

REVIEW: PROSES PEMBUATAN CUKA BUAH APEL MELALUI PENDEKATAN FERMENTASI DAN EVALUASI KANDUNGAN GIZI

Arina Aprillia Syahputri^{1*}, Adi Permadi²

¹Program Studi Biologi, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

²Program Studi Magister Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

*Penulis korespondensi: adi.permadi@che.uad.ac.id

ABSTRAK

Proses pembuatan cuka buah apel melalui fermentasi menawarkan metode alami dan efektif untuk menghasilkan produk bergizi tinggi, dengan tahapan utama meliputi fermentasi alkoholik oleh *Saccharomyces cerevisiae* dan fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti*. Selain itu, proses ini membahas terkait pengendalian faktor-faktor seperti suhu, waktu fermentasi, dan kualitas bahan baku sangat penting untuk memastikan hasil akhir berupa cuka dengan nilai gizi optimal. Kandungan gizi cuka buah apel mencakup kadar asam asetat, vitamin, mineral, dan antioksidan yang diketahui memiliki berbagai manfaat kesehatan. Penelitian ini menunjukkan bahwa fermentasi yang terkontrol secara tepat dapat meningkatkan kualitas produk dengan menonjolkan kandungan nutrisi yang bermanfaat. Selain itu, evaluasi komposisi gizi cuka apel memberikan panduan praktis bagi produsen dalam menghasilkan produk yang tidak hanya berkualitas tetapi juga fungsional. Temuan ini diharapkan mendorong pemanfaatan cuka buah apel secara lebih luas sebagai salah satu produk pangan bernilai tambah.

Kata kunci: cuka buah apel, fermentasi alkoholik, kandungan gizi, dan asam asetat

1 PENDAHULUAN

Cuka apel merupakan produk olahan dari apel yang mengalami proses fermentasi. Proses fermentasi ini melibatkan pemecahan gula menjadi alkohol dan karbon dioksida. Proses fermentasi cuka buah apel melibatkan mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti* yang mengubah gula menjadi asam asetat. Asam asetat inilah yang memberikan rasa asam pada cuka apel. Proses fermentasi memerlukan kondisi lingkungan yang tepat untuk berlangsung optimal. Kondisi tersebut mencakup suhu, kelembaban dan oksigen yang sesuai. Cuka apel memiliki rasa asam yang segar dan kaya akan antioksidan. Kandungan antioksidan ini membuat cuka apel memiliki potensi untuk memulihkan kesehatan tubuh. Antioksidan tersebut dapat menangkal radikal bebas yang menyebabkan kerusakan sel. Konsumsi cuka apel secara teratur dapat membantu meningkatkan kesehatan secara keseluruhan. Selain itu, cuka apel juga dapat membantu menjaga keseimbangan pH tubuh. Oleh karena itu, cuka apel dapat menjadi pilihan yang sehat untuk dikonsumsi (Nurhayati, *et al.*, 2020).

Penggunaan gula dalam proses fermentasi cuka berfungsi sebagai nutrisi tambahan yang mempengaruhi kualitas produk akhir (Silfia, 2014). Gula menyediakan sumber energi bagi mikroorganisme, sehingga mempercepat proses fermentasi. Selain itu, gula juga berperan dalam membentuk rasa manis yang menyeimbangkan rasa asam cuka. Hal ini membuat cuka lebih nyaman dikonsumsi secara langsung. Penggunaan gula yang tepat dapat meningkatkan kualitas dan daya terima cuka. Oleh karena itu, gula merupakan komponen penting dalam proses fermentasi cuka (R, Said dan Darma, 2021).

Fermentasi merupakan proses pengubahan suatu zat menjadi zat lain oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur dalam kondisi tertentu, baik aerob maupun anaerob. Hasil fermentasi ditentukan oleh jenis mikroorganisme, kondisi pengolahan dan bahan dasar yang digunakan. Keberhasilan fermentasi bergantung pada empat faktor kunci yaitu mikroorganisme, media kultur, metode proses dan pemulihan produk (Ayesha, *et al.*, 2021). Pembentukan asam asetat melibatkan oksidasi alkohol oleh bakteri asam cuka dengan bantuan oksigen. Untuk mempercepat proses ini, stater bakteri asetat ditambahkan ke sari buah yang difermentasikan. Penambahan cuka kuat yang belum dipasteurisasikan atau inokulasi bakteri asam cuka ke sari buah beralkohol efektif mencegah pertumbuhan organisme tidak dikehendaki (Wibowo, *et al.*, 2024).

