

Pengaruh Penambahan Kunyit (*Curcuma Longa L.*) dan Kacang Hijau (*Vigna radiata*) terhadap Sifat Fisikokimia Tempe

Diva Eka Saputri, Devi Fitri Astuti*, Wiwin Nur Handayani, Yenita Cahya Dewi

Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Duta Bangsa Surakarta

Jl. Ki Mangun Sarkoro No.20, Nusukan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57135

E-mail: devi_fitri@udb.ac.id

Abstrak

*Tempe merupakan pangan fungsional yang umumnya bergantung pada kedelai impor, sehingga diperlukan diversifikasi bahan baku lokal seperti kacang hijau dan penambahan nilai fungsional menggunakan kunyit. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi kunyit dan lama perebusan terhadap sifat fisikokimia serta organoleptik tempe campuran kedelai dan kacang hijau (1:1). Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi kunyit (0%, 0,75%, 1,5%) dan lama perebusan (5, 15, 25 menit). Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan miselium, tekstur, warna, rasa, aroma, dan kadar air. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi nyata ($P < 0,05$) antar perlakuan terhadap karakteristik fisikokimia tempe. Peningkatan konsentrasi kunyit hingga 1,5% cenderung menghambat pertumbuhan miselium *Rhizopus oligosporus* akibat aktivitas antifungi, sedangkan perebusan 25 menit menyebabkan kadar air meningkat drastis ($>70\%$) yang mengakibatkan tekstur menjadi rapuh. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi konsentrasi kunyit 0,75% dengan lama perebusan 5 menit. Formulasi ini menghasilkan tempe dengan tekstur padat, pertumbuhan miselium baik (skor 4), kadar air 62,60% yang memenuhi standar SNI 3144:2015, serta karakteristik organoleptik warna kuning cerah dan aroma khas tempe yang dapat diterima.*

Kata Kunci: kacang hijau, kacang kedelai, kunyit, lama perebusan, sifat fisikokimia, tempe

Abstract

*Tempe is a functional food that generally relies on imported soybeans, necessitating diversification using local raw materials such as mung beans and functional enhancement using turmeric. This study aimed to evaluate the effect of turmeric concentration and boiling time on the physicochemical and organoleptic properties of mixed soybean and mung bean tempe (1:1). The research used a factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors: turmeric concentration (0%, 0.75%, 1.5%) and boiling time (5, 15, 25 minutes). Parameters observed included mycelium growth, texture, color, taste, aroma, and moisture content. The results showed a significant interaction ($P < 0.05$) between treatments on the physicochemical characteristics of tempe. Increasing turmeric concentration to 1.5% tended to inhibit the growth of *Rhizopus oligosporus* mycelium due to antifungal activity, while boiling for 25 minutes caused a drastic increase in moisture content ($>70\%$), resulting in a fragile texture. The best treatment was obtained at a combination of 0.75% turmeric concentration with 5 minutes of boiling time. This formulation produced tempe with a compact texture, good mycelium growth (score 4), moisture content of 62.60% complying with SNI 3144:2015 standards, and organoleptic characteristics of bright yellow color and typical tempe aroma accepted.*

Keywords: mung bean, soy bean, turmeric, boiling time, mung bean, physicochemical properties, tempeh

1. Pendahuluan

Tempe merupakan pangan fermentasi tradisional *indigenous* Indonesia yang telah mendapatkan pengakuan global sebagai *superfood* karena profil nutrisinya yang unggul. Proses fermentasi oleh kapang *Rhizopus oligosporus* tidak hanya meningkatkan daya cerna

protein kedelai, tetapi juga menghasilkan berbagai senyawa bioaktif seperti isoflavon, vitamin B12, dan folat yang berperan vital dalam metabolisme tubuh (Yarlina & Astuti, 2021). Industri tempe nasional masih menghadapi tantangan utama berupa ketergantungan pada kedelai impor, meskipun popularitas dan konsumsi tempe sangat tinggi. Oleh karena itu, upaya diversifikasi bahan baku menggunakan *leguminosa* lokal menjadi strategi penting untuk mendukung ketahanan pangan sekaligus menciptakan variasi produk.

Salah satu komoditas lokal yang potensial sebagai substitusi kedelai adalah kacang hijau (*Vigna radiata*). Kacang hijau memiliki profil nutrisi yang komplementer dengan kedelai, mengandung protein tinggi, rendah lemak, serta kaya akan serat pangan dan karbohidrat kompleks sebagai sumber energi (Nafiah dkk., 2024). Selain keunggulan nutrisi, kacang hijau memiliki karakteristik tekstur yang lembut pasca-fermentasi dan kadar anti-nutrisi (seperti asam fitat) yang lebih rendah dibandingkan jenis kacang-kacangan lain, menjadikannya substrat yang ideal untuk pengembangan tempe non-kedelai atau tempe campuran.

