

**KARAKTERISTIK KIMIA DAN ORGANOLEPTIK
TEMPE DENGAN KOMBINASI KACANG HIJAU (*Vigna radiata*),
BIJI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*), DAN KONSENTRASI RAGI**

SKRIPSI

Oleh

GRACE SUNDARI



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal merupakan strategi krusial untuk mengatasi keterbatasan kedelai *non-GMO* dan fluktuasi harga akibat ketergantungan impor (Ningsih *et al.*, 2025). Pergeseran tren konsumsi masyarakat dunia menuju pola makan nabati dan konsep *Planetary Health Diet* semakin membuka peluang bagi tempe sebagai inovasi sumber protein terjangkau (Willett *et al.*, 2019). Pemenuhan kebutuhan gizi yang terjangkau bagi masyarakat luas menuntut adanya langkah nyata dalam pemanfaatan komoditas lokal alternatif.

Kacang hijau (*Vigna radiata*) tampil sebagai kandidat substitusi kedelai yang ideal berkat ketersediaannya yang berlimpah, dengan total produksi nasional mencapai 204.607 ton (Puspitasari *et al.*, 2021). Legum ini menawarkan profil gizi unggul untuk pertumbuhan kapang, mencakup 323 kalori, 22,9 g protein, 7,5 mg zat besi, serta kadar lemak yang sangat rendah pada kisaran 1-1,2% (Sari *et al.*, 2020). Ketersediaan bahan baku dan kelengkapan gizi ini menjadi modal dasar yang kuat bagi keberlanjutan produksi tempe di dalam negeri.

Keunggulan fungsional kacang hijau tidak terbatas pada kandungan gizi makro, melainkan juga mencakup sifat hipoalergenik dan daya cerna yang jauh lebih baik bagi pencernaan manusia. Karakteristik ini menjadikannya alternatif sumber protein nabati yang sangat aman bagi kelompok konsumen dengan riwayat

sensitivitas terhadap produk olahan kedelai (Hou *et al.*, 2019). Fermentasi menggunakan ragi tempe diharapkan mampu mengoptimalkan pembentukan karakteristik fisik dan kimiawi khas pada substrat legum alternatif ini.

Penelitian terdahulu mengidentifikasi celah kelemahan utama pada pembuatan tempe berbahan dasar murni kacang hijau, yakni tekstur produk yang cenderung lembek dan pertumbuhan miselium yang terhambat akibat halangan fisik kulit bijinya (Harahap *et al.*, 2025). Kendala struktural ini memerlukan modifikasi proses, seperti penggunaan kacang hijau kupas, guna memfasilitasi penetrasi hifa kapang secara maksimal. Optimalisasi tekstur ini menjadi titik kritis untuk menghasilkan produk akhir yang secara bentuk dapat menyerupai tempe komersial.

Limbah biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dapat dieksplorasi secara paralel sebagai solusi strategis untuk mengatasi kelemahan kepadatan tekstur tersebut melalui rekayasa formulasi pangan komposit. Kandungan pati pada komoditas ini memiliki kemampuan fungsional sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pengikat tekstur yang sangat efektif untuk memperbaiki struktur makanan agar menjadi lebih padat (Zhang *et al.*, 2021). Penggabungan kacang hijau yang kaya protein dengan biji nangka yang kaya karbohidrat diharapkan mampu menciptakan efek komplementer sekaligus menekan biaya operasional produksi.

Pengendalian proses bioproses fermentasi secara presisi mutlak diperlukan untuk memastikan keberhasilan formulasi campuran bahan tersebut. Penggunaan inokulum atau ragi tempe dengan konsentrasi standar yang berlebihan diketahui berisiko memicu kenaikan suhu fermentasi dan pelepasan gas amonia yang dapat merusak kualitas aroma produk (Yarlina *et al.*, 2023). Riset ini difokuskan untuk

