

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kadar Protein

Tabel 6. Hasil Pengujian Kadar Protein Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan (%)		Konsentrasi Ragi (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	8,45 ^d	8,21 ^{ab}	8,33 ± 0,17
60	40	8,16 ^a	8,26 ^{bc}	8,21 ± 0,07
50	50	8,10 ^c	8,14 ^{ab}	8,12 ± 0,03
Rerata		8,24 ± 0,19	8,20 ± 0,06	
Kadar Protein Tempe Kedelai*				20,8g

Keterangan: ^{a-c} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda dalam satu baris menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$). (*) Tabel Komposisi Pangan Indonesia Kemenkes RI, 2019. Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%)

Berdasarkan pada Tabel 6. diketahui bahwa terdapat interaksi yang signifikan ($p < 0,05$) antara kombinasi bahan baku dan konsentrasi ragi terhadap kadar protein pada tempe. Interaksi ini ditunjukkan dengan kadar protein tertinggi yang dihasilkan oleh perlakuan kombinasi bahan baku 70:30 dengan konsentrasi ragi 0,2% yaitu sebesar 8,45%. Dominasi kadar protein pada kombinasi perlakuan tersebut berkaitan erat dengan kontribusi fraksi protein dari masing-masing bahan penyusun substrat yang merespons aktivitas ragi secara spesifik.

Tingginya kadar protein pada perlakuan ini dipicu oleh kontribusi protein nabati yang lebih besar dari kacang hijau dibandingkan biji nangka. Kacang hijau merupakan legum dengan kandungan protein tinggi (20-24%), sedangkan dalam

100 gram biji nangka terdapat 36,7 gram karbohidrat dan hanya 4,2 gram protein (Rahardjo *et al.*, 2019). Profil gizi akhir pada produk pangan komposit sangat bergantung pada bahan penyusun utamanya. Hal ini mengonfirmasi bahwa matriks protein globulin dari kacang hijau memberikan sumbangan nitrogen total yang lebih signifikan dibandingkan albumin yang terdapat pada biji nangka. Studi karakteristik fisikokimia menunjukkan bahwa protein kacang hijau didominasi oleh fraksi globulin (vicilin) dan albumin yang memiliki tingkat kelarutan air hingga >80% (Du *et al.*, 2017). Sedangkan, kedelai dengan varietas unggul diketahui hanya memiliki protein terlarut yang berkisar antara 22-28% (Hou *et al.*, 2025). Tingginya proporsi protein terlarut pada kacang hijau memberikan keunggulan dibandingkan legum lain yang memiliki struktur protein kompleks dan resisten.

Fraksi protein terlarut memegang peranan penting dalam keberhasilan fermentasi karena merupakan bentuk substrat nitrogen yang siap dimanfaatkan oleh kapang. Karakteristik kelarutan ini menjadi faktor kompensasi terhadap rendahnya total protein pada kacang hijau jika dibandingkan dengan kedelai. Berdasarkan penelitian oleh Brishti *et al.* (2017) membuktikan bahwa isolat protein kacang hijau memiliki daya cerna dan solubilitas yang setara dengan protein kedelai sehingga mudah diserap oleh sistem pencernaan. Aksesibilitas gizi yang tinggi ini memungkinkan kapang tempe untuk tumbuh optimal dan melakukan metabolisme pemecahan gizi dengan efisien meskipun substrat utamanya memiliki densitas nitrogen total yang lebih rendah dibandingkan kedelai.

Fenomena penurunan kadar protein teramati seiring dengan peningkatan jumlah inokulum yang diaplikasikan pada media fermentasi. Penggunaan

konsentrasi ragi yang lebih tinggi cenderung menghasilkan kadar protein yang lebih rendah. Hal ini dapat dikaitkan dengan aktivitas proteolitik kapang *Rhizopus spp.* Pada konsentrasi inokulum yang lebih tinggi (0,4%), pertumbuhan kapang menjadi lebih masif dan aktivitas enzim protease meningkat tajam. Berdasarkan pernyataan Sopacua *et al.* (2025) disebutkan bahwa konsentrasi ragi yang tinggi meningkatkan aktivitas enzim proteolitik *R. oligosporus* yang dapat mempercepat proses pemecahan protein sehingga terdegradasi menjadi bagian lebih sederhana yang membuat jumlah protein total pada tempe berkurang.

Pola data yang berbeda teramati pada proporsi substrat dengan kandungan biji nangka yang lebih tinggi. Hal berbeda terlihat pada kombinasi bahan 60:40 dan 50:50, di mana peningkatan ragi ke 0,4% cenderung mempertahankan kadar protein. Hal ini menunjukkan bahwa pada substrat dengan kandungan pati yang lebih tinggi, keberadaan biomassa kapang yang lebih tinggi dibutuhkan untuk mengkompensasi rendahnya substrat protein melalui sumbangan protein sel tunggal dari miselium kapang itu sendiri. Menurut Geerits *et al.* (2025) menyatakan bahwa fungi memiliki kemampuan untuk mengonversi bahan baku yang kaya karbohidrat menjadi biomassa miselium yang kaya protein. Oleh karena itu, tidak ada pengaruh nyata pada faktor tunggal ragi disebabkan oleh efek yang saling meniadakan antara kombinasi bahan dan konsentrasi ragi.

Evaluasi terhadap kelayakan mutu produk dilakukan dengan membandingkan capaian kadar protein aktual terhadap SNI yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar protein hasil kombinasi kacang hijau dan biji nangka berkisar antara 8,10 – 8,45%. Apabila dikomparasikan dengan syarat mutu

tempe kedelai yang ditetapkan dalam SNI 3144:2015 di mana kadar protein tempe adalah minimal 15% (b/b), maka produk hasil penelitian ini belum memenuhi standar minimal protein pada tempe komersial.

Ketidaksesuaian hasil protein dengan syarat mutu SNI dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik kedelai yang merupakan biji-bijian berprotein tinggi (35-40%). Sementara itu, bahan baku seperti biji nangka didominasi oleh karbohidrat dengan kadar protein bawaan yang rendah. Berdasarkan penelitian Sari *et al.* (2016) ditemukan bahwa dalam fortifikasi tempe kedelai dengan penambahan biji nangka lebih dari 25% mengalami penurunan kadar protein akibat kandungan protein yang ada dalam substrat lain terserap menjadi energi dalam proses fermentasi. Proses *pre-treatment* dalam pembuatan tempe seperti pengukusan juga dapat mempengaruhi struktur yang dimiliki oleh kacang hijau sebagai substrat penyumbang protein terbesar. Menurut Astuti dan Tribudi (2017) suhu tinggi yang digunakan dalam pengolahan menyebabkan protein rusak dan menggumpal. Hal ini yang menyebabkan total protein terukur menjadi rendah dan tidak sesuai dengan syarat minimal SNI yaitu kadar protein pada tempe minimal 15%.

4.2. Kadar Air

Tabel 7. Hasil Pengujian Kadar Air Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan (%)		Konsentrasi Ragi (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	62,64 ^a	65,25 ^{bc}	63,95 ± 1,85
60	40	64,21 ^b	66,45 ^c	65,33 ± 1,58
50	50	66,51 ^c	66,68 ^c	66,60 ± 0,12
Rerata		64,45 ± 1,95	66,13 ± 0,77	
Kadar Air Tempe Kedelai*				55,3g

Keterangan: ^{a-c} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda dalam satu baris menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$). (*) Tabel Komposisi Pangan Indonesia Kemenkes RI, 2019. Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%).

Berdasarkan pada Tabel 7. diketahui bahwa terdapat interaksi yang nyata antara kombinasi proporsi bahan baku dan konsentrasi ragi terhadap parameter kadar air tempe. Interaksi ini menghasilkan kadar air terendah pada perlakuan 70:30 ragi 0,2% yaitu sebesar 62,64%. Rendahnya kadar air pada perlakuan ini memiliki korelasi positif dengan tingginya proporsi kacang hijau yang digunakan dalam formulasi sampel. Biji nangka memiliki kandungan gizi 72,09g karbohidrat dan 13,72g protein dalam 100g, sedangkan kacang hijau merupakan sumber protein dengan kandungan 22,9% (Paramitha *et al.*, 2025). Pati yang lebih tinggi menyebabkan biji nangka mampu mengikat lebih banyak air setelah proses perendaman dan pengukusan. Rendahnya kadar air pada sampel 70:30 ragi 0,2% disebabkan oleh tingginya protein pada kacang hijau yang dapat memodifikasi distribusi air dalam sistem pati tempe, protein yang terdenaturasi saat pengukusan

cenderung meningkatkan interaksi hidrofobik. Hal ini sesuai dengan pendapat Tarahi *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa matriks protein pada kacang hijau mampu membatasi pembengkakan granula pati melalui interaksi protein-pati, yang menghasilkan daya ikat air yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan bahan berbasis pati murni.