Fermentasi alkoholik oleh *Saccharomyces cerevisiae* terjadi melalui proses glikolisis, yang mengubah gula menjadi alkohol dan karbondioksida. Proses ini melibatkan beberapa tahapan, termasuk fosforilasi, konversi glukosa menjadi fruktosa, dan produksi ATP. Glikolisis juga memerlukan enzim-enzim seperti heksokinase, fosfofruktokinase, dan piruvat kinase. Kondisi anaerobik dan suhu optimal antara 25-30°C sangat penting untuk proses fermentasi ini. Selain itu, pH optimal antara 4,5-5,5 juga diperlukan. Proses fermentasi ini menghasilkan alkohol dan karbondioksida sebagai produk samping.

Saccharomyces cerevisiae memproduksi enzim-enzim yang membantu menghidrolisis gula kompleks menjadi gula sederhana. Enzim-enzim seperti amilase, glukosidase, dan sukrosase berperan penting dalam proses hidrolisis ini. Enzim-enzim ini juga membantu meningkatkan efisiensi fermentasi dan produksi alkohol. Selain itu, enzim-enzim seperti alkohol dehidrogenase dan piruvat dehidrogenase juga berperan dalam proses fermentasi alkoholik. Kegiatan enzim-enzim ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, pH, dan konsentrasi substrat. Penggunaan enzim-enzim ini dapat meningkatkan efisiensi proses fermentasi (Nendissa, *et al.*, 2015).

Fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* merupakan proses biokonversi alkohol menjadi asam asetat melalui oksidasi aerobik. Proses ini melibatkan enzim alkohol dehidrogenase dan aldehyd dehidrogenase yang mengkatalisis reaksi konversi alkohol menjadi asam asetat. *Acetobacter aceti* memerlukan kondisi optimal seperti suhu 25-30°C, pH 5,5-6,5 dan kelembaban 80-90% untuk pertumbuhan dan aktivitas fermentasi. Fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* memiliki aplikasi luas dalam industri pangan dan farmasi, terutama dalam produksi cuka dan produk terkait. Proses fermentasi ini juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti konsentrasi alkohol, waktu fermentasi dan jenis substrat. Pengendalian faktor-faktor tersebut sangat penting untuk mengoptimalkan produksi asam asetat.

Fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* merupakan proses biokonversi alkohol menjadi asam asetat melalui oksidasi aerobik. Proses ini melibatkan enzim alkohol dehidrogenase dan aldehyd dehidrogenase yang mengkatalisis reaksi konversi alkohol menjadi asam asetat. *Acetobacter aceti* memerlukan kondisi optimal seperti suhu 25-30°C, pH 5,5-6,5 dan kelembaban 80-90% untuk pertumbuhan dan aktivitas fermentasi. Fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* memiliki aplikasi luas dalam industri pangan dan farmasi, terutama dalam produksi cuka dan produk terkait. Proses fermentasi ini juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti konsentrasi alkohol, waktu fermentasi dan jenis substrat. Pengendalian faktor-faktor tersebut sangat penting untuk mengoptimalkan produksi asam asetat (Idayanti, dan Rosida, 2022).

Kandungan gizi buah apel hasil fermentasi meningkat secara signifikan dibandingkan dengan buah apel segar. Proses fermentasi meningkatkan kadar antioksidan, flavonoid, dan polifenol yang berkhasiat sebagai anti-inflamasi dan antioksidan. Buah apel fermentasi juga mengandung vitamin C, vitamin B, dan mineral seperti kalium, magnesium, dan fosfor yang penting untuk kesehatan tubuh. Selain itu, proses fermentasi juga meningkatkan kadar asam amino esensial seperti glutamin dan arginin yang berperan dalam menjaga keseimbangan nutrisi tubuh. Kandungan gizi buah apel fermentasi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis apel, waktu fermentasi, dan suhu fermentasi. Oleh karena itu, pengendalian faktor-faktor tersebut sangat penting untuk mengoptimalkan kandungan gizi buah apel fermentasi.

