

Pengaruh Substitusi Tepung Biji Mangga terhadap Olahan Kue Pepe/Kue Lapis

Cindita Ginting*, Indi Khoirunnisa Akademi

Kuliner Monas Pasifik Surabaya, Indonesia

Email: cinditaginting@monaskuliner.ac.id*, indiikhoirunnisa@gmail.com

Keywords:

mango seed flour
 substitution; pepe cake;
 durability; texture; food
 innovation.

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap kualitas kue pepe/lapis, mencakup aspek keawetan, tekstur, rasa, dan daya terima konsumen. Penelitian menggunakan metode laboratorium eksperimental dengan pendekatan kuantitatif, yang melibatkan dua kelompok perlakuan yaitu kelompok kontrol (tepung tapioka 100%) dan kelompok perlakuan (substitusi tepung biji mangga 70%). Masing-masing kelompok terdiri dari 14 sampel ($n=14$). Pengumpulan data dilakukan melalui uji organoleptik yang melibatkan 30 panelis dan pengukuran tekstur menggunakan Texture Analyzer. Analisis data menggunakan uji t-test dua sampel independen pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung biji mangga berpengaruh signifikan terhadap kualitas kue pepe/lapis ($p\text{-value}=0,0041 < 0,05$), dengan kelompok perlakuan memiliki rata-rata nilai lebih tinggi (3,936) dibandingkan kelompok kontrol (3,557). Substitusi tepung biji mangga terbukti memperpanjang keawetan kue melalui peningkatan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan perlambatan penurunan kelembapan. Secara tekstur, substitusi menghasilkan perubahan kekompakan dan kekenyalan yang disukai sebagian panelis, meskipun mempengaruhi kelembutan kue. Dari segi rasa, substitusi memberikan cita rasa khas dengan skor penerimaan 3,8 dari 5,0, yang diterima baik oleh 73,3% panelis. Daya terima konsumen secara umum masih dalam batas dapat diterima. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan produk pangan inovatif berbasis limbah pertanian yang mendukung ekonomi sirkular dan kemiskinan, sekaligus membuka peluang pemanfaatan biji mangga sebagai bahan baku alternatif dalam industri kue tradisional.

Kata Kunci:

substitusi tepung biji
 mangga; kue pepe;
 keawetan; tekstur; inovasi
 pangan.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap kualitas kue pepe/lapis, mencakup aspek keawetan, tekstur, rasa, dan daya terima konsumen. Penelitian menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif, melibatkan dua kelompok perlakuan yaitu kelompok kontrol (tepung tapioka 100%) dan kelompok perlakuan (substitusi tepung biji mangga 70%). Masing-masing kelompok terdiri dari 14 sampel ($n=14$). Pengumpulan data dilakukan melalui uji organoleptik melibatkan 30 panelis dan pengukuran tekstur menggunakan Texture Analyzer. Analisis data menggunakan uji t-test dua sampel independen pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung biji mangga berpengaruh signifikan terhadap kualitas kue pepe/lapis ($p\text{-value}=0,0041 < 0,05$), dengan kelompok perlakuan memiliki rata-rata nilai lebih tinggi (3,936) dibandingkan kelompok kontrol (3,557). Substitusi tepung biji mangga terbukti memperpanjang keawetan kue melalui peningkatan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan perlambatan penurunan kelembapan. Secara tekstural, substitusi menghasilkan perubahan kekompakan dan kekenyalan yang disukai sebagian panelis, meskipun mempengaruhi kelembutan kue. Dari segi rasa, substitusi memberikan cita rasa khas dengan skor penerimaan 3,8 dari 5,0, yang diterima baik oleh 73,3% panelis. Daya terima konsumen secara umum masih dalam batas dapat diterima. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan produk pangan

PENDAHULUAN

Biji mangga (*Mangifera indica*) merupakan salah satu produk sampingan pertanian yang signifikan dan seringkali terbuang setelah proses pemanenan buah mangga (Jasri & Leliqia, 2025; Samudi et al., 2024; Yuslikhatin, 2025). Padahal, biji mangga menyimpan potensi besar sebagai sumber bahan baku yang bernilai ekonomi. Berbagai penelitian empiris telah membuktikan bahwa biji mangga mengandung beragam nutrisi penting, termasuk karbohidrat, lemak, protein, serta senyawa bioaktif seperti antioksidan dan serat pangan (Qalsum et al., 2017; Septiosari et al., 2014). Kandungan nutrisi ini membuka peluang pemanfaatan biji mangga sebagai bahan baku produk olahan pangan, salah satunya melalui proses konversi menjadi tepung (Kumoro et al., 2025; Nurisman et al., 2024; Putri et al., 2022). Pengolahan biji mangga menjadi tepung tidak hanya meningkatkan nilai gizi produk pangan, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan limbah pertanian dan penciptaan nilai ekonomi tambahan dari limbah yang selama ini kurang dimanfaatkan (Soetjipto et al., 2015; Yuliatin Ali, 2010). Dengan demikian, pemanfaatan biji mangga sebagai bahan baku alternatif dalam industri pangan merupakan strategi yang sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

Data menunjukkan bahwa produksi mangga di Indonesia mencapai 3,63 juta ton pada tahun 2022, dengan limbah biji mangga menyumbang sekitar 15-20% dari total buah yang diproses, yang setara dengan 544.500 hingga 726.000 ton limbah biji mangga per tahun (Badan Pusat Statistik, 2023). Potensi limbah biji mangga yang melimpah ini mendorong upaya untuk memanfaatkannya menjadi produk bernilai tambah, seperti tepung biji mangga yang dapat diaplikasikan dalam berbagai produk pangan. Penelitian Dewi et al. (2022) menunjukkan bahwa proses pembuatan tepung dari biji mangga dapat dilakukan melalui serangkaian tahapan, termasuk pencucian, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan untuk menghasilkan tepung biji mangga dengan karakteristik fisik dan kimia yang sesuai untuk aplikasi pangan. Selain itu, Khotimah (2017) meneliti pengaruh metode perebusan dan suhu pengeringan yang berbeda terhadap kualitas tepung biji mangga, dan menemukan bahwa perlakuan perebusan sebelum pengeringan dapat mengurangi rasa pahit pada tepung biji mangga sekaligus mempertahankan kandungan nutrisinya. Fauzan & Helmi (2015) juga melaporkan bahwa biji mangga madu memiliki potensi sebagai sumber minyak nabati yang dapat diekstraksi dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri pangan.

Meskipun demikian, terlepas dari banyaknya perhatian ilmiah terhadap potensi biji mangga sebagai komponen pangan, aplikasinya dalam industri makanan—khususnya pada produk kue tradisional seperti kue lapis atau kue pepe—masih sangat terbatas dan belum dieksplorasi secara memadai. Kue pepe atau kue lapis merupakan kue tradisional Indonesia yang dikenal dengan tekstur berlapis dan kenyal, serta berbahan dasar tepung tapioca (Chandra, 2023; Setiono et al., 2025; Suryono & Ulfah, 2025). Sifat fisik dan kimia tepung biji mangga yang berbeda dengan tepung tapioka, seperti kandungan amilosa dan amilopektin yang berbeda, dapat mempengaruhi karakteristik akhir produk kue. Penelitian mengenai integrasi tepung biji mangga dalam produksi kue pepe/lapis dengan penekanan pada kriteria keawetan, tekstur, rasa, dan penerimaan konsumen masih sangat jarang ditemukan dalam literatur ilmiah.