Mekanisme penurunan kadar air pada sampel tidak hanya dipengaruhi oleh matriks bahan baku, melainkan juga ditentukan oleh intensitas metabolisme kapang. Penggunaan konsentrasi ragi yang rendah pada tempe 70:30 ragi 0,2% menyebabkan aktivitas metabolisme kapang berjalan pada laju moderat. Hal ini sesuai dengan pendapat Fauziah *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa semakin banyak kapang yang digunakan maka suhu pada proses fermentasi meningkat sehingga mikrobia mencerna substrat dan menghasilkan air, karbondioksida, dan sejumlah energi selama proses fermentasi. Hal ini mendukung hasil data yang memperlihatkan kadar air pada tempe dengan ragi 0,4% cenderung memiliki kadar air yang lebih tinggi. Berdasarkan pada Tabel 7. formulasi tempe yang memenuhi syarat mutu SNI 3144:2015 adalah sampel P1 (70:30, ragi 0,2%) dan P2 (60:40, ragi 0,2%) dengan kadar air < 65%.

Pola data yang berkebalikan teramati secara signifikan pada variasi perlakuan dengan dominasi substitusi biji nangka dan konsentrasi ragi yang tinggi. Berdasarkan pada Tabel hasil pengujian kadar air diketahui bahwa perlakuan 50:50 ragi 0,4% memperoleh nilai kadar air yang tertinggi yaitu sebesar 66,68%. Tingginya kadar air pada perlakuan ini disebabkan oleh interaksi antara tingginya proporsi biji nangka dan peningkatan konsentrasi ragi. Biji nangka memiliki

kandungan pati yang tinggi sehingga mengalami proses gelatinisasi selama perebusan biji, hal ini menyebabkan struktur granula pati membengkak dan memerangkap air dalam jumlah besar. Hal ini sejalan dengan pendapat Sari *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa semakin tinggi proporsi substitusi biji nangka, semakin tinggi pula kadar air akhir produk karena sifat pati biji nangka yang higroskopis dan mampu menahan air lebih kuat dibandingkan matriks protein kedelai. Selain itu penggunaan ragi 0,4% dapat meningkatkan laju respirasi seluler kapang yang memproduksi air lebih banyak, sehingga menambah kelembaban total pada produk akhir.

Implikasi dari tingginya retensi air dan produksi air metabolik pada formulasi tersebut berdampak langsung pada ketidaksesuaian produk terhadap syarat mutu SNI. Kadar air pada perlakuan dengan proporsi biji nangka dan ragi tinggi memiliki nilai yang melebihi batas maksimal dari syarat mutu yang telah ditetapkan dalam SNI 3144:2015 tentang Tempe Kedelai, yaitu maksimal kadar air adalah 65%. Perlakuan dengan proporsi biji nangka atau konsentrasi ragi yang tinggi cenderung melewati batas maksimal, hal ini disebabkan oleh karakteristik bahan baku biji nangka yang menyerap air serta peningkatan suhu saat fermentasi yang disebabkan oleh penggunaan ragi yang tinggi menyebabkan pengembunan dalam plastik kemasan. Hal ini sejalan dengan pendapat Rodriguez *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa biji nangka memiliki kapasitas penyerapan air (*Water Absorption Capacity*) dan daya kembang (*Swelling Power*) signifikan yang meningkat seiring kenaikan suhu, granula pati mengalami gelatinisasi dan menyerap air menyebabkan pembengkakan volume.

Tingginya kadar air berlebih dalam matriks produk memberikan dampak negatif terhadap stabilitas mikrobiologis selama penyimpanan. Kondisi kadar air yang tinggi dapat memperpendek umur simpan dan memicu pertumbuhan bakteri pembusuk (*Bacillus sp.*) yang menyebabkan tempe berlendir atau berbau masam lebih cepat. Suatu bahan pangan yang memiliki kadar air yang rendah maka dapat memperlambat proses pembusukan yang disebabkan oleh bakteri, kapang, dan khamir (Normilawati *et al.*, 2019).

Berdasarkan pada evaluasi standar mutu tersebut diketahui bahwa diperlukan solusi teknis untuk menurunkan kadar air pada formulasi dengan proporsi biji nangka tinggi agar sesuai dengan SNI. Solusi yang dapat diterapkan adalah dengan memperpanjang durasi penirisan setelah proses pengkukusan dan sebelum inokulasi ragi. Permukaan biji harus dipastikan benar-benar kering untuk mengurangi kadar air awal. Selain itu, kelembapan lingkungan fermentasi juga harus diperhatikan untuk menekan kadar air produk akhir. Hal ini sesuai dengan pendapat Gomez *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa apabila kelembapan ruang tinggi, maka kadar air kesetimbangan produk juga akan tinggi, sebaliknya jika kelembapan dikendalikan maka kadar air produk akan lebih rendah.

4.3. Aktivitas Air

Tabel 8. Hasil Pengujian Aktivitas Air Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan ^{tn} (%)		Konsentrasi Ragi ^{tn} (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	0,81	0,82	0,82 ± 0,01
60	40	0,82	0,82	0,82 ± 0,00
50	50	0,82	0,82	0,82 ± 0,00
Rerata		0,82 ± 0,01	0,82 ± 0,00	
a_w Tempe Kedelai*				0,99

Keterangan: ^{tn} menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata ($p > 0,05$). (*) (Sundari *et al.*, 2024). Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%).

Berdasarkan pada Tabel 8. diketahui bahwa hasil uji statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata ($p > 0,05$) antar perlakuan terhadap nilai aktivitas air (a_w) tempe. Nilai aktivitas air yang dihasilkan pada seluruh perlakuan berkisar antara 0,81 – 0,82. Nilai ini mengindikasikan bahwa variasi proporsi bahan baku kacang hijau dan biji nangka serta perbedaan konsentrasi ragi tidak memberikan dampak signifikan terhadap ketersediaan air bebas dalam produk akhir. Berikut merupakan pembahasan lebih lanjut mengenai hasil data pada Tabel 8.

1. Pengaruh Proporsi Bahan Baku terhadap Aktivitas Air (a_w)

Berdasarkan statistik, variasi proporsi bahan baku tidak berpengaruh nyata. Hal ini disebabkan oleh kedua bahan yang telah melalui proses pra-pengolahan yaitu perendaman bahan dan pengukusan sehingga menyeragamkan tingkat hidrasi bahan. Menurut Castaneda *et al.* (2024) proses perendaman biji-bijian akan melunakkan struktur bahan sehingga

mempermudah proses penetrasi ke dalam granula pati dan protein. Selain itu, proses gelatinisasi pati pada biji nangka dan denaturasi protein pada kacang hijau selama pengukusan menyebabkan air terperangkap dalam matriks bahan dalam jumlah yang sama. Menurut Choiriyah *et al.* (2020) proses pemanasan menyebabkan terjadinya gelatinisasi parsial yang mampu meningkatkan kapasitas pengikatan air menjadi lebih tinggi. Air terikat (*bound water*) yang stabil akibat pengukusan tersebut menghasilkan ketersediaan air bebas untuk aktivitas mikroba sehingga relatif seragam antar perlakuan.

Mekanisme kestabilan air dalam matriks komposit diperkuat oleh peran fungsional protein kacang hijau yang berinteraksi secara sinergis dengan pati biji nangka. Keberadaan protein pada kacang hijau berperan dalam membentuk jaring yang membatasi pengembangan granula pati secara berlebihan, sehingga menstabilkan nilai a_w . Interaksi antara pati dan protein dalam sistem pangan campuran dapat memodifikasi distribusi air, di mana gugus hidrofilik protein bersaing dengan pati dalam mengikat air. Hal ini sesuai dengan pendapat Tarahi *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa penambahan protein pada sistem pati dapat menghambat *swelling power* dan meningkatkan stabilitas matriks gel, yang menyebabkan air tertahan secara fisik dan kimiawi dalam struktur yang padat, menghasilkan nilai aktivitas air yang konsisten meskipun rasio bahannya bervariasi.

Penerimaan stabilitas air bebas yang terbentuk dalam matriks tersebut dapat ditinjau dari parameter keamanan mikrobiologis produk.

Berdasarkan aspek mikrobiologi pangan, nilai a_w pada kisaran 0,81 – 0,82 yang dihasilkan dari faktor bahan baku ini dinilai aman untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen namun tetap cukup untuk mendukung pertumbuhan kapang. Hal ini sesuai dengan Mojiono *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa kelompok bakteri umumnya membutuhkan nilai a_w diatas 0,91 untuk tumbuh optimal, sedangkan kelompok jamur atau kapang dapat tumbuh dengan baik pada kisaran a_w 0,80 keatas. Nilai a_w yang dihasilkan dari percobaan ini memberikan keuntungan berupa daya simpan yang relatif lebih baik karena dapat menghambat proliferasi bakteri tanpa mengganggu pertumbuhan miselium tempe.