Selain diversifikasi substrat, pengembangan pangan fungsional dapat dilakukan melalui penambahan bahan alami yang memiliki aktivitas bioaktif, seperti kunyit (*Curcuma longa* L.). Kunyit mengandung senyawa kurkuminoid yang terbukti memiliki aktivitas antioksidan kuat dan sifat antimikroba. Produk tempe umumnya memiliki umur simpan relatif singkat. Penambahan kunyit berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk sekaligus meningkatkan nilai fungsional produk (Hariyanto dkk., 2025). Secara organoleptik, pigmen kuning alami pada kunyit dapat memberikan atraksi visual yang menarik dan menutupi aroma langu (*beany flavor*) yang terkadang muncul pada produk berbasis legum.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mempelajari pembuatan tempe dari berbagai jenis kacang-kacangan maupun penambahan rempah secara terpisah (Jayanti, 2019; Khotimah dkk., 2024; Purwandari dkk., 2025). Namun, studi yang mengkaji interaksi antara substitusi kacang hijau dan fortifikasi bubuk kunyit terhadap karakteristik fisikokimia tempe masih terbatas. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada formulasi kombinasi kedua bahan tersebut untuk menciptakan produk tempe yang tidak hanya unggul secara gizi, tetapi juga memiliki sifat fungsional antioksidan dan karakteristik sensoris yang dapat diterima konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan kunyit dan proporsi kacang hijau terhadap sifat fisikokimia serta tingkat kesukaan pada produk tempe yang dihasilkan.

2. Metodologi

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 bertempat di Laboratorium Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Duta Bangsa Surakarta.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk proses pembuatan tempe meliputi timbangan digital (Camry), panci *stainless steel*, kompor, baskom, saringan/peniris, pengaduk kayu, tampah, dan plastik polietilen (PE) yang telah dilubangi sebagai kemasan fermentasi. Peralatan untuk analisis meliputi timbangan analitik (Ohaus), oven (Cosmos), cawan porselen, dan desikator.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kacang kedelai dan kacang hijau yang diperoleh dari Pasar Nusukan, Banjarsari, Surakarta. Bahan penunjang meliputi ragi tempe (*Raprima*) yang mengandung inokulum kapang *Rhizopus oligosporus*, bubuk kunyit murni (DesaKu), serta air bersih untuk proses perendaman dan perebusan.

2.3 Prosedur Kerja

Proses pembuatan tempe diawali dengan tahap persiapan bahan baku, dimana biji kedelai dan kacang hijau disortasi untuk memisahkan kotoran, lalu dicuci hingga bersih. Kedua bahan kemudian direndam secara terpisah dalam air bersih selama ± 12 jam pada suhu ruang untuk proses hidrasi biji. Setelah perendaman, dilakukan pengupasan kulit ari (*dehulling*) pada kedelai dan kacang hijau, kemudian bahan ditiriskan. Tahap selanjutnya adalah pencampuran dan perebusan, dimana bahan ditimbang masing-masing sebanyak 200 g lalu dicampur dengan

rasio perbandingan 1:1 (kedelai:kacang hijau). Campuran biji tersebut kemudian direbus dalam air mendidih dengan variasi waktu perlakuan, yaitu selama 5, 15, dan 25 menit.

Setelah proses perebusan, air dibuang dan biji ditiriskan di atas tampah atau kain bersih. Biji didinginkan hingga mencapai suhu ruang (± 30 °C) serta dikering-anginkan untuk mengurangi kelembapan permukaan agar kondisi substrat optimal untuk fermentasi. Proses peragian dilakukan dengan menambahkan inokulum ragi (*Rhizopus oligosporus*) sebanyak 12 g (s2% dari total berat bahan) dan bubuk kunyit sesuai dengan variasi konsentrasi perlakuan, yaitu 0%, 0,75%, dan 1,5%. Seluruh bahan diaduk hingga homogen agar ragi dan bubuk kunyit terdistribusi merata. Campuran kemudian dikemas ke dalam plastik yang telah dilubangi untuk aerasi dan diinkubasi (fermentasi) pada suhu ruang (25–30 °C) selama 48 jam.

