

ANALISIS PARAMETER KONDISI OPERASI PROSES PASTUERISASI TERHADAP KUALITAS PRODUK MINUMAN KEMASAN

Muh Fiqri¹, A. Sry Iryani², Andi Irsyam Mansyur^{3*}

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar, Makassar, Indonesia

*Corresponding author

*Email: andisryani@unifa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter operasi proses pasteurisasi yang meliputi suhu, waktu kontak, *flowrate* dan pH terhadap kualitas produk minuman kemasan, khususnya pada minuman berperisa dan minuman teh. Proses pasteurisasi merupakan salah satu metode pengolahan termal yang digunakan dalam industri minuman untuk meningkatkan keamanan mikrobiologi serta memperpanjang umur simpan produk. Keberhasilan proses ini sangat dipengaruhi oleh kombinasi parameter operasi yang digunakan. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan variasi suhu, waktu kontak, dan flow rate pada proses pasteurisasi, kemudian dilakukan pengujian kualitas produk yang meliputi parameter kimia (pH dan °Brix), mikrobiologi (angka lempeng total/ALT), serta organoleptik (uji hedonik). Data dianalisis secara deskriptif untuk melihat hubungan antara parameter proses dan kualitas produk. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi parameter pasteurisasi yang tepat sangat menentukan kualitas akhir produk, baik dari aspek kimia, mikrobiologi, maupun organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada minuman berperisa, suhu pasteurisasi pada 65°C dengan waktu kontak yang cukup dan *flowrate* yang seimbang, sehingga mampu menurunkan jumlah mikroorganisme hingga tidak terdeteksi serta mempertahankan kualitas organoleptik. Sementara itu, pada minuman teh, kondisi pada suhu 135°C yang memberikan hasil terbaik dari segi keamanan mikrobiologi dan tingkat kesukaan panelis. Peningkatan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan kualitas sensori akibat degradasi komponen penyusun rasa dan aroma.

Kata kunci : Pasteurisasi, Suhu, Flowrate, pH, Kualitas Minuman

Abstract

This study aims to analyze the effect of pasteurization process operating parameters—including temperature, contact time, flow rate, and pH—on the quality of packaged beverages, particularly flavored beverages and tea drinks. The pasteurization process is a thermal processing method used in the beverage industry to improve microbiological safety and extend product shelf life. The success of this process is highly influenced by the combination of operating parameters used. The research was conducted experimentally by varying the temperature, contact time, and flow rate during the pasteurization process, followed by product quality testing that included chemical parameters (pH and °Brix), microbiological parameters (total plate count/TPC), and organoleptic parameters (hedonic test). The data were analyzed descriptively to examine the relationship between process parameters and product quality. Based on the research results, it can be concluded that the appropriate combination of pasteurization parameters significantly determines the final product quality, both from chemical, microbiological, and organoleptic aspects. The results indicate that for flavored beverages, pasteurization at 65°C with sufficient contact time and a balanced flow rate effectively reduces microbial counts to undetectable levels while maintaining organoleptic quality. Meanwhile, for tea beverages, conditions at 135°C yield the best results in terms of microbiological safety and consumer acceptability. Excessively high temperatures lead to a decline in sensory quality due to the degradation of flavor and aroma components.

Keywords: Pasteurization, Temperature, Flow Rate, pH, Beverage Quality

Pendahuluan

Minuman kemasan atau disebut juga cup drink tidak hanya berisi air putih biasa tetapi kini berisi minuman berflavor seperti teh, kopi, jus buah, dan jus sayuran. Sehingga

masyarakat lebih banyak mengkonsumsi minuman berkemasan karena praktis dan mudah dibeli di toko atau di supermarket.