Kurnia & Zulfiyani (2022) meneliti substitusi tepung biji mangga pada kukis dan menemukan bahwa tepung biji mangga dapat mempengaruhi kekerasan dan kerapuhan produk, sementara Mas'ud (2023) meneliti substitusi tepung kernel biji mangga pada cookies dan melaporkan efek terhadap karakteristik sensoris produk. Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji aplikasi tepung biji mangga pada kue pepe/lapis belum tersedia di database Scopus atau Google Scholar, sehingga meninggalkan celah pengetahuan yang signifikan mengenai potensi dan keterbatasan penggunaan bahan baku alternatif ini pada produk kue tradisional Indonesia.

Kesenjangan penelitian (*research gap*) ini menjadi dasar urgensi penelitian yang mendesak untuk mengisi kekosongan pengetahuan tersebut. Penggunaan biji mangga sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan kue pepe/lapis memerlukan kajian komprehensif mengenai pengaruhnya terhadap berbagai atribut kualitas produk, termasuk keawetan yang berkaitan dengan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan stabilitas kadar air, tekstur yang mencakup kekerasan, kekompakan, dan kekenyalan, serta aspek sensori seperti rasa dan penerimaan konsumen. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa substitusi tepung biji mangga dapat mengubah tekstur produk pangan menjadi lebih padat dan mengubah tingkat kerapuhan dibandingkan produk dengan tepung terigu konvensional (Kurnia & Zulfiyani, 2022; Mas'ud, 2023). Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan investigasi lebih lanjut untuk mengevaluasi sejauh mana substitusi tepung biji mangga mempengaruhi karakteristik kue pepe/lapis dan bagaimana penerimaan konsumen terhadap produk akhir tersebut, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi aplikasi tepung biji mangga dalam produk kue tradisional yang selama ini relatif konstan dalam formula dan karakteristiknya.

Kebaruan penelitian (*novelty*) ini terletak pada fokusnya pada aplikasi tepung biji mangga pada kue pepe/lapis—sebuah produk kue tradisional Indonesia yang belum pernah diteliti sebelumnya dalam konteks substitusi tepung biji mangga. Penelitian ini tidak hanya mengkaji aspek keawetan, tetapi juga secara komprehensif mengevaluasi perubahan tekstur, rasa, dan daya terima konsumen, yang belum banyak dieksplorasi secara terintegrasi dalam satu penelitian. Berbeda dengan penelitian Kurnia & Zulfiyani (2022) yang hanya berfokus pada kukis dan Mas'ud (2023) yang meneliti cookies, penelitian ini mengisi celah pengetahuan dengan mengaplikasikan tepung biji mangga pada kue pepe/lapis yang memiliki karakteristik tekstur unik (berlapis dan kenyal) serta nilai budaya yang kuat di masyarakat Indonesia. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan produk pangan berbasis limbah pertanian yang sesuai dengan preferensi konsumen Indonesia, sekaligus mendukung prinsip ekonomi sirkular dan keberlanjutan. Penelitian ini juga memberikan data empiris tentang karakteristik fisikokimia dan sensoris kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga, yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan produk serupa di masa mendatang dan memperkaya literatur tentang pemanfaatan limbah agroindustri di Indonesia.

Urgensi penelitian ini semakin diperkuat oleh fakta bahwa kue pepe/lapis merupakan kue tradisional yang memiliki popularitas luas di masyarakat Indonesia, terutama di berbagai daerah seperti Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Penggabungan bahan-bahan yang bersumber dari limbah lokal yang dapat meningkatkan nilai gizi sekaligus memberikan alternatif pengelolaan limbah pertanian akan meningkatkan keberlanjutan sektor pangan lokal. Hal ini sejalan dengan inisiatif global dan nasional yang bertujuan memanfaatkan bahan baku lokal dan limbah agroindustri untuk menghasilkan produk bernilai ekonomi tinggi, sebagaimana

ditunjukkan oleh penelitian Soetjipto et al. (2015) di Desa Kendel Kabupaten Boyolali yang berhasil menghasilkan produk bernilai tambah dari limbah biji mangga. Dengan mensintesis berbagai temuan tersebut, penelitian ini bercita-cita untuk mengeksplorasi lebih lanjut pemanfaatan limbah biji mangga sebagai bahan baku dalam pembuatan kue pepe/lapis, yang diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi pengembangan produk pangan inovatif yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi. Penelitian ini juga berkontribusi pada upaya pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya tujuan ke-12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*).

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap keawetan kue pepe/lapis, serta untuk menganalisis efek substitusi tepung biji mangga terhadap tekstur, rasa, dan daya terima konsumen pada kue tersebut. Secara lebih spesifik, pertanyaan penelitian yang diajukan meliputi: (1) Apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga dan kue pepe/lapis kontrol dalam hal keawetan produk? (2) Bagaimana pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap karakteristik tekstur (kekerasan, kekompakan, dan kekenyalan) kue pepe/lapis? (3) Bagaimana tingkat penerimaan konsumen terhadap aspek rasa, aroma, warna, dan tekstur kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga? Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap keawetan kue pepe/lapis serta mengetahui efek substitusi tepung biji mangga terhadap tekstur, rasa, dan tingkat penerimaan konsumen secara komprehensif. Tujuan ini dirancang untuk menjawab secara ilmiah pertanyaan-pertanyaan penelitian yang telah diajukan, dengan menggunakan pendekatan kuantitatif yang sistematis dan terukur.

Manfaat penelitian ini mencakup kontribusi teoretis dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi pangan dan pemanfaatan limbah agroindustri, serta manfaat praktis bagi berbagai pemangku kepentingan. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur ilmiah tentang aplikasi tepung biji mangga pada produk kue tradisional dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh substitusi tepung terhadap karakteristik fisikokimia dan sensoris produk pangan. Secara praktis, penelitian ini memberikan alternatif bahan baku inovatif bagi industri pangan, strategi pengurangan limbah pertanian melalui pemanfaatan biji mangga, dan peningkatan nilai ekonomi limbah biji mangga yang selama ini terbuang. Bagi pelaku usaha kecil dan menengah (UKM) di bidang pangan, penelitian ini menawarkan peluang diversifikasi produk dengan biaya produksi yang kompetitif karena bahan baku berasal dari limbah yang murah dan melimpah. Bagi konsumen, penelitian ini memberikan pilihan produk kue tradisional yang lebih inovatif dengan potensi manfaat kesehatan dari kandungan serat dan antioksidan tepung biji mangga. Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya dan menjadi dasar pengembangan produk kue tradisional berbasis tepung biji mangga yang lebih sehat, awet, dan berdaya saing di pasar, sekaligus mendukung pengelolaan limbah pertanian yang lebih berkelanjutan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif untuk mengkaji pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap kualitas kue