2.4 Analisis Statistika

Penelitian ini disusun menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah variasi lama perebusan campuran biji yang terdiri dari tiga taraf, yaitu 5 menit, 15 menit, dan 25 menit. Faktor kedua adalah konsentrasi penambahan bubuk kunyit yang terdiri dari tiga taraf, yaitu 0% (sebagai kontrol), 0,75%, dan 1,5% (b/b), sedangkan proporsi campuran kedelai dan kacang hijau ditetapkan konstan dengan perbandingan 1:1. Data hasil pengamatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics*. Pengujian dilakukan dengan teknik *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor maupun interaksinya. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh yang nyata (signifikan) antar perlakuan ($p < 0,05$), maka analisis dilanjutkan dengan uji beda nyata *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk menentukan perlakuan terbaik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Parameter pertumbuhan miselium

Data hasil pengamatan pertumbuhan miselium pada hari ke-2 fermentasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh variasi penambahan kunyit dan lama perebusan terhadap pertumbuhan miselium tempe

| Konsentrasi (K) | Kunyit Lama Perebusan Menit (P0) | Lama Perebusan Menit (P1) | Lama Perebusan Menit (P2) |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0% (K0) | 5 | 5 | 5 |
| 0,75% (K1) | 4 | 4 | 3 |
| 1,5% (K2) | 3 | 3 | 2 |

Keterangan: skala pertumbuhan miselium 0-5 (0 = tidak tumbuh miselium, 5 = miselium menutupi seluruh area bahan)

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa perlakuan kontrol tanpa penambahan kunyit (K0) pada semua variasi lama perebusan menunjukkan pertumbuhan miselium yang sangat baik dengan skor tertinggi (5). Hal ini menunjukkan bahwa campuran substrat kacang hijau dan kedelai memiliki ketersediaan nutrisi yang cukup untuk mendukung metabolisme *Rhizopus oligosporus*. Namun, terjadi tren penurunan densitas miselium seiring dengan peningkatan konsentrasi bubuk kunyit dan lamanya waktu perebusan. Skor terendah (2) ditemukan pada perlakuan kombinasi konsentrasi kunyit tertinggi (1,5%) dengan waktu perebusan terlama (25 menit).

Penurunan pertumbuhan miselium pada sampel dengan penambahan kunyit (K1 dan K2) disebabkan oleh aktivitas antimikroba alami yang terkandung dalam rimpang kunyit. Kunyit mengandung senyawa metabolit sekunder berupa kurkuminoid dan minyak atsiri yang memiliki sifat antifungi. Menurut Salve dkk. (2023), senyawa kurkuminoid dapat menghambat pertumbuhan hifa kapang dengan cara mengganggu permeabilitas membran sel dan menghambat aktivitas enzimatis mikroorganisme. Meskipun *Rhizopus oligosporus* adalah kapang utama fermentasi, keberadaan senyawa bioaktif dalam konsentrasi tinggi (1,5%) dapat

menekan laju poliferasi sel kapang, sehingga miselium yang terbentuk menjadi lebih tipis dan tidak merata dibandingkan kontrol.

Selain faktor penambahan kunyit, lama perebusan juga berpengaruh terutama pada interaksi dengan konsentrasi kunyit tinggi. Pada perlakuan perebusan 25 menit (P2), pertumbuhan miselium cenderung menurun. Hal ini berkaitan dengan kadar air dan tekstur substrat. Perebusan yang terlalu lama menyebabkan biji menyerap air dalam jumlah berlebih (kadar air tinggi) dan tekstur menjadi terlalu lunak.

Kondisi substrat yang terlalu basah dapat menghambat aerasi di sela-sela biji. Kapang *Rhizopus oligosporus* merupakan mikroorganisme aerob obligat yang mutlak membutuhkan oksigen untuk tumbuh (Assaajidah dkk., 2025). Jika kadar air permukaan terlalu tinggi akibat *over-cooking*, suplai oksigen akan terhambat, menyebabkan pertumbuhan miselium terganggu. Kombinasi antara efek antifungi dari kunyit dan kondisi fisik substrat yang kurang mendukung (terlalu basah) pada perlakuan K2P2 menyebabkan pertumbuhan miselium menjadi paling minimal.