Manfaat kesehatan buah apel fermentasi sangat luas, termasuk mengurangi risiko penyakit kronis seperti diabetes, penyakit jantung, dan kanker. Konsumsi buah apel fermentasi secara teratur juga dapat meningkatkan sistem imun dan mengurangi peradangan tubuh. Selain itu, kandungan prebiotik pada buah apel fermentasi juga dapat membantu menjaga keseimbangan mikrobiota usus. Oleh karena itu, buah apel fermentasi merupakan pilihan yang sehat dan bergizi untuk dikonsumsi. Pengembangan teknologi fermentasi buah apel juga perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan ketersediaan produk ini. Hal ini dapat berkontribusi pada peningkatan kesehatan masyarakat dan pengembangan industri pangan yang berkelanjutan (Ulya, 2023).

2 METODE

2.1 Bahan

Bahan dalam penelitian ini berupa artikel-artikel ilmiah yang relevan dan telah dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi baik nasional maupun internasional. Artikel yang dipilih difokuskan pada topik penelitian sesuai dengan bidang kajian yang menjadi objek penelitian. Selain itu, digunakan perangkat lunak untuk pengelolaan referensi seperti Mendeley atau Zotero guna mempermudah proses sitasi dan manajemen literatur. Database yang dimanfaatkan meliputi ScienceDirect, PubMed, Springer, dan Google Scholar sebagai sumber data utama. Kriteria inklusi melibatkan artikel dengan rentang publikasi maksimal 10 tahun terakhir untuk menjaga relevansi data yang digunakan. Sedangkan kriteria eksklusi diterapkan pada artikel yang tidak menyediakan akses penuh atau tidak mencantumkan metodologi secara jelas.

2.2 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan systematic review dengan mengacu pada metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Pendekatan ini dipilih karena memberikan struktur sistematis dalam memilih, menyaring, dan menganalisis literatur. Proses pencarian artikel dilakukan berdasarkan kata kunci yang relevan sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Setelah itu, dilakukan tahap *screening* artikel dengan membaca judul, abstrak, dan isi penuh untuk memastikan kesesuaiannya dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Selanjutnya, artikel yang lolos tahap seleksi dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi pola, hubungan, dan temuan utama. Hasil analisis ini akan dirangkum dalam bentuk narasi ilmiah yang terstruktur.

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahap perencanaan yang melibatkan penentuan topik, tujuan, dan kata kunci pencarian artikel. Selanjutnya, dilakukan pencarian artikel pada berbagai database online menggunakan kata kunci yang telah ditentukan. Setelah mengumpulkan artikel, tahap berikutnya adalah proses seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah dirumuskan. Artikel yang lolos seleksi kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis konten untuk mengidentifikasi poin-poin penting yang relevan dengan tujuan penelitian.

Selama proses analisis, dilakukan validasi data untuk memastikan bahwa informasi yang diperoleh sesuai dengan konteks penelitian. Akhirnya, hasil analisis disajikan dalam bentuk narasi deskriptif dan tabel untuk mempermudah pemahaman.

2.4 Analisa

Analisis dilakukan dengan mengelompokkan artikel berdasarkan tema, metode, dan hasil yang dilaporkan dalam setiap penelitian. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengevaluasi tren penelitian, kesenjangan, serta kontribusi masing-masing artikel terhadap bidang kajian. Teknik analisis konten diterapkan untuk menilai kesesuaian antara tujuan penelitian dengan hasil yang diperoleh. Selain itu, dilakukan analisis kritis terhadap metodologi yang digunakan, termasuk validitas, reliabilitas, dan keterbatasan yang diungkapkan oleh penulis artikel. Hasil analisis ini disintesis untuk menemukan hubungan antara berbagai temuan yang relevan. Sintesis ini menjadi dasar dalam menarik kesimpulan yang mendukung tujuan penelitian. Seluruh proses analisis dijalankan secara sistematis untuk meminimalkan bias interpretasi.