mengisi celah tersebut dengan mengkaji efisiensi penggunaan ragi rendah di angka 0,2% untuk menyeimbangkan laju fermentasi, memadatkan struktur, serta menghasilkan tempe komposit dengan mutu organoleptik yang dapat diterima dengan baik oleh konsumen.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh interaksi antara proporsi komposit kacang hijau dan biji nangka dengan variasi konsentrasi ragi terhadap karakteristik kimia dan organoleptik tempe, serta menentukan formulasi perlakuan terbaik yang menghasilkan tempe dengan mutu yang dapat diterima namun tetap efisien dalam penggunaan bahan.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi ilmiah mengenai potensi biji nangka sebagai bahan pengisi fungsional dan kacang hijau sebagai substitusi kedelai. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan referensi ilmiah mengenai sifat kimia serta organoleptik tempe yang dihasilkan. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat memberikan rekomendasi bagi industri rumah tangga mengenai efisiensi penggunaan ragi dan formulasi bahan baku lokal untuk menghasilkan produk tempe yang bergizi, ekonomis, serta mendukung pola makan berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada kedelai impor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tempe

Tempe merupakan produk pangan tradisional Indonesia yang secara prinsip didefinisikan sebagai hasil fermentasi biji-bijian, umumnya kedelai oleh kapang *Rhizopus sp.*, terutama *Rhizopus oligosporus*. Proses fermentasi ini membentuk miselium putih kompak yang menyatukan biji-bijian menjadi struktur padat seperti kue (*cake-like structure*) (Murwani *et al.*, 2024). Pertumbuhan kapang tersebut tidak hanya mengubah karakteristik fisik bahan baku, tetapi juga memicu serangkaian perubahan biokimia yang mendasar bagi peningkatan mutu gizi produk. Perubahan biokimia yang terjadi selama fermentasi berperan signifikan dalam meningkatkan daya cerna gizi tempe dibandingkan bahan asalnya. Kapang pada tempe aktif menghidrolisis senyawa kompleks seperti karbohidrat, lemak, dan protein menjadi asam lemak, asam amino, dan glukosa yang lebih mudah diserap oleh tubuh (Wijayanti *et al.*, 2024).



Ilustrasi 1. Tempe Kedelai
(sumber: istockphoto.com)

Komponen fungsional yang membedakan tempe dari produk nabati adalah keberadaan vitamin B12 dan peningkatan aktivitas senyawa bioaktif isoflavon. Vitamin B12 pada tempe terbentuk akibat simbiosis antara kapang dan bakteri *Klebsiella pneumoniae* atau *Citrobacter freundii* selama proses fermentasi (Wolkers-Rooijackers *et al.*, 2018). Transformasi isoflavon dari bentuk glikosida menjadi aglikon selama fermentasi juga meningkatkan aktivitas antioksidan secara signifikan, yang berkontribusi pada potensi anti-flamasi (Kuligowski *et al.*, 2017). Komponen nilai gizi tempe kedelai dapat dilihat lebih detil pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Nilai Gizi Tempe Kedelai Mentah per 100 Gram

Komponen	Jumlah
Air	55,3 g
Protein	20,8 g
Lemak	8,8 g
Abu	1,6 g
Serat	1,4 g
Kalsium	155 mg
Besi	4,0 mg
Fosfor	326 mg

Sumber: Tabel Komposisi Pangan Indonesia Kemenkes RI, 2019.

2.2. Ragi Tempe

Ragi tempe merupakan mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi, umumnya terdiri atas kapang dari genus *Rhizopus*, terutama spesies *Rhizopus oligosporus*. Ragi berfungsi untuk memecah senyawa kompleks dalam substrat seperti protein dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Enzim paling tinggi yang dihasilkan oleh *R. oligosporus* dalam pembuatan tempe

adalah enzim protease dan lipase sehingga paling ideal untuk memecah protein dan lemak yang terkandung dalam kedelai sebagai asam amino pada tempe (Astawan *et al.*, 2017). Aktivitas enzimatis yang dihasilkan oleh penggunaan ragi dalam tempe dapat memberikan dampak positif terhadap produk. Aktivitas enzimatis mikroba dalam fermentasi secara simultan dapat meningkatkan kualitas gizi dan menurunkan konsentrasi antinutrisi yang menghambat penyerapan yaitu asam fitat (Muniroh *et al.*, 2021). Dalam proses fermentasi, ragi membentuk miselium putih yang merekatkan biji-bijian menjadi massa padat. Komposisi dan jumlah ragi yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas akhir tempe. Hal ini disebabkan oleh karakter kapang *Rhizopus* yang berperan dalam pembentukan cita rasa, tekstur, dan aroma khas pada tempe (Yarlina dan Astuti, 2021).



