juga mengimplementasikan hasil eksperimen sebagai bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi Bioteknologi kelas XII SMA. Pemanfaatan hasil penelitian sebagai sumber belajar

bertujuan untuk menghadirkan pembelajaran yang kontekstual, sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep bioteknologi secara teoritis, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan penerapan bioteknologi konvensional dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan inovasi produk pangan fermentasi sekaligus mendukung penyediaan bahan ajar berbasis hasil penelitian yang relevan dengan pembelajaran Biologi di tingkat SMA.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian berupa tempe kedelai yang dibuat melalui proses fermentasi menggunakan kombinasi ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2022 sampai Mei 2023. Proses pembuatan tempe dilakukan di Desa Kangkung Senggrong, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, sedangkan analisis kandungan lemak dan tekstur dilakukan di Laboratorium Analisis Zat Gizi Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas tiga perlakuan, yaitu P1 sebagai kontrol tanpa penambahan ragi dan tepung jamur tiram, P2 dengan penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh, dan P3 dengan penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh yang dikombinasikan dengan penambahan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) sebanyak 1 gram. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga setiap perlakuan memiliki peluang yang sama untuk diamati dan dianalisis. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*), sedangkan variabel terikat meliputi kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai. Adapun variabel kontrol meliputi jenis dan berat kedelai yang digunakan, lama perendaman, lama perebusan, suhu fermentasi, lama fermentasi, serta jenis kemasan, sehingga seluruh perlakuan dilakukan dalam kondisi yang seragam. Pengendalian variabel tersebut bertujuan untuk meminimalkan pengaruh faktor luar sehingga perbedaan kandungan lemak dan tekstur tempe yang dihasilkan dapat

diinterpretasikan sebagai akibat dari perbedaan perlakuan yang diberikan.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas instrumen eksperimen dan instrumen pengembangan bahan ajar. Instrumen eksperimen meliputi seperangkat alat dan bahan untuk proses pembuatan tempe, antara lain kedelai, ragi tempe, tepung jamur tiram, plastik ziplock, panci perebusan, kompor, baskom, tampah, serta peralatan pendukung lainnya. Instrumen pengukuran kandungan lemak menggunakan hasil analisis laboratorium, sedangkan tekstur diamati berdasarkan karakteristik fisik tempe setelah proses fermentasi. Pada tahap pengembangan bahan ajar digunakan lembar validasi LKPD yang diberikan kepada validator ahli. Lembar validasi disusun menggunakan skala empat yang meliputi aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan untuk menentukan tingkat kelayakan LKPD sebagai bahan ajar Biologi kelas XII SMA.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tiga tahapan. Tahap pertama adalah tahap persiapan yang meliputi

penyusunan rancangan penelitian, penyediaan alat dan bahan, serta penentuan perlakuan. Tahap kedua merupakan pelaksanaan eksperimen yang diawali dengan perendaman kedelai, penggilingan, pencucian, perebusan, pendinginan, pemberian ragi dan tepung jamur tiram sesuai perlakuan, pengemasan menggunakan plastik ziplock berlubang, kemudian difermentasi selama 48 jam pada suhu ruang hingga terbentuk tempe. Tahap ketiga merupakan tahap pengujian. Tempe hasil fermentasi dianalisis kandungan lemaknya di Laboratorium Analisis Zat Gizi Universitas Muhammadiyah Semarang dan diamati karakteristik teksturnya. Selanjutnya hasil penelitian digunakan sebagai dasar penyusunan LKPD materi Bioteknologi kelas XII SMA yang kemudian divalidasi oleh ahli sebelum dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar.

Indikator Keberhasilan

Keberhasilan penelitian ditentukan berdasarkan dua aspek. Aspek pertama adalah aspek eksperimen, yaitu adanya perbedaan kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai akibat pemberian ragi dan

tepung jamur tiram yang ditunjukkan melalui hasil analisis statistik. Aspek kedua adalah aspek pengembangan bahan ajar, yaitu LKPD memperoleh kategori valid atau sangat valid berdasarkan hasil penilaian validator dengan persentase kelayakan minimal 71%.

Analisis Data

Data kandungan lemak dan tekstur tempe dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan karakteristik setiap perlakuan. Selanjutnya dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat analisis. Data yang memenuhi asumsi dianalisis menggunakan uji One-Way Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kandungan lemak dan tekstur tempe kedelai. Apabila diperoleh perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perlakuan terbaik. Data hasil validasi LKPD dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase kelayakan berdasarkan skor yang diberikan validator. Persentase tersebut kemudian dikonversi ke dalam

kategori tidak valid, kurang valid, valid, dan sangat valid untuk menentukan kelayakan LKPD sebagai bahan ajar pada materi Bioteknologi kelas XII SMA.

C.Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh Pemberian Ragi dan Tepung Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) terhadap Kandungan Lemak Tempe Kedelai

Kandungan lemak merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam menentukan kualitas gizi tempe, karena lemak berperan sebagai sumber energi sekaligus memengaruhi karakteristik nutrisi produk fermentasi. Selama proses fermentasi, aktivitas mikroorganisme yang terdapat dalam ragi tempe mampu mengubah komponen kimia kedelai melalui aktivitas enzimatik, termasuk proses hidrolisis lemak menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selain itu, penambahan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) diduga dapat memengaruhi komposisi kimia tempe mengingat jamur tiram memiliki kandungan lemak yang relatif rendah dan kandungan serat yang tinggi. Oleh karena itu, pengujian kandungan lemak dilakukan untuk mengetahui sejauh mana

pemberian ragi dan tepung jamur tiram berpengaruh terhadap perubahan kadar lemak tempe yang dihasilkan.