3.2 Parameter tekstur

Hasil pengamatan organoleptik terhadap tekstur tempe yang dilakukan dengan cara pemotongan dan penekanan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh variasi penambahan kunyit dan lama perebusan terhadap tekstur tempe

| Konsentrasi Kuny (K) | Lama Perebusan Menit (P0) | Lama Perebusan Menit (P1) | Lama Perebusan Menit (P2) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0% (K0) | Padat | Padat | Rapuh |
| 0,75% (K1) | Padat | Padat | Rapuh |
| 1,5% (K2) | Lembek | Kenyal | Rapuh |

Berdasarkan Tabel 2, tekstur terbaik dengan karakteristik "Padat" diperoleh pada perlakuan tanpa penambahan kunyit (K0) dan penambahan kunyit 0,75% (K1) dengan waktu perebusan singkat (5 dan 15 menit). Tekstur padat menunjukkan bahwa hifa jamur *Rhizopus oligosporus* berhasil menembus jaringan biji kedelai dan kacang hijau serta mengikatnya menjadi satu kesatuan massa yang kompak (*cake-like structure*). Pada kondisi ini, irisan tempe tidak mudah hancur saat dipotong, yang mengindikasikan keberhasilan proses fermentasi (Wikandari dkk., 2021)

Sebaliknya, perlakuan lama perebusan 25 menit (P2) secara konsisten menghasilkan tekstur yang "Rapuh" pada semua level konsentrasi kunyit. Kondisi rapuh ini disebabkan oleh tekstur biji, terutama kacang hijau yang menjadi terlalu lunak dan berair akibat *over-cooking*. Kacang hijau memiliki struktur pati yang lebih mudah menyerap air dibandingkan kedelai. Kadar air yang terlalu tinggi pada substrat (seperti ditunjukkan pada data kadar air >70% untuk P2) menyebabkan kondisi lingkungan menjadi terlalu basah. Kondisi ini menghambat aerasi yang dibutuhkan kapang untuk membentuk jalinan miselium yang kuat. Akibatnya, ikatan antar biji menjadi lemah dan tempe mudah hancur saat ditekan atau dipotong.

Selain faktor perebusan, konsentrasi kunyit yang tinggi (1,5%) juga memberikan dampak negatif berupa tekstur yang "Lembek" atau "Kenyal", terutama pada waktu perebusan 5 dan 15 menit. Hal ini berkorelasi lurus dengan data pertumbuhan miselium yang menurun pada konsentrasi tersebut (Tabel 1). Senyawa bioaktif kurkuminoid dalam kunyit bersifat antifungi yang dapat menekan laju pertumbuhan hifa kapang (Prajapati dkk., 2021). Ketika pertumbuhan miselium terhambat, anyaman hifa yang terbentuk tidak cukup lebat untuk merekatkan antar biji dengan kuat (Pratita dkk., 2021). Akibatnya, tempe tidak membentuk struktur padat melainkan cenderung lunak karena fermentasi tidak berjalan optimal.

3.3 Parameter warna

Hasil pengamatan visual terhadap warna tempe disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh variasi penambahan kunyit dan lama perebusan terhadap warna tempe

| Konsentrasi Kuny (K) | Lama Perebusan Menit (P0) | Lama Perebusan Menit (P1) | Lama Perebusan Menit (P2) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|

| | | | |
|------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| 0% (K0) | Putih | Kekuningan (+) | Kekuningan (++) |
| 0,75% (K1) | Kekuningan (++) | Kekuningan (++) | Kuning Gelap (+++) |
| 1,5% (K2) | Kekuningan | Kuning Gelap (++) | Kuning Gelap (+++) |

Keterangan: (+): Agak Kuning (Kuning Pudar) (++): Kuning Cerah (Intensitas Sedang) (+++): Kuning Gelap/Pekat (Intensitas Tinggi)

Berdasarkan Tabel 3, terlihat adanya peningkatan intensitas warna kuning seiring dengan bertambahnya konsentrasi bubuk kunyit dan lamanya waktu perebusan. Pada perlakuan kontrol (K0) dengan perebusan singkat (5 menit), tempe menunjukkan warna dominan “putih”. Warna putih ini berasal dari pertumbuhan miselium *Rhizopus oligosporus* yang lebat dan menutupi permukaan biji kedelai serta kacang hijau secara sempurna. Namun, pada kontrol dengan perebusan lama (25 menit), warna tempe berubah menjadi "Kekuningan (++)". Hal ini diduga disebabkan oleh pigmen alami dari keping biji kacang hijau (*cotyledon*) yang terekspos akibat tekstur biji yang mulai hancur karena *over-cooking*, serta lapisan miselium yang tipis (kurang lebat) sehingga warna asli substrat terlihat samar.