2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari artikel yang direview dianalisis secara kualitatif menggunakan pendekatan deskriptif. Proses analisis melibatkan identifikasi pola dan hubungan antarpencapaian untuk memahami kontribusi teoritis dan praktis masing-masing studi. Teknik tabulasi digunakan untuk menyajikan data dalam bentuk tabel yang memuat informasi inti seperti tujuan penelitian, metode, hasil utama, dan kesimpulan. Analisis komparatif dilakukan untuk menilai perbedaan dan kesamaan antarpencapaian guna memberikan pemahaman yang lebih mendalam. Hasil analisis tersebut kemudian diintegrasikan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menyoroti implikasi terhadap bidang kajian. Keseluruhan proses ini dilakukan dengan memastikan keakuratan dan konsistensi data dalam mendukung hasil penelitian.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian Way *et al.* (2022), proses fermentasi cuka apel melibatkan aktivitas ragi yang mengubah gula dalam jus apel menjadi alkohol, yang kemudian diubah menjadi asam asetat oleh bakteri asam asetat. Metabolisme ragi menciptakan jalur biosintesis yang kompleks, menghasilkan berbagai senyawa yang mempengaruhi karakteristik organoleptik dari produk akhir, dalam hal ini cuka apel. Selain itu, pemilihan jenis ragi yang tepat dapat mempengaruhi rasa dan aroma cuka, yang sangat penting untuk kepuasan konsumen.

Berdasarkan penelitian Andayani, *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi stater bakteri *Acetobacter aceti* Beijerinck IFO 3283 dan lama fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar asam asetat, alkohol, pH, dan kadar gula pada cuka apel Rhome Beauty. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi stater bakteri 25% dengan lama fermentasi 5 hari menghasilkan kadar asam asetat tertinggi (4,683%) dan alkohol terendah (2,5%). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi stater bakteri dan lama fermentasi yang optimal dapat meningkatkan efisiensi proses fermentasi. Analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi stater bakteri dan lama fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar asam asetat dan alkohol. Penurunan kadar alkohol dan peningkatan kadar asam asetat menunjukkan bahwa bakteri *Acetobacter aceti* Beijerinck IFO 3283 aktif dalam merombak alkohol menjadi asam asetat. Selain itu, penurunan pH dan kadar gula juga menunjukkan adanya aktivitas metabolisme bakteri. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi stater bakteri *Acetobacter aceti* Beijerinck IFO 3283 25% dengan lama fermentasi 5 hari merupakan kombinasi yang paling efektif untuk menghasilkan cuka apel Rhome Beauty dengan kadar asam asetat sesuai standar SNI (minimal 4%). Hasil penelitian ini

dapat digunakan sebagai acuan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi proses fermentasi cuka apel.

Pengaruh penambahan bakteri asam asetat lainnya dapat dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Novitasari, *et al.* (2019) menunjukkan bahwa total padatan terlarut filtrat cuka apel mengalami penurunan selama proses fermentasi tahap I. Hal ini disebabkan oleh perombakan glukosa oleh *Sacharomycess cereviceae* menjadi alkohol dan CO₂. Penurunan total padatan terlarut ditandai dengan menurunnya derajat brix pada bahan. Proporsi bahan baku apel yang lebih banyak buah apel daripada limbah sari apel menghasilkan total padatan terlarut yang lebih tinggi. Nilai pH cuka apel selama proses fermentasi tahap I juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh kandungan asam-asam organik seperti asam sitrat dan asam malat yang lebih banyak pada buah apel daripada limbah sari apel. Penurunan nilai pH juga disebabkan oleh terbentuknya alkohol yang bersifat asam selama fermentasi. Nilai pH optimum untuk pertumbuhan yeast adalah 4,5-5, dan hasil penelitian menunjukkan rerata nilai pH 4,8-5.