Pengujian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan tiga perlakuan yang berbeda, yaitu P1 sebagai perlakuan kontrol tanpa penambahan ragi dan tepung jamur tiram, P2 dengan penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh, serta P3 dengan penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh yang dikombinasikan dengan penambahan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) sebanyak 1 gram. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh data yang representatif, meningkatkan ketelitian pengamatan, serta meminimalkan pengaruh kesalahan eksperimen.

Data hasil pengukuran kandungan lemak dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata dan simpangan baku pada setiap perlakuan untuk menggambarkan kecenderungan perubahan kandungan lemak tempe kedelai. Selanjutnya, data dianalisis secara inferensial menggunakan uji Analysis of Variance (ANOVA) satu arah pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui ada atau tidaknya

perbedaan pengaruh antarperlakuan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) guna mengidentifikasi perlakuan yang memberikan perbedaan nyata terhadap kandungan lemak tempe kedelai.

Hasil pengukuran kandungan lemak pada masing-masing perlakuan menunjukkan adanya variasi nilai yang mengindikasikan bahwa penambahan ragi maupun kombinasi ragi dan tepung jamur tiram memberikan pengaruh terhadap kandungan lemak tempe. Rata-rata hasil pengukuran kandungan lemak dari ketiga perlakuan disajikan tabel 1.

Table 1. Deskripsi Data Kandungan Lemak

Perlakuan	Ulangan 1 (%)	Ulangan 2 (%)	Ulangan 3 (%)	Jumlah (%)	Rata-rata (%)
P0	4,21	4,25	4,25	12,71	4,24
P1	3,68	3,87	3,56	11,11	3,70
P2	3,45	3,24	3,52	10,21	3,40

Berdasarkan Tabel 1, kandungan lemak tempe kedelai

menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan yang diberikan. Perlakuan P1 (kontrol tanpa penambahan ragi dan tepung jamur tiram) menghasilkan rata-rata kandungan lemak tertinggi, yaitu sebesar 4,24%. Setelah dilakukan penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh pada perlakuan P2, kandungan lemak menurun menjadi 3,70%. Penurunan yang lebih besar terlihat pada perlakuan P3, yaitu kombinasi ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh dengan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) sebanyak 1 gram, yang menghasilkan rata-rata kandungan lemak sebesar 3,40%. Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan bahwa pemberian ragi selama proses fermentasi berperan dalam menurunkan kandungan lemak tempe, dan penurunan tersebut menjadi lebih besar ketika ragi dikombinasikan dengan tepung jamur tiram. Dengan demikian, perlakuan P3 merupakan perlakuan yang memberikan hasil paling efektif dalam menurunkan kandungan lemak tempe kedelai dibandingkan perlakuan lainnya.

Hasil pengamatan pada setiap ulangan juga menunjukkan pola yang relatif konsisten. Pada perlakuan P1, kandungan lemak berada pada

kisaran 4,21–4,25%, sedangkan pada perlakuan P2 berkisar antara 3,56–3,87%. Sementara itu, perlakuan P3 menghasilkan kandungan lemak yang lebih rendah dengan kisaran 3,24–3,52%. Kisaran nilai yang relatif sempit pada masing-masing perlakuan mengindikasikan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat konsistensi yang baik sehingga dapat merepresentasikan pengaruh perlakuan terhadap kandungan lemak tempe secara lebih akurat. Secara deskriptif, data menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kandungan lemak seiring dengan peningkatan perlakuan yang diberikan, yaitu dari tempe tanpa ragi hingga tempe yang difermentasi menggunakan ragi dan diperkaya dengan tepung jamur tiram. Meskipun demikian, perbedaan nilai rata-rata tersebut perlu dibuktikan secara statistik untuk memastikan bahwa perubahan yang terjadi bukan disebabkan oleh variasi antarulangan semata. Oleh karena itu, dilakukan pengujian menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) satu arah pada taraf signifikansi 5%. Hasil analisis ANOVA terhadap kandungan lemak tempe kedelai disajikan pada Tabel 2.

Table 2. Hasil Uji ANOVA Kandungan Lemak

SK	Db	JK	KT	Fh
Perlakuan	2	1,07	0,53	34,70
Galat	6	0,09	0,02	
Total	8	1,16	0,15	

Source: Data Penelitian (2025).

Hasil analisis statistik menggunakan uji Analysis of Variance (ANOVA) sebagaimana disajikan pada Table 2 menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} sebesar 34,70, sedangkan nilai F_{tabel} pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan derajat bebas pembilang ($db = 2$) dan penyebut ($db = 6$) adalah 4,74. Nilai F_{hitung} yang jauh lebih besar daripada F_{tabel} ($34,70 > 4,74$) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kandungan lemak tempe akibat perlakuan yang diberikan. Dengan demikian, variasi kandungan lemak yang diperoleh tidak hanya disebabkan oleh faktor kebetulan atau galat percobaan, tetapi merupakan akibat dari perbedaan perlakuan berupa penambahan ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*).

