



Optimasi Sterilisasi Minuman Jamu Kunyit-Asam Kemasan dengan Metode Pasteurisasi

¹Meilani Putri, ²Syuhada, ^{3*}Benazir Evita Rukaya

^{1,2,3}Program Studi D3 Farmasi, Politeknik Kaltara, Tarakan, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: benazir.firdaus@yahoo.com

Received: February 2025; Revised: February 2025; Accepted: March 2025; Published: March 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pasteurisasi pada suhu 65°C dan 85°C terhadap stabilitas pH, karakteristik organoleptik, dan kontaminasi mikrobiologis jamu kunyit asam selama penyimpanan 15 hari. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental di laboratorium. Metode penelitian meliputi proses pasteurisasi pada dua suhu tersebut, diikuti dengan pengujian pH, uji organoleptik (meliputi warna, aroma, dan rasa), serta analisis angka lempeng total (ALT) untuk menilai kontaminasi mikroba. Hasil penelitian menunjukkan beberapa temuan utama (1) pasteurisasi efektif dalam menjaga stabilitas pH, warna, dan aroma jamu kunyit asam selama penyimpanan 15 hari; (2) terdapat peningkatan intensitas rasa pada hari ke-15 pada kelompok yang dipasteurisasi; (3) pasteurisasi pada suhu 85°C menurunkan angka cemaran mikroba terendah ($1,85 \times 10^{10}$ CFU/mL) dibandingkan dengan kelompok tanpa pasteurisasi ($3,33 \times 10^{10}$ CFU/mL). Dengan demikian, pasteurisasi pada penelitian ini tidak hanya meningkatkan keamanan mikrobiologis tetapi juga mempengaruhi karakteristik sensorik jamu kunyit asam, khususnya pada intensitas rasa.

Kata Kunci: pasteurisasi; jamu kunyit asam; stabilitas pH; karakteristik organoleptik; kontaminasi mikrobiologis

Abstract: This study aims to evaluate the effect of pasteurization at 65°C and 85°C on pH stability, organoleptic characteristics, and microbiological contamination of turmeric and tamarind herbal medicine during 15 days of storage. This research is an experimental study in the laboratory. The research methods include pasteurization at the two temperatures, pH testing, organoleptic tests (including colour, aroma, and taste), and total plate count (TPC) analysis to assess microbial contamination. The results of the study showed several main findings (1) pasteurization was effective in maintaining the stability of pH, colour, and aroma of turmeric and tamarind herbal medicine during 15 days of storage; (2) there was an increase in flavour intensity on the 15th day in the pasteurized group; (3) pasteurization at 85°C reduced the lowest microbial contamination rate (1.85×10^{10} CFU/mL) compared to the group without pasteurization (3.33×10^{10} CFU/mL). Thus, pasteurization in this study increased microbiological safety and affected the sensory characteristics of turmeric and tamarind herbal medicine, especially in taste intensity.

Keywords: pasteurization; turmeric and sour herbal medicine; pH stability; organoleptic characteristics; microbiological contamination

How to Cite: Putri, M., Syuhada, S., & Rukaya, B. (2025). Optimasi Sterilisasi Minuman Jamu Kunyit-Asam Kemasan dengan Metode Pasteurisasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), 272-281. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i1.15042>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i1.15042>

Copyright© 2025, Putri et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Jamu kunyit asam adalah minuman tradisional Indonesia yang populer karena khasiatnya dalam meredakan nyeri haid, berkat kandungan antiinflamasi dan analgesik alaminya (Estiasih *et al.*, 2025). Kunyit (*Curcuma longa*) mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk kurkuminoid non-volatil seperti kurkumin, dimetoksi-kurkumin, dan bisdemetoksi-kurkumin, serta senyawa dalam minyak atsiri seperti mono dan seskuiterpenoid. Kurkuminoid telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional dan sebagai bahan penyedap serta bumbu di masakan Asia Tenggara (Shi *et al.*, 2021). Asam jawa (*Tamarindus indica*) adalah tanaman tropis yang telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional karena kandungan senyawa bioaktifnya. Analisis GC-MS terhadap ekstrak metanol daging buah asam jawa mengidentifikasi 37 senyawa volatil, termasuk 5-Hidroksimetilfurfural (31,06%),

3-O-Metil-d-glukosa (16,31%), dan 1,6-anhidro- β -D-Glukopiranosida (9,95%), yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri, antifungal, antituberkular, antikanker, dan antioksidan. Ekstrak *T. indica* menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap berbagai patogen, terutama *Plesiomonas shigellois* ATCC 15903 dan *Bacillus pumillus* ATCC 14884, dengan Konsentrasi Hambat Minimum (MIC) masing-masing 0,22 mg/mL dan 0,44 mg/mL (Fagbemi et al., 2022).