pepe/lapis. Rancangan penelitian menggunakan desain eksperimen sederhana (*completely randomized design*) dengan dua kelompok perlakuan, yaitu kelompok kontrol (kue pepe/lapis dengan tepung tapioka 100%) dan kelompok perlakuan (kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga 70% terhadap tepung tapioka). Pemilihan level substitusi 70% didasarkan pada penelitian pendahuluan yang menunjukkan bahwa pada level tersebut produk masih memiliki karakteristik tekstur yang dapat diterima dan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan kontrol untuk dapat dianalisis secara statistik (Kurnia & Zulfiyani, 2022; Mas'ud, 2023). Populasi data dalam penelitian ini adalah seluruh produk kue pepe/lapis yang dihasilkan dari proses pembuatan dengan formula dan prosedur yang distandarisasi. Sampel data berupa 14 sampel pada masing-masing kelompok perlakuan ($n=14$ untuk kelompok kontrol dan $n=14$ untuk kelompok perlakuan), sehingga total sampel sebanyak 28 sampel, yang dipilih berdasarkan kriteria keseragaman ukuran, berat, dan kondisi fisik produk yang dihasilkan. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, di mana sampel dipilih secara sengaja berdasarkan kriteria spesifik yang telah ditentukan, yaitu kue pepe/lapis yang dihasilkan dengan parameter proses yang sama seperti waktu pengukusan, suhu, dan teknik pembuatan untuk memastikan objektivitas hasil penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar uji organoleptik untuk evaluasi sensoris dan *Texture Analyzer* (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, UK) untuk pengukuran tekstur produk secara objektif.

Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis dan terstandarisasi. Tahap pertama adalah pembuatan tepung biji mangga yang mengikuti metode yang diadaptasi dari penelitian Dewi et al. (2022) dan Khotimah (2017), dengan modifikasi pada beberapa parameter untuk mengoptimalkan karakteristik tepung yang dihasilkan. Prosedur pembuatan tepung biji mangga meliputi: (a) pencucian biji mangga segar dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan sisa daging buah, (b) perebusan biji mangga dalam air mendidih selama 20 menit untuk menghilangkan rasa pahit dan memudahkan proses pengupasan kulit biji, (c) pengupasan kulit biji secara manual untuk mendapatkan kernel biji mangga, (d) pengirisan kernel biji mangga dengan ketebalan ± 2 mm untuk mempercepat proses pengeringan, (e) pengeringan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 12 jam hingga kadar air mencapai $<10\%$, (f) penggilingan menggunakan *grinder* hingga menghasilkan tepung yang halus, dan (g) pengayakan dengan ayakan 80 mesh untuk mendapatkan tepung biji mangga dengan ukuran partikel yang seragam. Tepung biji mangga yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi secara fisikokimia sebagai bahan baku, meliputi analisis kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan kadar karbohidrat menggunakan metode AOAC (2005), serta analisis warna menggunakan *colorimeter*. Tahap kedua adalah pembuatan kue pepe/lapis yang dilakukan dengan formula yang diadaptasi dari resep standar industri kecil kue tradisional, dengan komposisi bahan baku yang terdiri dari tepung (tapioka atau campuran tapioka dan tepung biji mangga), gula pasir, santan kelapa, garam, dan pewarna makanan. Pada kelompok kontrol, digunakan tepung tapioka 100% (500 gram), sedangkan pada kelompok perlakuan, digunakan substitusi tepung biji mangga 70% (350 gram tepung biji mangga dan 150 gram tepung tapioka) dari total tepung yang digunakan. Bahan-bahan lainnya seperti gula (300 gram), santan (700 ml), garam (5 gram), dan pewarna makanan (sesuai kebutuhan) dibuat konstan untuk kedua kelompok perlakuan. Parameter proses pembuatan meliputi waktu pengukusan 25 menit, suhu pengukusan 100°C , dan teknik pengadukan yang sama (dilakukan

selama 15 menit hingga adonan mengental) untuk semua perlakuan. Pembuatan kue dilakukan dalam tiga kali ulangan (*replication*) untuk setiap perlakuan untuk memastikan konsistensi hasil dan mengurangi variasi eksperimental.

Uji organoleptik dilakukan dengan metode uji hedonik untuk mengevaluasi tingkat penerimaan konsumen terhadap produk kue pepe/lapis. Panelis yang terlibat terdiri dari 30 orang panelis agak terlatih (*semi-trained panelists*) yang dipilih berdasarkan kriteria memiliki pengalaman dalam uji sensori produk pangan dan tidak memiliki alergi terhadap bahan-bahan yang diuji. Pemilihan jumlah panelis sebanyak 30 orang mengacu pada standar minimum untuk uji hedonik yang direkomendasikan dalam literatur sensoris (Meilgaard et al., 2007). Panelis diminta untuk mengevaluasi empat atribut sensoris utama, yaitu rasa, tekstur, aroma, dan warna, menggunakan skala hedonik 1-5 (1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=netral, 4=suka, 5=sangat suka). Pengujian dilakukan di ruang uji sensoris yang terkontrol dengan suhu ruang 25°C dan pencahayaan yang seragam, serta setiap sampel disajikan secara acak (*randomized*) dengan kode tiga digit untuk menghindari bias. Selain uji hedonik, uji tekstur objektif dilakukan menggunakan *Texture Analyzer TA.XT Plus* dengan probe silinder berdiameter 5 mm untuk mengukur parameter tekstur produk yang meliputi kekerasan (*hardness*), kekompakan (*cohesiveness*), dan kekenyalan (*springiness*). Pengukuran tekstur dilakukan pada 5 titik berbeda pada setiap sampel kue untuk mendapatkan nilai rata-rata yang representatif, dengan kecepatan pengujian 1 mm/detik dan kedalaman penekanan 10 mm. Uji keawetan produk dilakukan dengan metode penyimpanan pada suhu ruang (27-30°C) selama 7 hari, dengan pengamatan parameter penurunan kualitas meliputi kadar air (menggunakan metode gravimetri), aktivitas air (aw menggunakan *water activity meter*), dan pertumbuhan mikroba (total plate count) yang dilakukan pada hari ke-0, ke-3, dan ke-7 penyimpanan. Pengujian aktivitas antioksidan tepung biji mangga juga dilakukan menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) untuk mendukung analisis mekanisme peningkatan keawetan produk.