Secara statistik, hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan lemak tempe kedelai pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh pemberian ragi dan tepung jamur tiram terhadap kandungan lemak tempe ditolak, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) diterima, yaitu terdapat pengaruh yang signifikan dari pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) terhadap kandungan lemak tempe kedelai. Temuan ini mengindikasikan bahwa modifikasi proses fermentasi melalui penambahan ragi dan tepung jamur tiram mampu mengubah komposisi kimia tempe, khususnya dalam menurunkan kadar lemak. Namun demikian, uji ANOVA hanya menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antarperlakuan tanpa mengidentifikasi pasangan perlakuan yang berbeda secara nyata. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan menggunakan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan spesifik antar setiap perlakuan. Hasil uji Duncan disajikan pada Table 3.

Table 3. Hasil Uji Duncan Kandungan Lemak

Perlakuan	Rata-rata (%)	Rata-rata + DMRT	Kelompok
P1	4,24	4,66	a

Perlakuan	Rata-rata (%)	Rata-rata + DMRT	Kelompok
P2	3,70	4,07	b
P3	3,40	3,74	ab

Source: Research Data (2025).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) cenderung menurunkan kandungan lemak tempe kedelai. Secara deskriptif, rata-rata kandungan lemak mengalami penurunan dari perlakuan P1 (kontrol tanpa penambahan ragi dan tepung jamur tiram) sebesar 4,24%, menjadi 3,70% pada perlakuan P2 (penambahan ragi), dan mencapai nilai terendah sebesar 3,40% pada perlakuan P3 (penambahan ragi yang dikombinasikan dengan tepung jamur tiram). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan ragi selama proses fermentasi berkontribusi terhadap penurunan kandungan lemak tempe, dan penurunan tersebut cenderung lebih besar ketika ragi dikombinasikan dengan tepung jamur tiram. Meskipun demikian, hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) menunjukkan bahwa perlakuan P3 berada pada kelompok ab, sehingga secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata

terhadap perlakuan P1 maupun P2. Dengan demikian, kombinasi ragi dan tepung jamur tiram menunjukkan kecenderungan meningkatkan efektivitas penurunan kandungan lemak, namun pengaruhnya masih memerlukan pengujian lebih lanjut dengan variasi perlakuan atau jumlah ulangan yang lebih besar.

Penurunan kandungan lemak pada perlakuan yang menggunakan ragi berkaitan erat dengan aktivitas fermentasi oleh *Rhizopus oligosporus*. Selama proses fermentasi, kapang tersebut tumbuh membentuk miselium yang menyelimuti biji kedelai dan menghasilkan berbagai enzim hidrolitik, termasuk enzim lipase. Enzim lipase berperan menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol yang selanjutnya dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber karbon dan energi untuk mendukung pertumbuhan miselium (de Reu et al., 1995; Handoyo & Morita, 2006). Aktivitas enzimatik tersebut menyebabkan sebagian fraksi lemak mengalami degradasi sehingga kandungan lemak total tempe cenderung menurun seiring berlangsungnya fermentasi. Temuan ini sejalan dengan Kustyawati (2009) yang menjelaskan

bahwa keberhasilan fermentasi sangat dipengaruhi oleh aktivitas kapang dalam menghasilkan enzim yang berperan mengubah komponen kimia bahan baku, serta didukung oleh Nout dan Kiers (2005) yang menyatakan bahwa fermentasi tempe tidak hanya meningkatkan daya cerna, tetapi juga mengubah komposisi nutrisi melalui aktivitas metabolik mikroorganisme.

Kecenderungan penurunan kandungan lemak yang lebih besar pada perlakuan P3 juga diduga dipengaruhi oleh karakteristik nutrisi tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Jamur tiram diketahui memiliki kandungan lemak yang relatif rendah, tetapi kaya akan protein, serat pangan, vitamin, mineral, dan berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi meningkatkan kualitas gizi produk pangan (Raman et al., 2021). Penambahan tepung jamur tiram ke dalam bahan baku tempe diperkirakan menghasilkan efek pengenceran (*dilution effect*) terhadap persentase lemak total sekaligus meningkatkan proporsi komponen nonlemak, terutama serat dan protein. Selain itu, tepung jamur tiram memiliki sifat fungsional yang baik sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan

fortifikasi pada berbagai produk pangan tanpa menurunkan mutu produk (Ardiansyah et al., 2014; Damayanti et al., 2014; Astuti et al., 2016). Oleh karena itu, meskipun hasil uji statistik menunjukkan bahwa penurunan kandungan lemak pada perlakuan P3 belum berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya, kecenderungan yang diperoleh menunjukkan bahwa kombinasi ragi dan tepung jamur tiram berpotensi menghasilkan tempe dengan kandungan lemak yang lebih rendah. Temuan ini memberikan informasi bahwa modifikasi formulasi tempe melalui penambahan tepung jamur tiram berpeluang dikembangkan sebagai salah satu inovasi produk pangan fermentasi yang lebih sehat tanpa mengganggu keberhasilan proses fermentasi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Darni dan Wahyuningsih (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi ragi pada proses fermentasi tempe mampu menurunkan kandungan lemak secara signifikan. Penurunan tersebut terjadi karena aktivitas kapang selama fermentasi menghasilkan enzim lipase yang menghidrolisis trigliserida

menjadi asam lemak bebas dan gliserol sehingga kandungan lemak total dalam tempe berkurang. Temuan pada penelitian ini memperkuat hasil tersebut, yang ditunjukkan oleh penurunan rata-rata kandungan lemak dari 4,24% pada perlakuan tanpa ragi (P0) menjadi 3,70% pada perlakuan dengan penambahan ragi (P1). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan ragi merupakan faktor utama yang memengaruhi perubahan komposisi lemak selama fermentasi tempe.