Kadar alkohol pada cuka apel mulai terbentuk pada minggu ke-2 selama proses fermentasi tahap I. Kadar alkohol tertinggi terdapat pada perlakuan dengan proporsi bahan baku apel 100% limbah sari apel. Kadar alkohol dipengaruhi oleh kadar glukosa yang dirombak oleh *Sacharomycess cereviceae* dan pH lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan kadar alkohol yang lebih sedikit dibandingkan dengan beberapa literatur. Selain itu, hasil penelitian Novitasari, *et al.* (2019), menunjukkan bahwa proporsi bahan baku apel dan lama fermentasi berpengaruh signifikan terhadap total padatan terlarut, nilai pH, dan kadar alkohol cuka apel. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan proses fermentasi cuka apel dengan menggunakan proporsi bahan baku yang tepat dan lama fermentasi yang optimal.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas fermentasi cuka apel yaitu penggunaan varietas apel yang berbebeda. Hal ini diperkuat dengan penelitian Way *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa varietas apel yang berbeda memiliki kandungan fenolik yang bervariasi, yang berkontribusi pada rasa, warna, dan tekstur cuka. Hasil analisis kandungan cuka apel menunjukkan bahwa berbagai parameter kimiawi, seperti *titratable acidity* (TA), pH, dan *total phenolic content* (TPC), dipengaruhi oleh jenis apel dan strain ragi yang digunakan. Pada tahun 2018, cider yang dihasilkan dari apel '*Pink Lady*' memiliki TA sebesar 6.26 mg/mL, pH 3.66, dan TPC 7.96, sedangkan pada tahun 2019, TA meningkat menjadi 5.28 mg/mL, pH 3.72, dan TPC 7.63 5. Untuk apel '*Sturmer*', TA tercatat sebesar 7.67 mg/mL dengan pH 3.59 dan TPC 12.45 pada tahun 2018, sedangkan pada tahun 2019, TA menurun menjadi 7.11 mg/mL dengan pH 3.54 dan TPC meningkat menjadi 14.79 5.

Cider yang dihasilkan dari apel '*Bulmer's Norman*' menunjukkan TA sebesar 6.09 mg/mL dan pH 3.56, namun tidak ada data TPC yang tersedia untuk tahun 2019 5. Sementara itu, cider dari apel '*Frequin Rouge*' pada tahun 2019 memiliki TA 4.33 mg/mL, pH 3.88, dan TPC yang sangat tinggi mencapai 128 mg/mL, menunjukkan bahwa varietas cider ini memiliki kandungan fenolik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya. Analisis menunjukkan bahwa interaksi antara strain ragi dan varietas apel sangat mempengaruhi hasil akhir cider. Misalnya, cider yang difermentasi dengan ragi '*BE Fruits*' menunjukkan TA 7.31 mg/mL dan pH 3.57, sedangkan cider yang difermentasi dengan ragi '*OKAY*' memiliki TA 6.55 mg/mL dan pH 5.47 5. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan strain ragi yang tepat dapat meningkatkan kualitas cider yang dihasilkan, terutama dalam hal keasaman dan pH 5. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa varietas apel dan strain ragi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter kimia cider, yang pada gilirannya mempengaruhi karakteristik

sensorik dari produk akhir. Penelitian ini menekankan pentingnya pemilihan varietas apel dan strain ragi yang sesuai untuk mencapai kualitas cider yang diinginkan.

Penelitian lain juga menyebutkan bahwa penggunaan varietas apel yang berbedda dapat memberikan kualitas cuk yang berbeda. Hal ini sesuai dengan penelitisan Nurhayati *et al.* (2018) yang membahas tentang proses fermentasi cuka apel dari varietas apel Manalagi dan Rome Beauty. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH cuka apel mengalami penurunan selama proses fermentasi, dengan pH terendah pada hari ke-28 untuk apel Manalagi (3,82) dan Rome Beauty (3,96). Penurunan pH ini disebabkan oleh produksi asam asetat yang meningkat. Kadar gula juga mengalami penurunan secara signifikan selama fermentasi. Analisis kadar asam asetat menunjukkan peningkatan signifikan selama proses fermentasi. Kadar asam asetat tertinggi terdapat pada cuka apel Rome Beauty (3,95%) pada hari ke-28. Selain itu, penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa kadar alkohol mengalami penurunan secara signifikan selama fermentasi. Kadar alkohol terendah terdapat pada cuka apel Rome Beauty (5%) pada hari ke-28. Fermentasi asam cuka atau asam asetat merupakan fermentasi lanjutan pada produk fermentasi alkohol.

Penelitian Nurhayati, *et al.* (2018) menunjukkan bahwa apel Rome Beauty memiliki jumlah mikroorganisme yang lebih tinggi dibandingkan dengan apel Manalagi pada hari ke-14. Hal ini sesuai dengan penelitian Atro *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa lama fermentasi 14 hari pada apel hijau didapatkan jumlah mikroorganisme yang tertinggi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa nutrisi merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroflora dalam substrat fermentasi. Maka dapat disimpulkan bahwa penelitian Nurhayati, *et al.* (2018) terkait proses fermentasi cuka apel dari varietas apel Manalagi dan Rome Beauty dapat menghasilkan cuka apel dengan kadar asam asetat yang tinggi dan kadar alkohol yang rendah. Apel Rome Beauty memiliki potensi lebih baik sebagai bahan baku cuka apel dibandingkan dengan apel Manalagi. Penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan industri cuka apel yang berkualitas.