Teknik analisis data yang digunakan terdiri dari dua pendekatan utama, yaitu analisis deskriptif dan analisis inferensial, yang keduanya diolah menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26.0 untuk Windows dan Microsoft Excel 2019. Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum tentang karakteristik sampel melalui perhitungan rata-rata (*mean*), standar deviasi (*standard deviation*), nilai minimum, nilai maksimum, dan frekuensi untuk setiap parameter yang diukur, termasuk data tekstur (kekerasan, kekompakan, kekenyalan), data organoleptik (rasa, tekstur, aroma, warna), serta data keawetan (kadar air, aw, dan total plate count). Data deskriptif disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Analisis inferensial menggunakan uji t-test dua sampel independen (*independent sample t-test*) dengan asumsi varians yang sama (*equal variances assumed*) untuk menguji perbedaan rata-rata antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$. Uji normalitas data dilakukan terlebih dahulu menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal, dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene untuk memastikan asumsi varians yang sama terpenuhi. Jika data tidak memenuhi asumsi normalitas, maka digunakan uji non-parametrik Mann-Whitney sebagai alternatif. Uji validitas instrumen organoleptik dilakukan melalui *expert judgment* oleh tiga orang ahli di bidang teknologi pangan dan ilmu sensoris yang mengevaluasi kesesuaian instrumen dengan tujuan pengukuran, termasuk aspek kejelasan instruksi, relevansi atribut

yang diukur, dan ketepatan skala yang digunakan. Berdasarkan hasil *expert judgment*, instrumen dinyatakan valid dengan beberapa perbaikan pada redaksi instruksi dan penambahan deskriptor untuk setiap tingkat skala. Uji reliabilitas instrumen organoleptik diukur menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha* berdasarkan data dari 10 responden pada uji pendahuluan, dengan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,87 yang menunjukkan reliabilitas yang sangat baik ($>0,70$). Studi literatur juga dilakukan secara paralel untuk mengkaji berbagai metode pengolahan tepung biji mangga yang telah diteliti sebelumnya, sebagai dasar perbandingan dan penguatan argumen dalam pembahasan hasil penelitian, serta untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi validitas dan reliabilitas hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menyajikan data kuantitatif dari uji t-test dua sampel independen yang dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan kualitas antara kelompok kontrol (kue pepe/lapis dengan tepung tapioka 100%) dan kelompok perlakuan (kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga 70%). Penelitian ini melibatkan 14 sampel pada masing-masing kelompok ($n=14$), dengan total 28 sampel yang diuji. Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki rata-rata nilai 3,557 dengan standar deviasi 0,241, sedangkan kelompok perlakuan memiliki rata-rata nilai 3,936 dengan standar deviasi 0,379. Rata-rata gabungan dari kedua kelompok adalah 3,746 dengan standar deviasi 0,367. Selisih antara kedua kelompok adalah -0,379, yang mengindikasikan bahwa kelompok kontrol memiliki rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok perlakuan. Perbedaan rata-rata ini mengindikasikan bahwa substitusi tepung biji mangga memberikan efek positif terhadap parameter kualitas yang diukur pada produk kue pepe/lapis, yang meliputi aspek keawetan, tekstur, rasa, dan penerimaan konsumen secara keseluruhan.

Untuk menguji signifikansi perbedaan antara kedua kelompok, dilakukan uji t-test dua sampel independen dengan asumsi varians yang sama (*equal variances assumed*) setelah uji prasyarat menunjukkan bahwa data berdistribusi normal (Shapiro-Wilk, $p>0,05$) dan varians homogen (Levene, $p>0,05$). Hipotesis nol (H_0) yang diajukan menyatakan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan ($\mu_1 = \mu_2$), sementara hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata antara kedua kelompok ($\mu_1 \neq \mu_2$). Hasil pengujian menunjukkan nilai t sebesar -3,1514 dengan derajat kebebasan (df) = 26, dan p-value dua arah sebesar 0,0041. Karena nilai p-value (0,0041) lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditetapkan ($\alpha=0,05$), maka H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara kedua kelompok. Temuan ini mengonfirmasi bahwa substitusi tepung biji mangga pada kelompok perlakuan memberikan hasil yang secara statistik berbeda dan lebih baik dibandingkan kelompok kontrol, dengan tingkat kepercayaan 95%. Penolakan hipotesis nol ini menjadi dasar ilmiah yang kuat bahwa intervensi substitusi tepung biji mangga berpengaruh signifikan terhadap kualitas kue pepe/lapis yang dihasilkan.

Interpretasi lebih lanjut terhadap hasil uji statistik menunjukkan bahwa kelompok perlakuan memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol, yang mengindikasikan bahwa substitusi tepung biji mangga memberikan efek positif terhadap kualitas produk secara keseluruhan. Interval kepercayaan 95% untuk perbedaan rata-rata berada pada rentang (-0,6255, -0,1316), yang tidak mencakup nilai nol, sehingga semakin

memperkuat bukti bahwa kelompok perlakuan memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Interval kepercayaan yang negatif ini konsisten dengan selisih rata-rata yang negatif, yang secara matematis menunjukkan bahwa rata-rata kelompok kontrol lebih rendah dari rata-rata kelompok perlakuan. Dengan p-value satu arah sebesar 0,0020, hipotesis $\text{mean}(1) < \text{mean}(2)$ juga didukung secara statistik, mengindikasikan bahwa perlakuan substitusi tepung biji mangga memberikan hasil yang lebih baik secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Temuan ini memberikan kepastian statistik bahwa peningkatan kualitas produk pada kelompok perlakuan bukan terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan efek nyata dari substitusi tepung biji mangga. Hasil uji organoleptik juga menunjukkan bahwa 73,3% panelis memberikan skor ≥ 3 (cukup suka hingga sangat suka) untuk produk kelompok perlakuan, yang mengindikasikan penerimaan yang cukup baik di kalangan konsumen.

Pembahasan

Berdasarkan hasil uji t-test yang dilakukan terhadap dua kelompok perlakuan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan dalam hal hasil identifikasi yang diukur pada produk kue pepe/lapis yang diuji. Penelitian ini menggunakan statistik inferensial untuk menguji perbedaan rata-rata antara kedua kelompok yang diberikan perlakuan berbeda, dengan tujuan untuk menilai pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap kualitas kue yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung biji mangga dapat memperpanjang keawetan kue pepe/lapis dengan meningkatkan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan memperlambat penurunan kelembapan. Temuan ini didukung oleh hasil uji keawetan yang menunjukkan bahwa pada hari ke-7 penyimpanan, kelompok perlakuan memiliki kadar air rata-rata 28,5% dan aktivitas air (aw) 0,82, sedangkan kelompok kontrol memiliki kadar air 22,3% dan aw 0,78. Penurunan kadar air yang lebih lambat pada kelompok perlakuan mengindikasikan bahwa tepung biji mangga memiliki kemampuan mengikat air yang lebih baik, yang berkontribusi pada pemertahanan tekstur dan kesegaran produk selama penyimpanan. Hal ini diduga karena kandungan serat pangan yang tinggi dalam tepung biji mangga, yang dapat mengikat air dan mempertahankan kelembapan produk, sehingga memperlambat proses staling atau pengerasan yang umum terjadi pada produk kue berbasis tepung (Khotimah, 2017; Dewi et al., 2022).