2. Pengaruh Konsentrasi Ragi terhadap Aktivitas Air (a_w)

Perlakuan konsentrasi ragi (0,2% dan 0,4%) tidak memberikan perbedaan nyata pada nilai a_w . Hal ini disebabkan oleh mekanisme keseimbangan antara produksi air metabolik dan penguapan selama fermentasi. Menurut Ratnajunita *et al.* (2024) gizi substrat akan di metabolisme oleh kapang selama proses fermentasi sehingga menghasilkan panas yang menyebabkan munculnya uap air. Laju fermentasi yang moderat akan menghasilkan panas metabolisme yang lebih rendah, sehingga evaporasi air dari dalam jaringan tempe ke lingkungan menjadi lebih sedikit dan mempertahankan jumlah air bebas yang lebih tinggi.

Selisih konsentrasi inokulum antara 0,2% dan 0,4% belum cukup signifikan untuk mengubah struktur porositas miselium yang terbentuk

secara drastis dalam kurun waktu fermentasi yang ditentukan. Pada penelitian terdahulu, menurut Nursiwi *et al.* (2021) ragi yang digunakan dalam *solid-state fermentation* (SSF) adalah 0,8% – 1,6% (interval 0,4%) untuk melihat perbedaan miseliumnya. Dalam SSF, ketersediaan air bebas lebih dipengaruhi oleh karakteristik higroskopis substrat daripada variasi kecil jumlah inokulum awal. Hal ini sesuai dengan pendapat He *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa status ketersediaan air dalam SSF ditentukan secara fundamental oleh karakteristik higroskopis dan porositas substrat. Parameter a_w cenderung mencapai titik ekuilibrium yang sama akibat *Water Holding Capacity* (WHC) dari matriks substrat walaupun ada peningkatan inokulum.

Ketidakberadaan pengaruh yang signifikan dari konsentrasi ragi terhadap a_w memberikan implikasi efisiensi dalam proses produksi. Penggunaan konsentrasi ragi sebesar 0,2% terbukti cukup efektif untuk menghasilkan tempe dengan aktivitas air yang setara dengan konsentrasi 0,4%. Sistem SSF memiliki kelemahan alami yaitu sulit dalam mencegah *heat build-up* dan mengontrol kelembaban dalam tumpukan substrat (Naeimi *et al.*, 2020). Oleh karena itu, optimalisasi ragi perlu mempertimbangkan efisiensi. Penggunaan konsentrasi ragi 0,2% lebih ideal untuk menjaga kestabilan suhu dan biaya.

4.4. Sifat Organoleptik

4.4.1. Warna

Tabel 9. Hasil Pengujian Organoleptik Warna Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan ^{tn} (%)		Konsentrasi Ragi ^{tn} (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	2,57	2,57	2,57 ± 0,00
60	40	2,94	2,84	2,89 ± 0,07
50	50	2,47	2,67	2,57 ± 0,14
Rerata		2,66 ± 0,25	2,69 ± 0,14	

Keterangan: ^{tn} menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata ($p > 0,05$). Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%).

Berdasarkan pada Tabel 9. diketahui bahwa interaksi perlakuan maupun faktor tunggal kombinasi bahan baku dan konsentrasi ragi tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kesukaan panelis pada parameter warna. Skor kesukaan warna berkisar antara 2,47 – 2,94 yang mana skala rerata tertinggi menggambarkan bahwa produk memiliki warna putih bersih dengan miselium yang merata hampir diseluruh permukaan. Rerata skor juga mengindikasikan bahwa secara visual, panelis tidak dapat membedakan secara signifikan gradasi warna antar perlakuan yang digunakan.

1. Pengaruh Proporsi Bahan Baku terhadap Mutu Organoleptik

Warna

Berdasarkan hasil olah data, variasi proporsi bahan baku kacang hijau dan biji nangka (70:30, 60:40, dan 50:50) tidak memberikan dampak

signifikan terhadap preferensi warna panelis. Hal ini disebabkan oleh proses pra-pengolahan bahan baku biji nangka. Sebelum dicampur, biji nangka telah melalui proses pengupasan kulit luar dan kulit ari, serta pengukusan yang mereduksi pigmen pencokelatan enzimatis. Hal ini sesuai dengan pendapat Dadan *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa proses pengolahan menggunakan panas mampu menghancurkan vitamin yang sensitif terhadap panas, menyebabkan oksidasi lipid, serta merusak pigmen warna alami. Dengan demikian, meskipun rasio nangka ditingkatkan hingga 50%, warna tempe saat diiris tidak menunjukkan perbedaan yang dapat menurunkan penerimaan panelis secara signifikan.

Implikasi dari hasil yang tidak berbeda nyata ini positif terhadap pengembangan produk tempe alternatif. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi kacang hijau dengan biji nangka masih bisa diterima secara visual oleh konsumen. Menurut Yuwana *et al.* (2022) parameter warna dalam penilaian mutu fisik produk dan penerimaan konsumen merupakan aspek paling penting dan paling kompleks untuk distandarisasi.

2. Pengaruh Konsentrasi Ragi terhadap Mutu Organoleptik Warna

Faktor konsentrasi ragi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap mutu organoleptik warna. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan konsentrasi 0,2% mampu mencapai ambang batas minimal yang diperlukan untuk menutupi permukaan substrat secara keseluruhan. Jumlah spora awal yang mencukupi untuk menginisiasi pertumbuhan miselium di seluruh celah

substrat pada waktu fermentasi yang telah ditentukan membuat peningkatan konsentrasi ragi yang lebih tinggi tidak memberikan perbedaan visual yang signifikan. Hal ini sesuai dengan pendapat Amaya dan Shimizu (2025) yang menyatakan bahwa densitas miselium sangat dipengaruhi oleh durasi inkubasi meskipun dalam kondisi lingkungan media kultur yang berbeda, pertumbuhan miselium akan seragam pada durasi awal fermentasi. Hal ini membuat penambahan inokulum tidak membuat tempe terlihat berbeda, melainkan hanya mempercepat kolonisasi awal.

Keseragaman skor warna antara perlakuan 0,2% dan 0,4% menandakan bahwa pada kedua konsentrasi tersebut menghasilkan warna yang terlihat putih dengan sedikit kuning pucat. Menurut Yulia *et al.* (2019) penambahan konsentrasi ragi hingga 0,4% memberikan warna tempe yang menyerupai warna tempe komersial pada umumnya sehingga tidak ditemukan perbedaan warna antara tempe dengan konsentrasi 0,2% ataupun 0,4%. Hasil organoleptik warna yang tidak berbeda nyata memberikan bukti dari segi efisiensi produksi, di mana konsentrasi ragi 0,2% sudah cukup efektif untuk menghasilkan tempe dengan mutu visual yang setara dengan penggunaan ragi 0,4%.

4.4.2. Aroma

Tabel 10. Hasil Pengujian Organoleptik Aroma Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan ^{tn} (%)		Konsentrasi Ragi ^{tn} (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	2,30	2,27	2,29 ± 0,02
60	40	2,67	2,27	2,47 ± 0,28
50	50	2,34	2,20	2,27 ± 0,10
Rerata		2,44 ± 0,20	2,25 ± 0,04	

Keterangan: ^{tn} menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata ($p > 0,05$). Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%).

Berdasarkan pada Tabel 10. diketahui bahwa interaksi antara kombinasi bahan baku dan konsentrasi ragi tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap mutu organoleptik aroma. Rerata skor berkisar antara 2,20 – 2,67 yang berdasarkan deskripsi skala skor menggambarkan bahwa produk beraroma khas tempe tanpa bau asam/langu. Rerata skor juga mengindikasikan bahwa panelis tidak mendeteksi perbedaan intensitas aroma yang signifikan antar perlakuan. Berikut merupakan pembahasan lebih lanjut mengenai hasil data dari Tabel 10.

1. Pengaruh Proporsi Bahan Baku terhadap Mutu Organoleptik Aroma

Berdasarkan pada data, variasi proporsi bahan baku (70:30, 60:40, dan 50:50) tidak mempengaruhi aroma karena didominasi aktivitas metabolisme kapang *Rhizopus oligosporus* dalam membentuk profil *flavor*. Aroma khas tempe terbentuk dari degradasi makromolekul karbohidrat dan protein pada bahan menjadi senyawa volatil seperti alkohol, ester, dan keton selama

fermentasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Tahir *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa fermentasi jamur mendegradasi senyawa organik seperti karbohidrat, lemak, dan protein pada substrat yang menghasilkan aroma khas tempe yang sedikit asam. Hal ini membuat perbedaan rasio substrat awal tidak terlalu berpengaruh secara olfaktori pada produk akhir yang tertutup miselium.