Fermentasi cuka apel memiliki kandungan gizi yang bervariasi dan dapat dimanfaatkan untuk penyembuhan suatu penyakit tertentu atau sebagai pengobatan alternatif terhadap penggunaan obat berlebih yang dapat menyebabkan sifat toksik di dalam tubuh manusia seperti penggunaan paracetamol. Penggunaan parasetamol berlebih disebabkan berbagai faktor, meliputi kondisi kesehatan seperti nyeri hebat dan demam tinggi, faktor psikologis seperti stres, depresi dan kecanduan, serta faktor sosial seperti kurangnya pengetahuan dan pengaruh lingkungan. Selain itu, kesalahan diagnosa, pengobatan tidak tepat, konsumsi alkohol berlebihan dan kondisi hati yang sudah ada sebelumnya juga berperan. Penggunaan parasetamol dengan dosis toksik pada manusia dapat menyebabkan kerusakan hati (hepatotoksisitas) yang parah dan berpotensi fatal. Bersarkan permasalahan tersebut Rahmawati (2015) melakukan penelitian terkait pengaruh pemberian cuka apel terhadap kadar MDA hepar tikus jantan galur wistar yang diinduksi paracetamol dosis toksik. Pemberian paracetamol dosis tinggi dapat menyebabkan toksisitas hepar, yang dikaitkan dengan pembentukan radikal bebas metabolit aktif NAPQI (N-acetyl-p-benzoquinoneimine). Ketika glutathione (GSH) tubuh tidak cukup untuk menetralkan NAPQI, terjadi stres oksidatif yang merusak membran sel melalui peroksidasi lipid, menghasilkan MDA sebagai penanda kerusakan.

Penelitian Rahmawati (2015) ini, menggunakan cuka apel Anna yang kaya akan fenol dan asam asetat dengan dilakukan pengujian sebagai antioksidan untuk mengurangi kadar MDA hepar tikus jantan galur Wistar yang diinduksi paracetamol dosis toksik sebesar 291,6 mg/200 gBB selama 3 hari berturut-turut. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa kelompok

perlakuan memiliki kadar MDA yang lebih rendah (37,67 ng/ml) dibandingkan kontrol negatif (70,71 ng/ml), meskipun masih lebih tinggi daripada kontrol normal (21,58 ng/ml).

Keberhasilan penangkalan dosis toksik parasetamol tersebut disebabkan karena pada cuka apel terdapat kandungan fenol dan asam asetat yang berperan sebagai antioksidan, berfungsi untuk menangkap radikal bebas, mencegah peroksidasi lipid, dan menurunkan kadar MDA. Namun, dosis cuka apel yang diberikan belum sepenuhnya mengatasi radikal bebas yang dihasilkan oleh parasetamol. Maka dapat disimpulkan bahwa penelitian Rahmawati (2015) memberikan informasi yang relevan terkait potensi cuka apel sebagai agen hepatoprotektor alami dalam melindungi hepar dari kerusakan oksidatif. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan dosis dan mengevaluasi efektivitasnya pada manusia. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang manfaat potensial cuka apel dalam mengatasi stres oksidatif.

Manfaat lainnya dari kandungan cuka apel misalnya dalam bidang industry yang dapat dimanfaatkan sebagai substrat pembuatan *nata de apple*. Hal ini diperkuat dengan penelitian Gazali dan Munawwaroh (2017), yang hasil penelitiannya menunjukkan bahwa buah apel lewat matang dapat dimanfaatkan sebagai substrat pembuatan nata de apple. Pembentukan nata dengan tebal yang optimal terjadi pada substrat nata sari apel A (50% sari apel). Tebal maksimal rata-rata nata yang dihasilkan adalah $2,13 \pm 0,3$ mm. Berat nata yang dihasilkan juga cukup signifikan, yaitu 66,7 gram. Hal ini menunjukkan bahwa sari apel dapat menjadi alternatif substrat pembuatan nata. Komposisi nutrisi dalam sari apel mendukung pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum*.