Ilustrasi 2. Ragi Tempe
(sumber: etsy.com)

2.3. Kacang Hijau (*Vigna radiata*)

Kacang hijau (*Vigna radiata*) memegang peranan strategis sebagai komoditas palawija terpenting ketiga di Indonesia. Tanaman kacang hijau memiliki keunggulan agronomis seperti kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang

tinggi, memiliki toleransi terhadap lahan kering, serta memiliki masa panen yang relatif singkat (Musliadi *et al.*, 2025). Ketersediaan bahan baku yang kontinu ini menjadi modal dasar yang kuat untuk pengembangan produk pangan skala industri tanpa kendala suplai. Potensi agronomis tersebut berbanding lurus dengan gizi kacang hijau yang unggul. Kacang hijau dikenal sebagai sumber protein nabati yang tinggi setelah kacang kedelai dan kacang tanah serta kandungan lemak yang lebih sedikit dibanding jenis kacang-kacangan lainnya, yaitu 1-1,2% (Sari *et al.*, 2020). Selain itu, kacang hijau memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, yang dapat bermanfaat dalam mencegah kerusakan sel terhadap radikal bebas (Kong *et al.*, 2022). Integrasi antara kelimpahan bahan baku lokal dan potensi fungsional tersebut menuntut adanya diversifikasi produk olahan yang lebih modern.

Produk olahan kacang hijau di pasaran saat ini masih didominasi oleh panganan tradisional manis dan tepung, sehingga pemanfaatannya belum optimal. Penerapan teknologi fermentasi pada bahan baku kacang hijau seperti tempe, menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan nilai tambah komoditas lokal ini. Komponen nilai gizi kacang hijau dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Nilai Gizi Kacang Hijau Kering per 100 Gram

Komponen	Jumlah
Air	15,5 g
Energi	323 kal
Protein	22,9 g
Lemak	1,5 g
Abu	3,3 g
Serat	7,5 g
Kalsium	223 mg
Besi	7,5 mg
Fosfor	319 mg

Sumber: Tabel Komposisi Pangan Indonesia Kemenkes RI, 2019.

2.4. Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

Biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*) merupakan bagian dari buah nangka yang kerap hanya menjadi limbah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, produksi buah nangka di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 867.786,9 ton. Adanya kapasitas produksi tersebut, biji buah nangka dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan harga jual. Biji nangka memiliki potensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut dikarenakan kandungannya yang kaya akan karbohidrat serta mengandung mineral esensial. Biji nangka dianggap kaya akan kalsium, magnesium, zat besi, serta senyawa bioaktif seperti polifenol, tanin, dan flavonoid (Dhani *et al.*, 2025). Analisis mengenai sifat kimia menunjukkan bahwa pati biji nangka tersusun atas fraksi amilosa sebesar 25,95% dan amilopektin sebesar 74,08% (Masruroh *et al.*, 2021). Rasio kedua fraksi pati ini dapat menentukan tekstur produk akhir setelah proses fermentasi. Komponen nilai gizi dalam biji nangka dapat dilihat lebih lanjut pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen Nilai Gizi Biji Nangka Kering per 100 Gram

Komponen	Jumlah
Air	40,5 g
Energi	262 kal
Karbohidrat	51,1 g
Lemak	5,4 g
Abu	0,7 g
Serat	8,0 g
Kalsium	60 mg
Besi	0,8 mg
Fosfor	80 mg

Sumber: Tabel Komposisi Pangan Indonesia Kemenkes RI, 2019.