Homogenitas aroma produk tidak hanya ditentukan oleh aktivitas kapang, melainkan juga didukung oleh keberhasilan reduksi senyawa volatil alami bahan baku melalui proses termal. Ketidakberadaan perbedaan nyata disebabkan oleh efektivitas proses pra-pengolahan (perendaman dan pengukusan) dalam menghilangkan senyawa *off-flavor*. Kacang hijau secara natural memiliki aroma langu akibat enzim lipoksigenase, sedangkan biji nangka mentah memiliki aroma tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Tunjungsari dan Fathomah (2019) yang menyatakan bahwa perlakuan pemanasan merupakan proses penting yang dapat menghilangkan cita rasa tidak enak serta menginaktivasi enzim seperti enzim lipoksigenase yang menimbulkan cita rasa langu (*beany flavor*).

2. Pengaruh Konsentrasi Ragi terhadap Mutu Organoleptik Aroma

Hasil yang tidak berbeda nyata pada atribut aroma menunjukkan bahwa konsentrasi ragi 0,2% telah mencukupi untuk menghasilkan profil aroma fermentasi yang optimal. Temuan ini menunjukkan bahwa konsentrasi ragi 0,2% merupakan kondisi fermentasi yang ideal untuk

menghasilkan aroma yang disukai panelis, sesuai dengan prinsip fermentasi optimal yang menghindari *over-fermentation* dan aroma yang tidak menyenangkan (Wang *et al.* 2024). Hal ini membuat peningkatan konsentrasi ragi diatas level ideal tidak lagi berkorelasi linier dengan intensitas aroma.

Validasi terhadap kualitas aroma yang dihasilkan tidak terlepas dari pengamatan terhadap potensi terbentuknya senyawa *off-flavor* sebagai penanda penyimpangan metabolisme. Indikator kerusakan aroma pada tempe adalah munculnya bau amonia yang menyengat akibat proteolisis yang berlebihan menjadi senyawa nitrogen volatil. Hal ini sesuai dengan pendapat Rahayu *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa hidrolisis protein oleh protease akan semakin banyak memecah peptida menjadi senyawa volatil sehingga fermentasi yang terlalu lama menimbulkan bau amonia pada tempe. Hasil skor yang seragam dan tidak adanya penurunan atau kenaikan skor drastis menunjukkan bahwa laju proteolisis pada kedua konsentrasi berada dalam batas toleransi dan belum terjadi *over-fermentation*, selama suhu dan waktu terkontrol maka variasi inokulum yang moderat tidak akan melepas amonia yang signifikan.

4.4.3. Tekstur

Tabel 11. Hasil Pengujian Organoleptik Tekstur Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan (%)		Konsentrasi Ragi (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	2,64 ^a	3,00 ^b	2,82 ± 0,25
60	40	2,84 ^{ab}	3,10 ^b	2,97 ± 0,18
50	50	2,70 ^{ab}	2,45 ^a	2,58 ± 0,18
Rerata		2,73 ± 0,10	2,85 ± 0,35	

Keterangan: ^{a-b} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda dalam satu baris menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$). Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%).

Berdasarkan pada Tabel 11. diketahui bahwa terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, di mana perlakuan 60:40 dengan ragi 0,4% memperoleh nilai rerata tertinggi sebesar 3,10 dengan deskripsi sesuai dengan skala penilaian adalah tempe dengan tekstur padat, kompak, dan substrat tidak mudah lepas. Tekstur yang padat dan kompak pada sampel ini terbentuk karena adanya sinergi antara pati dari 40% biji nangka yang mengalami retrogradasi dan daya ikat miselium yang kuat dari konsentrasi ragi 0,4%. Menurut Barus *et al.* (2019) menyatakan bahwa tekstur tempe dipengaruhi oleh kualitas miselium kapang ditentukan berdasarkan jenis kapang yang digunakan, sehingga mampu mengikat substrat menjadi satu kesatuan menciptakan tekstur tempe yang tidak mudah hancur saat diiris. Ragi dengan konsentrasi tinggi mampu mempercepat pertumbuhan anyaman hifa yang mengikat antar butiran substrat dengan kuat, menciptakan struktur yang kokoh dan tidak mudah hancur.

Degradasi integritas struktural produk teramati secara signifikan pada perlakuan dengan proporsi biji nangka yang dominan. Rerata skor tekstur terendah

dimiliki oleh formulasi 50:50 dengan ragi 0,4% yaitu sebesar 2,45. Tingginya proporsi biji nangka yang digunakan pada sampel ini menyebabkan tekstur kurang disukai. Tekstur biji nangka yang lebih padat dan ukurannya yang lebih besar dibandingkan dengan kacang hijau mempersulit terjadinya penetrasi hifa kapang ke bagian dalam biji. Hal ini menyebabkan ikatan antar butiran biji dan kacang tidak sekuat sampel lainnya pada proporsi ragi yang sama. Formulasi sampel ini menyebabkan tempe mudah hancur saat diiris. Hal ini sesuai dengan pendapat Sari *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa substitusi biji nangka diatas 40% cenderung menurunkan kekompakan tempe karena kurangnya matriks protein dari kacang-kacangan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan hifa yang optimal.

4.4.4. Rasa

Tabel 12. Hasil Pengujian Organoleptik Rasa Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan ^{tn} (%)		Konsentrasi Ragi ^{tn} (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	2,17	2,17	2,17 ± 0,00
60	40	2,20	2,30	2,25 ± 0,07
50	50	1,90	1,90	1,90 ± 0,00
Rerata		2,09 ± 0,17	2,12 ± 0,20	

Keterangan: ^{tn} menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata ($p > 0,05$). Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%)

Berdasarkan pada Tabel 12. diketahui bahwa interaksi antar perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap mutu organoleptik rasa. Rerata skor berada pada rentang 1,90 – 2,30 yang berdasarkan skala skor menggambarkan

bahwa produk memiliki rasa yang hambar dengan sedikit rasa asam/langu. Rendahnya variasi skor pada parameter ini mengindikasikan bahwa panelis merasa profil rasa yang relatif seragam pada seluruh sampel percobaan, di mana rasa didominasi oleh rasa tempe khas fermentasi dibandingkan rasa spesifik dari masing-masing bahan penyusun. Berikut merupakan pembahasan lebih lanjut mengenai hasil data dari Tabel 12.

1. Pengaruh Proporsi Bahan Baku terhadap Mutu Organoleptik Rasa

Mekanisme interaksi komponen rasa antar bahan baku berperan penting dalam menciptakan profil rasa yang homogen. Variasi proporsi bahan baku tidak mengubah preferensi rasa secara signifikan yang artinya parameter rasa pada seluruh perlakuan adalah seragam. Biji nangka memiliki kemampuan absorpsi minyak yang tinggi sehingga memiliki sifat *flavor retention* yang baik apabila digabungkan ke dalam sistem makanan (Teo *et al.*, 2024). Sedangkan kacang hijau memiliki rasa langu yang cukup kuat akibat adanya senyawa hexanal, nonanal, decanal, dan hexanol (Xue *et al.*, 2024). Sifat *flavor retention* pada biji nangka bermanfaat untuk meredam intensitas rasa langu yang dimiliki oleh kacang hijau.

Keseragaman rasa juga dibantu oleh adanya rasa umami yang tercipta selama fermentasi, sehingga menutupi rasa asli bahan yang digunakan. Hasil proteolisis kapang merupakan faktor yang menentukan intensitas pada atribut rasa tempe, sehingga seringkali mengalahkan nuansa manis dari substrat asli. Hal ini sesuai dengan pendapat Istiqomah (2025)

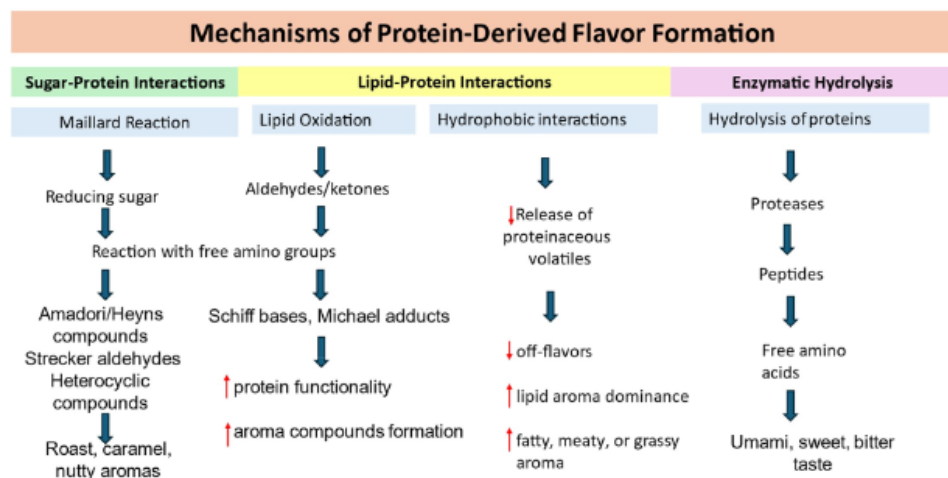
yang menyatakan bahwa rasa gurih tempe berasal dari pemecahan protein menjadi asam amino bebas dan peptida oleh enzim protease kapang.