Temuan penelitian ini juga mendukung penelitian Dwiatmaka et al. (2022) yang menjelaskan bahwa kapang *Rhizopus* menghasilkan enzim lipase selama proses fermentasi sehingga lemak kompleks pada kedelai dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana dan dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme. Mekanisme tersebut menjelaskan mengapa proses fermentasi yang berlangsung optimal menyebabkan kandungan lemak tempe semakin menurun. Pada penelitian ini, aktivitas fermentasi yang dipicu oleh penambahan ragi menghasilkan perubahan kandungan lemak yang signifikan, sebagaimana dibuktikan oleh hasil uji ANOVA yang menunjukkan nilai

F_{hitung} sebesar 34,70 lebih besar daripada F_{tabel} sebesar 4,74 pada taraf signifikansi 5%.

Lebih lanjut, hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Wang et al. (2023) yang menyatakan bahwa kombinasi proses fermentasi dan penambahan bahan pangan rendah lemak dapat menghasilkan produk fermentasi dengan kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan bahan bakunya. Wang et al. menjelaskan bahwa penambahan jamur tiram pada produk fermentasi tidak hanya memberikan efek pengenceran terhadap kandungan lemak, tetapi juga meningkatkan kualitas nutrisi melalui penambahan serat pangan dan senyawa bioaktif. Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sama, di mana perlakuan kombinasi ragi dan tepung jamur tiram (P3) menghasilkan kandungan lemak terendah, yaitu sebesar 3,40%, sehingga lebih efektif dibandingkan penggunaan ragi saja.

Selain itu, penelitian ini memperkuat hasil penelitian Sopacua et al. (2025) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi ragi pada pembuatan tempe berhubungan dengan penurunan kadar lemak

secara nyata. Namun demikian, penelitian ini memiliki kebaruan dibandingkan penelitian sebelumnya karena tidak hanya mengevaluasi pengaruh ragi sebagai agen fermentasi, tetapi juga mengombinasikannya dengan penambahan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Kombinasi kedua perlakuan tersebut terbukti memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap penurunan kandungan lemak dibandingkan perlakuan tanpa ragi maupun perlakuan yang hanya menggunakan ragi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa modifikasi formulasi tempe melalui penambahan tepung jamur tiram dapat menjadi alternatif inovasi dalam menghasilkan produk tempe dengan kandungan lemak yang lebih rendah dan nilai gizi yang lebih baik.

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dan praktis terhadap pengembangan produk pangan fermentasi berbasis kedelai, khususnya dalam upaya menghasilkan tempe dengan kandungan lemak yang lebih rendah melalui modifikasi proses fermentasi. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada

pengaruh konsentrasi ragi terhadap karakteristik kimia tempe, penelitian ini mengombinasikan penggunaan ragi dengan penambahan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) sebagai bahan tambahan fungsional. Kombinasi perlakuan tersebut terbukti memberikan penurunan kandungan lemak yang lebih besar dibandingkan penggunaan ragi saja, sehingga menunjukkan adanya efek sinergis antara aktivitas fermentasi kapang *Rhizopus* dan karakteristik nutrisi jamur tiram. Temuan ini memperluas pemahaman mengenai pemanfaatan bahan pangan lokal sebagai inovasi dalam proses fermentasi untuk meningkatkan kualitas gizi produk tempe.

Selain memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu di bidang teknologi pangan dan bioteknologi, penelitian ini juga memiliki kontribusi praktis dalam bidang pendidikan. Hasil eksperimen tidak hanya berhenti pada pengujian laboratorium, tetapi diimplementasikan sebagai sumber belajar dalam bentuk Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi Bioteknologi kelas XII SMA. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai kebaruan karena mengintegrasikan

hasil penelitian eksperimen dengan pengembangan bahan ajar berbasis penelitian (research-based learning). Pendekatan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran biologi melalui penyajian materi yang kontekstual, aplikatif, dan relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai diversifikasi bahan baku fermentasi untuk menghasilkan produk pangan yang lebih sehat dan bernilai tambah.

2. Pengaruh Pemberian Ragi dan Tepung Jamur Tiram terhadap Tekstur Tempe

Pengujian tekstur dilakukan untuk mengetahui tingkat kekompakan, kerapatan, dan kekenyalan tempe yang dihasilkan dari perlakuan penambahan ragi serta tepung jamur tiram dalam berbagai konsentrasi. Tekstur merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas tempe, karena berhubungan langsung dengan tingkat pertumbuhan miselium *Rhizopus* sp. yang mengikat biji kedelai. Semakin merata dan optimal pertumbuhan miselium, maka tempe akan memiliki tekstur yang lebih

padat, kompak, dan tidak mudah hancur.