Salah satu tantangan utama dalam produksi jamu adalah keterbatasan masa simpan yang dapat dipengaruhi oleh kualitas produk jamu sehingga mempengaruhi distribusi produk kepada masyarakat (Muyumba et al., 2021; Wang et al., 2023). Berdasarkan beberapa hasil penelitian terdahulu, produk jamu memiliki masa simpan bervariasi, dari beberapa hari hingga 7 bulan, tergantung komposisi, cara penyimpanan, adanya penambahan pengawet dan berbagai macam faktor lainnya baik internal maupun eksternal sediaan (Hidayat et al., 2021; Martono et al., 2020). Kerusakan produk selama penyimpanan tidak hanya menimbulkan kerugian bagi produsen, tetapi juga dapat menurunkan kepercayaan konsumen terhadap kualitas jamu. Untuk mengatasi masalah ini, penerapan metode pasteurisasi dapat menjadi solusi cukup efektif dan murah (Chiozzi et al., 2022).

Pasteurisasi adalah metode pemanasan pada suhu tertentu yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen tanpa merusak nilai gizi. Tujuan umum pasteurisasi adalah untuk memperpanjang masa simpan produk dengan menonaktifkan semua bakteri patogen yang tidak membentuk spora dan sebagian besar mikroorganisme pembusuk vegetatif, serta menghambat atau menghentikan aktivitas mikroba dan enzim (Deak, 2014). Pasteurisasi memiliki berbagai kelebihan, salah satunya adalah penerapannya yang luas pada beragam produk makanan termasuk produk susu. Metode ini telah terbukti berperan penting dalam mengurangi kejadian penyakit bawaan makanan di seluruh dunia. Selain itu, dengan mengurangi jumlah mikroorganisme dalam makanan, pasteurisasi membantu memperlambat proses pembusukan dan secara signifikan meningkatkan umur simpan produk makanan tersebut (Deak, 2014; Souza, 2022).

Penerapan pasteurisasi pada minuman tradisional, seperti jamu kunyit asam, diharapkan dapat memperpanjang masa simpan dan memastikan keamanan konsumsi. Mengingat meningkatnya penggunaan bahan herbal, penting untuk memilih metode higienisasi yang optimal, yang mampu mengurangi kontaminasi mikroba tanpa banyak mengurangi kandungan bioaktif. Studi menunjukkan bahwa 76,7% jamu lokal tercemar bakteri, lebih tinggi dibanding produk impor (63,3%). Bakteri dominan meliputi *Bacillus* sp. pada produk impor dan *Pseudomonas aeruginosa* pada produk lokal. Sebanyak 36,7% sampel lokal positif koliform, dengan jumlah mencapai $2,0 \times 10^4$ cfu/ml, menunjukkan tingginya risiko kontaminasi mikroba pada jamu lokal yang dijual di pasaran (Darkwah et al., 2022; Mrozek-Szetela et al., 2020). Namun, perlu diperhatikan bahwa proses termal dapat mempengaruhi karakteristik organoleptik, seperti rasa, aroma, dan warna, yang merupakan faktor penting dalam penerimaan konsumen (Chiozzi et al., 2022; Martins et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh proses pasteurisasi pada suhu 65°C dan 85°C terhadap stabilitas pH, karakteristik organoleptik, serta angka cemaran mikroba pada jamu kunyit asam selama penyimpanan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi produsen jamu dalam meningkatkan kualitas dan keamanan produk, sehingga dapat memperpanjang masa simpan dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap jamu kunyit asam.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental di laboratorium yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh proses pasteurisasi terhadap jamu kunyit asam dengan berbagai perlakuan suhu. Pasteurisasi adalah metode pemanasan makanan atau minuman pada suhu tertentu untuk mengurangi kontaminasi mikroba tanpa secara signifikan mengurangi nilai gizinya. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi air sebanyak 250 ml, kunyit 25 gram, asam jawa 3 gram, dan gula merah 20 gram. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan alat-alat pendukung seperti panci, kompor gas, pengaduk air, timbangan analitik, baskom atau wadah, parutan kunyit, botol kemasan berukuran 250 ml, corong kecil, saringan, serta termometer tembak untuk mengukur suhu.