Pembentukan nata pada substrat sari apel dipengaruhi oleh konsentrasi sari apel dan lama fermentasi. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan nutrisi yang optimal untuk pertumbuhan bakteri. Lama fermentasi juga berpengaruh signifikan terhadap tebal dan berat nata. Fermentasi yang lebih lama dapat meningkatkan tebal dan berat nata, tetapi jika fermentasi dilakukan terlalu lama juga dapat menyebabkan penurunan kualitas nata. Selain itu, tekstur nata yang dihasilkan lembut dan kenyal. Warna nata juga putih bersih, menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan dengan baik. Kandungan serat dan protein dalam nata juga cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa *nata de apple* dapat menjadi alternatif sumber serat dan protein. Selain itu, kandungan antioksidan dalam nata juga cukup tinggi, sehingga dapat membantu melindungi tubuh dari stres oksidatif.

Cuka buah apel juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan pengobatan lainnya. Hal ini diperkuat dengan penelitian Purdiani *et al.* (2021) yang membahas hasil uji *posthoc Mann Whitney U* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kelompok kontrol (K) dan kelompok cuka apel 5% (P2) pada waktu pengamatan 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Nilai P masing-masing waktu pengamatan adalah 0,037, 0,034, dan 0,034, yang menunjukkan perbedaan nyata signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa cuka apel 5% memiliki efek signifikan terhadap mortalitas *Ph capitis*. Namun, perbedaan ini tidak teramati pada waktu pengamatan selama 20 menit yang menghasilkan nilai P sebesar 1,000. Hal ini menunjukkan bahwa efek cuka apel 5% terhadap mortalitas *Ph capitis* berkurang seiring waktu.

Maka dapat disimpulkan bahwa penelitian Purdiani *et al.* (2021) terkait pengaruh cuka apel terhadap *Ph capitis* menunjukkan bahwa cuka apel 5% memiliki potensi sebagai agen anti-*Ph capitis*. Efek signifikan cuka apel 5% terhadap mortalitas *Ph capitis* pada waktu pengamatan awal menunjukkan bahwa cuka apel dapat digunakan sebagai alternatif pengobatan. Namun, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memastikan keamanan dan efektivitas cuka apel

sebagai agen anti-*Ph capitis*. Selain itu, perlu dilakukan pengujian dengan dosis dan waktu pengamatan yang berbeda untuk memperkuat hasil penelitian ini.

4 KESIMPULAN

Review jurnal ini dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan cuka buah apel melalui fermentasi dua tahap, yaitu fermentasi alkoholik oleh *Saccharomyces cerevisiae* dan fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti*, menghasilkan produk dengan kandungan gizi yang optimal dan berbagai manfaat kesehatan. Faktor-faktor seperti suhu, pH, waktu fermentasi, dan proporsi bahan baku sangat memengaruhi keberhasilan fermentasi dan kualitas akhir produk. Penambahan starter bakteri pada konsentrasi tertentu secara signifikan meningkatkan kadar asam asetat, menurunkan kadar alkohol, dan menghasilkan pH yang sesuai dengan standar. Selain manfaat kesehatan seperti peningkatan kandungan antioksidan, vitamin, dan mineral, penelitian ini juga menunjukkan bahwa cuka apel dengan konsentrasi 5% memiliki efek signifikan terhadap mortalitas *Pediculus humanus capitis* (*Ph capitis*) pada waktu pengamatan awal (5-15 menit), meskipun efeknya berkurang setelah 20 menit. Dengan demikian, cuka apel tidak hanya berpotensi sebagai produk pangan bernilai tambah, tetapi juga memiliki aplikasi sebagai agen alternatif dalam pengendalian hama seperti *Ph capitis*. Selain itu, cuka buah apel juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat pembuatan nata de apple.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian review jurnal ini. Khususnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan secara intensif. Semoga hasil review jurnal ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, N., Nurhayati, D., dan Saing, D.M. (2019). Optimalisasi Lama Fermentasi Dengan Penambahan Konsentrasi *Acetobacter aceti* Apel Rhome Beauty Menggunakan Alat Fermentor. Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat dan Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan Politeknik Negeri Jember, 313-315. <https://publikasi.poliije.ac.id/prosiding/article/view/1753/1097>.
- Atro, A.R., Periadnadi dan Nurmiati. Keberadaan Mikroflora Alami Dalam Fermentasi Cuka Apel Hijau (*Malus sylvestris* Mill.) *Kultivar Granny Smith*. Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.), 4(3), 158-161. <http://jbioua.fmipa.unand.ac.id/index.php/jbioua/article/view/163>.
- Ayesha, C., Rahman, A.N., Zt, Zakiya dan Handayani, S.E. Proses Fermentasi Vinegar dan Potensinya Sebagai Obat Saluran Pencernaan. Prosiding SEMNAS BIO (halaman 677). Universitas Negeri Padang.
- Gazali, A., dan Munawwaroh, A. (2017). Pemanfaatna Buah Apel (*Malus sylvestris* MILL.) Lebih Matang sebagai Substrat *Nata De Apple*. *Jurnal Biota*, 3(2), 60-64. <https://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/biota/article/view/1253>.
- Idayanti, F., dan Rosida, F.D. (2022). Karakteristik Fisikkokimia Cuka Buah Kersen, Belimbing dan Anggur dengan Penambahan Konsentrasi Inokulum *Acetobacter aceti*. AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian, 9(2), 365 – 384. <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/agritepa/article/download/3082/2769/>.
- Nendissa, J.S., Breemer, R., dan Melamas, N. (2015). Pengaruh Konsentrasi Ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Cuka Tomi-tomi (*Flacourtia inermis*). *Agritekno, Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(2), 50-53. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agritekno/article/download/31/23>.