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada produk minuman kemasan adalah produk cepat mengalami kerusakan, salah satu metode yang umum digunakan dalam industri minuman untuk mengatasi hal tersebut adalah proses pasteurisasi, Louis Pasteur (1822-1895) diakui sebagai salah satu ilmuwan terbesar dalam sejarah, yang telah meletakkan dasar bagi praktik kedokteran modern melalui karya perintisnya di bidang mikrobiologi, kimia, dan kesehatan masyarakat. Berdasarkan penelitian tersebut, Pasteur menemukan bahwa mikroorganisme dapat dilemahkan atau dimatikan dengan pemanasan pada suhu tertentu tanpa harus mencapai titik didih. Ia menerapkan prinsip ini pada industri anggur dan bir untuk mencegah kerusakan produk. Proses pemanasan terkendali inilah yang kemudian dikenal sebagai pasteurisasi. yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen dan menjaga kualitas produk. Proses ini biasa digunakan pada produk minuman sehingga menjadi aman dikonsumsi manusia, tujuan lain dari pasteurisasi ini juga yaitu untuk memperpanjang umur simpan dari minuman yang disebabkan oleh bakteri perusak atau pembusuk, Pasteurisasi minuman dapat dilakukan secara LTLT (*Low Temperature Long Time*) pada suhu 65 °C selama 30 menit, HTST (*High Temperature Short Time*) pada suhu 72 °C selama 15 detik, UHT (*Ultra High Temperatur*) pada suhu 136-145 °C selama 1-4 detik.

Keberhasilan proses pasteurisasi sangat dipengaruhi oleh sejumlah parameter operasional utama, diantaranya suhu, waktu kontak, laju alir (*flowrate*) dan pH, seetiap parameter memiliki peran penting dalam menentukan efektivitas pemanasan dan stabilitas kualitas, suhu berperan penting dalam inaktivasi mikroorganisme, di mana peningkatan suhu dapat mempercepat kematian mikroba namun berpotensi menurunkan kualitas nutrisi dan sensori. Waktu kontak berkaitan dengan lamanya produk dipanaskan dan berhubungan dengan nilai D-value sebagai indikator efektivitas reduksi mikroba. *Flowrate* mempengaruhi lama tinggal produk dalam sistem pemanasan serta distribusi panas, di mana laju alir yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pemanasan tidak optimal, sedangkan laju alir yang terlalu rendah dapat menimbulkan *overheating*. Selain itu, pH produk juga mempengaruhi ketahanan mikroba terhadap panas, di mana produk dengan pH rendah cenderung lebih mudah dipasteurisasi.

Kombinasi dari variabel-variabel tersebut akan menentukan kualitas akhir produk minuman, kualitas minuman kemasan mencakup aspek fisik, kimia, dan mikrobiologi yang saling berkaitan. Secara fisik, kualitas ditinjau dari warna, kejernihan, dan tekstur, di mana perubahan seperti pemudaran warna, kekeruhan, atau penggumpalan dapat menjadi indikator penurunan mutu akibat pengaruh suhu, cahaya, pH, dan oksidasi selama proses maupun penyimpanan. Secara kimia, kualitas meliputi pH, kandungan gula, serta nutrisi, di mana pH berperan dalam stabilitas produk dan ketahanan terhadap mikroba, sementara perubahan komponen seperti degradasi vitamin, reaksi pemecahan gula, atau reaksi *Maillard* dapat terjadi akibat perlakuan panas yang tidak tepat. Sementara itu, kualitas mikrobiologi berkaitan dengan keberadaan dan jumlah mikroorganisme seperti bakteri, ragi, dan jamur, yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama suhu dan waktu penyimpanan, sehingga perlu dikendalikan untuk menjaga keamanan dan mutu produk.

Penelitian terdahulu mengenai proses pasteurisasi pada minuman kemasan umumnya berfokus pada efektivitas inaktivasi mikroorganisme dan penentuan kombinasi suhu serta waktu yang optimal untuk menjamin keamanan produk. Sebagian studi juga telah mengevaluasi dampak perlakuan panas terhadap satu atau dua parameter kualitas, seperti perubahan warna atau kadar nutrisi, namun masih dilakukan secara parsial dan belum mengkaji keterkaitan antar parameter proses secara menyeluruh. Selain itu, banyak penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan kondisi yang belum sepenuhnya merepresentasikan proses industri.

Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, studi ini tidak hanya menitikberatkan pada aspek keamanan mikrobiologis, tetapi juga menganalisis pengaruh variasi parameter proses pasteurisasi (suhu, waktu kontak, dan laju alir) terhadap kualitas produk secara komprehensif, meliputi aspek fisik, kimia, dan stabilitas selama penyimpanan. Penelitian ini juga dirancang dengan pendekatan eksperimental yang mengacu pada kondisi operasional industri, sehingga hasil yang diperoleh lebih aplikatif. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis parameter proses dan mutu produk secara simultan dalam konteks yang lebih mendekati kondisi nyata.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan perlakuan berupa variasi parameter proses pasteurisasi yang meliputi suhu, waktu kontak, *flowrate*, dan pH untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas minuman kemasan.