Penambahan kunyit memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakteristik warna tempe. Kunyit mengandung senyawa pigmen alami golongan polifenol yaitu kurkuminoid yang memberikan warna kuning khas hingga oranye (Abd El-Hack dkk., 2021). Pada perlakuan K1 (0,75%) dan K2 (1,5%), warna tempe berkisar antara "Kekuningan" hingga "kuning gelap". Penyerapan pigmen kurkumin ke dalam jaringan biji kedelai dan kacang hijau terjadi melalui proses difusi selama pencampuran.

Faktor lama perebusan juga berinteraksi positif dengan intensitas warna. Perebusan yang lebih lama (25 menit) menyebabkan dinding sel biji menjadi lebih lunak dan pori-pori melebar. Kondisi ini memfasilitasi penetrasi pigmen kurkumin dan pigmen alami kacang hijau untuk masuk lebih dalam ke jaringan biji dan terdistribusi lebih merata. Akibatnya, pada perlakuan P2, warna yang dihasilkan cenderung menjadi "kuning gelap (+++)".

Selain faktor absorpsi pigmen, warna kuning gelap pada perlakuan K2P2 juga berkaitan erat dengan kepadatan miselium. Merujuk pada Tabel 1 (Pertumbuhan Miselium), perlakuan K2P2 memiliki skor pertumbuhan miselium terendah (skor 2). Miselium yang tumbuh sangat tipis dan tidak merata, kapang gagal membentuk "selimut" putih yang biasanya menutupi biji (Sine & Soetarto, 2020). Akibatnya, warna kuning tua dari substrat biji yang telah bercampur kunyit terekspos secara langsung dan mendominasi visual produk. Sebaliknya, pada perlakuan K1P0, warna "kekuningan (++)" terlihat lebih cerah dan menarik karena adanya perpaduan kontras antara pigmen kuning kunyit dengan lapisan tipis miselium putih yang masih tumbuh dengan baik.

3.4 Parameter rasa

Hasil uji kesukaan (*hedonik*) terhadap rasa tempe modifikasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh variasi penambahan kunyit dan lama perebusan terhadap rasa tempe

| Konsentrasi Kunyit (K) | Lama Perebusan Menit (P0) | Lama Perebusan Menit (P1) | Lama Perebusan Menit (P2) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0% (K0) | Netral | Netral | Netral |
| 0,75% (K1) | Netral | Netral | Netral |
| 1,5% (K2) | Netral | Netral | Netral |

Keterangan: skala parameter: tidak suka, netral, sangat suka

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa seluruh panelis memberikan penilaian "netral" terhadap semua variasi perlakuan, baik pada kontrol maupun pada penambahan kunyit hingga 1,5%. Skor "Netral" mengindikasikan bahwa produk tempe berbahan dasar campuran kedelai dan kacang hijau ini masih dapat diterima (*acceptable*) oleh lidah panelis, tidak menimbulkan rasa asing yang mengganggu (seperti rasa pahit berlebih atau langu), namun belum memiliki karakteristik rasa istimewa yang membuat panelis menyukainya secara signifikan.

Selama fermentasi, kapang *Rhizopus oligosporus* memproduksi enzim protease yang memecah protein kompleks pada kedelai dan kacang hijau menjadi peptida sederhana dan asam amino, termasuk asam glutamat yang memberikan rasa gurih (*umami*). Rasa gurih hasil fermentasi ini cenderung mendominasi profil rasa tempe, sehingga mampu menutupi (*masking*) potensi rasa getir atau pahit yang mungkin muncul dari senyawa kurkuminoid pada kunyit maupun rasa langu (*beany flavor*) dari kacang hijau (Vong dkk., 2018).

Kacang hijau memiliki profil rasa yang *mild* (lembut) dan agak manis, yang berpadu baik dengan kedelai. Meskipun kunyit memiliki rasa khas yang agak pedas dan pahit (*pungent*), konsentrasi hingga 1,5% tampaknya masih berada di bawah ambang batas penolakan panelis ketika dicampurkan ke dalam matriks tempe yang gurih.

Namun, penilaian yang tertahan pada level "netral" juga menunjukkan bahwa kombinasi kacang hijau dan kunyit ini belum memberikan sensasi rasa baru yang "disukai". Hal ini bisa jadi disebabkan oleh belum terbiasanya panelis (faktor *familiarity*) dengan cita rasa tempe non-murni kedelai, atau tekstur yang (pada beberapa sampel rapuh/lembek) juga memengaruhi persepsi rasa secara psikologis saat dikunyah (Jayanti, 2019). Penambahan kunyit terbukti aman untuk diversifikasi produk karena tidak merusak rasa, meskipun formulasi bumbu tambahan mungkin diperlukan untuk meningkatkan tingkat kesukaan konsumen.