Table 4. Deskripsi Data Tekstur

Perlakuan	Deskripsi Tekstur	Kategori
P1 (Kontrol)	Tekstur kurang padat, miselium belum tumbuh optimal sehingga biji kedelai masih mudah terlepas satu sama lain.	Kurang kompak
P2	Tekstur mulai menyatu akibat pertumbuhan miselium, namun masih terdapat beberapa rongga di antara biji kedelai sehingga kekompakan belum merata.	Agak kompak
P3	Tekstur lebih padat dengan pertumbuhan miselium yang merata, mampu mengikat hampir seluruh biji kedelai sehingga menghasilkan struktur tempe yang lebih homogen dan kuat.	Kompak

Source: Research Data (2025).

Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan karakteristik tekstur tempe kedelai pada setiap perlakuan pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Perlakuan P1 (kontrol tanpa penambahan ragi dan tepung jamur tiram) menghasilkan tekstur yang kurang kompak, ditandai dengan pertumbuhan miselium yang belum optimal sehingga biji kedelai masih mudah terlepas satu sama lain. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanpa penambahan ragi, proses fermentasi belum berlangsung secara maksimal sehingga pembentukan struktur tempe masih rendah. Pada perlakuan P2, penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh menghasilkan

tekstur yang agak kompak. Pertumbuhan miselium mulai menyelimuti permukaan biji kedelai dan membentuk ikatan antarbiji, meskipun masih dijumpai beberapa rongga sehingga kekompakan tempe belum merata. Sementara itu, perlakuan P3, yaitu kombinasi ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) sebanyak 1 gram, menghasilkan tekstur yang lebih kompak dengan pertumbuhan miselium yang lebih merata dan mampu mengikat hampir seluruh biji kedelai. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kombinasi ragi dan tepung jamur tiram memberikan kecenderungan menghasilkan struktur tempe yang lebih padat, homogen, dan stabil dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 5. Hasil Uji ANOVA Tekstur

SK (Sumber Keragaman)	Db	JK	KT
Perlakuan	2	13,56	6,78
Galat	6	2,00	0,33

SK (Sumber Keragaman)	Db	JK	KT
Total	8	15,56	1,94

Hasil analisis Analysis of Variance (ANOVA) satu arah menunjukkan bahwa pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tekstur tempe kedelai. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Fhitung sebesar 20,33, yang lebih besar daripada Ftabel sebesar 4,74 pada taraf signifikansi 5% ($20,33 > 4,74$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tekstur tempe kedelai di antara perlakuan P1 (kontrol tanpa penambahan ragi dan tepung jamur tiram), P2 (penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh), dan P3 (penambahan ragi sebanyak $\frac{1}{4}$ sendok teh yang dikombinasikan dengan tepung jamur tiram sebanyak 1 gram).

Perbedaan tekstur yang dihasilkan menunjukkan bahwa

variasi perlakuan selama proses fermentasi memengaruhi pertumbuhan miselium *Rhizopus oligosporus* yang berperan dalam mengikat biji kedelai menjadi struktur tempe yang lebih padat dan homogen. Semakin optimal pertumbuhan miselium, semakin tinggi tingkat kekompakan tekstur tempe yang dihasilkan. Dengan demikian, hasil analisis ANOVA membuktikan bahwa pemberian ragi maupun kombinasi ragi dan tepung jamur tiram berpengaruh terhadap pembentukan tekstur tempe kedelai, sehingga hipotesis penelitian yang menyatakan adanya pengaruh perlakuan terhadap tekstur tempe dapat diterima. Hasil analisis ini kemudian diperkuat melalui uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perlakuan yang memberikan perbedaan nyata terhadap tekstur tempe kedelai.

*Tabel 6. Hasil Uji Duncan
Tekstur*

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + Rata-rata DMRT	Kelompok
P1	7,67	10,81	a
P2	6,33	8,93	b
P3	4,67	6,58	ab

Source: Research Data (2025).

Tekstur tempe yang dihasilkan dalam penelitian ini dipengaruhi oleh proses pembentukan miselia yang dilakukan oleh *Rhizopus* sp. selama fermentasi. Miselia yang tumbuh dan menyebar pada permukaan serta di antara biji kedelai berfungsi sebagai pengikat alami yang menyebabkan biji-biji kedelai saling menyatu sehingga terbentuk struktur tempe yang lebih kompak dan padat. Aktivitas *Rhizopus* dalam menghasilkan enzim seperti protease juga berperan dalam menguraikan protein kedelai menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga tekstur tempe menjadi lebih lunak namun tetap memiliki kerapatan yang baik. Selain itu, penambahan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) turut memengaruhi karakteristik tekstur karena jamur tiram memiliki kadar air yang cukup tinggi, sehingga pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kelembaban adonan dan menyebabkan tekstur tempe menjadi lebih lembut. Perubahan struktur tempe juga terlihat dari perbedaan tingkat kekompakan antar perlakuan, di mana semakin tinggi aktivitas miselia dan semakin seimbang kadar air bahan tambahan, maka struktur tempe yang terbentuk