Bahan yang digunakan meliputi premix minuman berperisa dan teh, air RO, *syrup*, dan *fructosa* sebagai bahan utama, serta media mikrobiologi dan alkohol 70% untuk keperluan analisis. Peralatan yang digunakan terdiri dari tangki premix, tangki blending, alat pasteurisasi, refraktometer, pH meter, laminar air flow, inkubator, oven, dan peralatan gelas laboratorium.

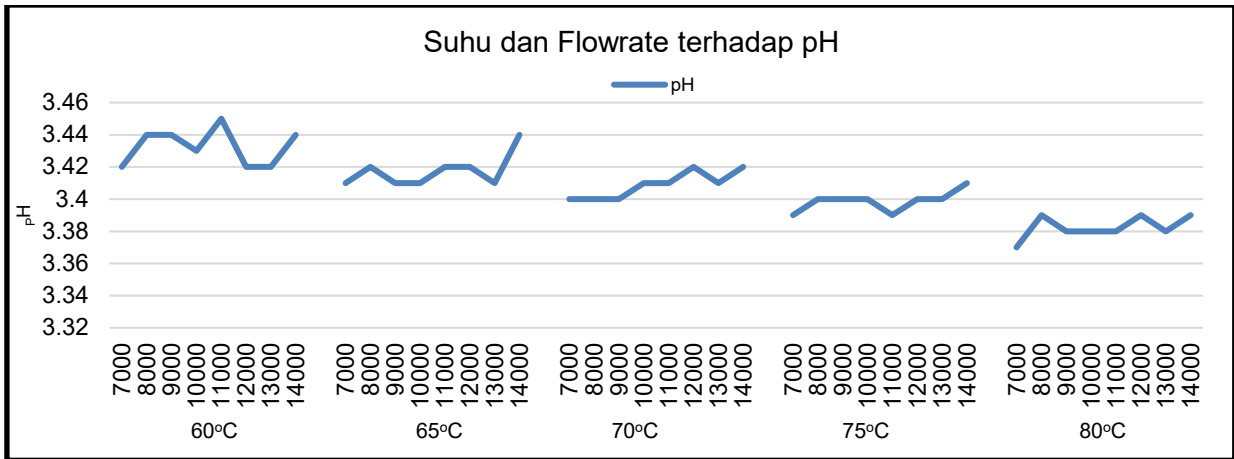
Prosedur penelitian diawali dengan pembuatan produk melalui proses pelarutan premix dan pencampuran bahan di tangki blending. Selanjutnya dilakukan proses pasteurisasi dengan variasi parameter sebagai perlakuan eksperimen. Pada minuman berperisa, variasi yang digunakan meliputi suhu 60–80°C, waktu kontak 11–25 detik, *flowrate* 7000–14000 L/jam, dan pH 3–5. Pada minuman teh, variasi meliputi suhu 130–140°C, waktu kontak 35–60 detik, *flowrate* 8000–12000 L/jam, dan pH 6–8. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan pengambilan sampel untuk dianalisis.

Pengujian kualitas produk meliputi analisis kimia (pH dan total padatan terlarut/Brix), analisis mikrobiologi menggunakan metode *Total Plate Count (TPC)* dengan inkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam, serta uji organoleptik menggunakan metode uji hedonik oleh panelis. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif, yang kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing parameter terhadap kualitas produk. Hasil analisis mikrobiologi dibandingkan dengan standar batas cemaran mikroba yang berlaku untuk menentukan tingkat keamanan produk.

