e-ISSN 3062-8849
The 4th National Conference on Innovative Agriculture 2026
Jember, 26 - 27 September 2026

Jurusan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Jember
doi: 10.25047/nacia.v4i1.475

Inovasi Produk Minuman Fermentasi Tepache Kulit Nanas dengan *Popping* Ekstrak Jahe menggunakan Teknik *Spherification* sebagai Minuman Fungsional Modern

Product Innovation of Pineapple Peel Tepache Fermented Beverage with Ginger Extract Popping Pearls Using Spherification Technique as a Modern Functional Drink

Diyah Ayu Agustin[1], Arai Nusa[1], Vadia Walu Anombelas[1], Arni Nur Islami[1], Abda Yunita Faradila[1]

[1]Teknologi Rekayasa Pangan, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

*Email Koresponden: diyahayuagustin1@gmail.com

Received : 24 September 2026 | Accepted : 24 September 2026 | Published : 31 Oktober 2026

Kata Kunci

Fermentasi, Jahe, Kulit Nanas, *Spherification*, Tepache.

ABSTRAK

Tepache merupakan minuman fermentasi tradisional berbahan dasar kulit nanas yang berpotensi dikembangkan menjadi produk minuman bernilai tambah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Tepajars, yaitu minuman fermentasi berbahan kulit nanas dengan penambahan popping ekstrak wedang jahe menggunakan teknik *spherification*. Pembuatan tepache dilakukan melalui fermentasi kulit nanas dengan penambahan gula pada suhu ruang. Popping ekstrak wedang jahe dibuat menggunakan metode *spherification* dengan penambahan sodium alginat 1% (b/v) dan kalsium laktat 1% (b/v). Karakteristik produk dianalisis berdasarkan kadar padatan terlarut (°Brix), pH, Total Asam Tertitrasi (TAT), dan jumlah Bakteri Asam Laktat (BAL). Hasil pengujian menunjukkan kadar padatan terlarut sebesar 9 °Brix dan pH sebesar 3,27. Nilai TAT yang diperoleh pada pengujian duplo masing-masing sebesar 1,3% dan 1,2%, sedangkan jumlah BAL yang digunakan sebagai hasil utama sebesar $1,84 \times 10^5$ CFU/mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Tepajars memiliki karakteristik fisikokimia dan mikrobiologis yang sesuai dengan produk tepache yang telah dilaporkan pada penelitian terdahulu. Penambahan popping ekstrak wedang jahe memberikan inovasi pada bentuk dan sensasi konsumsi produk, sedangkan pemanfaatan kulit nanas memberikan nilai tambah melalui pemanfaatan hasil samping pangan. Dengan demikian, Tepajars berpotensi dikembangkan sebagai alternatif minuman fermentasi inovatif yang menggabungkan pemanfaatan bahan pangan secara berkelanjutan dengan teknologi *spherification*.

Keywords

Fermentation, Ginger, Pineapple peel, Spherification, Tepache.

ABSTRACT

*Tepache is a traditional fermented beverage made from pineapple peels that holds potential for development into a value-added product. This study aimed to develop "Tepajars," a pineapple-peel-based fermented beverage incorporating *wedang jahe* (ginger drink) extract "popping" spheres created via the spherification technique. The tepache base was produced by fermenting pineapple peels with added sugar at room temperature. The *wedang jahe* extract spheres were prepared using the spherification method with the addition of 1% (w/v) sodium alginate and 1% (w/v) calcium lactate. Product characteristics were analyzed based on total soluble solids (°Brix), pH, Total Titratable Acidity (TTA), and Lactic Acid Bacteria (LAB) count. Test results showed total soluble solids of 9 °Brix and a pH of 3.27. Duplicate TTA measurements yielded values of 1.3% and 1.2%, respectively, while the LAB count was 1.84×10^5 CFU/mL. These results indicate that Tepajars possesses physicochemical and microbiological characteristics consistent with tepache products reported in previous studies. The addition of *wedang jahe* extract spheres introduces innovation regarding the product's form and consumption experience, while the use of pineapple peels provides added value through the utilization of a food by-product. Thus, Tepajars has the potential to be developed as an innovative fermented beverage that combines sustainable food ingredient utilization with spherification technology.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan produk pangan dan minuman fungsional semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perhatian masyarakat terhadap kesehatan dan keberlanjutan pangan. Konsumen tidak hanya mempertimbangkan rasa, tetapi juga kandungan gizi, senyawa bioaktif, serta penggunaan bahan yang lebih ramah lingkungan. Salah satu produk yang memiliki potensi tersebut adalah minuman fermentasi. Proses fermentasi dapat menghasilkan berbagai metabolit dan melibatkan mikroorganisme yang berpotensi memberikan karakteristik serta nilai fungsional pada produk (Granato et al., 2010).

Salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan minuman fermentasi adalah kulit nanas. Kulit nanas masih mengandung gula, serat, vitamin, dan senyawa bioaktif sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku fermentasi. Pemanfaatan kulit nanas juga dapat mengurangi limbah hasil pengolahan buah sekaligus meningkatkan nilai tambah bahan yang sebelumnya kurang dimanfaatkan (Ketnawa et al., 2012). Salah satu produk yang memanfaatkan kulit nanas sebagai bahan fermentasi adalah tepache. Tepache merupakan minuman fermentasi tradisional yang dibuat dari kulit nanas dan gula dengan karakteristik rasa manis dan asam yang terbentuk selama proses fermentasi.

Meskipun tepache memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai minuman fermentasi, bentuk penyajiannya masih dapat dikembangkan agar lebih menarik bagi konsumen. Inovasi pada tampilan dan sensasi konsumsi menjadi salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan daya tarik minuman fermentasi. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah *spherification*, yaitu teknik gastronomi molekuler yang memanfaatkan interaksi antara natrium alginat dan ion kalsium untuk membentuk lapisan gel pada bahan cair. Teknik ini menghasilkan bentuk bulatan dengan bagian luar berupa gel dan bagian dalam yang tetap berbentuk cair sehingga memberikan sensasi pecah ketika dikonsumsi (Lee & Rogers, 2012).

Penerapan teknik tersebut pada Tepajars dilakukan melalui penambahan popping berbahan dasar ekstrak wedang jahe. Jahe mengandung senyawa bioaktif, terutama gingerol dan shogaol, yang berperan dalam memberikan rasa pedas dan sensasi hangat khas jahe serta memiliki aktivitas biologis yang berpotensi mendukung nilai fungsional produk (Rahmani et al., 2014). Popping ekstrak wedang jahe memberikan bentuk dan sensasi konsumsi yang berbeda ketika dipadukan dengan tepache, sehingga dapat menjadi salah satu alternatif inovasi penyajian minuman fermentasi.

Tepajars merupakan pengembangan minuman fermentasi berbahan dasar kulit nanas dengan penambahan popping ekstrak wedang jahe menggunakan teknik *spherification*. Pengembangan produk ini menggabungkan pemanfaatan bahan yang sebelumnya menjadi limbah dengan inovasi teknologi pengolahan pangan. Penggunaan kulit nanas sebagai bahan utama memberikan nilai tambah melalui pemanfaatan hasil samping buah, sedangkan popping ekstrak wedang jahe memberikan variasi bentuk, rasa, dan sensasi saat dikonsumsi. Kombinasi tersebut menjadikan Tepajars sebagai alternatif minuman fermentasi yang tidak hanya mengutamakan karakteristik produk, tetapi juga memperhatikan pemanfaatan bahan pangan secara lebih optimal dan berkelanjutan.

Pengembangan Tepajars juga perlu didukung oleh pengujian karakteristik produk untuk mengetahui kondisi produk yang dihasilkan. Parameter seperti kadar padatan terlarut (°Brix), pH, total asam tertitrasi (TAT), dan jumlah bakteri asam laktat (BAL) dapat digunakan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik fisikokimia dan mikrobiologis minuman. Hasil pengujian tersebut menjadi dasar dalam mengevaluasi karakteristik Tepajars sebagai produk minuman fermentasi berbasis kulit nanas dengan inovasi popping ekstrak wedang jahe.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan deskriptif dengan satu formulasi produk Tepajars. Penelitian tidak menggunakan kelompok kontrol atau variasi perlakuan, sehingga hasil pengujian tidak dibandingkan dengan kontrol eksperimental. Perbandingan dilakukan secara deskriptif dengan hasil penelitian terdahulu yang menggunakan produk tepache atau minuman fermentasi sejenis. Pengujian TAT dilakukan secara duplo, sedangkan pengujian BAL dilakukan melalui pengenceran bertingkat dan penanaman secara duplo sesuai prosedur yang dilakukan pada penelitian.

2.1 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *spherification*. *Spherification* merupakan teknik pembentukan gel yang dilakukan dengan mencampurkan natrium alginat ke dalam bahan cair, kemudian larutan tersebut diteteskan ke dalam larutan yang mengandung ion kalsium, seperti kalsium laktat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pisau, sendok, sendok takar, kompor, panci stainless steel, talenan, timbangan digital, saringan, beaker glass, toples fermentasi, piring. Bahan yang digunakan terdiri dari kulit nanas, jahe, kayu manis, air matang, gula pasir, gula merah, stevia, sodium alginate dan kalsium laktat.

2.2 Formulasi Produk

2.2.1 Pembuatan Tepache

No	Bahan	Satuan	Jumlah
1.	Kulit nanas	g	400
2.	GulaPasir	g	100
3.	Air	mL	1000

Tabel 1. Formulasi Tepache

Kulit nanas dicuci menggunakan air hingga bersih, kemudian ditiriskan dan ditimbang sebanyak 400 g. Kulit nanas dimasukkan ke dalam toples kaca yang telah disterilkan.