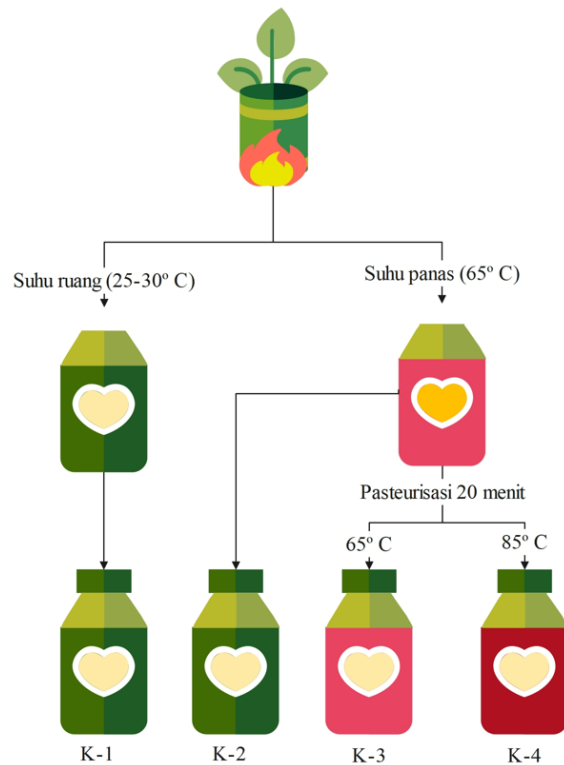
Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap utama. Tahap pertama adalah persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan jamu kunyit asam. Pada tahap selanjutnya, semua bahan direbus hingga mendidih, kemudian dilakukan pembagian perlakuan berdasarkan suhu pengisian ke dalam botol kemasan. Perlakuan pertama adalah pengisian jamu saat suhu mencapai 65°C, sedangkan perlakuan kedua dilakukan saat suhu berada pada suhu ruang (25-30°C) untuk kelompok K-1. Jamu yang dikemas pada suhu 65°C kemudian mendapatkan dua perlakuan berbeda, yaitu tanpa pasteurisasi (K-2) dan pasteurisasi selama 20 menit dengan dua variasi suhu, yaitu pasteurisasi pada suhu 65°C (K-3) serta pasteurisasi pada suhu 85°C (K-4).

Uji cemaran mikrobiologi pada jamu kunyit asam dilakukan menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT) pada hari ke-1 (H-1), hari ke-10 (H-10), dan hari ke-15 (H-15) untuk menilai keamanan mikrobiologis produk. Pengujian dilakukan dengan menimbang 1 mL sampel, dilanjutkan dengan pengenceran bertingkat, inokulasi ke media agar, dan inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Jumlah koloni mikroba dihitung dalam satuan CFU/ml. Pengendalian mutu dalam uji mikrobiologi dilakukan melalui sterilisasi peralatan, pemilihan media yang tepat, serta replikasi pengujian sebanyak tiga kali untuk memastikan keakuratan hasil (Sanders, 2012). Data dianalisis secara kuantitatif menggunakan statistik deskriptif dengan membandingkan jumlah koloni bakteri terhadap standar keamanan pangan dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) (BPOM RI, 2019). Selain itu, distribusi kontaminasi mikroba dianalisis guna memberikan gambaran risiko cemaran mikrobiologi dalam produk.

Selanjutnya, uji hedonik dengan 5 skala dilakukan pada H-1 melalui pengujian langsung kepada masyarakat guna mengetahui tingkat kesukaan terhadap produk (Lučan Čolić *et al.*, 2023). Selain itu, uji organoleptik yang meliputi pengamatan terhadap warna, bau, dan rasa dilakukan pada H-1, H-10, dan H-15 untuk menilai perubahan karakteristik sensorik produk selama penyimpanan. Terakhir, dilakukan pengujian pH pada H-1, H-10, dan H-15 untuk memantau stabilitas keasaman jamu kunyit asam dalam berbagai perlakuan suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi jamu kunyit asam dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari perebusan bahan, pengukuran suhu, pengemasan, hingga proses pasteurisasi. Berdasarkan Gambar 1.