Komponen pengganggu rasa yang hilang dalam pembuatan tempe juga menjadi faktor pendukung lain terhadap penerimaan produk. Menurut Abiola *et al.* (2018) kulit ari pada biji nangka mengandung senyawa antinutrisi seperti tanin, inhibitor tripsin, dan asam fitat yang menyebabkan rasa pahit dan sepat. Hilangnya senyawa tersebut disebabkan oleh proses pra-pengolahan berupa perendaman dan pengukusan yang efektif dalam mereduksi senyawa antinutrisi. Hal ini sesuai dengan pendapat Fadilah *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa proses pemanasan efektif dalam menghilangkan 84% tanin pada biji nangka, penurunan tanin disebabkan karena adanya oksidasi polifenol yang menyebabkan enzim tanin terhidrolisis.

2. Pengaruh Konsentrasi Ragi terhadap Mutu Organoleptik Rasa

Faktor konsentrasi ragi (0,2% dan 0,4%) menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata, mengindikasikan bahwa pembentukan rasa terjadi pada level yang sama di kedua perlakuan. Peningkatan konsentrasi ragi umumnya berpotensi meningkatkan laju hidrolisis protein. Namun, skor rasa yang stabil menandakan bahwa pada konsentrasi 0,4%, hidrolisis belum sampai pada tahap penumpukan peptida yang menyebabkan rasa pahit. Menurut prinsip hidrolisis enzimatis, keberadaan peptida hidrofobik dalam jumlah berlebih memberikan kontribusi rasa pahit (*bitter peptide*) yang

dapat menutupi rasa gurih yang seharusnya dihasilkan oleh asam amino bebas (Wijesekara dan Ekaette, 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa kedua konsentrasi ragi yang digunakan dalam penelitian ini berjalan secara terkendali dan belum mencapai titik jenuh yang menyebabkan akumulasi peptida berlebih.



Ilustrasi 5. *Flowchart* Hidrolisis Enzimatis pada Protein (Wijesekara dan Ekaette, 2025).

Ketiadaan perbedaan nyata menunjukkan bahwa konsentrasi ragi 0,2% merupakan konsentrasi yang sudah efisien dalam hal kemampuan memodifikasi rasa. Hal ini terjadi karena ketersediaan air dan karakteristik fisik substrat menjadi faktor pembatas utama dalam *solid state fermentation* (SSF). Menurut Zhang *et al.* (2017) SSF merupakan sistem multifase di mana gas bertindak sebagai fase gerak dan lapisan air yang menempel pada substrat padat bertindak sebagai fase diam, gizi dan enzim hanya dapat bermigrasi dan dimanfaatkan oleh mikroorganisme jika terlarut dalam air dan tidak dapat berpindah melalui gas. Difusi membatasi akses enzim

terhadap substrat protein di bagian dalam biji, walaupun inokulum ditingkatkan menjadi 0,4%. Hambatan terbatasnya difusi fisik ini yang menyebabkan asam amino yang terbentuk relatif identik antar kedua konsentrasi, bukan karena kurangnya jumlah kapang.

4.4.5. Overall

Tabel 13. Hasil Pengujian Organoleptik *Overall* Tempe Komposit dengan Perbedaan Konsentrasi Ragi

Kombinasi Bahan ^{tn} (%)		Konsentrasi Ragi ^{tn} (%)		Rerata
Kacang Hijau	Biji Nangka	0,2	0,4	
70	30	2,40	2,47	2,44 ± 0,05
60	40	2,54	2,54	2,54 ± 0,00
50	50	2,14	2,27	2,21 ± 0,09
Rerata		2,36 ± 0,20	2,43 ± 0,14	

Keterangan: ^{tn} menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata ($p > 0,05$). Perlakuan P1 (70:30, 0,2%), P2 (60:40, 0,2%), P3 (50:50, 0,2%), P4 (70:30, 0,4%), P5 (60:40, 0,4%), P6 (50:50, 0,4%).

Berdasarkan pada Tabel 13. diketahui bahwa interaksi antar perlakuan maupun faktor tunggal tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap penerimaan keseluruhan (*overall*). Rerata skor berkisar antara 2,14 – 2,54 yang mengindikasikan bahwa panelis memberikan penilaian yang seragam dan menjelaskan bahwa produk dapat diterima namun memiliki beberapa kekurangan apabila dideskripsikan berdasarkan skala skor penilaian. Hal ini menandakan bahwa integritas atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur pada semua perlakuan menghasilkan profil sensoris terpadu sebagai produk diversifikasi tempe meskipun memiliki beberapa catatan kekurangan.

1. Pengaruh Proporsi Bahan Baku terhadap Mutu Organoleptik *Overall*

Variasi proporsi bahan baku (70:30, 60:40, dan 50:50) tidak mempengaruhi tingkat penerimaan keseluruhan secara signifikan. Fenomena ini dijelaskan melalui konsep integrasi sensori multimodal, di mana panelis menilai produk berdasarkan konsep utuh yang mengintegrasikan sinyal multisensori untuk merespons rasa, visual, dan tekstur secara simultan (Stocke dan Samuelson, 2024). Kehadiran miselium kapang yang kompak menyatukan kacang hijau dan biji nangka menjadi satu matriks padat, sehingga perbedaan fisik antar bahan menjadi tersamarkan.

Stabilitas skor *overall* pada berbagai proporsi disebabkan oleh *complementary effect* antara pati biji nangka dan protein kacang hijau terhadap *mouthfeel*. Kacang hijau memberikan efek berbulir dan rasa gurih, sementara pati biji nangka yang tergelatinisasi memberikan sensasi kenyal dan rasa yang netral. Hal ini sesuai dengan pendapat Barbosa *et al.* (2023) menyatakan bahwa kandungan 22-38% amilosa pada biji nangka mampu membentuk gel yang kuat sehingga menciptakan tekstur yang padat dan kohesif apabila ditambahkan pada produk pangan. Sifat ini mampu menutupi kekasaran tekstur bahan berserat tinggi lainnya, sehingga meningkatkan palatabilitas produk secara keseluruhan tanpa mendominasi profil rasa.

2. Pengaruh Konsentrasi Ragi terhadap Mutu Organoleptik *Overall*

Faktor konsentrasi ragi yang tidak berbeda nyata mengindikasikan bahwa panelis tidak merasakan adanya peningkatan atau penurunan mutu yang substansial akibat penambahan jumlah inokulum. Konsentrasi 0,2% terbukti sudah cukup untuk menghasilkan keseimbangan karakter tempe. Penambahan ragi 0,4% dapat mempercepat proses fermentasi secara mikrobiologis, namun nilai tambahnya tidak terdeteksi oleh panelis secara organoleptik.

Ketiadaan perbedaan nyata pada mutu *overall* menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi ragi 0,2% telah mencapai titik efisiensi optimal tanpa mengorbankan stabilitas mutu sensoris maupun memicu kerusakan produk. Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi efisiensi industri, karena penambahan inokulum berlebih terbukti tidak memberikan dampak linier terhadap peningkatan kesukaan konsumen selama jumlah spora *viable* minimum telah terpenuhi untuk menjamin keberhasilan fermentasi.

4.5. Penentuan Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik diperlukan dalam sebuah penelitian untuk mengakomodasi keragaman hasil yang diperoleh dari berbagai parameter. Dalam pengembangan produk pangan seringkali terjadi *trade-off* di mana perlakuan dengan nilai gizi tertinggi belum tentu memiliki karakteristik sensori yang disukai

panelis atau konsumen. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya suatu metode analisis keputusan yang objektif dan komprehensif untuk menyeimbangkan seluruh parameter guna mendapatkan formulasi yang paling optimal.

Kebutuhan analisis dengan kriteria jamak tersebut dapat dijawab menggunakan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE). MPE merupakan salah satu metode *Multi-Criteria Decision Making* yang bekerja dengan cara mengkuantifikasi nilai setiap perlakuan, kemudian memberikan pembobotan terhadap kriteria yang dipilih dengan skala tertentu (Warseno *et al.*, 2021). Skor akhir diperoleh melalui perhitungan eksponensial, di mana nilai skor dipangkatkan dengan bobot parameternya. Teknik ini memungkinkan perbedaan nilai antar perlakuan terlihat lebih kontras sehingga penetapan perlakuan terbaik dapat dilakukan secara maksimal.