Selanjutnya, ditambahkan 100 g gula pasir dan 1000 mL air. Campuran diaduk hingga gula larut dan kemudian difermentasi dalam kondisi tertutup selama 2 hari pada suhu ruang. Selama proses fermentasi, campuran diaduk setiap hari. Setelah fermentasi selama 2 hari, cairan tepache disaring menggunakan saringan kain 100 mesh untuk memisahkan ampas. Tepache yang diperoleh kemudian dikemas sebanyak 200 mL per botol.

2.2.2 Pembuatan Wedang Jahe

Tabel 2. Pembuatan Wedang Jahe

No.	Bahan	Satuan	Jumlah
1	Jahe	g	100
2	Gula Pasir	g	100
3	Air	mL	500
4	Kayu Manis	g	1,5

Jahe sebanyak 100 g dikupas, dicuci, dipotong menjadi bagian kecil, kemudian ditimbang. Sebanyak 500 mL air dipanaskan hingga mendidih menggunakan panci stainless steel. Jahe, 1,5 g kayu manis, dan 100 g gula pasir kemudian ditambahkan ke dalam air panas. Campuran direbus hingga diperoleh ekstrak berwarna kecokelatan. Setelah proses pemanasan selesai, ekstrak didinginkan pada suhu ruang dan disaring untuk memisahkan ampas sehingga diperoleh ekstrak wedang jahe yang siap digunakan dalam pembuatan popping.

2.2.3 Pembuatan Popping wedang jahe

Pembuatan popping ekstrak wedang jahe dilakukan menggunakan metode *spherification* dengan memanfaatkan sodium alginat dan kalsium laktat. Sebanyak 300 mL ekstrak wedang jahe disiapkan sebagai bahan utama, kemudian ditambahkan sodium alginat sebanyak 1% (b/v) dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya, larutan kalsium laktat 1% (b/v) disiapkan sebagai larutan pembentuk gel. Campuran ekstrak wedang jahe dan sodium alginat kemudian diteteskan ke dalam larutan kalsium laktat menggunakan sendok takar atau pipet hingga terbentuk bulatan gel. Popping yang terbentuk didiamkan selama 2–3 menit untuk memberikan waktu terjadinya proses gelasi. Setelah terbentuk, popping diangkat, dibilas menggunakan air matang, kemudian ditiriskan. Popping ekstrak wedang jahe yang telah diperoleh selanjutnya ditambahkan ke dalam minuman tepache sebelum penyajian.

2.3 Pengujian

2.3.1 Uji Brix

Pengujian total padatan terlarut dilakukan menggunakan refraktometer dan dinyatakan dalam satuan °Brix. Sampel minuman diteteskan pada prisma refraktometer kemudian nilai °Brix dibaca secara langsung.

2.3.2 Uji pH

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter digital. Alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan larutan buffer, kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel hingga diperoleh nilai pH yang stabil.

2.3.3 Uji Total Asam Tertitrasi (TAT)

Pengujian total asam tertitrasi dilakukan menggunakan metode titrasi dengan larutan NaOH 0,1 N dan indikator fenolftalein (Indikator PP 1%) hingga terjadi perubahan warna merah muda stabil. Nilai total asam dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{TAT (\%)} = \frac{NaOH \times N\ NaOH \times BM}{} \times\ 100\%$$

$$V\ Sampel \times 1000$$

Keterangan:
V NaOH = volume NaOH yang digunakan (mL)
N NaOH = normalitas NaOH
BM = bobot molekul asam dominan
V Sampel = volume sampel yang digunakan (mL)

2.2.4. Uji Bakteri Asam Laktat

Pengujian bakteri asam laktat dilakukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) pada media MRSA. Sampel diencerkan secara bertingkat, kemudian diinokulasikan pada media dan diinkubasi selama 48 jam. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/mL.

$$CFU/ml = \frac{Jumlah\ koloni\ \times\ Faktor\ pengencer}{Volume\ ditanam}$$

Keterangan:
Jumlah Koloni = jumlah koloni yang tumbuh pada media
Faktor pengenceran = dari tingkat pengenceran sampel
Volume yang ditanam= volume sampel yang diinokulasikan pada media (mL)

2.3.4 Bakteri Asam Laktat *(BAL)*

Pengujian bakteri asam laktat dilakukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) pada media MRSA. Sampel diencerkan secara bertingkat, kemudian diinokulasikan pada media dan diinkubasi selama 48 jam. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan CFU/mL.

$$CFU/ml = \frac{Jumlah\ koloni\ \times\ Faktor\ pengencer}{Volume\ ditanam}$$

Keterangan:
Jumlah Koloni = jumlah koloni yang tumbuh pada media
Faktor pengenceran = dari tingkat pengenceran sampel
Volume yang ditanam = volume sampel yang diinokulasikan pada media (mL)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Gula

Hasil pengujian total padatan terlarut pada produk tepache menggunakan refraktometer menunjukkan nilai sebesar 9 °Bx. Nilai °Brix merupakan indikator konsentrasi zat padat terlarut dalam larutan, yang pada produk fermentasi berbasis buah sebagian besar terdiri atas gula-gula sederhana seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Nilai ini merupakan salah satu parameter fisikokimia penting dalam evaluasi mutu produk fermentasi karena mencerminkan tingkat pemanfaatan substrat gula oleh komunitas mikroorganisme selama proses fermentasi berlangsung.