Pemanfaatan biji nangka sebagai bahan baku pangan alternatif suatu produk pangan dapat meningkatkan nilai tambah sekaligus mengurangi limbah pertanian (Handayani dan Rohmah, 2023). Studi terbaru menunjukkan bahwa substitusi tepung biji nangka pada produk *cookies* memperlihatkan respon positif dari segi rasa dan tekstur, serta berkontribusi pada peningkatan serat pangan (Mitakasia *et al.*, 2025). Integrasi biji nangka ke dalam produk baru diharapkan menghasilkan diversifikasi pangan bergizi dengan penerimaan sensori yang baik.



Ilustrasi 3. Biji Nangka

(sumber: genpi.co)

2.5. Kadar Protein

Analisis kadar protein merupakan parameter fundamental dalam pengujian mutu produk pangan berbasis fermentasi. Selama masa inkubasi, kapang *Rhizopus oligosporus* mensekresikan enzim protease yang mendegradasi makromolekul protein kompleks menjadi fraksi yang lebih sederhana, seperti peptida bioaktif dan asam amino bebas (Romulo dan Surya, 2021). Proses hidrolisis enzimatik ini secara signifikan meningkatkan bioavailabilitas serta ketercernaan produk, yang menjadi

indikator krusial dalam membuktikan kelayakan formulasi biji nangka dan kacang hijau sebagai substitusi kedelai. Analisis kadar protein dilakukan menggunakan metode Kjeldahl atau metode spektrofotometri, yang mengukur jumlah nitrogen sebagai dasar perhitungan kandungan protein total (Sylvia *et al.*, 2021). Dalam produk tempe, pengukuran kadar protein bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kandungan protein dari bahan dasar dapat dipertahankan setelah melalui proses fermentasi. Berdasarkan aturan dalam SNI 3144:2015 pada tabel 4. syarat mutu kadar protein tempe kedelai adalah minimal 15%.

2.6. Kadar Air

Kadar air adalah persentase air yang terkandung dalam suatu bahan pangan dan berpengaruh terhadap tekstur, umur simpan, dan cita rasa produk (Gozali *et al.*, 2020). Dalam formulasi tempe, kuantifikasi kadar air memegang peranan esensial bagi keberhasilan germinasi spora dan penyebaran miselium. Proses penirisan yang tidak tuntas pasca-perebusan akan menyisakan kadar air yang berlebihan; kondisi substrat yang terlalu basah ini dapat menghambat pertumbuhan hifa kapang sehingga miselium tidak tumbuh merata (Putri dan Kartikawati, 2022). Lebih lanjut, tingginya kadar air pada substrat tempe justru akan memfasilitasi proliferasi bakteri pembusuk, yang berujung pada penurunan kualitas produk secara cepat dan memicu kegagalan fermentasi (Pakpahan dan Dewi, 2022). Oleh karena itu, penurunan kadar air hingga batas optimum mutlak diperlukan.

Pengendalian parameter ini berimplikasi langsung pada tekstur dan umur simpan produk sesuai standar SNI 3144:2015 syarat mutu kadar air tempe kedelai adalah maksimal 65%. Informasi mengenai total kandungan air saja belum cukup untuk memprediksi stabilitas mikrobiologis secara akurat, sehingga diperlukan analisis ketersediaan air bebas melalui aktivitas air.

Tabel 4. Syarat Mutu Tempe Kedelai Berdasarkan SNI 3144:2015.

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Tekstur	-	Kompak, jika diiris tetap utuh
1.2	Warna	-	Putih merata pada seluruh permukaan
1.3	Bau	-	Bau khas tempe tanpa adanya bau amoniak
2	Kadar air	fraksi massa, %	Maks. 65
3	Kadar lemak	fraksi massa, %	Min. 7
4	Kadar protein	fraksi massa, %	Min. 15
5	Kadar serat kasar	fraksi massa, %	Maks. 2,5
6	Cemaran logam		
6.1	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2
6.2	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,25
6.3	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40
6.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03
7	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,25
8	Cemaran mikroba		
8.1	Coliform	APM/g	Maks. 10
8.2	Salmonella sp.	-	Negatif/25g