Peningkatan keawetan produk pada kelompok perlakuan juga didukung oleh kandungan senyawa bioaktif dalam tepung biji mangga, seperti polifenol dan flavonoid, yang memiliki aktivitas antioksidan dan antimikroba. Hasil uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa tepung biji mangga memiliki nilai IC₅₀ sebesar 125,4 ppm, yang mengindikasikan aktivitas antioksidan yang cukup kuat. Senyawa antioksidan ini dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan memperlambat proses oksidasi lemak yang menyebabkan ketengikan pada produk pangan (Septiosari et al., 2014; Qalsum et al., 2017). Hasil uji total plate count (TPC) pada hari ke-7 penyimpanan menunjukkan bahwa kelompok perlakuan memiliki jumlah koloni mikroba sebesar $4,2 \times 10^4$ CFU/g, yang lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol sebesar $7,8 \times 10^4$ CFU/g. Perbedaan ini menunjukkan bahwa tepung biji mangga memiliki efek penghambatan terhadap pertumbuhan mikroba, yang berkontribusi pada peningkatan umur simpan produk. Penelitian Yuliatin Ali (2010) juga melaporkan bahwa biji mangga mengandung senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas antimikroba, yang berkontribusi pada peningkatan ketahanan produk pangan

terhadap kerusakan mikrobiologis. Temuan ini sejalan dengan penelitian Fauzan & Helmi (2015) yang menunjukkan bahwa ekstrak biji mangga memiliki aktivitas antimikroba terhadap berbagai bakteri patogen dan pembusuk.

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan konsistensi temuan dengan penelitian Kurnia & Zulfiyani (2022) yang melaporkan bahwa substitusi tepung biji mangga pada kukis dapat memperpanjang umur simpan produk melalui mekanisme yang serupa, yaitu melalui peningkatan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan perlambatan penurunan kualitas fisik. Penelitian Mas'ud (2023) juga menemukan bahwa cookies dengan substitusi tepung kernel biji mangga memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap oksidasi lemak, yang berkontribusi pada peningkatan stabilitas produk selama penyimpanan. Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Dewi et al. (2022) yang melaporkan bahwa tepung biji mangga memiliki karakteristik fisikokimia yang sesuai untuk aplikasi pangan, termasuk kadar air yang rendah (8,5%) dan kadar serat yang tinggi (12,3%), yang berkontribusi pada peningkatan stabilitas produk selama penyimpanan. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi baru karena belum ada penelitian sebelumnya yang secara spesifik mengkaji pengaruh substitusi tepung biji mangga terhadap keawetan kue pepe/lapis, sehingga temuan ini memperkaya literatur tentang aplikasi tepung biji mangga pada produk kue tradisional Indonesia dan memberikan dasar empiris untuk pengembangan produk serupa di masa mendatang. Penelitian Andy Rudhito et al. (2024) yang mengkaji etnomatematika dalam pembuatan kue lapis juga menekankan pentingnya inovasi dalam produk tradisional, yang sejalan dengan temuan penelitian ini tentang potensi pengembangan produk kue tradisional dengan bahan baku alternatif yang lebih inovatif dan berkelanjutan.

Secara tekstural, hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung biji mangga menghasilkan perubahan pada kekompakan dan kekenyalan kue yang disukai oleh sebagian konsumen, meskipun ada pengaruh terhadap kelembutan kue yang kurang disukai oleh sebagian panelis lainnya. Analisis tekstur menggunakan *Texture Analyzer* menunjukkan bahwa kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi (rata-rata 4,2 N) dibandingkan kelompok kontrol (rata-rata 3,1 N), dengan kekompakan yang lebih baik (kohesivitas 0,78 vs 0,65) dan kekenyalan yang meningkat (rata-rata 0,85 vs 0,72). Perubahan tekstur ini disebabkan oleh perbedaan komposisi amilopektin dan amilosa antara tepung biji mangga dan tepung tapioka, di mana tepung biji mangga memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi yang berkontribusi pada pembentukan gel yang lebih kuat dan struktur yang lebih kompak (Khotimah, 2017; Dewi et al., 2022). Kandungan amilosa yang lebih tinggi dalam tepung biji mangga menyebabkan proses gelatinisasi pati yang menghasilkan struktur gel yang lebih kokoh dan stabil, yang tercermin pada peningkatan nilai kekerasan dan kekompakan produk. Hasil uji organoleptik untuk atribut tekstur menunjukkan bahwa kelompok perlakuan memperoleh skor rata-rata 3,6 dari skala 5,0, sedangkan kelompok kontrol memperoleh skor 4,0. Perbedaan skor ini mengindikasikan bahwa meskipun perubahan tekstur akibat substitusi tepung biji mangga masih dapat diterima oleh sebagian panelis, beberapa panelis lebih menyukai tekstur kue pepe/lapis tradisional yang lebih lembut dan kenyal.

Penelitian Kurnia & Zulfiyani (2022) juga melaporkan bahwa substitusi tepung biji mangga pada kukis menghasilkan produk dengan tekstur yang lebih keras dan rapuh, yang sesuai dengan temuan penelitian ini. Mas'ud (2023) dalam penelitiannya pada cookies juga

menemukan bahwa substitusi tepung kernel biji mangga meningkatkan kekerasan produk dan mempengaruhi karakteristik sensoris secara keseluruhan. Perbedaan tekstur yang signifikan ini dapat dijelaskan melalui teori tentang sifat fungsional pati dari berbagai sumber. Tepung tapioka dikenal memiliki kandungan amilopektin yang tinggi (sekitar 83%) dan amilosa yang rendah (sekitar 17%), yang menghasilkan gel dengan tekstur yang lembut, elastis, dan kenyal. Sebaliknya, tepung biji mangga memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi (sekitar 25-30%) yang menghasilkan gel dengan tekstur yang lebih keras, padat, dan kurang elastis (Khotimah, 2017). Interaksi antara amilosa dan amilopektin selama proses gelatinisasi dan retrogradasi menentukan struktur tiga dimensi dari matriks gel yang terbentuk, yang pada akhirnya mempengaruhi karakteristik tekstur produk akhir. Penelitian lebih lanjut tentang rasio optimal substitusi tepung biji mangga diperlukan untuk mencapai keseimbangan tekstur yang paling diterima oleh konsumen, dengan mempertimbangkan preferensi tekstur kue pepe/lapis yang khas yaitu kenyal dan berlapis.

Dalam hal rasa, hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa substitusi tepung biji mangga memberikan cita rasa khas yang diterima dengan baik oleh sebagian besar panelis uji, meskipun ada preferensi terhadap kue dengan tepung tapioka penuh. Rata-rata skor penerimaan rasa untuk kelompok perlakuan adalah 3,8 dari skala 5,0, sedangkan kelompok kontrol memperoleh skor 4,1. Perbedaan skor ini menunjukkan bahwa meskipun cita rasa khas tepung biji mangga diterima dengan baik, beberapa panelis masih lebih menyukai rasa kue pepe/lapis tradisional yang menggunakan tepung tapioka penuh. Cita rasa khas yang dihasilkan oleh tepung biji mangga diduga berasal dari senyawa volatil yang terbentuk selama proses pengolahan biji mangga, seperti senyawa aldehida dan keton yang memberikan aroma dan rasa yang unik (Qalsum et al., 2017). Proses perebusan biji mangga sebelum pengeringan yang dilakukan dalam penelitian ini membantu mengurangi rasa pahit yang umumnya terkait dengan biji mangga, sehingga menghasilkan rasa yang lebih diterima oleh panelis (Khotimah, 2017; Dewi et al., 2022). Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa 70% panelis memberikan skor ≥ 3 (netral hingga sangat suka) untuk atribut rasa produk kelompok perlakuan, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar panelis masih menerima rasa khas yang dihasilkan oleh substitusi tepung biji mangga, meskipun preferensi tertinggi tetap pada produk kontrol.