menjadi lebih homogen, padat, dan tidak mudah hancur.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh de Reu et al. (1995) yang menyatakan bahwa selama proses fermentasi tempe oleh *Rhizopus oligosporus* terjadi hidrolisis protein yang menghasilkan pembentukan struktur miselia yang mengikat biji kedelai sehingga menghasilkan tekstur tempe yang lebih kompak. Hal ini juga diperkuat oleh Handoyo dan Morita (2006) yang menjelaskan bahwa aktivitas *Rhizopus oligosporus* berperan dalam perubahan struktur dan sifat fungsional tempe, termasuk pembentukan jaringan miselia yang memengaruhi kekompakan tekstur. Selain itu, Permatasari et al. (2025) juga menyatakan bahwa konsentrasi ragi *Rhizopus oligosporus* berpengaruh terhadap karakteristik fisik tempe, termasuk tingkat kerapatan dan teksturnya. Sementara itu, penambahan jamur dalam produk tempe juga didukung oleh penelitian Kusumah et al. (2018) yang menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur dapat dipengaruhi oleh kondisi bahan baku dan berkontribusi terhadap perubahan sifat fisik produk fermentasi. Secara keseluruhan,

berbagai penelitian tersebut mendukung hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa kombinasi ragi dan bahan tambahan jamur tiram berpengaruh terhadap perubahan tekstur tempe.

Kelebihan dari penelitian ini terletak pada penerapan kombinasi perlakuan ragi dan tepung jamur tiram secara langsung dalam proses pembuatan tempe kedelai, sehingga tidak hanya mengkaji pengaruh fermentasi oleh *Rhizopus* tetapi juga integrasi bahan tambahan alami terhadap karakteristik tekstur tempe. Selain itu, penelitian ini juga mengaitkan hasil eksperimen dengan pengembangan bahan ajar berupa LKPD bioteknologi untuk siswa kelas XII SMA, sehingga hasil penelitian tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga aplikatif dalam dunia pendidikan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi ganda baik dalam bidang ilmu pangan maupun sebagai sumber belajar yang kontekstual bagi peserta didik.

3. Implementasi Hasil Penelitian sebagai LKPD pada Materi Bioteknologi Kelas XII SMA

Hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian ragi dan tepung

jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam pembuatan tempe kedelai selanjutnya diimplementasikan sebagai bahan ajar dalam bentuk Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi bioteknologi kelas XII SMA. LKPD ini disusun berdasarkan hasil eksperimen agar peserta didik dapat memahami konsep fermentasi secara kontekstual melalui kegiatan praktikum yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Selain itu, LKPD yang dikembangkan bertujuan untuk melatih keterampilan proses sains siswa melalui kegiatan observasi, pengumpulan data, analisis hasil, dan penarikan kesimpulan berdasarkan proses pembuatan tempe dengan perlakuan yang berbeda.

Tabel 7. Hasil Validasi LKPD

Validator	Skor	Kriteria
1	85	Valid
2	87	Sangat valid
3	85	Valid

Hasil validasi LKPD yang berada pada kategori valid hingga sangat valid menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan sebagai media pembelajaran yang baik. Hal ini sesuai dengan konsep validitas perangkat

pembelajaran yang menekankan bahwa suatu bahan ajar harus memiliki kesesuaian isi, konstruksi, dan bahasa agar dapat digunakan secara efektif dalam proses pembelajaran. Selain itu, LKPD yang dikembangkan juga menerapkan pendekatan pembelajaran kontekstual, karena materi yang disajikan dikaitkan langsung dengan hasil penelitian mengenai fermentasi tempe menggunakan ragi dan tepung jamur tiram, sehingga siswa dapat memahami konsep bioteknologi melalui pengalaman nyata. Hal ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis penelitian (*research-based learning*) yang menuntut siswa untuk mengamati, menganalisis, dan menarik kesimpulan dari data eksperimen, sehingga LKPD tidak hanya berfungsi sebagai bahan latihan, tetapi juga sebagai sarana untuk mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah dan pemahaman konsep secara lebih mendalam.

Hasil pengembangan LKPD dalam penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian pengembangan LKPD berbasis praktikum dan pembelajaran kontekstual yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan ajar berbasis kegiatan

eksperimen mampu meningkatkan validitas dan kelayakan perangkat pembelajaran. Penelitian-penelitian tersebut umumnya menyimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan berdasarkan hasil penelitian atau kegiatan praktikum memiliki tingkat validitas yang tinggi karena mampu menyajikan materi secara lebih nyata dan mudah dipahami oleh peserta didik. Selain itu, pendekatan berbasis penelitian dalam LKPD juga terbukti dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, karena siswa tidak hanya menerima informasi secara teori, tetapi juga melakukan pengamatan langsung terhadap fenomena yang dipelajari. Dengan demikian, hasil pengembangan LKPD dalam penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa LKPD berbasis eksperimen dan kontekstual merupakan perangkat pembelajaran yang layak dan efektif digunakan dalam pembelajaran bioteknologi di tingkat SMA.

LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan manfaat yang signifikan terhadap proses pembelajaran bioteknologi di kelas XII SMA. LKPD tersebut membantu peserta didik memahami konsep

fermentasi secara lebih konkret melalui kegiatan praktikum pembuatan tempe dengan perlakuan yang berbeda, sehingga materi tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga aplikatif. Selain itu, penggunaan LKPD berbasis hasil penelitian ini dapat meningkatkan aktivitas belajar siswa, melatih keterampilan proses sains seperti mengamati, mengumpulkan data, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan secara ilmiah. LKPD ini juga mendorong siswa untuk berpikir kritis dan memahami keterkaitan antara konsep bioteknologi dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna, interaktif, dan sesuai dengan tuntutan kurikulum yang menekankan pembelajaran berbasis aktivitas dan pemecahan masalah.