Penentuan perlakuan terbaik didasarkan pada beberapa kriteria yang meliputi parameter kimia, fisik, dan organoleptik. Setiap kriteria diberikan nilai sesuai dengan skala prioritas kepentingannya terhadap kualitas produk akhir. Penentuan perlakuan terbaik dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Penentuan Formulasi Terbaik dengan Menggunakan MPE

Parameter	Bobot	70:30 (0,2%)	70:30 (0,4%)	60:40 (0,2%)	60:40 (0,4%)	50:50 (0,2%)	50:50 (0,4%)
Kadar Protein Skor (A)	9	8,45 ^d 3	8,21 ^{ab} 2	8,16 ^a 2	8,26 ^{bc} 2	8,10 ^c 1	8,14 ^{ab} 2
Rasa Skor (B)	8	2,17 2	2,17 2	2,20 2	2,30 3	1,90 1	1,90 1
Tekstur Skor (C)	7	2,64 ^a 1	3,00 ^b 2	2,84 ^{ab} 2	3,10 ^b 3	2,70 ^{ab} 2	2,45 ^a 1
Kadar Air Skor (D)	6	62,64 ^a 3	65,25 ^b c 2	64,21 ^b 2	66,45 ^c 1	66,51 ^c 1	66,68 ^c 1
Overall Skor (E)	5	2,40 2	2,47 2	2,54 3	2,54 3	2,14 1	2,27 2
Warna Skor (F)	4	2,57 2	2,57 2	2,94 3	2,84 2	2,47 1	2,67 2
Aroma Skor (G)	3	2,30 2	2,27 2	2,67 3	2,27 2	2,34 2	2,20 1
Aktivitas Air Skor (H)	2	0,81 2	0,82 2	0,82 2	0,82 2	0,82 2	0,82 2
Total Skor MPE ($\sum Skor^{bobot}$)		20.69 7	828	1.769	9.532	169	216
Ranking		1	4	3	2	6	5

Keterangan: ^{a-c} Nilai dengan superskrip huruf kecil yang berbeda dalam satu baris menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan hasil MPE pada Tabel 14. peringkat pertama dengan skor total 20.697 ditempati oleh perlakuan kombinasi kacang hijau dan biji nangka 70:30 dengan konsentrasi ragi 0,2%. Keunggulan pada perlakuan ini didukung oleh dua parameter kunci yang memiliki bobot tinggi yaitu kadar protein bobot 9 dan kadar air dengan bobot 6. Perlakuan ini merupakan satu-satunya sampel yang memiliki kadar protein tertinggi secara signifikan (8,45%) serta kadar air terendah (62,64%) yang berkorelasi positif terhadap daya simpan produk. kekurangan organoleptik

yang berada pada kategori sedang (skor 1 dan 2) pada sampel ini mampu ditutupi oleh akumulasi nilai dari parameter kimia yang unggul. Oleh karena itu, formulasi ini ditetapkan sebagai perlakuan terbaik.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa formulasi tempe komposit yang didominasi kacang hijau dengan konsentrasi ragi terendah mengandung protein tertinggi dan kadar air terendah, sedangkan aktivitas air terlihat tidak ada perubahan secara signifikan. Uji organoleptik menunjukkan bahwa formulasi tempe komposit yang paling disukai oleh panelis adalah tempe yang didominasi oleh kacang hijau dibanding biji nangka. Berdasarkan analisis keseluruhan, formulasi terbaik yang menghasilkan kualitas kimia dan sifat organoleptik paling optimal adalah 70% kacang hijau, 30% biji nangka dan 0,2% ragi.

5.2 Saran

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengembangkan produk dengan memanfaatkan formulasi tempe komposit kombinasi 70% kacang hijau, 30% biji nangka, dan 0,2% ragi karena dapat menghasilkan sifat kimia dan organoleptik terbaik. Selain itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai produk tempe komposit dengan formulasi terbaik ini untuk memvalidasi keunggulan dari kombinasi kacang hijau dan biji nangka sebagai diversifikasi pangan fungsional alternatif pengganti kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abiola, T., Akinyode, O. A., dan Sholademi, K. D. 2018. The effect of processing on the nutritional and anti-nutritional factors in the raw, roasted, and fermented jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *Jurnal Cronicon*, 13(9), pp. 632-638. <https://ecronicon.net/assets/ecnu/pdf/ECNU-13-00501.pdf>.
- Amaya, J. A. M., dan Shimizu, N. 2025. Digital analysis of mycelium growth and mycelium density *in vitro* of *Pleurotus ostreatus* with submerge fermentation as substrate treatment. *Journal of Mycobiology*, 53(2), pp. 214-224. doi.org/10.1080/12298093.2025.2460291.
- Astawan, M., Tutik, W., dan Maknum, L. 2017. Tempe: sumber zat gizi dan komponen bioaktif untuk kesehatan. IPB Press. Bogor.
- Astuti, F. K., dan Tribudi, Y. A. 2017. Penambahan pati biji nangka (*Artocarpus heterophyllus lamk*) terhadap kualitas kimia bakso ayam. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(2), pp. 33-39. doi.org/10.35791/jteta.v8i2.18703.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. SNI 3144:2015 Tempe Kedelai Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Barbosa, M. C., Silva, G. L., Viana, E. B. M., Bonomo, R. C. F., Rodrigues, L. B., Veloso, C. M. 2023. Effect of protein addition in properties of gels produced with jackfruit (*Artocarpus integrifolia*) seed starch: rheological and texture properties. *Journal of Food Science and Technology*, 60(12), pp. 2916-2926. doi.org/10.1007/s13197-023-05793-1.
- Barus, T., Maya, F., dan Hartanti, A. T. 2019. Peran beberapa galur *Rhizopus microscopus* yang berasal dari “laru tradisional” dalam menentukan kualitas tempe. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1), pp. 17-22. doi.org/10.17728/jatp.3761.
- Brishti, F. H., Zarci, M., Muhammad, S. K. S., Ismail-Fitry, M. R., Shukri, R., dan Saari, N. 2017. Evaluation of the functional properties of mung bean protein isolate for development of textured vegetable protein. *International Food Research Journal*, 24(4), pp. 1595-1605.
- Castaneda, L. A. F., Auer, J., Leong, S. L., Newson, W. R., Passoth, V., Langton, M., dan Zamaratskia, G. 2024. Optimizing soaking and boiling time in the development of tempeh-like products from faba bean (*Vicia faba* L.). *Jurnal Fermentation*, 10(8), pp. 1-13. doi.org/10.3390/fermentation10080407.

- Choiriyah, N. A., Benita, A. M., dan Sundjaja, A. P. 2020. Modifikasi biji nangka secara fisik dan kimia. *Jurnal Agritech*, 22(2), pp. 88-99. doi.org/10.30595/agritech.v22i2.7914.
- Dadan, M., dan Nowacka, M. 2021. The assessment of the possibility of using ethanol and ultrasound to design the properties of dried carrot tissue. *Applied Sciences*, 11(2), pp. 689. doi.org/10.3390/app11020689.
- Dhani, S., Hamid, Ngobese, N. Z., Sharma, S., dan Jaiswal, A. K. 2025. A comprehensive review on nutritional composition, health benefits, and industrial applications of jackfruit seeds. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19, pp. 1-15. doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101692.
- Du, M., Xie, J., Gong, B., Xu, X., Tang, W., Li, X., Li, C., dan Xie, M. 2017. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of mung bean protein. *Food Hydrocolloids*, 76, pp. 1-10. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.003.
- Fadilah, N., Zuwariah, I., Hadijah, H., Aida, M., dan Rodiah, R. 2021. Effect of pretreatment on the level of antrinitritional factors in jackfruit seeds. *Journal of Academia*, 9(2), pp. 11-20.
- Fatimatuzzahrah, B. S., Handayani, B. R., Nazaruddin, dan Bachmida, E. A. 2024. Kajian mutu limbah ampas tahu segar dari sentra produksi abian tubuh. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 10(2), pp. 162-175. doi.org/10.29303/profood.v10i2.409.
- Fauziah, A. P., Supriadin, A., dan Junitasari, A. 2022. Analisis pengaruh konsentrasi ragi dan waktu fermentasi terhadap nilai gizi dan aktivitas antioksidan tempe kedelai kombinasi kacang roay (*Phaseolus lunatus L*). *Prosiding Seminar Nasional Kimia (2774-6585)*. Gunung Djati Conference Series. (15). <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/833>.
- Nursiwi, A., Pertiwi, F., Ishartani, D., Sari, A. M., dan Zaman, M. Z. 2021. Substrate and storage time evaluation for preparing tempeh starter from *Rhizopus oryzae* CBS130145. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. (828). doi.org/10.1088/1755-1315/828/1/012003.
- Geerits, C. H. A., Haar, M. K., Knobel, K. C. C., Vincken, J. P., dan Kabel, M. A. 2025. Comprehensive approach to the chemical analysis of fungal biomass – the pitfalls of nutritional standardization. *Journal of Food Chemistry*, 492, pp. 1-7. doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145443.
- Gomez, R. S., Gomes, K. C., Gurgel, J. M., Alves, L. B., Queiroga, R. A., Magalhaes, H. L. F., Pinheiro, L. S. S., Silva, E. J. C., Oliviera, D. S., dan Lima, A. G. B. 2023. The effect of air relative humidity on the drying