Gambar 1. Skema produksi dan uji jamu kunyit asam. K1 = Pengisian suhu ruang (25–30°C), tanpa pasteurisasi; K2 = Pengisian suhu 65°C, tanpa pasteurisasi; K3 = Pengisian suhu 65°C, pasteurisasi 65°C selama 20 menit; K4 = Pengisian suhu 65°C, pasteurisasi 85°C selama 20 menit

Pengukuran suhu jamu setelah produksi, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2a, memastikan bahwa jamu kunyit asam telah mencapai suhu yang sesuai sebelum perlakuan lebih lanjut. Pengisian jamu dalam kemasan pada suhu yang berbeda bertujuan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kualitas dan stabilitas produk selama penyimpanan. Pada Gambar 2b, cuplikan sampel jamu kunyit asam menunjukkan adanya kesamaan visual antar perlakuan.



a



b



c

Gambar 2. Jamu kunyit asam. (a) Pengukuran suhu jamu setelah produksi; (b) Cuplikan sampel jamu; (c) Jamu setelah dikemas

Selain itu, Gambar 2c menunjukkan hasil akhir dari proses produksi, di mana jamu telah dikemas dalam botol plastik berukuran 250 ml. Perlakuan pasteurisasi yang diberikan pada kelompok K-3 dan K-4 bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dari potensi cemaran mikrobiologi dan memperpanjang masa simpan produk.

Hasil uji pH (Tabel 1) menunjukkan bahwa nilai pH jamu kunyit asam tetap stabil pada angka 4 di semua kelompok perlakuan hingga hari ke-15. Stabilitas ini menandakan tidak adanya fermentasi atau pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan perubahan keasaman, sehingga perlakuan pasteurisasi dan metode pengemasan yang digunakan efektif dalam menjaga kestabilan produk.

Tabel 1. Hasil uji nilai pH jamu kunyit asam pada hari ke-1, 10 dan ke-15

Kelompok	Nilai pH			Keterangan
	H-1	H-10	H-15	
K-1	4	4	4	Konsisten
K-2	4	4	4	Konsisten
K-3	4	4	4	Konsisten
K-4	4	4	4	Konsisten

Uji organoleptik (Tabel 2) menunjukkan bahwa warna dan aroma jamu kunyit asam tetap konsisten selama penyimpanan, dengan warna kuning kecoklatan dan aroma khas kunyit yang tidak mengalami perubahan. Hasil ini mengindikasikan bahwa sediaan jamu kunyit asam memiliki stabilitas yang baik pada seluruh kelompok perlakuan, bahkan hingga 15 hari penyimpanan, termasuk pada kelompok tanpa proses sterilisasi. Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa kunyit dan asam memiliki aktivitas antibakteri alami, yang kemungkinan berkontribusi dalam menjaga stabilitas sediaan selama penyimpanan. Kurkumin, senyawa aktif dalam kunyit, diketahui memiliki efek antibakteri terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif melalui mekanisme seperti merusak membran sel, menghambat pembentukan biofilm dan faktor virulensi, serta memicu stres oksidatif. Kurkumin juga berpotensi sebagai adjuvan antibakteri spektrum luas, dengan efek sinergis terhadap berbagai antibiotik (Dai *et al.*, 2022; Odo *et al.*, 2023). Selain itu, asam jawa menunjukkan aktivitas antimikroba menjanjikan terhadap patogen resisten, seperti *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*, dengan nilai MIC dan MBC rendah. Aktivitas ini berkaitan dengan kemampuannya merusak permeabilitas membran sel bakteri, yang dikonfirmasi melalui pengamatan mikroskop elektron (Ghaly *et al.*, 2023).

Namun, pada parameter rasa, kelompok yang dipasteurisasi (K-2, K-3, dan K-4) mengalami perubahan menjadi lebih pekat pada hari ke-15, kemungkinan akibat konsentrasi zat aktif atau interaksi antar komponen selama penyimpanan.