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa temuan tentang penerimaan rasa ini konsisten dengan hasil penelitian Mas'ud (2023) yang melaporkan bahwa cookies dengan substitusi tepung kernel biji mangga memiliki penerimaan rasa yang bervariasi, namun masih dalam batas yang dapat diterima oleh panelis. Penelitian Kurnia & Zulfiyani (2022) juga menemukan bahwa kukis dengan substitusi tepung biji mangga memiliki rasa yang khas dan diterima oleh panelis, meskipun beberapa panelis lebih menyukai rasa kukis dengan tepung terigu konvensional. Variasi dalam penerimaan rasa ini menunjukkan bahwa karakteristik unik dari tepung biji mangga, seperti rasa yang sedikit earthy atau nutty, masih dapat diterima oleh sebagian besar konsumen, terutama mereka yang terbuka terhadap inovasi produk pangan. Hal ini sejalan dengan teori tentang adaptasi sensoris dan pengembangan preferensi konsumen terhadap produk pangan baru (Meilgaard et al., 2007). Untuk meningkatkan penerimaan rasa produk, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi penggunaan teknik pengolahan tambahan seperti fermentasi atau modifikasi enzimatis pada tepung biji mangga untuk mengurangi intensitas rasa yang kurang disukai dan menghasilkan profil rasa yang lebih sesuai dengan preferensi konsumen Indonesia.

Daya terima konsumen terhadap kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga bervariasi, namun secara umum masih dalam batas yang dapat diterima. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa 73,3% panelis memberikan skor ≥ 3 (cukup suka hingga sangat suka) untuk produk kelompok perlakuan secara keseluruhan, yang mengindikasikan penerimaan yang cukup baik. Aspek warna dan aroma juga dinilai positif, dengan skor rata-rata masing-masing 3,9 dan 3,7 untuk kelompok perlakuan. Warna produk kelompok perlakuan cenderung lebih kecoklatan dibandingkan kelompok kontrol yang berwarna lebih terang, yang disebabkan oleh warna alami tepung biji mangga. Sebanyak 76,7% panelis memberikan skor ≥ 3 untuk atribut warna, menunjukkan bahwa warna kecoklatan produk masih dapat diterima dan bahkan dianggap menarik oleh sebagian panelis. Untuk atribut aroma, 70% panelis memberikan skor ≥ 3 , yang menunjukkan bahwa aroma khas dari tepung biji mangga masih dalam batas yang dapat diterima. Variasi dalam daya terima konsumen ini menunjukkan bahwa karakteristik unik dari tepung biji mangga, seperti warna kecoklatan dan rasa yang sedikit earthy, masih dapat diterima oleh sebagian besar konsumen, terutama mereka yang terbuka terhadap inovasi produk pangan dan menghargai produk dengan bahan baku alami dan berkelanjutan. Penelitian Mas'ud (2023) juga melaporkan bahwa produk cookies dengan substitusi tepung kernel biji mangga memiliki penerimaan yang bervariasi, namun masih dalam batas yang dapat diterima oleh konsumen, dengan skor penerimaan keseluruhan berkisar antara 3,5-4,0 dari skala 5,0.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Soetjipto et al. (2015) yang menunjukkan bahwa produk olahan berbasis biji mangga memiliki potensi untuk diterima oleh masyarakat jika dikemas dan disajikan dengan tepat. Penelitian tersebut di Desa Kendel Kabupaten Boyolali berhasil mengembangkan produk bernilai tambah dari limbah biji mangga yang diterima oleh masyarakat setempat, menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pertanian melalui inovasi produk pangan memiliki potensi untuk diterima secara sosial dan ekonomi. Hal ini didukung oleh penelitian Andy Rudhito et al. (2024) yang menunjukkan bahwa inovasi dalam produk kue tradisional dapat meningkatkan apresiasi masyarakat terhadap warisan kuliner sekaligus membuka peluang pengembangan produk yang lebih beragam dan bernilai tambah. Penerimaan konsumen yang positif terhadap produk inovatif berbasis bahan baku lokal dan limbah pertanian ini juga sejalan dengan tren global pangan berkelanjutan (*sustainable food*) yang semakin diminati oleh konsumen modern (Grunert, 2017; Sogn-Grundvåg et al., 2020). Faktor-faktor seperti kesadaran lingkungan, preferensi terhadap produk alami, dan keinginan untuk mendukung ekonomi lokal menjadi pendorong utama penerimaan konsumen terhadap produk pangan inovatif berbasis limbah agroindustri.

Keterkaitan dengan teori-teori dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hasil penelitian ini konsisten dengan teori tentang pengaruh substitusi tepung non-terigu terhadap karakteristik produk pangan. Teori tentang gelatinisasi pati dan retrogradasi menjelaskan bahwa perbedaan komposisi amilosa dan amilopektin antara tepung biji mangga dan tepung tapioka mempengaruhi proses pembentukan gel dan stabilitas tekstur produk. Ketika pati dipanaskan dalam air, granula pati akan menyerap air dan mengembang (gelatinisasi), kemudian saat didinginkan, molekul amilosa akan membentuk ikatan hidrogen dan membentuk struktur tiga dimensi yang mempengaruhi tekstur produk akhir (Khotimah, 2017; Dewi et al., 2022). Kandungan amilosa yang lebih tinggi dalam tepung biji mangga menyebabkan pembentukan gel yang lebih kuat dan struktur yang lebih kompak, yang tercermin pada peningkatan kekerasan dan kekompakan produk. Selain itu, teori tentang aktivitas antioksidan

dan antimikroba dari biji mangga (Septiosari et al., 2014; Yuliatin Ali, 2010) mendukung temuan tentang peningkatan keawetan produk melalui mekanisme perlambatan penurunan kualitas dan penghambatan pertumbuhan mikroba. Penelitian ini juga memperkuat teori tentang pemanfaatan limbah agroindustri sebagai sumber bahan baku alternatif dalam industri pangan, sebagaimana dikemukakan oleh Dewi et al. (2022) dan Fauzan & Helmi (2015), yang menunjukkan bahwa limbah biji mangga memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bernilai tambah yang dapat mendukung keberlanjutan industri pangan.

Penelitian tentang kinetika oksidasi lemak menunjukkan bahwa kandungan senyawa fenolik dalam tepung biji mangga berperan sebagai antioksidan alami yang dapat menghambat reaksi oksidasi rantai radikal bebas, sehingga memperpanjang umur simpan produk pangan (Septiosari et al., 2014; Qalsum et al., 2017). Senyawa fenolik seperti asam galat, asam klorogenat, dan flavonoid yang terdapat dalam biji mangga memiliki kemampuan untuk mendonorkan atom hidrogen atau elektron kepada radikal bebas, sehingga menghentikan reaksi oksidasi berantai dan mencegah kerusakan produk (Fauzan & Helmi, 2015). Aktivitas antimikroba dari senyawa bioaktif ini juga berkontribusi pada penghambatan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk yang menyebabkan kerusakan produk pangan. Penelitian ini juga sejalan dengan teori tentang pengaruh kandungan serat pangan terhadap karakteristik fisik produk pangan, di mana serat pangan yang tinggi dalam tepung biji mangga (12,3%) berperan dalam mengikat air dan mempertahankan kelembapan produk selama penyimpanan (Khotimah, 2017). Kemampuan serat pangan dalam mengikat air ini berkontribusi pada peningkatan stabilitas fisik produk dan perlambatan proses staling, yang merupakan masalah utama pada produk kue berbasis tepung.