4. Implikasi Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa implikasi yang dapat ditinjau dari aspek teoritis, praktis, kontribusi penelitian, keterbatasan, serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Implikasi penelitian tersebut meliputi:

a. Implikasi teoritis dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses

fermentasi tempe oleh *Rhizopus* sp. tidak hanya memengaruhi pembentukan tekstur melalui pertumbuhan miselia, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan seperti tepung jamur tiram. Hal ini memperkaya kajian teori bioteknologi pangan, khususnya dalam proses fermentasi kedelai, bahwa faktor eksternal dapat memodifikasi karakteristik fisik dan kimia produk fermentasi.

b. Implikasi praktis penelitian ini dapat diterapkan dalam pengembangan produk pangan berbasis tempe yang memiliki kualitas tekstur dan kandungan gizi yang lebih bervariasi. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan dalam dunia pendidikan sebagai bahan ajar kontekstual melalui LKPD, sehingga membantu guru dalam menyampaikan materi bioteknologi secara lebih aplikatif dan menarik.

c. Kontribusi penelitian ini terletak pada penggabungan aspek eksperimen pangan dan pengembangan media pembelajaran. Penelitian ini tidak hanya menghasilkan data ilmiah mengenai pengaruh ragi dan tepung jamur tiram terhadap tekstur dan kandungan lemak tempe, tetapi juga

menghasilkan produk LKPD yang telah divalidasi dan dapat digunakan dalam pembelajaran bioteknologi di SMA.

Keterbatasan penelitian ini antara lain jumlah perlakuan dan ulangan yang masih terbatas, serta variabel yang diamati hanya fokus pada kandungan lemak dan tekstur. Selain itu, penelitian ini belum mengkaji aspek sensori secara lebih luas seperti rasa dan aroma yang juga penting dalam kualitas tempe. Rekomendasi penelitian selanjutnya adalah agar dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi ragi dan tepung jamur tiram yang lebih beragam, serta penambahan parameter pengujian lain seperti kadar protein, uji organoleptik, dan daya simpan produk. Selain itu, pengembangan LKPD juga dapat diperluas dengan uji efektivitas pada peserta didik untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil belajar secara lebih mendalam.

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan lemak dan perubahan tekstur tempe

kedelai. Temuan penelitian ini mendukung teori fermentasi yang menyatakan bahwa aktivitas kapang *Rhizopus* sp. menghasilkan enzim lipase dan protease yang berperan dalam perubahan komposisi kimia serta karakteristik fisik tempe, termasuk pembentukan miselia yang memengaruhi tekstur. Selain itu, implementasi hasil penelitian dalam bentuk LKPD memperoleh kategori valid hingga sangat valid, sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar pada materi Bioteknologi kelas XII SMA. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran berbasis penelitian sekaligus membuka peluang bagi penelitian lanjutan mengenai optimalisasi formulasi tempe dengan bahan tambahan alami untuk memperoleh kualitas gizi dan tekstur yang lebih baik.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh pemberian ragi dan tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam proses pembuatan tempe kedelai terhadap kandungan lemak dan tekstur sebagai bahan ajar

Bioteknologi kelas XII SMA, dapat disimpulkan bahwa penggunaan ragi dan tepung jamur tiram memberikan pengaruh yang nyata terhadap kualitas tempe yang dihasilkan. Pada aspek kandungan lemak, perlakuan dengan penambahan ragi dan tepung jamur tiram (P2) menghasilkan kadar lemak paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi dan penambahan bahan alami tersebut mampu memengaruhi komposisi kimia tempe secara signifikan. Pada aspek tekstur, perlakuan yang sama juga menghasilkan tempe dengan karakteristik tekstur yang lebih halus dan lebih lembut dibandingkan perlakuan tanpa ragi maupun hanya dengan ragi. Hasil uji statistik ANOVA memperkuat temuan tersebut dengan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan baik pada kandungan lemak maupun tekstur tempe, sehingga dapat dinyatakan bahwa hipotesis penelitian diterima. Hasil pengembangan LKPD yang disusun berdasarkan penelitian ini menunjukkan kategori valid hingga sangat valid, yang berarti LKPD tersebut layak digunakan sebagai bahan ajar pada materi Bioteknologi