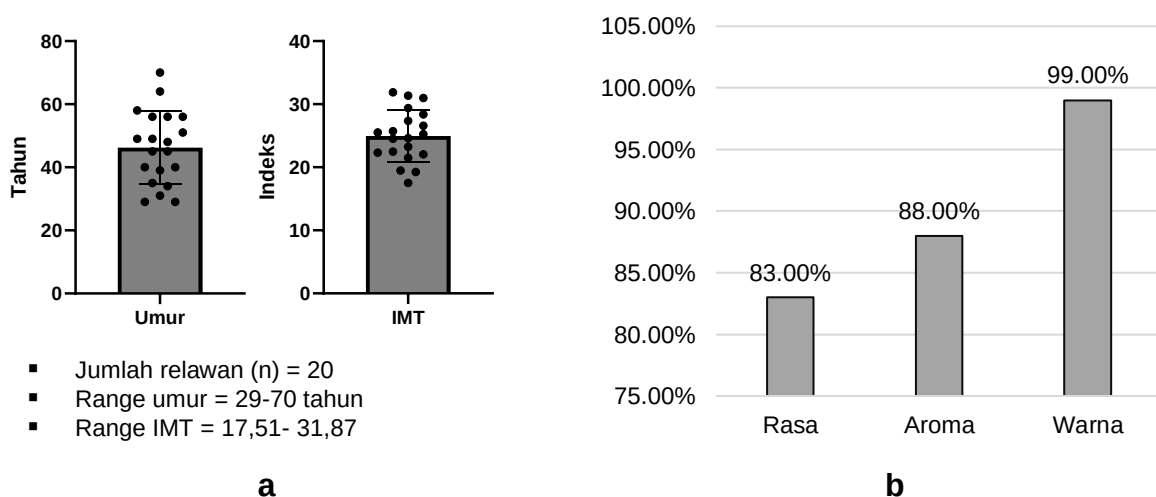
Tabel 2. Hasil uji organoleptik jamu kunyit asam pada hari ke-1, 10 dan ke-15

Parameter	Kelompok	Uji Organoleptik			Keterangan
		H-1	H-10	H-15	
Warna	K-1	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Konsisten
	K-2	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Konsisten
	K-3	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Konsisten
	K-4	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan	Konsisten

Parameter	Kelompok	Uji Organoleptik			Keterangan
		H-1	H-10	H-15	
Bau	K-1	Khas kunyit	Khas kunyit	Khas kunyit	Konsisten
	K-2	Khas kunyit	Khas kunyit	Khas kunyit	Konsisten
	K-3	Khas kunyit	Khas kunyit	Khas kunyit	Konsisten
	K-4	Khas kunyit	Khas kunyit	Khas kunyit	Konsisten
Rasa	K-1	Manis dan asam pekat	Manis dan asam pekat	Manis dan asam pekat	Konsisten
	K-2	Manis dan asam	Manis dan asam	Manis dan asam pekat	Berubah
	K-3	Manis dan asam	Manis dan asam	Manis dan asam pekat	Berubah
	K-4	Manis dan asam	Manis dan asam	Manis dan asam pekat	Berubah

Pasteurisasi pada suhu 65°C dan 85°C efektif dalam menjaga stabilitas pH, warna, dan aroma jamu kunyit asam selama penyimpanan 15 hari. Namun, intensitas rasa mengalami perubahan setelah periode tersebut, kemungkinan akibat konsentrasi komponen aktif atau interaksi antar bahan selama penyimpanan. Untuk memperpanjang masa simpan jamu kunyit asam tanpa mengorbankan kualitas nutrisi dan sensoriknya, dapat juga menggunakan alternatif teknologi pengawetan non-termal seperti *cold plasma*, *pulsed light technology*, *high-pressure processing (HPP)*, *pulsed electric fields (PEFs)*, dan *ultraviolet (UV) radiation*. Metode tersebut efektif dalam menginaktivasi mikroba tanpa merusak komponen nutrisi dan sensori produk, sehingga dapat memperpanjang umur simpan minuman tradisional seperti jamu kunyit asam (Lisboa *et al.*, 2024).