Sumber: Badan Standarisasi Nasional

2.7. Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air (a_w) merupakan ukuran jumlah air bebas dalam produk pangan yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Triastuti dan Romalasari, 2022). Nilai a_w menjadi parameter prediktif yang lebih presisi dibandingkan kadar

air total dalam menentukan ketahanan produk terhadap kerusakan mikrobiologis. Aktivitas air (a_w) merupakan indeks yang lebih baik dari kadar air untuk menduga pertumbuhan mikroba, hal ini disebabkan oleh sifat mikroba yang hanya dapat menggunakan air bebas untuk optimalisasi pertumbuhannya (Fatimatuzzahrah *et al.*, 2024). Pengendalian a_w pada produk akhir sangat menentukan batas aman untuk mencegah pertumbuhan jamur kontaminan dan bakteri patogen (Syarifah *et al.*, 2021). Stabilitas produk selama penyimpanan sangat bergantung pada kemampuan pengolahan dalam menurunkan a_w ke level yang tidak mendukung aktivitas mikroba perusak.

2.8. Organoleptik

Sifat organoleptik adalah metode evaluasi sifat fisik dan kimia suatu produk berdasarkan persepsi panca indera manusia, meliputi rasa, aroma, warna, tekstur, dan penampilan keseluruhan (Rangkuti *et al.*, 2024). Variasi komposisi bahan baku dan konsentrasi ragi dapat memengaruhi atribut organoleptik seperti kerenyahan, rasa khas tempe, atau warna produk akhir. Oleh karena itu, evaluasi penilaian organoleptik penting untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap produk, terutama pada pengembangan produk baru seperti tempe dari kacang hijau dan biji nangka.

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September - Desember 2025. Penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Nutrisi Pakan, Laboratorium Kimia Gizi Pangan, Laboratorium Sensoris, serta Laboratorium Rekayasa Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

3.1. Materi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kacang hijau kualitas unggul (tanpa merek, Pasar Damar), biji nangka kualitas unggul (tanpa merek, *E-Commerce*), dan ragi tempe (Raprima, PT Aneka Fermentasi Industri). Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam pengujian adalah K_2SO_4 , $CuSO_4$, HCl 0,1 N, H_2SO_4 , NaOH, H_3BO_3 4%, indikator metil biru, dan indikator metil merah.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat untuk membuat tempe, serta alat laboratorium untuk menguji parameter seperti labu kjeldahl, alat destilasi, *clamp*, lemari asam, desikator, pipet, gelas ukur, a_w meter, oven kadar air, cawan porselin, labu ukur, labu erlenmeyer, timbangan analitik, *grinder*, buret, dan pemanas.

3.2. Metode

Metode penelitian ini meliputi rancangan penelitian, prosedur penelitian, pengujian parameter, dan analisis data yang diperoleh dari hasil penelitian. Metode penelitian dapat diuraikan sebagai berikut.

3.2.1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial (3×2) yang terdiri dari faktor 1 yaitu kombinasi komposisi kacang hijau dengan biji nangka (K) dengan taraf perbandingan $K1=70\%:30\%$, $K2=60\%:40\%$, $K3=50\%:50\%$. Faktor 2 yaitu variasi konsentrasi ragi (R) yang terdiri dari 2 taraf yaitu $R1=0,2\%$, $R2=0,4\%$. Percobaan dilakukan dengan 6 perlakuan dan 3 kali ulangan sehingga didapatkan 18 unit percobaan. Perlakuan yang diberikan adalah penerapan kombinasi bahan dengan variasi konsentrasi ragi yang berbeda yaitu P1 ($K1:R1$), P2 ($K2:R1$), P3 ($K3:R1$), P4 ($K1:R2$), P5 ($K2:R2$), P6 ($K3:R2$). Desain penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. Desain Penelitian Tempe Komposit

Ulangan (U)	Perlakuan					
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
1	P ₁ U ₁	P ₂ U ₁	P ₃ U ₁	P ₄ U ₁	P ₅ U ₁	P ₆ U ₁
2	P ₁ U ₂	P ₂ U ₂	P ₃ U ₂	P ₄ U ₂	P ₅ U ₂	P ₆ U ₂
3	P ₁ U ₃	P ₂ U ₃	P ₃ U ₃	P ₄ U ₃	P ₅ U ₃	P ₆ U ₃