- Novitasari, A., Warkoyo, dan Winarsih, S. (2019). Pemanfaatan Limbah Padat Sari Apel sebagai Bahan Baku Cuka Apel Menggunakan Metode Backslop. *Research Artikel*, 61-72. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/fths/article/view/12968/7968>.
- Nurhayati, D., Andayani, N., dan Saing, D.M. (2018). *Optimalisasi Alat Fermentor pada Lama Fermentasi Cuka Apel*. Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, (211-213). <https://publikasi.poliije.ac.id/prosiding/article/view/1228>.
- Nurhayati, D., Andayani, N, dan Saing, D.M. (2020). *Tehnik Penyimpanan Produk Cuka Buah Apel Rhome Beauty Untuk Memperpanjang Umur Simpan*. Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat, (295-296). <https://proceedings.poliije.ac.id/index.php/ppm/article/download/77/pdf/224>.
- Purdiani, A.D., Wardani, K.P.D., dan Sulistyowati, R. (2021). Efektivitas Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dan Cuka Apel terhadap Mortalitas *Pediculus humanus capitis*. *Jurnal Labora Medika* 5, 1-7. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JLabMed/article/viewFile/7275/5409>.
- Rahmawati, N. (2015). *Pengaruh pemberian cuka apel Anna terhadap kadar MDA hepar tikus jantan galur Wistar (Rattus norvegicus) yang diinduksi parasetamol dosis toksik*. Universitas Jember: Fakultas Kedokteran.
- R, Said, R., dan Darma, E.C.G. (2021). Formulasi Sediaan Cuka Buah Kopi Menggunakan Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Bakteri (*Acetobacter aceti*). *Journal Riset Farmasi*, 39-43. <https://journals.unisba.ac.id/index.php/JRF/article/download/46/35>.
- Tripathi, S., dan Mazumder, M.P. (2020). Apple Cider Vinegar (ACV) and their Pharmacological Approach towards Alzheimer's Disease (AD):A Review. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 54(2), 67-72. <https://www.ijper.org/sites/default/files/IndJPhaEdRes-54-2s-67.pdf>.
- Ulya, H.I. (2023). Analisis Kandungan Cuka Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) dengan Lama Fermentasi Berbeda. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Way, M. L., Jones, J. E., Longo, R., Damberg, R. G., & Swarts, N. D. (2022). A preliminary study of yeast strain influence on chemical and sensory characteristics of apple cider. *Fermentation*, 8(9), 455. <https://doi.org/10.3390/fermentation8090455>.
- Wibowo, W.A., Malis, E., Ayun, Q., dan S., Banar, P.D. (2024). Pengaruh Variasi Ragi, Waktu Fermentasi dan Glukosa pada Pembuatan Cuka (*Vinnegar*) dari Jambu Kristal (*Psidium guajava*). *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, 6(2), 72-161. <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/Crystal/article/view/4419>.