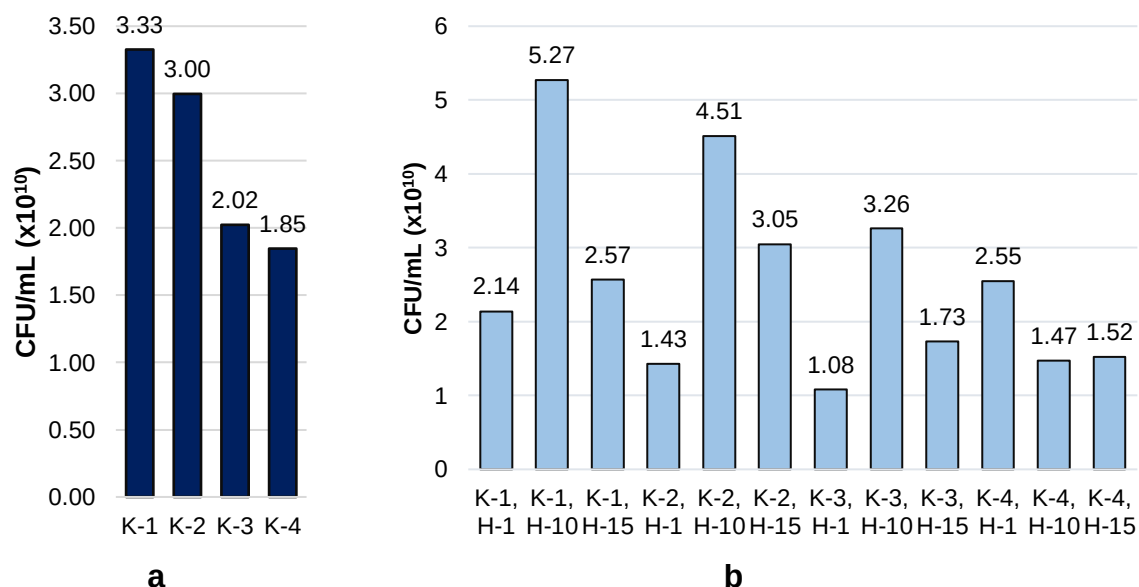
Berdasarkan Gambar 3a, uji kesukaan terhadap jamu kunyit asam dilakukan oleh 20 relawan dengan rata-rata usia 46,20±11,66 tahun serta Indeks Massa Tubuh (IMT) 24,96±4,11. Variasi usia dan IMT ini mencerminkan keberagaman profil relawan, sehingga hasil uji preferensi dapat mencerminkan preferensi konsumen dari berbagai kelompok.



Gambar 3. (a) Profil umur dan Indeks Massa Tubuh (IMT) relawan uji kesukaan; (b) Hasil uji kesukaan jamu kunyit asam dengan parameter rasa, aroma dan warna

Hasil uji kesukaan (Gambar 3b) menunjukkan bahwa parameter warna memiliki tingkat kesukaan tertinggi (99%), diikuti oleh aroma (88%) dan rasa (83%). Tingginya preferensi terhadap warna mengindikasikan bahwa tampilan jamu kunyit asam sesuai dengan ekspektasi konsumen. Aroma yang juga disukai oleh mayoritas relawan menunjukkan bahwa proses produksi tidak menghasilkan bau yang mengganggu. Namun, tingkat kesukaan terhadap rasa lebih rendah dibandingkan dengan parameter lainnya, yang dapat dikaitkan dengan perubahan intensitas rasa yang telah diamati dalam uji organoleptik sebelumnya.

Hasil uji angka lempeng total (ALT) pada Gambar 4a menunjukkan bahwa jumlah mikroba dalam jamu kunyit asam lebih tinggi pada kelompok tanpa pasteurisasi (K-1 dan K-2) dibandingkan dengan kelompok yang dipasteurisasi (K-3 dan K-4). Kelompok K-1 memiliki angka cemaran tertinggi ($3,33 \times 10^{10}$ CFU/mL), sedangkan K-4 yang dipasteurisasi pada suhu 85°C memiliki angka cemaran terendah ($1,85 \times 10^{10}$ CFU/mL). Penurunan jumlah mikroba ini menunjukkan bahwa proses pasteurisasi efektif dalam mengurangi kontaminasi mikroba dalam jamu. Selain untuk sediaan jamu cair, metode pasteurisasi dapat diterapkan dalam sterilisasi jus buah (Sourri *et al.*, 2022).