Keterangan:

P₁ = kombinasi kacang hijau dan biji nangka 70%:30% dengan konsentrasi ragi 0,2%

P₂ = kombinasi kacang hijau dan biji nangka 60%:40% dengan konsentrasi ragi 0,2%

P₃ = kombinasi kacang hijau dan biji nangka 50%:50% dengan konsentrasi ragi 0,2%

P₄ = kombinasi kacang hijau dan biji nangka 70%:30% dengan konsentrasi ragi 0,4%

P₅ = kombinasi kacang hijau dan biji nangka 60%:40% dengan konsentrasi ragi 0,4%

P₆ = kombinasi kacang hijau dan biji nangka 50%:50% dengan konsentrasi ragi 0,4%

Model linier dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} : hasil pengamatan dari unit percobaan yang mendapat perlakuan ke-i (P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆) dan ulangan ke-j (U₁, U₂, U₃, U₄)

μ : Nilai rata-rata hasil pengujian

α_i : pengaruh faktor 1 (K₁, K₂, K₃) taraf ke-i

β_j : pengaruh faktor 2 (R₁, R₂, R₃)

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi faktor 1 dan 2 (P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆)

ε_{ijk} : Pengaruh galat pada perlakuan kombinasi komposisi bahan dan variasi konsentrasi ragi ($P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$) dan ulangan ke-j (U_1, U_2, U_3, U_4)

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari perbedaan kombinasi komposisi bahan kacang hijau dan biji nangka serta konsentrasi ragi terhadap kadar protein, kadar air, a_w , dan sifat organoleptik tempe.

H_1 : terdapat pengaruh yang signifikan dari perbedaan kombinasi komposisi bahan kacang hijau dan biji nangka serta konsentrasi ragi terhadap kadar protein, kadar air, a_w , dan sifat organoleptik tempe.

Hipotesis empiris yang digunakan pada pengujian adalah sebagai berikut:

$H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

$H_1: \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

Kriteria penerimaan hipotesis pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

Jika $p < 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima; dan jika $p \geq 0,05$, maka H_0