- process of sanitary ware at low temperature: an experimental study. *Jurnal Prosesess*, 11(11), pp. 3112. doi.org/10.3390/pr11113112.
- Gozali, T., Wijaya, W. P., dan Rengganis, M. I. 2020. Pengaruh konsentrasi CMC dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible packaging* kopi instan dari pati kacang hijau (*Vigna radiata L.*), *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*, 7(1), pp. 1-9. doi.org/10.23969/pftj.v7i1.2690.
- Handayani, L., dan Rohmah, N. 2023. Agricultural waste management: the potential of jackfruit seeds for sustainable food production. *Journal of Sustainable Agriculture and Food Systems*, 6(1), pp. 98-108. <https://doi.org/10.1234/jsafs.v6i1.2023>.
- Harahap, A. G. Y., Al Qomariah, H. S., Pandia, H. D., Simanjuntak, J. A., Sitinjak, M. E., Tarigan, Y. F. G. B., dan Gultom, R. H. 2025. Perbandingan karakteristik dalam pembuatan tempe dari kacang kedelai dan kacang hijau: rasa dan tekstur. *Jurnal Multidisiplin Global*, 1(1), pp. 31-37. <https://ejournal.pelitabina.com/index.php/insert/article/view/35>.
- He, Q., Peng, H., Sheng, M., Hu, S., Qiu, J., dan Gu, J. 2019. Humidity control strategies for solid-state fermentation: capillary water supply by water-retention material and negative-pressure auto-controlled irrigation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, pp. 1-13. doi.org/10.3389/fbioe.2019.00263.
- Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., Feng, N., dan Shen, Q. 2019. Mung bean (*Vigna radiata L.*): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits. *Journal Nutrients*, 11(6), pp. 1-28. doi.org/10.3390/nu11061238.
- Hou, Y., Huang, L., Xing, G., Yuan, X., Zhang, X., Dai, D., Yuan, X., Chen, X., dan Xue, C. 2025. Structure and functional properties of proteins from different soybean varieties as affected by the 11S/7S globulin ratio. *Foods*, 14(5), pp. 1-16. doi.org/10.3390/foods14050755.
- Istiqomah, D. A. 2025. Pengaruh uji organoleptik terhadap proses fermentasi tempe dari biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*). *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 9(3), pp. 1-4. doi.org/10.2238/ptaeya71.
- Khotimah, K., Hidayah, M. U., Raihan, dan Windiani, T. 2024. Kandungan kadar protein tempe yang difortifikasi *Coriandum sativum*, *Alium sativum*, dan *Amomum cardamomum*. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), pp. 2587-2864. doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.12919.
- Kong, F., Li, Y., Zhang, Y., Zeng, Q., and Guo, X. 2022. Elucidation of the potential antioxidant compound and mechanism of mung bean using network

- pharmacology and in vitro anti-oxidative activity. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **6**, pp. 1-8. doi.org/10.3389/fsufs.2022.1000916.
- Kuligowski, M., Pawlowska, K., Jasińska-Kulisgowska, I., dan Nowak, J. 2017. Isoflavone composition, polyphenols content and antioxidative activity of seeds during tempeh fermentation. *Journal of Food*, **15**(1), pp. 27-33. doi.org/10.1080/19476337.2016.1197316.
- Masruroh, B. F., Suwardiah, D. K., Handajani, S., dan Miranti, M. G. 2021. Pengaruh proporsi puree biji nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk) dan tepung beras terhadap sifat organoleptik kue semprong nangka. *Jurnal Tata Boga*, **10**(3), 529-539.
- Mitakasia, D. S., Basuki, E., dan Rahayu, T. I. 2025. Pengaruh rasio tepung biji nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk) dan tepung ketan terhadap kandungan gizi dan sifat organoleptik cookies sagon. *Jurnal EduFood*, **3**(2), pp. 1-13.
- Mojiono, Najmi, D., Faizah, S., Faizah, R. U., dan Purnama, P. B. D. C. 2024. Mutu fisik dan sensoris keripik tette yang dikeringkan dengan pengering oven. *Jurnal Agritech*, **8**(1), pp. 1-10. doi.org/10.30869/jasc.v8i1.1346.
- Muniroh, A., Suja'i, I., Wibowo, A., Saputra, H. K. H., Yunita, E., dan Sriherwanto, C. 2021. Perubahan kandungan asam fitat dan asam amino esensial bahan-bahan organik pakan yang difermentasi ragi tempe. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, **8**(1), pp. 42-56. doi.org/10.29122/jbbi.v8i1.4743.
- Murwani, R., Susilaningsih, N., Ariyanto, D. O., dan Ambariyanto, A. 2024. Feeding rats with used cooking oil elevates malondialdehyde, TNF-a, and creatinine compared to tempe fried with used oil. *Narra J*, **4**(2), pp. 1-11. doi.org/10.52225/narra.v4i2.853.
- Musliadi, Hasanah, Y., dan Hanafiah, D. 2025. Morfologi dan produktivitas kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada cekaman kekeringan dengan aplikasi silika. *Jurnal Ilmu Pertanian*, **28**(1), pp. 103-113. doi.org/10.30596/agrium.v28i1.21775.
- Naeimi, S., Khosravi, V., Varga, A., Vágvölgyi, C., dan Kredics, L. 2020. Screening of organic substrates for solid-state fermentation, viability and bioefficacy of *Trichoderma harzianum* AS12-2, a biocontrol strain against rice sheath blight disease. *Jurnal Agronomy*, **10**(9), pp. 1-15. doi.org/10.3390/agronomy10091258.
- Ningsih, B. A., Alamsyah, A., dan Ariyana, M. D. 2025. Pembuatan tempe berbasis kacang hijau (*Vigna radiata*): kajian konsentrasi *glucono delta lactone* (GDL) dengan lama perendaman. *Jurnal Edukasi Pangan*, **3**(1), pp. 38-48.

- Normilawati, Fadlilaturrahmah, Hadi, S., dan Normaidah. 2019. Penetapan kadar air dan kadar protein pada biskuit yang beredar di pasar Banjarbaru. *Jurnal Ilmu Farmasi*, **10**(2), pp. 51-55. doi.org/10.61902/cerata.v10i2.77.
- Pakpahan, I. S., dan Dewi, L. 2022. Aktivitas antibakteri tempe angkak terhadap bakteri *Bacillus* sp dan *Escherichia Coli*. *Jurnal Biologi Indonesia*, **18**(2), pp. 159-167. doi.org/10.47349/jbi/18022022/159.
- Paramitha, N. W. N., Widnyani, I. A. P., Rabani RS, I. G. A. Y., Sintyadewi, P. P., dan Putra, A. A. N. D. A. W. 2025. The effect of jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus Lamk*) and mung bean (*Vigna radiata*) composite flour fortification on protein content and acceptability of crackers. *Jurnal Pijar MIPA*, **20**(6), pp. 1158-1163. doi.org/10.29303/jpm.v20i6.10021.
- Puspitasari, I., Syam'un, E., & Riadi, M. 2021. Produksi tiga varietas kacang hijau (*Vigna radiata L.*) yang diaplikasi fosfat alami. *Jurnal Agrivigor*, **12**(1), pp. 6-11. doi.org/10.20956/ja.v12i1.14315.
- Putri, F. L., dan Kartikawati, D. 2022. Optimasi konsentrasi ragi dan jenis pembungkus dalam pembuatan tempe kacang tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Jurnal Agrifoodtech*, **1**(2), pp. 103-118. doi.org/10.56444/agrifoodtech.v1i2.310.
- Rahardjo, L. J., Bahar, A., dan Adi, A. C. 2019. Pengaruh kombinasi kacang kedelai (*Glycine max*) dan kacang tunggak (*Vigna unguiculata (L) walp.*) yang diperkaya biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*) terhadap daya terima dan kadar protein *snack bar*. *Amerta Nutrition*, **3**(1), pp. 71-77. doi.org/10.20473/amnt.v3i1.2019.671-77.
- Rahayu, N. A., Cahyanto, M. N., dan Indrati, R. 2019. Perubahan protein koro benguk (*Mucuna pruriens*) selama fermentasi tempe menggunakan inokulum raprima. *Jurnal Agritech*, **39**(2), pp. 128-135. doi.org/10.22146/agritech.41736.
- Ramadhan, D. A., dan Dwiloka, B. 2025. Pengaruh proporsi sukrosa dan *high fructose syrup* (HFS) terhadap sifat kimia dan mikrobiologi kombucha cascara. *Jurnal Teknologi Pangan*, **9**(1), pp. 16-20. doi.org/10.14710/jtp.2025.41190.
- Rangkuti, B. T., Padang, S. S. B., Dawolo, S. A., Zahari, M. P., Romauli, N. D. M., dan Hasibuan, A. H. 2024. Uji hedonik pada tingkat kemanisan permen daun kelapa sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*). *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo*, **9**(1), pp. 8-14. doi.org/10.30869/jtpg.v9i1.1325.
- Ratnajunita, Nazaruddin, dan Amaro, M. 2024. Analisis mutu kimia, mikrobiologi dan organoleptik tempe kedelai dengan penambahan tepung tapioka (*Manihot esculenta*). *Jurnal EduFood*, **2**(2), pp. 64-77.