3.5 Parameter aroma

Hasil pengamatan terhadap aroma tempe disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh variasi penambahan kunyit dan lama perebusan terhadap aroma tempe

| Konsentrasi (K) | Kunyit Lama Perebusan Menit (P0) | Lama Perebusan Menit (P1) | Lama Perebusan Menit (P2) |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0% (K0) | Aroma Tempe | Aroma Tempe | Aroma Tempe |
| 0,75% (K1) | Aroma Tempe | Aroma Tempe | Aroma Kunyit |
| 1,5% (K2) | Aroma Tempe | Aroma Kunyit | Aroma Kunyit |

Hasil pengamatan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol (K0) pada seluruh variasi waktu perebusan secara konsisten menghasilkan karakteristik "beraroma tempe". Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa adanya inhibitor dari kunyit, kapang *Rhizopus oligosporus* mampu tumbuh optimal dan memproduksi enzim protease serta lipase. Enzim-enzim tersebut mendegradasi protein dan lemak pada biji kedelai serta kacang hijau menjadi senyawa flavor spesifik seperti alkohol, keton, dan ester yang memberikan aroma segar khas tempe (Nisak dkk., 2025). Pola serupa juga ditemukan pada perlakuan dengan konsentrasi kunyit rendah (0,75%) dengan waktu perebusan singkat hingga sedang (5 dan 15 menit), serta pada konsentrasi kunyit tinggi (1,5%) dengan perebusan 5 menit, di mana aroma tempe masih tercium dominan karena pertumbuhan miselium yang masih cukup baik mampu mengimbangi bau asli bahan tambahan.

Pergeseran aroma menjadi "beraroma kunyit" terlihat pada perlakuan dengan intensitas yang lebih tinggi, yaitu pada kombinasi K1P2 (0,75%; 25 menit) serta K2P1 dan K2P2 (1,5%; 15 dan 25 menit). Dominasi aroma kunyit ini disebabkan oleh mekanisme sinergis antara aktivitas antifungi dan kondisi fisik substrat. Kandungan senyawa kurkuminoid dan minyak atsiri pada kunyit konsentrasi tinggi, ditambah dengan kondisi substrat yang terlalu basah akibat perebusan lama (25 menit), menekan pertumbuhan kapang karena terhambatnya aerasi (Gámez-Espinosa dkk., 2021). Akibat terhambatnya fermentasi, produksi senyawa aroma khas tempe menjadi sangat minim sehingga tidak mampu menutupi (*masking*) aroma alami kunyit. Senyawa volatil dari golongan minyak atsiri kunyit, seperti *turmerone* dan *zingiberene*, yang memiliki karakteristik bau tajam akhirnya mendominasi profil aroma produk akhir (Destryana dkk., 2024). Oleh karena itu, untuk menjaga keaslian aroma tempe, penggunaan kunyit disarankan tidak melebihi konsentrasi 0,75% dengan durasi perebusan yang terkontrol.

3.6 Analisis kadar air

Hasil analisis kadar air tempe disajikan pada Tabel 7.

| Konsentrasi Kunyit (K) | Lama Perebusan Menit (P0) | Lama Perebusan Menit (P1) | Lama Perebusan Menit (P2) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0% (K0) | 59,63±0,53 ^d | 61,90±0,14 ^e | 73,65±0,49 ^g |
| 0,75% (K1) | 62,60±0,57 ^e | 69,73±0,39 ^f | 62,68±0,46 ^e |
| 1,5% (K2) | 55,80±0,28 ^b | 48,78±0,311 ^a | 58,23±0,32 ^c |

Keterangan: angka yang diikuti dengan *superscript* berbeda pada kolom dan baris menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 7, kadar air tempe yang dihasilkan berkisar antara 48,78% hingga 73,65%. Mengacu pada SNI 3144:2015 tentang syarat mutu tempe kedelai, kadar air maksimal yang diperbolehkan adalah 65%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan K0P2 (0% kunyit, 25 menit) dan K1P1 (0,75% kunyit, 15 menit) menghasilkan kadar air yang melebihi standar SNI (masing-masing 73,65% dan 69,73%), sehingga berpotensi memiliki daya simpan yang lebih singkat dan tekstur yang lembek.