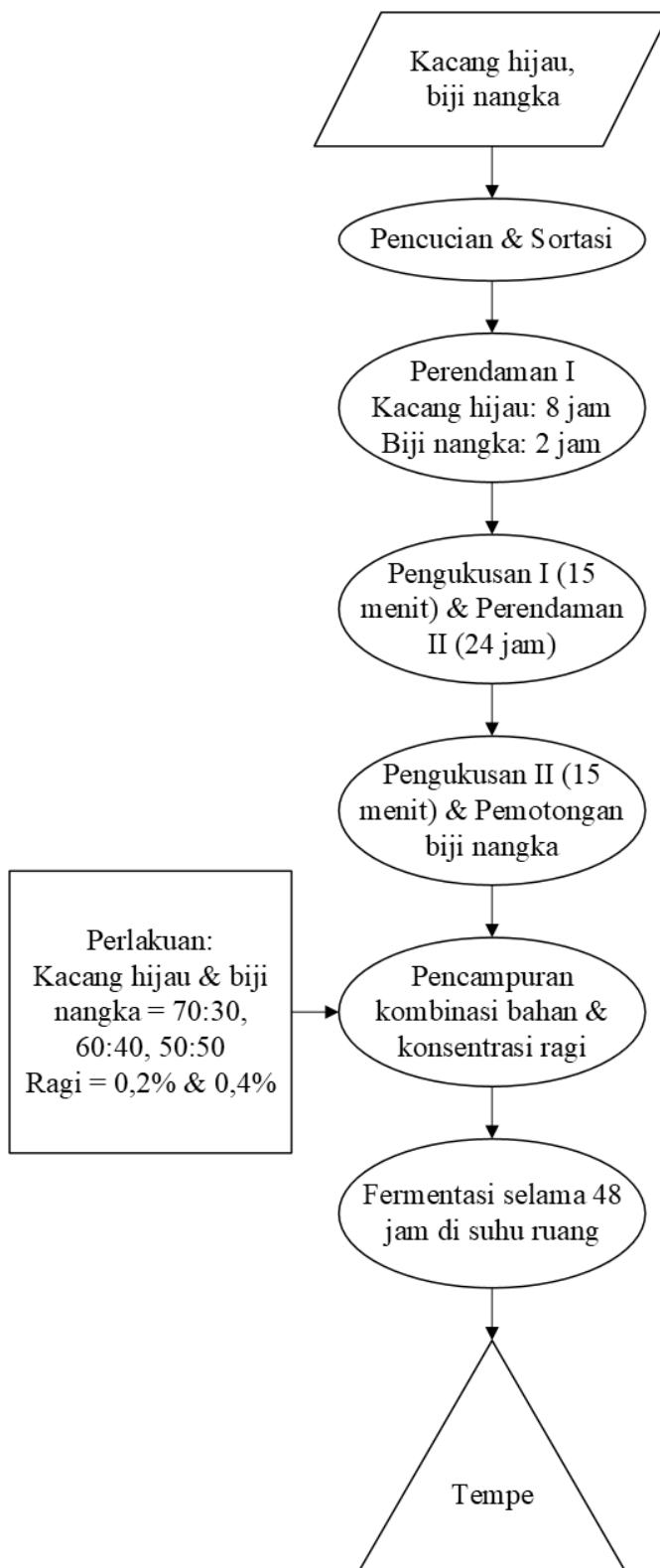
3.2.2. Prosedur Percobaan

Prosedur penelitian dilakukan dengan melakukan persiapan pembuatan tempe dengan kombinasi kacang hijau dan biji nangka serta variasi konsentrasi ragi yang berbeda sesuai dengan perlakuan.

a. Pembuatan Tempe (Sari *et al.*, 2016)

Proses pembuatan tempe komposit diawali dengan tahapan pra-perlakuan bahan baku yang meliputi sortasi manual untuk memisahkan benda asing maupun biji yang cacat, dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air bersih mengalir. Pada tahapan preparasi kacang hijau direndam selama 8 jam, kemudian dikukus selama 15 menit. Kacang hijau selanjutnya direndam kembali selama 24 jam guna memaksimalkan penyerapan air sekaligus memicu proses asidifikasi alami, lalu dicuci bersih dan dikukus kembali selama 15 menit sebelum ditiriskan dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Kemudian, preparasi biji nangka dilakukan dengan perendaman awal selama 2 jam, kemudian dikukus selama 15 menit dan direndam kembali selama 24 jam. Pasca perendaman, biji nangka dicuci dan dikupas kulit arinya untuk mengeliminasi halangan fisik, lalu direduksi ukurannya dengan cara dipotong menjadi bentuk dadu kecil. Potongan biji nangka tersebut kemudian dikukus kembali selama 15 menit dan diakhiri dengan proses penirisan dan pendinginan sebelum tahapan inokulasi.

Tahap selanjutnya adalah pencampuran kedua bahan baku sesuai dengan variasi rasio perlakuan yaitu 70%:30%, 60:40%, 50%:50% dengan berat total bahan 100 gram. Ragi tempe ditambahkan dengan konsentrasi 0,2% dan 0,4% (b/b), kemudian diaduk hingga homogen. Campuran substrat dikemas menggunakan plastik yang diberi lubang perforasi untuk aerasi kemudian plastik *diseal* dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang. Proses pembuatan tempe dapat dilihat pada ilustrasi 4.



Ilustrasi 4. Diagram Alir Pembuatan Tempe

3.2.3. Pengujian Parameter

Pengujian parameter yang dilakukan pada tempe dengan kombinasi komposisi kacang hijau dan biji nangka serta variasi konsentrasi ragi meliputi analisis sifat kimia dan uji sensoris. Parameter kimia yang dianalisis mencakup kadar protein, kadar air, aktivitas air (a_w), sedangkan parameter sensoris meliputi uji organoleptik. Metode pengujian yang dilakukan pada tiap parameter dijelaskan sebagai berikut.

a. Pengujian Kadar Protein (Khotimah *et al.*, 2024)