Gambar 4. Hasil uji Angka Lempeng Total sediaan jamu kunyit asam dengan variasi intervensi

Lebih lanjut, Gambar 4b menunjukkan tren penurunan angka mikroba pada kelompok yang dipasteurisasi selama penyimpanan dari H-1 hingga H-15. Pada kelompok K-1 dan K-2 (tanpa pasteurisasi), angka cemaran mikroba lebih tinggi pada semua titik pengukuran, dengan nilai tertinggi ditemukan pada H-1 kelompok K-1 ($5,27 \times 10^{10}$ CFU/mL). Sebaliknya, kelompok K-4 yang dipasteurisasi pada suhu 85°C memiliki angka cemaran mikroba yang lebih rendah secara konsisten di semua hari pengujian, menunjukkan efektivitas pasteurisasi dalam memperlambat pertumbuhan mikroba selama penyimpanan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan beberapa temuan utama (1) proses pasteurisasi pada suhu 65°C dan 85°C efektif dalam menjaga stabilitas pH, warna, dan aroma jamu kunyit asam selama penyimpanan 15 hari; (2) terdapat perubahan intensitas rasa yang menjadi lebih pekat pada hari ke-15 pada kelompok yang dipasteurisasi, kemungkinan

akibat konsentrasi zat aktif atau interaksi antar komponen selama penyimpanan; (3) pasteurisasi menurunkan angka cemaran mikroba, dengan kelompok yang dipasteurisasi pada suhu 85°C menunjukkan angka cemaran terendah ($1,85 \times 10^{10}$ CFU/mL) dibandingkan kelompok tanpa pasteurisasi ($3,33 \times 10^{10}$ CFU/mL). Dengan demikian, pasteurisasi tidak hanya meningkatkan keamanan mikrobiologis tetapi juga mempengaruhi karakteristik sensorik jamu kunyit asam, khususnya pada intensitas rasa. Berdasarkan standar maksimum cemaran mikroba pada minuman sari ($\leq 1 \times 10^2$ CFU/ml) (BPOM RI, 2019), seluruh sediaan jamu kunyit asam dalam penelitian ini melebihi ambang batas tersebut mulai pada hari ke-1 pasca produksi, yang menunjukkan perlunya pengoptimalan teknik sterilisasi agar layak secara mikrobiologis untuk konsumsi.

REKOMENDASI

Untuk meningkatkan kualitas dan keamanan jamu kunyit asam, disarankan untuk menjaga kebersihan selama proses produksi, mulai dari pemilihan bahan baku hingga pengemasan. Penggunaan bahan baku yang terstandar dan bebas dari kontaminasi dan wadah berkualitas sangat penting untuk memastikan keamanan produk. Selain itu, penerapan prosedur standar yang baik selama produksi dapat membantu mencegah kontaminasi dan memastikan konsistensi produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Kaltara, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- BPOM RI. (2019). *Peraturan BPOM No. 13 Tahun 2019 Tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba Dalam Pangan Olahan*. Database Peraturan Perundang-Undangan Indonesia - [PERATURAN.GO.ID]. <https://peraturan.go.id/id/peraturan-bpom-no-13-tahun-2019>
- Chiozzi, V., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. (2022). Advances, Applications, and Comparison of Thermal (Pasteurization, Sterilization, and Aseptic Packaging) against Non-Thermal (Ultrasounds, UV Radiation, Ozonation, High Hydrostatic Pressure) Technologies in Food Processing. *Applied Sciences*, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/app12042202>
- Dai, C., Lin, J., Li, H., Shen, Z., Wang, Y., Velkov, T., & Shen, J. (2022). The Natural Product Curcumin as an Antibacterial Agent: Current Achievements and Problems. *Antioxidants*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/antiox11030459>
- Darkwah, S., Agbetteh, D., Codjoe, F., & Donkor, E. S. (2022). Microbial Contamination of Herbal Preparations on the Ghanaian Market, Accra. *Microbiology Insights*, 15, 11786361221139602. <https://doi.org/10.1177/11786361221139602>
- Deak, T. (2014). Chapter 17—Thermal Treatment. In Y. Motarjemi & H. Lelieveld (Eds.), *Food Safety Management* (pp. 423–442). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381504-0.00017-2>
- Estiasih, T., Malignan, J. M., Witoyo, J. E., Mu'alim, A. A. H., Ahmadi, K., Mahatmanto, T., & Zubaidah, E. (2025). Indonesian traditional herbal drinks: Diversity, processing, and health benefits. *Journal of Ethnic Foods*, 12(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s42779-025-00267-5>
- Fagbemi, K. O., Aina, D. A., Adeoye-Isijola, M. O., Naidoo, K. K., Cooposamy, R. M., & Olajuyigbe, O. O. (2022). Bioactive compounds, antibacterial and antioxidant