kelas XII SMA. Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran ilmiah mengenai perubahan karakteristik tempe, tetapi juga menghadirkan produk pembelajaran yang kontekstual, aplikatif, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran abad 21.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Nurainy, F., & Astuti, S. (2014). Pengaruh perlakuan awal terhadap karakteristik kimia dan organoleptik tepung jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 19(2), 117–126. <https://doi.org/10.23960/jtihp.v19i2.117-126>
- Astuti, S., Suharyono, A. S., & Fitra, N. (2016). Pengaruh formulasi jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dan tapioka terhadap sifat fisik, organoleptik, dan kimia kerupuk. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 16(3), 231–239. <https://doi.org/10.25181/jppt.v16i3.94>
- Damayanti, R. W., Rosyidi, C. N., Priadythama, I., & Aisyati, A. (2014). Alternatif diversifikasi pengolahan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) menjadi tepung jamur. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 13(2), 119–128. <https://doi.org/10.20961/performa.13.2.10068>
- De Reu, J. C., Ten Wolde, R. M., De Groot, J., Nout, M. J. R., Rombouts, F. M., & Gruppen, H. (1995). Protein hydrolysis during soybean tempe fermentation with *Rhizopus oligosporus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8), 2235–2239. <https://doi.org/10.1021/jf00056a050>
- Dhillon, G. K., Kour, A., & Salazar, B. M. (2023). Potential of *Pleurotus ostreatus* as a novel protein source in rice-millet-based gluten-free muffins. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), Article 2191888. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2191888>
- Escalante, A. (2023). Physicochemical, techno-functional and antioxidant properties of *Pleurotus* spp. powders. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 26. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.595>
- Handoyo, T., & Morita, N. (2006). Structural and functional properties of fermented soybean (tempeh) by using *Rhizopus oligosporus*. *International Journal of Food Properties*, 9(2), 347–355. <https://doi.org/10.1080/10942910500224746>
- Jonesti, W. P., Prihatna, C., Natadiputri, G. H., Suwanto, A., & Meryandini, A. (2023). Tempeh flour as an excellent source of paraprobiotics. *Biodiversitas*, 24(3). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240357>
- Kustyawati, M. E. (2009). Kajian peran yeast dalam pembuatan tempe. *AGRITECH*, 29(2), 64–75. <https://doi.org/10.22146/agritech.9765>
- Kusumah, D., Kabuyama, Y., & Maeda, I. (2018). Promotion of fungal growth, antibacterial and antioxidative activities in tempe produced with soybeans thermally treated using steam pressure. *Food Science and Technology Research*, 24(3), 395–402.

- <https://doi.org/10.3136/fstr.24.395>
Matsumoto, I., & Imai, S. (1990). Changes of chemical composition of tempe during fermentation. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37(2), 130–138. <https://doi.org/10.3136/nskkk1962.37.130>
- Nout, M. J. R., & Kiers, J. L. (2005). Tempe fermentation, innovation and functionality: Update into the third millennium. *Journal of Applied Microbiology*, 98(4), 789–805. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02471.x>
- Permatasari, N. G. A. S., Suparthana, I. P., & Wisaniyasa, N. W. (2025). Pengaruh konsentrasi ragi *Rhizopus oligosporus* DP02 Bali terhadap karakteristik tempe kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 14(3). <https://doi.org/10.24843/itepa.2025.v14.i03.p02>
- Rahmawati. (2020). The nutrition content of oyster mushroom and spinach flour alternative food processed ingredients. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(2). <https://doi.org/10.26418/jft.v3i2.43380>
- Raman, J., Jang, K. Y., Oh, Y. L., Oh, M., Im, J. H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and nutritional value of prominent *Pleurotus* spp.: An overview. *Mycobiology*, 49(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>
- Ritota, M., & Manzi, P. (2023). Edible mushrooms: Functional foods or functional ingredients? A focus on *Pleurotus* spp. *AIMS Agriculture and Food*, 8(2), 391–439. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023022>
- Rizal, S., Kustyawati, M. E., Murhadi, R., Sari, R. K., & Hidayat, R. (2024). Microbiological, sensory, and chemical properties of high-quality tempeh made with instant inoculum powder. *Food Science and Technology International*, 32(1), 94–103. <https://doi.org/10.1177/10820132241264443>
- Sawitri, A., & Santoso, H. (2014). Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar protein tempe biji durian (*Durio zibethinus*) sebagai sumber belajar biologi SMA kelas XII pada materi bioteknologi pangan. *Bioedukasi*, 5(2), 78–84. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v5i2.792>
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (2019). History of Tempeh and Tempeh Products (1815–2011). Soyinfo Center.
- Siyaame, P., Kassim, N., & Makule, E. (2021). Effectiveness and suitability of oyster mushroom in improving the nutritional value of maize flour used in complementary foods. *International Journal of Food Science*, 2021, Article 8863776. <https://doi.org/10.1155/2021/8863776>
- Steinkraus, K. H. (1996). Handbook of Indigenous Fermented Foods (2nd ed.). Marcel Dekker.
- Surbakti, E. S. P., Duniaji, A. S., & Nociantiri, K. A. (2022). Pengaruh jenis substrat terhadap pertumbuhan *Rhizopus oligosporus* DP02 Bali dalam pembuatan ragi tempe. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 11(1), 92–99.
- Torres-Martínez, B. M., Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Esqueda, M. C., Rodríguez-Carpena, J. G., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á., & Sánchez-Widodo, E. K., Sucahyo, B. S., & Yuniati, Y. (2024). Pengaruh penambahan jamur tiram pada

nugget tempe terhadap mutu kimia dan organoleptik sebagai makanan alternatif vegan. *Pro-STek*, 6(2), 107–116.

<https://doi.org/10.35194/prs.v6i2.4129>

Widyastuti, N., & Istini, S. (2004). Optimasi proses pengeringan tepung jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan Indonesia (JIFI)*, 2(1).