Pada perlakuan kontrol (K0), terlihat tren peningkatan kadar air yang signifikan seiring dengan lamanya waktu perebusan, ditunjukkan dengan notasi huruf yang berbeda dari *d* (59,63%) naik drastis ke *g* (73,65%). Peningkatan ini disebabkan oleh proses hidrasi dan gelatinisasi pati, terutama pada biji kacang hijau yang memiliki struktur pati lebih lunak dibandingkan kedelai. Semakin lama waktu perebusan, dinding sel biji semakin melunak dan pori-pori membesar, memungkinkan air terserap masuk ke dalam jaringan biji dalam jumlah besar (Maharani dkk., 2022). Kondisi air berlebih (seperti pada K0P2) menyebabkan kondisi lingkungan menjadi anaerobik di beberapa bagian, yang menghambat pertumbuhan kapang dan memicu pertumbuhan bakteri pembusuk, sebagaimana terkonfirmasi pada pengamatan tekstur yang rapuh (Tabel 2).

Sebaliknya, penambahan kunyit dengan konsentrasi tinggi (1,5% pada K2) secara umum menurunkan kadar air tempe secara signifikan, dengan nilai terendah mencapai 48,78% (notasi *a*). Penurunan ini diduga berkaitan dengan sifat hidrofobik dari komponen penyusun kunyit. Kunyit mengandung minyak atsiri dan kurkuminoid yang bersifat non-polar (menolak air). Selain itu, rendahnya kadar air pada perlakuan K2 juga berkorelasi dengan terhambatnya pertumbuhan miselium (Tabel 1). Metabolisme kapang *Rhizopus oligosporus* sejatinya menghasilkan air metabolik dan panas. Namun, miselium yang tebal juga berfungsi menahan uap air agar tidak keluar dari tempe (membentuk iklim mikro lembap). Akibat pertumbuhan miselium pada K2 sangat tipis akibat efek antifungi kunyit, maka kemampuan menahan air (*water holding capacity*) dari massa tempe menjadi rendah, sehingga air lebih mudah menguap ke lingkungan.

Perlakuan terbaik yang memenuhi standar SNI dan memiliki karakteristik fisik optimal adalah kombinasi K1P0 (0,75% kunyit; 5 menit) dengan kadar air 62,60%. Nilai ini berada di bawah batas maksimal 65%, yang mengindikasikan bahwa tempe memiliki kelembapan yang cukup untuk mendukung tekstur yang padat dan empuk, namun tidak terlalu basah sehingga lebih awet disimpan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh penambahan kunyit dan lama perebusan terhadap sifat fisikokimia tempe campuran kedelai dan kacang hijau, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi konsentrasi kunyit dan lama perebusan memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas tempe. Konsentrasi kunyit yang terlalu tinggi (1,5%) menghambat pertumbuhan miselium *Rhizopus oligosporus* dan menurunkan kadar air secara berlebih, sedangkan waktu perebusan yang terlalu lama (25 menit) pada kacang hijau menyebabkan *over-cooking*, kadar air tinggi (>70%), dan tekstur tempe menjadi rapuh.

2. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi konsentrasi kunyit 0,75% dengan lama perebusan 5 menit (K1P0). Perlakuan ini menghasilkan karakteristik tempe yang optimal

dengan miselium yang tumbuh merata (skor 4), tekstur padat/kompak, dan kadar air sebesar 62,60% yang sesuai dengan syarat mutu SNI 3144:2015 (maksimal 65%). Secara organoleptik, formulasi ini memiliki warna kuning cerah yang menarik, aroma khas tempe yang masih dominan, serta rasa yang dapat diterima (netral).

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya adalah: perlu dilakukan uji lanjutan mengenai aktivitas antioksidan dan uji masa simpan (*shelf-life*) pada produk tempe terbaik (K1P0) untuk memverifikasi efektivitas penambahan kunyit dalam memperpanjang umur simpan dan meningkatkan nilai fungsional produk.