Nilai °Brix sebesar 9 °Bx yang diperoleh pada penelitian ini berada dalam rentang yang dilaporkan oleh Gutiérrez-Sarmiento et al. (2022), yaitu antara 9–9,5 °Bx untuk produk tepache hasil fermentasi dua hari. Kesesuaian ini mengindikasikan bahwa kondisi fermentasi yang diterapkan telah menghasilkan karakteristik fisikokimia yang setara dengan profil tepache pada umumnya. Fermentasi selama dua hari tampaknya cukup untuk mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme indigenous pada kulit nanas tanpa menyebabkan deplesi gula yang berlebihan.

Secara mekanistik, penurunan nilai °Brix selama fermentasi terjadi akibat pemanfaatan gula sebagai sumber karbon dan energi oleh mikroorganisme fermentatif. Ragi dan bakteri asam laktat yang secara alami terdapat pada permukaan kulit nanas mengkatabolisme sukrosa menjadi heksosa (glukosa dan fruktosa) melalui hidrolisis enzimatik, yang selanjutnya dimetabolisme melalui jalur glikolisis (Embden-Meyerhof-Parnas) untuk menghasilkan etanol, karbon dioksida, asam laktat, dan asam asetat sebagai produk utama metabolisme (Escalante et al., 2008; Narvaez-Zapata et al., 2019). Akumulasi metabolit-metabolit tersebut berperan langsung dalam pembentukan profil sensoris khas tepache.

Keberadaan gula residu yang ditunjukkan oleh nilai °Brix sebesar 9 °Bx memiliki implikasi penting terhadap karakteristik sensoris produk. Gula yang tidak terfermentasi secara sempurna berkontribusi terhadap atribut rasa manis yang berperan menyeimbangkan keasaman yang dihasilkan selama fermentasi. Najini et al. (2024) menyatakan bahwa keseimbangan antara rasa manis dan asam merupakan atribut sensoris determinan yang secara signifikan mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen terhadap minuman fermentasi berbasis nanas. Selain itu, gula residu juga berperan sebagai substrat potensial bagi aktivitas mikroorganisme lanjutan selama penyimpanan, sehingga pengendalian kondisi penyimpanan perlu diperhatikan untuk menjaga stabilitas produk.

Dari perspektif kontrol proses fermentasi, nilai °Brix dapat digunakan sebagai parameter pemantauan yang sederhana namun informatif. Nilai °Brix yang terlalu tinggi pasca-fermentasi mengindikasikan bahwa aktivitas mikroorganisme belum berlangsung secara optimal, sedangkan nilai °Brix yang terlalu rendah berpotensi menghasilkan produk dengan profil rasa asam yang terlalu dominan akibat konsumsi substrat yang berlebihan (Ngwenya *et al*., 2021). Dengan demikian, nilai 9 °Bx yang diperoleh pada penelitian ini mencerminkan fermentasi yang berlangsung secara termodulasi dan menghasilkan keseimbangan yang optimal antara konsumsi substrat dan retensi gula residu.

Dalam konteks pengembangan produk TEPAJARS, nilai °Brix sebesar 9 °Bx memberikan keuntungan teknologis yang signifikan. Tingkat kemanisan residual yang dipertahankan mampu mengimbangi karakteristik pedas dan hangat dari komponen popping wedang jahe sehingga menghasilkan harmoni sensoris yang kompleks.

Kompleksitas profil rasa yang demikian selaras dengan tren konsumsi minuman fungsional kontemporer yang semakin mengutamakan pengalaman sensoris multidimensi (Granato et al., 2020). Oleh karena itu, nilai °Brix yang diperoleh tidak hanya mencerminkan keberhasilan proses fermentasi, tetapi juga menunjukkan kesesuaian produk untuk diintegrasikan dengan komponen fungsional tambahan.

3.2 Derajat Keasaman

Hasil pengukuran derajat keasaman tepache menunjukkan nilai pH sebesar 3,27. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa produk berada dalam kondisi asam kuat dan sesuai dengan rentang pH tepache yang dilaporkan oleh Hujjatusnaini et al. (2022), yakni 2,8-3,8. Dalam proses fermentasi, peningkatan jumlah kulit nanas berpotensi meningkatkan jumlah glukosa yang akan diubah menjadi asam laktat oleh bakteri asam laktat (Pramudika et al., 2024). pH merupakan parameter kritis dalam evaluasi produk fermentasi karena secara langsung mencerminkan akumulasi asam organik yang dihasilkan oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme dan berpengaruh terhadap keamanan pangan, stabilitas produk, serta penerimaan konsumen (Caplice & Fitzgerald, 1999).