- Rodriguez, I. S. T., Quintana, L. E. A., Suarez, P. A., Cabrera, M. A. R., dan Lagunes, A. G. 2021. Physicochemical properties, antioxidant capacity, prebiotic activity and anticancer potential in human cells of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed flour. *Jurnal Molecules*, **26**, pp. 1-22. doi.org/10.3390/molecules26164854.
- Romulo, A., dan Surya, R. Tempe: a traditional fermented food of Indonesia and its health benefits. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, **26**, 100413. doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100413.
- Sari, A. M., Melani, V., Novianti, A., Dewanti, L. P., dan Sa'pang, M. 2020. Formulasi dodol tinggi energi untuk ibu menyusui dari *puree* kacang hijau (*Vigna radiata* L.), *puree* kacang kedelai (*Glycine max*), dan buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Pangan dan Gizi*, **10**(2), pp. 49-60. [/digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-Journal-18812-11_0939.pdf](https://digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-Journal-18812-11_0939.pdf).
- Sari, K. P., Jamaluddin, dan Andi, S. 2016. Fortifikasi tempe berbahan dasar kedelai dan biji nangka. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, **2**, pp. 16-26. doi.org/10.26858/jptp.v2i1.5150.
- Sopacua, A. F., Tuhumury, H. C. D., dan Tetelepta, G. 2025. Pengaruh konsentrasi ragi (*Rhizopus oligosporus*) terhadap karakteristik kimia tempe kenari (*Canarium indicum*). *Jurnal Pertanian Kepulauan*, **9**(2), pp. 118-124. doi.org/10.30598/jpk.2025.9.2.118.
- Stocke, S., dan Samuelson, C. L. 2024. Multisensory integration underlies the distinct representation of odor-taste mixtures in the gustatory cortex of behaving rats. *The Journal of Neuroscience*, **44**(20), pp. 1-18. doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0071-24.2024.
- Sundari, F. S., Khoirunnisa, Prayudani, A. P. G., Wulandari, N., Syukur, M., dan Astawan, M. 2024. A nutritional, physicochemical, and sensory evaluation of tempe combination from cowpea and soybean. *Indonesian Food Science and Technology Journal (IFSTJ)*, **8**(1), pp. 16-26. doi.org/10.22437/ifstj.v8i1.36386.
- Sylvia, D., Apriliana, V., dan Rasydy, L. O. A. 2021. Analisis kandungan protein yang terdapat dalam daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) menggunakan metode kjeldahl dan spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Farmagazine*, **8**(2), pp. 64-72. doi.org/10.47653/farm.v8i2.557.
- Tahir, S., Bait, Y., dan Mutsyahidan, A. M. A. 2025. Pengaruh konsentrasi ragi pada pembuatan tempe kacang sancha inchi (*Plikenetia volubilis* L.). *Jambura Journal of Food Technology (JJFT)*, **7**(1), pp. 86-98. doi.org/10.37905/jjft.v7i1.31351.

- Tarahi, M., Hedayati, S., dan Shahidi, F. 2022. Effects of mung bean (*Vigna radiata*) protein isolate on rheological, textural, and structural properties of native corn starch. *Jurnal Polymers*, **14**(15), pp. 1-12. doi.org/10.3390/polym14153012.
- Teo, D. C. K., Abidin, M. Z., Malik, N. H., dan Abdullah, N. 2024. Functional properties of raw and roasted jackfruit seed flour. *Jurnal Food Research*, **8**(5), pp. 111-122. [doi.org/10.26656/fr.2017.8\(S5\).22](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(S5).22).
- Triastuti, D., dan Romalasari, A. 2022. Analisis sifat fisikokimia dan sensori fruit leather nanas dengan penambahan pegagan (*Centella asiatica* L. Urban). *Jurnal Agrotech*, **24**(2), pp. 211-220. doi.org/10.30595/agritech.v24i2.15738.
- Tunjungsari, P., dan Fathomah, S. 2019. Pengaruh penggunaan tepung kacang tunggak (*Vigna unguiculata*) terhadap kualitas organoleptik dan kandungan gizi biskuit. *Jurnal Teknobunga*, **7**(2), pp. 110-118. doi.org/10.15294/teknobuga.v7i2.20682.
- Wang, H., Han, P., Zhang, P., dan Li, Y. 2024. Influence of yeast concentrations and fermentation durations on the physical properties of white bread. *Journal of Food Science and Technology*, **198**, pp. 1-9. doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116063.
- Warseno, A., Utami, Y. R. W., dan Andriani, K. K. W. 2021. Sistem pendukung keputusan penentuan pemberian pinjaman dengan metode perbandingan eksponensial pada koperasi XYZ. *Jurnal Ilmiah Sinus (JIS)*, **19**(1), pp. 49-62. doi.org/10.30646/sinus.v19i1.527.
- Wijayanti, F., Nafiah, A. N., dan Rahayu, P. 2024. Pemanfaatan kacang hijau sebagai pengganti kacang kedelai dalam pembuatan tempe. *Jurnal SIGNIFICANT*, **3**(1), pp. 46-52. doi.org/10.62668/significant.v3i01.899.
- Wijesekara, T., dan Ekaette, I. 2025. The role of proteins in the sensory perception/organoleptic properties of food. *Journal Food Chemistry International*, **1**(3), pp. 196-215. doi.org/10.1002/fci2.70015.
- Willet, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *The lancet*, **393**(10170), pp. 447-492.
- Wolkers-Rooijackers, J. C. M., Endika, M. F., dan Smid, E. J. 2018. Enhancing vitamin B₁₂ in lupin tempeh by in situ fortification. *LWT: Food Science and Technology*, **96**, pp. 513-518. [doi-org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.lwt.2018.05.062](https://doi.org.proxy.undip.ac.id/10.1016/j.lwt.2018.05.062).

- Xue, Y., Chen, J., Wang, L., Wang, Y., Xu, F. 2024. Exploring the flavor changes in mung bean flour through *Lactobacillus* fermentation: insights from volatile compounds and non-targeted metabolomics analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(12), pp. 7238-7248. doi.org/10.1002/jsfa.13545.
- Yarlina, V. P., Astuti, D. I., Djali, M., Andoyo, R., dan Laru, M. N. 2023. Effects of combined pure cultures of *Rhizopus* sp. (*Rhizopus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, and *Rhizopus stolonifera*) on tempeh extract yogurt as a functional food. *Current Nutrition and Food Science*, 19(3), pp. 307-316. doi.org/10.2174/1573401318666220328101155.
- Yarlina, V. P., dan Astuti, D. I. 2021. Karakterisasi kandungan vitamin B₁₂, folat dan isoflavon tempe kedelai dengan isolat murni *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, dan *Rhizopus stolonifera* sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 12(1), pp. 92-102. doi.org/10.35891/tp.v12i1.2219.
- Yulia, R., Hidayat, A., Amin, A., dan Sholihati. 2019. Pengaruh konsentrasi ragi dan lama fermentasi terhadap kadar air, kadar protein, dan organoleptik pada tempe dari biji melinjo (*Gnetum gnemon* L.). *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 12(1), pp. 50-60. doi.org/10.17969/rtp.v12i1.13287.
- Yuwana, A. M. P., Putri, D. N., dan Harini, N. 2022. Hubungan antara atribut sensori dan kualitas gula merah tebu: pengaruh pH dan kondisi karamelisasi. *Jurnal Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pangan*, 13(1), pp. 54-66. doi.org/10.35891/tp.v13i1.2767.
- Zhang, Y., Li, B., Xu, F., He, S., Zhang, Y., Sun, L., Zhu, K., Li, S., Wu, G., dan Tan, L. 2021. Jackfruit starch: composition, structure, functional properties, modifications and application. *Trends in Food Science and Technology*, 107, pp. 268-283. doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.041.
- Zhang, Y., Wang, L., dan Chen, H. 2017. Correlations of medium physical properties and process performance in solid-state fermentation. *Chemical Engineering Science*, 165, pp. 65-73. doi.org/10.1016/j.ces.2017.02.039.
- Zuhri, A., Sabahannur, S., dan Saida. 2025. Pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat dan suhu penggorengan terhadap kualitas keripik tala (*Colocasia esculenta* L.). *Jurnal Agrotekmas*, 6(1), pp. 1-8. doi.org/10.33096/agrotekmas.v6i1.718.