- activities of methanol extract of *Tamarindus indica* Linn. *Scientific Reports*, 12(1), 9432. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13716-x>
- Ghaly, M. F., Albalawi, M. A., Bendary, M. M., Shahin, A., Shaheen, M. A., Abu Eleneen, A. F., Ghoneim, M. M., Elmaaty, A. A., Elrefai, M. F. M., Zaitone, S. A., & Abousaty, A. I. (2023). *Tamarindus indica* Extract as a Promising Antimicrobial and Antivirulence Therapy. *Antibiotics*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030464>
- Hidayat, K., Ulya, M., & Aronika, N. F. (2021). Shelf-Life Estimation of Cabe Jamu (*Piper retrofractum* Vahl) Herbal Drink with the Addition of Benzoate Using Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Method. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 10(2), 100–110. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.02.2>
- Lisboa, H. M., Pasquali, M. B., dos Anjos, A. I., Sarinho, A. M., de Melo, E. D., Andrade, R., Batista, L., Lima, J., Diniz, Y., & Barros, A. (2024). Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. *Sustainability*, 16(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/su16188223>
- Lučan Čolić, M., Antunović, M., Jukić, M., Popović, I., & Lukinac, J. (2023). Sensory Acceptance and Characterisation of Turmeric- and Black-Pepper-Enriched Ice Cream. *Applied Sciences*, 13(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/app132111802>
- Martins, I. B. A., de Souza, C. R., de Alcantara, M., Rosenthal, A., Ares, G., & Deliza, R. (2022). How are the sensory properties perceived by consumers? A case study with pressurized tropical mixed juice. *Food Research International*, 152, 110940. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110940>
- Martono, Y., Novitasari, F., & Aminu, N. R. (2020). Determination of Shelf Life of Herbal Products from the Combination of *Stevia rebaudiana*, *Curcuma zanthorrhiza* and Honey (Stekurmin MD) through the Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Method. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 23(9), 325–332. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.9.325-332>
- Mrozek-Szetela, A., Rejda, P., & Wińska, K. (2020). A Review of Hygienization Methods of Herbal Raw Materials. *Applied Sciences*, 10(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/app10228268>
- Muyumba, N. W., Mutombo, S. C., Sheridan, H., Nachtergaeel, A., & Duez, P. (2021). Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications. *Talanta Open*, 4, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100070>
- Odo, E. O., Ikwuegbu, J. A., Obeagu, E. I., Chibueze, S. A., & Ochiaka, R. E. (2023). Analysis of the antibacterial effects of turmeric on particular bacteria. *Medicine*, 102(48), e36492. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000036492>
- Sanders, E. R. (2012). Aseptic Laboratory Techniques: Plating Methods. *Journal of Visualized Experiments : JoVE*, 63, 3064. <https://doi.org/10.3791/3064>
- Shi, Y., Liang, X., Chi, L., Chen, Y., Liang, L., Zhao, J., Luo, Y., Zhang, W., Cai, Q., Wu, X., Tan, Z., & Zhang, L. (2021). Ethanol extracts from twelve *Curcuma* species rhizomes in China: Antimicrobial, antioxidative and anti-inflammatory activities. *South African Journal of Botany*, 140, 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.04.003>
- Sourri, P., Tassou, C. C., Nychas, G.-J. E., & Panagou, E. Z. (2022). Fruit Juice Spoilage by *Alicyclobacillus*: Detection and Control Methods—A Comprehensive Review. *Foods*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/foods11050747>

- Souza, L. (2022). The role of pasteurization: Methods and benefits of pasteurized milk in today's daily life. *Global Journal of Dairy Farming and Milk Production*, 8–9.
- Wang, H., Chen, Y., Wang, L., Liu, Q., Yang, S., & Wang, C. (2023). Advancing herbal medicine: Enhancing product quality and safety through robust quality control practices. *Frontiers in Pharmacology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1265178>