Penurunan pH selama fermentasi tepache merupakan Penurunan pH selama fermentasi tepache terjadi karena aktivitas bakteri asam laktat (BAL) dan ragi indigenus yang menghasilkan senyawa asam selama proses fermentasi. Proses glikolisis menghasilkan asam piruvat sebagai intermediet utama yang selanjutnya direduksi menjadi asam laktat oleh BAL homofermentatif, atau dikonversi menjadi etanol dan karbon dioksida oleh ragi serta BAL heterofermentatif (Tamang et al., 2020). Akumulasi asam laktat dan asam asetat dalam medium fermentasi meningkatkan konsentrasi ion hidrogen (H^+), sehingga menyebabkan penurunan nilai pH secara progresif.

Nilai pH 3,27 yang diperoleh mengindikasikan bahwa aktivitas bakteri asam laktat (BAL) dan ragi berlangsung secara robust selama fermentasi. Hasil ini selaras dengan temuan Narvaez-Zapata et al. (2019) yang melaporkan dominasi *Lactobacillus spp*. dan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme utama pada tepache, di mana interaksi sinergistik keduanya berkontribusi terhadap penurunan pH yang progresif. Hidalgo-Morales et al. (2022) juga mengonfirmasi adanya korelasi positif yang signifikan antara penurunan pH tepache dengan peningkatan densitas populasi BAL dan akumulasi asam organik tertitrasi selama fermentasi berlangsung.

Ditinjau dari aspek sensoris, nilai pH yang rendah memberikan pengaruh nyata terhadap pembentukan rasa asam segar (tartness) yang merupakan atribut pembeda utama tepache dibandingkan minuman berbasis buah non-fermentasi. Rasa asam yang terbentuk bersinergi dengan rasa manis residual untuk menghasilkan profil rasa yang kompleks dan menyegarkan. Interaksi antara nilai °Brix sebesar 9 °Bx dan pH sebesar 3,27 menciptakan rasio rasa manis-asam yang dapat diterima, yang merupakn karakteristik utama penentu preferensi konsumen pada kategori minuman fermentasi buah).

Dari perspektif keamanan pangan, kondisi asam pada nilai pH 3,27 memberikan efek pengawetanmikroorganisme pembusuk dan patogen. Beberapa mikroorganisme patogen foodborne, seperti *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli* O157:H7, dilaporkan mengalami hambatan pertumbuhan signifikan pada pH di bawah 4,0 (Beales, 2004; Buchanan & Doyle, 1997). Dengan demikian, nilai pH 3,27 yang diperoleh tidak hanya merupakan bukti keberhasilan fermentasi, tetapi juga mengindikasikan bahwa produk memiliki potensi stabilitas mikrobiologis yang baik selama periode penyimpanan.

Dalam kaitannya dengan pengembangan produk TEPAJARS secara keseluruhan, nilai pH sebesar 3,27 dinilai kondusif untuk mendukung integrasi komponen popping wedang jahe.

Keasaman tepache dapat memengaruhi karakteristik sensori saat dipadukan dengan ekstrak jahe. Kandungan gingerol dan shogaol pada jahe memberikan rasa pedas dan sensasi hangat yang khas(Semwal et al., 2015). Interaksi antara keasaman tepache dengan kepedasan jahe berpotensi menghasilkan pengalaman konsumsi yang multisensori dan distingtif, sehingga meningkatkan nilai inovasi dan daya saing produk di segmen minuman fungsional. Menurut Bhattarai et al. (2001), nilai pH yang rendah juga berperan dalam menjaga stabilitas senyawa bioaktif jahe yang sensitif terhadap degradasi oksidatif pada kondisi netral-basa.

3.3 Total Asam Tertitrasi (TAT)

Berdasarkan hasil pengujian Total Asam Tertitrasi (TAT) yang dilakukan secara duplo, diperoleh nilai TAT sebesar 1,3% pada pengujian pertama dan 1,2% pada pengujian kedua. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tepache yang dihasilkan masih berada dalam kisaran normal karakteristik tepache hasil fermentasi, yaitu berkisar antara 0,2–1,3%.

Hasil ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi berlangsung dengan baik dan menghasilkan akumulasi asam organik yang cukup tinggi. Nilai TAT yang diperoleh juga sejalan dengan hasil pengukuran pH yang menunjukkan kondisi produk bersifat asam, karena peningkatan total asam selama fermentasi umumnya diikuti oleh penurunan nilai pH (Escalante et al., 2022).