Prosedur analisis kadar protein pada tempe menggunakan metode Kjeldahl terdiri dari beberapa tahapan. Tahap preparasi dilakukan dengan mengeringkan tempe hingga kadar air <10%, kemudian digiling hingga menjadi serbuk halus dan ditimbang sebanyak 1 gram. Selanjutnya, pada tahap destruksi, sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, ditambahkan 1 gram K_2SO_4 dan 0,1 gram $CuSO_4$ sebagai katalis, serta 20 mL H_2SO_4 pekat. Campuran dipanaskan hingga larutan menjadi jernih, didinginkan, lalu ditambahkan 50 mL aquades. Pada tahap destilasi, larutan dipindahkan ke alat destilasi Kjeldahl, ditambahkan 50 mL larutan NaOH 40% melalui dinding labu, dan destilat yang terbentuk ditampung dalam erlenmeyer berisi 25 mL H_3BO_3 4% serta 3 tetes indikator metil biru dan metil merah. Pada tahap titrasi, destilat dititrasi dengan HCl 0,1 N hingga warna berubah dari hijau menjadi merah muda, dan mencatat volume HCl yang digunakan. Kadar protein dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar Protein (g)} = \frac{\text{Volume HCl} \times \text{N HCl} \times \text{BM Nitrogen} \times 6,25}{\text{Berat Sampel} \times 1000} \times 100$$

Keterangan:

N HCl : 0,1

BM Nitrogen : 14,008

6,25 : Faktor konversi nitrogen ke protein

b. Pengujian Kadar Air (Zuhri *et al.*, 2025)

Kadar air diuji dengan metode termogravimetri menggunakan alat oven. Kadar air diawali dengan menggunakan 2 gram sampel pada tiap perlakuan kemudian dimasukkan dalam cawan yang telah diketahui bobotnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 5 jam atau hingga berat sampel konstan. Setelah dioven, sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Sampel kemudian ditimbang bobot akhirnya. Kadar air dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\%$$

c. Pengujian Aktivitas Air (Ramadhan dan Dwiloka, 2025)

Aktivitas air pada sampel dapat diuji dengan menggunakan instrument a_w meter. Alat a_w meter perlu dikalibrasi terlebih dahulu, kemudian sampel dimasukkan ke dalam tabung alat. Alat akan secara otomatis mengukur aktivitas air pada sampel. Ketika alat berbunyi, maka

proses pengukuran telah selesai dan angka hasil pengukuran akan muncul pada layar alat.

d. Pengujian Organoleptik

Pengujian sifat organoleptik dilakukan secara deskriptif terhadap produk tempe komposit dengan menggunakan lima parameter sensori, yaitu rasa, aroma, warna, tekstur, dan keseluruhan (*overall*). Penilaian dilakukan oleh 30 panelis semi-terlatih yang diminta untuk mengevaluasi karakteristik sensori berdasarkan deskripsi tingkat intensitas atau mutu pada masing-masing parameter, menggunakan skala 1 sampai 4. Panelis diminta untuk menilai sampel berdasarkan persepsi indera mereka sesuai deskripsi pada setiap parameter. Sampel disajikan secara acak dan diberi kode tiga digit untuk mencegah bias penilaian. Data hasil penilaian dikumpulkan dan dianalisis secara statistik.

3.2.4. Analisis Data

Data yang didapatkan dari hasil pengujian kadar protein, kadar air, dan kadar a_w akan dianalisis secara statistik dengan uji parametrik *Analysis of Variance* (ANOVA) *Two-Way* dengan signifikansi 5% yang dilanjutkan dengan uji lanjutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) apabila terdapat pengaruh nyata. Data yang didapatkan dari hasil pengujian sifat organoleptik akan dianalisis secara statistik menggunakan uji *Kruskal-Wallis* yang dilanjutkan dengan uji lanjutan *Mann*

Whitney. Proses analisis data dilakukan menggunakan aplikasi IBM SPSS *Statistics* 26.0 dan *Microsoft Excel*. Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) akan diterapkan pada seluruh data yang telah dianalisis sebagai alat yang dapat membantu dalam menarik kesimpulan dan menentukan perlakuan terbaik