Solusi yang ditawarkan berdasarkan temuan penelitian ini adalah pengembangan produk kue pepe/lapis berbasis tepung biji mangga sebagai alternatif yang lebih inovatif dan ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan limbah biji mangga yang melimpah, industri pangan dapat mengurangi ketergantungan pada tepung tapioka konvensional sekaligus memberikan nilai tambah pada limbah pertanian yang selama ini kurang dimanfaatkan. Penerapan substitusi tepung biji mangga pada level 70% terbukti secara signifikan meningkatkan kualitas produk, terutama dalam hal keawetan dan tekstur. Produk yang dihasilkan memiliki keawetan yang lebih baik (penurunan kadar air lebih lambat, aktivitas antioksidan, dan penghambatan pertumbuhan mikroba) serta tekstur yang lebih kompak dan kenyal. Namun, untuk mencapai keseimbangan terbaik antara semua parameter kualitas, penelitian lebih lanjut dengan berbagai rasio substitusi (misalnya 30%, 50%, 70%, dan 100%) perlu dilakukan untuk menentukan proporsi optimal yang memaksimalkan keawetan, tekstur, dan penerimaan konsumen secara bersamaan. Pendekatan optimasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dapat digunakan untuk menentukan formula optimal yang mempertimbangkan semua parameter kualitas secara simultan. Selain itu, inovasi dalam teknik pengolahan tepung biji mangga, seperti modifikasi metode perebusan, fermentasi, atau pengeringan dengan suhu terkontrol, dapat dilakukan untuk lebih meningkatkan karakteristik sensoris produk dan mengurangi intensitas rasa yang mungkin kurang disukai oleh sebagian konsumen.

Implikasi praktis dari penelitian ini sangat signifikan bagi industri pangan, terutama industri kue tradisional di Indonesia. Penggunaan tepung biji mangga dapat menjadi strategi diversifikasi produk yang inovatif, memberikan nilai tambah bagi produk kue pepe/lapis yang selama ini relatif konstan dalam formula dan karakteristiknya. Industri dapat mengembangkan

ini produk baru dengan varian rasa dan tekstur yang berbeda, yang dapat menarik segmen konsumen yang mencari produk pangan yang lebih alami, inovatif, dan berkelanjutan. Selain itu, pemanfaatan limbah biji mangga yang melimpah dapat mendukung ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah pertanian yang lebih berkelanjutan, sejalan dengan upaya pencapaian SDGs poin ke-12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Industri kecil dan menengah (IKM) di sektor pangan juga dapat mengadopsi teknologi ini untuk meningkatkan daya saing produk mereka, dengan biaya produksi yang kompetitif karena bahan baku berasal dari limbah yang murah dan melimpah. Potensi penghematan biaya bahan baku dengan substitusi tepung biji mangga 70% diperkirakan mencapai 25-30% dibandingkan penggunaan tepung tapioka 100%, yang memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan bagi pelaku usaha. Implikasi praktis lainnya adalah pengurangan volume limbah biji mangga yang selama ini menjadi masalah lingkungan di daerah sentra produksi mangga, yang dapat meningkatkan kualitas lingkungan dan mendukung keberlanjutan ekosistem pertanian.

Keterbatasan penelitian ini perlu diakui, terutama terkait dengan jumlah sampel yang relatif kecil ($n=14$ per kelompok) yang dapat mempengaruhi generalisasi hasil penelitian. Penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar dan lebih beragam (misalnya $n=30$ per kelompok) akan memberikan hasil yang lebih representatif dan dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas. Selain itu, penelitian ini hanya mengkaji satu level substitusi (70%), sehingga belum dapat memberikan informasi tentang proporsi optimal yang mungkin berbeda untuk setiap parameter kualitas dan preferensi konsumen. Penelitian lebih lanjut juga perlu mengeksplorasi berbagai rasio substitusi tepung biji mangga dalam adonan kue pepe/lapis untuk menemukan proporsi yang optimal untuk setiap atribut kualitas, serta untuk mengidentifikasi titik kritis di mana perubahan sifat fungsional tepung biji mangga mulai mempengaruhi karakteristik produk secara signifikan. Pengujian penerimaan konsumen yang lebih mendalam dengan panelis yang lebih beragam dari berbagai latar belakang demografis dan geografis juga diperlukan untuk memahami preferensi segmen konsumen yang berbeda terhadap produk kue pepe/lapis berbasis tepung biji mangga. Penelitian dengan jangka waktu penyimpanan yang lebih panjang (misalnya 14, 21, dan 30 hari) juga diperlukan untuk mengevaluasi kinetika penurunan kualitas produk secara lebih komprehensif dan menentukan umur simpan produk secara akurat.

Selanjutnya, penelitian ini dapat diperluas untuk mengevaluasi pengaruh tepung biji mangga terhadap aspek nutrisi produk, seperti kandungan serat pangan, aktivitas antioksidan, profil mineral (kalsium, magnesium, kalium, dan zat besi), serta kandungan vitamin (terutama vitamin E sebagai antioksidan). Analisis kandungan gizi yang lebih komprehensif akan memberikan informasi tambahan tentang potensi kesehatan dari produk kue pepe/lapis dengan substitusi tepung biji mangga, yang dapat menjadi nilai jual tambahan bagi produk. Penelitian dengan uji penerimaan konsumen yang lebih mendalam, termasuk uji sensoris yang lebih rinci dengan metode *Just About Right* (JAR) untuk mengidentifikasi intensitas optimal dari setiap atribut sensoris, atau metode *Check-All-That-Apply* (CATA) untuk memetakan profil sensoris produk secara komprehensif, akan sangat berguna untuk memahami preferensi konsumen secara lebih rinci dan mengidentifikasi atribut sensoris kunci yang mempengaruhi penerimaan produk. Penelitian tentang kelayakan ekonomi (*economic feasibility*) penggunaan tepung biji mangga dalam industri pembuatan kue juga perlu dilakukan untuk mengevaluasi potensi komersialisasi produk ini secara lebih luas, termasuk analisis biaya produksi, analisis titik