Total Asam Tertitrasi merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah keseluruhan asam organik yang terbentuk selama proses fermentasi. Pada tepache, asam organik yang dominan adalah asam laktat, meskipun asam asetat dan asam organik lainnya juga dapat terbentuk sebagai hasil aktivitas mikroorganisme alami yang terdapat pada kulit nanas. Selama fermentasi, bakteri asam laktat dan khamir memanfaatkan gula sebagai substrat untuk menghasilkan berbagai metabolit, termasuk asam organik yang berkontribusi terhadap peningkatan nilai TAT (Pérez-Armendáriz et al., 2020).

Nilai TAT yang relatif tinggi pada penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas fermentasi berlangsung secara aktif. Bakteri asam laktat dan khamir yang terdapat pada tepache bekerja secara sinergis dalam mengubah gula menjadi asam organik sehingga meningkatkan keasaman produk. Semakin tinggi jumlah asam yang terbentuk, maka semakin besar pula nilai TAT yang dihasilkan. Oleh karena itu, nilai TAT sebesar 1,2–1,3% menunjukkan bahwa fermentasi berlangsung dengan baik dan mikroorganisme fermentatif mampu memanfaatkan substrat secara efektif (Escalante et al., 2022).

Selain menjadi indikator aktivitas fermentasi, nilai TAT juga berpengaruh terhadap karakteristik sensoris produk, khususnya rasa asam. Akumulasi asam organik selama fermentasi akan meningkatkan intensitas rasa asam yang menjadi ciri khas minuman fermentasi. Nilai TAT yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa tepache memiliki tingkat keasaman yang cukup tinggi sehingga dapat memberikan cita rasa segar yang khas tanpa melebihi kisaran normal tepache yang dilaporkan dalam berbagai penelitian (Romero-Luna et al., 2017).

3.4 Bakteri Asam Laktat (BAL)

Pengujian jumlah bakteri asam laktat dilakukan melalui metode pengenceran bertingkat hingga 10^{-6} dan penanaman pada media agar secara duplo. Setelah inkubasi selama 24 jam belum ditemukan pertumbuhan koloni pada seluruh cawan. Pertumbuhan koloni baru teramati setelah inkubasi 48 jam, yang menunjukkan bahwa bakteri memerlukan waktu lebih lama untuk beradaptasi dan berkembang pada media pertumbuhan. Pada pengamatan 48 jam, cawan dengan pengenceran 10^{-1} menunjukkan hasil TBUD (Terlalu Banyak untuk Dihitung), sedangkan pada pengenceran 10^{-3} diperoleh 184 koloni dan pada pengenceran 10^{-5} diperoleh 95 koloni.

Berdasarkan hasil tersebut, jumlah bakteri asam laktat pada tepache diperkirakan

sebesar 1,84 × 10^5 CFU/mL. Nilai ini masih berada dalam kisaran jumlah mikroorganisme probiotik yang dilaporkan pada produk fermentasi, yaitu sekitar 10^3–10^{10} CFU/mL. Keberadaan bakteri asam laktat dalam jumlah tersebut menunjukkan bahwa proses fermentasi mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang berpotensi memberikan manfaat kesehatan bagi konsumen (Romero-Luna et al., 2017).

Bakteri asam laktat merupakan kelompok mikroorganisme yang berperan penting dalam fermentasi tepache. Mikroorganisme ini memanfaatkan gula yang berasal dari nanas dan gula tambahan sebagai sumber energi, kemudian mengubahnya menjadi asam laktat dan berbagai metabolit lainnya. Pembentukan asam laktat selama fermentasi berkontribusi terhadap penurunan pH, peningkatan total asam tertitrasi, serta pembentukan cita rasa khas pada tepache (Escalante et al., 2022).

Jumlah bakteri asam laktat yang mencapai 10^5 CFU/mL menunjukkan bahwa fermentasi berlangsung dengan baik dan mikroorganisme berhasil tumbuh selama proses produksi. Pertumbuhan bakteri asam laktat yang optimal merupakan salah satu indikator keberhasilan fermentasi karena menunjukkan bahwa kondisi lingkungan, ketersediaan substrat, serta waktu fermentasi mampu mendukung aktivitas mikroba. Selain itu, keberadaan bakteri asam laktat dalam jumlah yang cukup juga memperkuat potensi tepache sebagai minuman probiotik tradisional yang dapat memberikan manfaat bagi kesehatan saluran pencernaan (Pérez-Armendáriz et al., 2020).

Meskipun jumlah bakteri yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan beberapa produk probiotik komersial yang umumnya memiliki populasi bakteri mencapai 10^6–10^8 CFU/mL, hasil penelitian ini tetap menunjukkan adanya populasi bakteri hidup yang cukup untuk menandakan berlangsungnya proses fermentasi. Dengan demikian, tepache yang dihasilkan memiliki karakteristik sebagai minuman fermentasi yang mengandung bakteri asam laktat hidup dan berpotensi dikembangkan sebagai minuman probiotik berbasis nanas (Romero-Luna et al., 2017).