Daftar Pustaka

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Swelum, A. A., Arif, M., Abo Ghanima, M. M., Shukry, M., Noreldin, A., Taha, A. E., & El-Tarabily, K. A. (2021). Curcumin, the active substance of turmeric: Its effects on health and ways to improve its bioavailability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(14), 5747–5762.
- Assaajidah, A., Susanti, E., & Saputra, I. K. (2025). Eksplorasi Pati dari Limbah Kulit Singkong Sebagai Sumber Karbon Alternatif Media Pertumbuhan *Rhizopus oligosporus* Saito. *Pro Food*, 11(1), 41–51.
- Destryana, R., Estiasih, T., & Pranowo, D. (2024). *Zingiberaceae Rhizome essential oil: A review of chemical composition, biological activity, and application in food industry*. 1299(1), 012010.
- Gámez-Espinosa, E., Anaya, M., Borges, P., & Bosch Crespo, D. M. (2021). Antifungal effects of *Curcuma longa* L. essential oil against pathogenic strains isolated from indoor air. *Aerobiologia*, 37(1), 119–126.
- Hariyanto, I., Maharani, T., & Yanti, E. F. (2025). Uji Toksisitas Akut pada Tempe Koro Kratok dengan Penambahan Kunyit terhadap Parameter Hepar Mencit. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 11(1).
- Jayanti, E. T. (2019). Kandungan Protein Biji Dan Tempe Berbahan Dasar Kacang-Kacangan Lokal (Fabaceae) Non Kedelai (Seeds and Tempeh Protein Content From Non Soybean Fabaceae). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 7(1), 79–86.
- Khotimah, K., Kusumaningrum, I., & Afiah, R. N. (2024). Profil Tekstur dan Uji Hedonik Bakso Ikan Lele dengan Penambahan Tepung Ubi Kelapa (*Dioscorea alata*): *Texture profile and hedonic test of catfish meatballs with purple yam (Dioscorea alata) flour addition*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(8), 693–705. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i8.50811>
- Maharani, P., Santoso, U., Rachma, Y. A., Fitriani, A., & Supriyadi, S. (2022). Efek pengolahan konvensional pada kandungan gizi dan anti gizi biji petai (*Parkia speciosa* Hassk.). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(2), 151–164.
- Nafiah, A. N., Wijayanti, F., & Rahayu, P. (2024). Pemanfaatan Kacang Hijau Sebagai Pengganti Kacang Kedelai Dalam Pembuatan Tempe. *SIGNIFICANT: Journal Of Research And Multidisciplinary*, 3(01), 46–52.
- Nisak, Y. K., Azizah, A., & Amania, L. (2025). Pengaruh Jenis Kemasan Terhadap Karakteristik Kimia Tempe Kedelai. *Jurnal Teknologi Pangan dan Industri Perkebunan (LIPIDA)*, 5(1), 11–17.
- Prajapati, J., Rao, P., Poojara, L., Goswami, D., Acharya, D., Patel, S. K., & Rawal, R. M. (2021). Unravelling the antifungal mode of action of curcumin by potential inhibition of CYP51B: A computational study validated in vitro on mucormycosis agent, *Rhizopus oryzae*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 712, 109048.

- Pratita, A. T. K., Yuliana, A., Raudoh, I. N., & Fathurohman, M. (2021). *Pengaruh Konsentrasi Rhizopus oligosporus terhadap Sifat Organoleptik dan Aktivitas Antioksidan Tempe Berbahan Baku Kacang Lentil*. 1(1).
- Purwandari, U., Hidayati, D., Rahman, A., & Pujimulyani, D. (2025). *Pangan Fermentasi Nabati: Proses dan Manfaatnya bagi Kesehatan*. Azzia Karya Bersama.
- Salve, R., Chavan, R., Pawase, P., Kelapure, N., Jaju, R., & Wadatkar, H. (2023). The impact of the fermentation process on bioactive compounds in turmeric: A review. *J Food Chem Nanotechnol*, 9(S1), S367–S374.
- Sine, Y., & Soetarto, E. (2020). Kualitas Tempe Gude (Cajanus cajan (L) Millps.) Berdasarkan Karakteristik Morfologi Dan Lama Waktu Fermentasi. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 3(3), 96–102.
- Vong, W. C., Hua, X. Y., & Liu, S.-Q. (2018). Solid-state fermentation with *Rhizopus oligosporus* and *Yarrowia lipolytica* improved nutritional and flavour properties of okara. *Lwt*, 90, 316–322.
- Wikandari, R., Kinanti, D. A., Permatasari, R. D., Rahmaningtyas, N. L., Chairunisa, N. R., Sardjono, Hellwig, C., & Taherzadeh, M. J. (2021). Correlations between the chemical, microbiological characteristics and sensory profile of fungal fermented food. *Fermentation*, 7(4), 261.
- Yarlina, V. P., & Astuti, D. I. (2021). Karakterisasi kandungan vitamin B12, folat dan isoflavon tempe kedelai dengan isolat murni *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, dan *Rhizopus stolonifer* sebagai bahan pangan fungsional: Characterization of vitamin B12, folate and isoflavones of soybean tempeh with the pure isolate *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, and *Rhizopus stolonifer* as functional food. *Teknologi Pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 12(1), 92–102.