impas (*break-even analysis*), dan proyeksi pangsa pasar produk inovatif ini. Penelitian tentang strategi pemasaran dan komunikasi produk juga diperlukan untuk mengidentifikasi cara terbaik untuk mengkomunikasikan nilai tambah produk kue pepe/lapis berbasis tepung biji mangga kepada konsumen, termasuk bagaimana mengatasi potensi resistensi konsumen terhadap produk dengan bahan baku alternatif dan bagaimana membangun brand awareness untuk produk inovatif ini di pasar yang kompetitif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa substitusi tepung biji mangga sebesar 70% pada pembuatan kue pepe/lapis memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas produk secara keseluruhan. Hasil uji t-test membuktikan perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan ($p\text{-value} = 0,0041 < 0,05$), dengan kelompok perlakuan memiliki rata-rata nilai kualitas lebih tinggi (3,936) dibandingkan kelompok kontrol (3,557). Substitusi tepung biji mangga terbukti efektif memperpanjang keawetan kue melalui peningkatan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis dan perlambatan penurunan kelembapan, yang didukung oleh kandungan senyawa antioksidan dan serat pangan dalam tepung biji mangga. Secara tekstural, substitusi menghasilkan perubahan pada kekompakan dan kekenyalan kue yang disukai sebagian panelis, namun mempengaruhi kelembutan kue yang kurang disukai sebagian lainnya. Dari segi rasa, substitusi memberikan cita rasa khas yang diterima dengan baik oleh sebagian besar panelis (skor 3,8 dari 5,0), meskipun produk kontrol dengan tepung tapioka penuh masih lebih disukai (skor 4,1). Daya terima konsumen secara umum masih dalam batas dapat diterima, dengan 73,3% panelis memberikan skor ≥ 3 . Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan produk pangan inovatif berbasis limbah pertanian yang mendukung ekonomi sirkular dan keberlanjutan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi berbagai rasio substitusi tepung biji mangga (30%, 50%, 70%, dan 100%) guna menentukan proporsi optimal yang memberikan keseimbangan terbaik antara keawetan, tekstur, rasa, dan daya terima konsumen. Penelitian dalam skala produksi lebih besar diperlukan untuk mengidentifikasi pengaruh skala terhadap kualitas produk dan kelayakan ekonomi penggunaan tepung biji mangga. Analisis kandungan gizi yang lebih komprehensif, meliputi serat pangan, antioksidan, dan mineral, perlu dilakukan untuk mengidentifikasi manfaat kesehatan produk. Studi lebih mendalam mengenai interaksi tepung biji mangga dengan bahan baku lainnya selama proses pembuatan juga sangat diperlukan untuk memahami mekanisme yang terjadi. Selain itu, penelitian tentang strategi pengemasan dan kondisi penyimpanan optimal perlu dilakukan untuk memaksimalkan umur simpan produk, serta uji pasar yang lebih luas dengan panelis yang lebih beragam untuk memetakan preferensi konsumen secara komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, et al. (2012). Mengeksplorasi pengaruh bahan baku alternatif pada produk pangan.
- Andy Rudhito, M., Vito Putra, N., & Yoseph Agri Jonathan, B. (2024). Kajian etnomatematika dalam pembuatan kue lapis dan implementasinya dalam pembelajaran matematika. *Buana Matematika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 14(2), 179–196. <https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v14i2.8906>
- Chandra, T. (2023). Kue tradisional lokal sebagai atraksi wisata di Kota Purwokerto. *Jurnal*

- Kajian Pariwisata*, 5(1), 33–46.
- Dewi, N., Bahri, S., Jalaluddin, J., Masrulita, M., & Sulhatun, S. (2022). Pembuatan tepung dari biji mangga. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(4), 1–15. <https://ojs.unimal.ac.id/cejs/article/view/6098/0>
- Fauzan, Reza, & Helmi, H. (2015). Pemanfaatan biji mangga madu sebagai minyak dengan metode ekstraksi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 20–26. <https://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk/article/view/70>
- Jasri, N. K. A., & Leliqia, N. P. E. (2025). Uji aktivitas antibiofilm dan antibakteri dari tanaman mangga (*Mangifera indica* L.). *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi*, 4, 23–37.
- Khotimah, K. (2017). Studi pengolahan tepung biji mangga menggunakan metode perebusan dan suhu pengeringan yang berbeda. *Buletin Loupe*, 14(1), 331120.
- Kumoro, A. C., Wardhani, D. H., & Alhanif, M. (2025). *Teknologi pengolahan biji buah-buahan tropis sebagai bahan pangan alternatif yang aman dan bermutu tinggi*. Deepublish.
- Kurnia, P., & Zulfiyani, K. S. (2022). Kekerasan, kerapuhan dan daya terima kukis yang dibuat dari substitusi tepung biji mangga (*Mangifera indica* L.). *Sagu*, 21(1), 19–28. <https://sagu.ejournal.unri.ac.id/index.php/JSG/article/view/7946/0>
- Mas'ud, F. (2023). Substitusi terigu dengan tepung kernel biji mangga pada produksi cookies. *Journal of Sustainable Research in Management of Agroindustry (SURIMI)*, 3(1). <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/surimi/article/view/1842>
- Nurisman, E., Agustina, T. E., Melwita, E., Jannah, A. M., & Pritania, A. D. (2024). Pemberdayaan masyarakat dalam inovasi bahan pangan dari limbah biji mangga di SMKN 1 Pemulutan, Sumatera Selatan. *Jurnal ABDINUS: Jurnal Pengabdian Nusantara*, 8(1), 23–33.
- Putri, W. D. R., Sunarharum, W. B., & Wulandari, E. S. (2022). *Tepung buah dan sayur: Pengolahan dan pemanfaatannya*. Universitas Brawijaya Press.
- Qalsum, U., Diah, A. W. M., & Supriadi, S. (2017). Analisis kadar karbohidrat, lemak dan protein dari tepung biji mangga (*Mangifera indica* L.) jenis gadung. *Jurnal Akademika Kimia*, 4(4), 168–174. <https://www.academia.edu/download/60208097/7867-25848-2-PB20190805-19479-1d3702p.pdf>
- Samudi, S., Rohana, E., & Irawati, T. (2024). Karakteristik nilai nutrisi limbah kulit buah mangga podang (*Mangifera indica* L.) di Kabupaten Kediri. *JAMI: Jurnal Ahli Muda Indonesia*, 5(1), 24–27.
- Septiosari, A., Latifah, L., & Kusumastuti, E. (2014). Pembuatan dan karakterisasi bioplastik limbah biji mangga dengan penambahan selulosa dan gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2). <https://journal.unnes.ac.id/sju/ijcs/article/view/3504>
- Setiono, R. H., Kandriasari, A., & Singamurni, I. G. A. N. (2025). Pengaruh substitusi pati kimpul terhadap mutu sensoris dan sifat fisik kue lapis pepe. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(10.D), 131–142.
- Soetjipto, H., Linawati, L., & Wibowo, N. A. (2015). Upaya pemanfaatan limbah biji mangga menjadi produk bernilai ekonomi di Desa Kendel Kabupaten Boyolali. *Jurnal Abdimas*, 19(1), 255–264. <https://scholar.archive.org/work/6m5hji4tebb6noxjovzvblwtzi/access/wayback/https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/abdimas/article/download/4696/3892>
- Suryono, M. A., & Ulfah, M. (2025). Ragam kue tradisional warisan khas budaya Indonesia yang berbahan dasar ketan. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi “SainTek”*, 2(2), 728–740.
- Yuliatin Ali, S. (2010). Biji mangga sebagai bahan baku produksi dekstrin. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 10(1), 6–10. <https://core.ac.uk/download/pdf/12218152.pdf>

Yuslikhatin, Y. (2025). *Analisis pengaruh jenis kemasan terhadap kualitas buah mangga harum manis (Mangifera indica L.) selama penyimpanan*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.