Volume yang ditanam 1 mL, maka:

- $184 \times 10^3 = 1{,}84 \times 10^5$ CFU/mL
- $95 \times 10^5 = 9{,}5 \times 10^6$ CFU/mL

Berdasarkan cawan pada pengenceran 10^{-3} dengan 184 koloni dan volume tanam 1 mL, jumlah BAL dihitung sebesar 1,84 × 10^5 CFU/mL. Sementara itu, pengenceran 10^{-5} dengan 95 koloni memberikan estimasi 9,5 × 10^6 CFU/mL. Dalam penelitian ini, nilai 1,84 × 10^5 CFU/mL digunakan sebagai hasil utama sesuai cawan 10^{-3} yang dipilih dalam pengolahan data awal.

Penelitian ini tidak menggunakan kontrol, sehingga hasil BAL tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan perlakuan tanpa fermentasi atau formulasi lain. Pembandingan dilakukan dengan penelitian terdahulu. Romero-Luna et al. (2017) melaporkan bahwa minuman fermentasi tradisional dapat mengandung BAL dan mikroorganisme lain yang berperan dalam proses fermentasi. Gutiérrez-Sarmiento et al. (2022) juga menemukan kelompok bakteri asam laktat pada tepache. Dengan demikian, keberadaan BAL pada Tepajars mendukung bahwa terjadi aktivitas mikrobiologis selama fermentasi.

Jumlah BAL 1,84 × 10^5 CFU/mL belum cukup untuk menyatakan Tepajars sebagai minuman probiotik. Menurut Hill et al. (2014), probiotik adalah mikroorganisme hidup yang apabila diberikan dalam jumlah yang memadai memberikan manfaat kesehatan pada inang. Artinya, jumlah BAL saja tidak menjadi standar tunggal untuk menetapkan status probiotik karena identitas mikroorganisme, jumlah yang efektif, keamanan, dan bukti manfaat kesehatan juga perlu dibuktikan. Oleh sebab itu, istilah yang lebih tepat berdasarkan data penelitian ini adalah minuman fermentasi yang mengandung BAL dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai produk probiotik.

Hasil tersebut juga menunjukkan perlunya pengembangan penelitian berikutnya dengan rancangan yang memiliki kontrol dan beberapa perlakuan, seperti variasi lama fermentasi atau konsentrasi gula. Identifikasi BAL hingga tingkat genus atau spesies, pengujian viabilitas selama penyimpanan, serta pengujian manfaat kesehatan akan memberikan dasar yang lebih kuat apabila produk akan dikembangkan dengan klaim probiotik.

4. KESIMPULAN

Minuman Tepajars (tepache kulit nanas dengan popping wedang jahe menggunakan teknik *spherification*) berhasil dikembangkan sebagai minuman fermentasi fungsional dengan profil rasa manis, asam, dan sensasi hangat dari jahe. Penambahan popping wedang jahe memberikan tekstur unik dan sensasi pecah di mulut yang meningkatkan daya tarik produk. Hasil pengujian menunjukkan kadar gula 9°Brix dan pH 3,27 yang sesuai dengan standar mutu tepache, nilai TAT sebesar 1,2–1,3% yang mengindikasikan fermentasi berjalan baik, serta jumlah BAL sekitar $1,84 \times 10^5$ CFU/mL yang menunjukkan potensi probiotik produk dan memenuhi standar keamanan pangan. Secara keseluruhan, Tepajars berpotensi menjadi minuman probiotik modern yang inovatif karena memadukan konsep pangan fungsional, teknologi gastronomi molekuler, serta pemanfaatan limbah kulit nanas menjadi produk bernilai tambah yang mendukung konsep *sustainable food*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jember, khususnya Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, atas dukungan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Elly Kurniawati, S.TP., M.P., Dr. Silvia Oktavia Nur Yudiastuti, S.TP., M.P., Nadiyah Zuhroh, S.Si., M.Si., Norma Ulviatus Putri A., S.TP., dan Widya Rahmawati, S.Si., selaku dosen dan teknisi yang telah memberikan arahan, bantuan, serta dukungan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu hingga penelitian mengenai pengembangan minuman fermentasi tepache berbasis kulit nanas dengan popping ekstrak jahe menggunakan metode *spherification* dapat terlaksana dan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

De la Torre-González, Fernando J., Narváez-Zapata, José A., López y López, Victor E., & Larralde-Corona, Carlos P. (2016). Fermented fruit beverages from tropical fruits and their potential as functional foods. Food Research International, 89, 409 – 416. (https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.020).

Granato, Daniel, Branco, Giselle F., Nazzaro, Filomena, Cruz, Adriano G., & Faria, José A. F. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(3), 292–302. (https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x).

Ketnawa, Sunanta, Chaiwut, Peerasak, & Rawdkuen, Suttiruk (2012). Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. Food and Bioproducts Processing, 90(3), 385 – 391. (https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.006).

Lee, Pei Ying & Rogers, Michael A. (2012). Effect of calcium source and exposure-time on basic spherification using sodium alginate. International Journal of Gastronomy and Food Science, 1(2), 96 – 100. (https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.06.003).

Rahmani, Arshad H., Shabrmi, Fahad M., & Aly, Saleh M. (2014). Active ingredients of

ginger as potential candidates in the prevention and treatment of diseases. International Journal of Physiology, Pathophysiology and Pharmacology, 6(2), 125 – 136. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106649/).

Gutiérrez-Sarmiento, W., Peña-Ocaña, B. A., Lam-Gutiérrez, A., Guzmán-Albores, J. M., Jasso-Chávez, R., & Ruíz-Valdiviezo, V. M. (2022). Microbial community structure, physicochemical characteristics and predictive functionalities of the Mexican tepache fermented beverage. Microbiological Research, 260, Article 127045. (https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127045).

Najini, R., Purwanti, N. U., Mufida, A. R., Kurniawan, A., Alghifary, M. H. H., Syalsabila, R. R., Nuraini, R., & Safitri, W. (2024). Minuman probiotik tepache dari fermentasi kulit buah nanas (Ananas comosus L.) menggunakan variasi jenis dan konsentrasi gula [Tepache probiotic drink from fermented pineapple peels (Ananas comosus L.) using variations of sugar types and concentrations]. Jurnal Pharmacy of Tanjungpura (JPOP), 1(2), 74-79.

Beales, N. (2004). Adaptation of microorganisms to cold temperatures, weak acid preservatives, low pH, and osmotic stress: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 3(1), 1–20. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2004.tb00057.x Buchanan, R. L., & Doyle, M. P. (1997). Foodborne disease significance of Escherichia coli O157:H7 and other enterohemorrhagic E. coli. Food Technology, 51(10), 69–76.

Semwal, R. B. K., Semwal, D. K., Combrinck, S., & Viljoen, A. M. (2015). Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. Phytochemistry, 117, 554–568. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.07.012

Bhattarai, S., Tran, V. H., & Duke, C. C. (2001). The stability of gingerol and shogaol in aqueous solutions. Journal of Pharmaceutical Sciences, 90(10), 1658–1664. https://doi.org/10.1002/jps.1116

Hidalgo-Morales, M., Acedo-Félix, E., Robles-Olvera, V., Cuevas-Glory, L., & Pérez-Pacheco, E. (2022). Tepache: A traditional Mexican fermented beverage from pineapple. Physicochemical and microbiological characterization. Fermentation, 8(3), 105. https://doi.org/10.3390/fermentation8030105

Narvaez-Zapata, J. A., Rojas-Herrera, R. A., Martinez-Diaz, S. F., & Larralde-Corona, C. P. (2019). Culture-independent analysis of lactic acid bacteria diversity associated with tepache, a Mexican traditional fermented pineapple beverage. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 9(2), 221–228.

Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutkins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(1), 184–217. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12520

Caplice, E., & Fitzgerald, G. F. (1999). Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. International Journal of Food Microbiology, 50(1–2), 131–149. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00082-3

Pramudika, O. B., Maryono, N. Z. I., W Yulitrani, & Rosida, D. F. (2024). Identifikasi Karakteristik dan Potensi Pangan Fungsional Berbasis Makanan Tradisional Palembang. Food Science and Technology Proceedings (hlm. 119-130). Surabaya, Indonesia: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Hujjatusnaini, N. (2022). Inovasi Minuman Tepache Berbahan Baku Kulit Nanas (Ananas comosus (L.) Merr.) Tersuplementasi Probiotik Lactobacillus casei. Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi, 21(1), 47–54.

Ngwenya, M. P., Nkambule, T. P., & Kidane, S. W. (2023). Physicochemical attributes and acceptability of marula wine fermented with natural Lactiplantibacillus plantarum and Saccharomyces cerevisiae. Heliyon, 9(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon. 2023.e21613

Escalante, A., Giles-Gómez, M., Hernández, G., Córdova-Aguilar, M. S., López-Munguía, A., Gosset, G., & Bolívar, F. (2008). Analysis of bacterial community during the fermentation of pulque, a traditional Mexican alcoholic beverage, using a polyphasic approach. International Journal of Food Microbiology, 124(2), 126–134. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.003

Narvaez-Zapata, J. A., Rojas-Herrera, R. A., Martinez-Diaz, S. F., & Larralde-Corona, C. P. (2019). Culture-independent analysis of lactic acid bacteria diversity associated with tepache, a Mexican traditional fermented pineapple beverage. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 9(2), 221–228.

Pérez-Armendáriz, B., Cardoso-Ugarte, G. A., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2020). Traditional fermented beverages in Mexico: Biotechnological, nutritional, and functional approaches. Food Research International, 136, 109307.https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109307

Romero-Luna, H. E., Hernández-Sánchez, H., Dávila-Ortiz, G., & Hernández-Rodríguez, C. (2017). Traditional fermented beverages from Mexico as a potential probiotic source. Annals of Microbiology, 67, 577–586. https://doi.org/10.1007/s13213-017-1290-2