Hasil dan Pembahasan

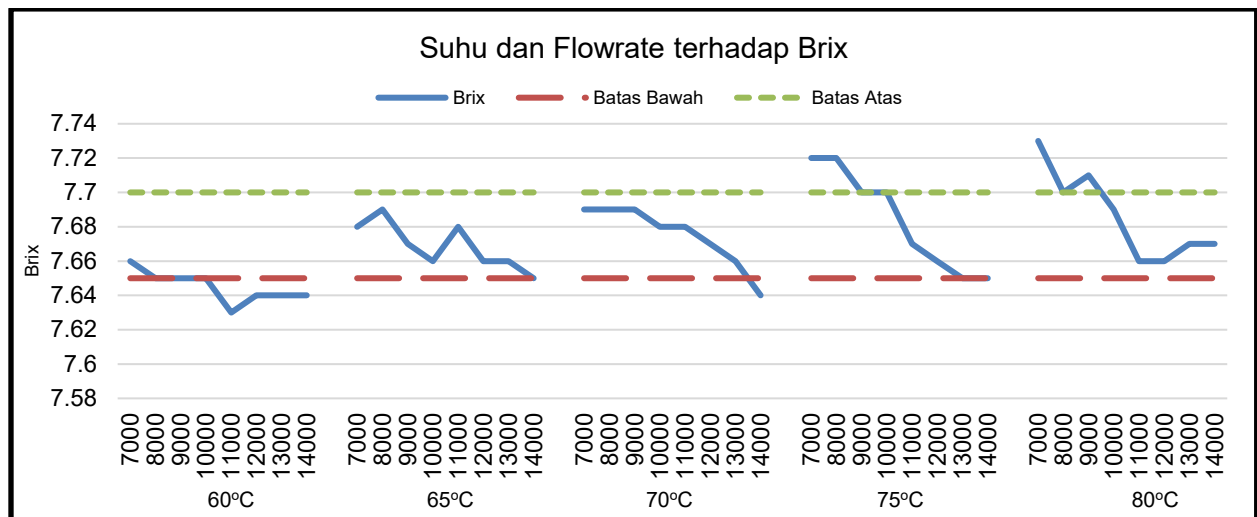
1. Pengujian Kimia Minuman Berperisai

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh, variasi suhu pasteurisasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas minuman berperisa dari segi kimia.



Gambar 1. Grafik Suhu dan *Flowrate* terhadap pH Minuman Berperisa

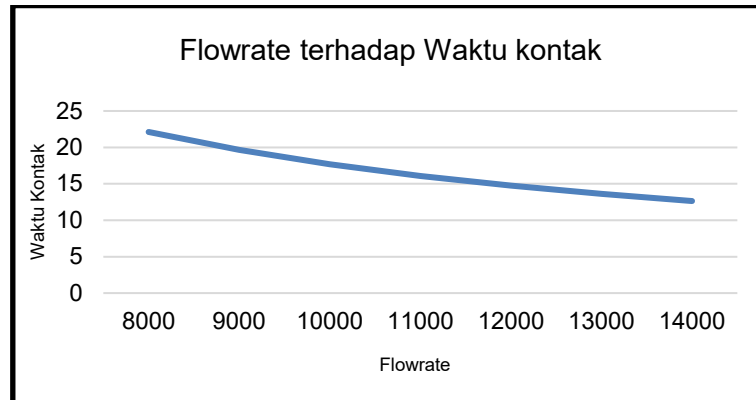
Pada semua variasi suhu dan *flowrate*, nilai pH masih berada dalam range standar, nilai pH minuman berperisa berada pada kisaran asam ($\pm 3,37-3,45$). Kondisi ini secara alami menghambat pertumbuhan mikroorganismenya patogen. Menurut Adams & Moss (2008), mikroorganismenya umumnya sulit berkembang pada pH di bawah 4,5, sehingga produk dengan pH rendah memiliki stabilitas mikrobiologi yang lebih baik.



Gambar 2. Grafik Suhu dan *Flowrate* terhadap Brix Minuman Berperisa

Sedangkan nilai °Brix pada parameter suhu, dapat dilihat dari grafik, semakin tinggi suhu yang digunakan, maka semakin tinggi pula nilai °Brix, pada suhu 60 °C terdapat beberapa nilai *flowrate* yang mendapatkan nilai brix di bawah standar perusahaan, untuk suhu 65°C pada setiap variasi *flowrate* masuk kedalam range standar, pada suhu 70 °C

pada nilai *flowrate* 14000, nilai brix di bawah standar, untuk suhu 75 °C dan 80°C, untuk *flowrate* 7000-9000, nilai brix melebihi standar. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin rendah angka *flowrate* maka nilai °Brix semakin tinggi.

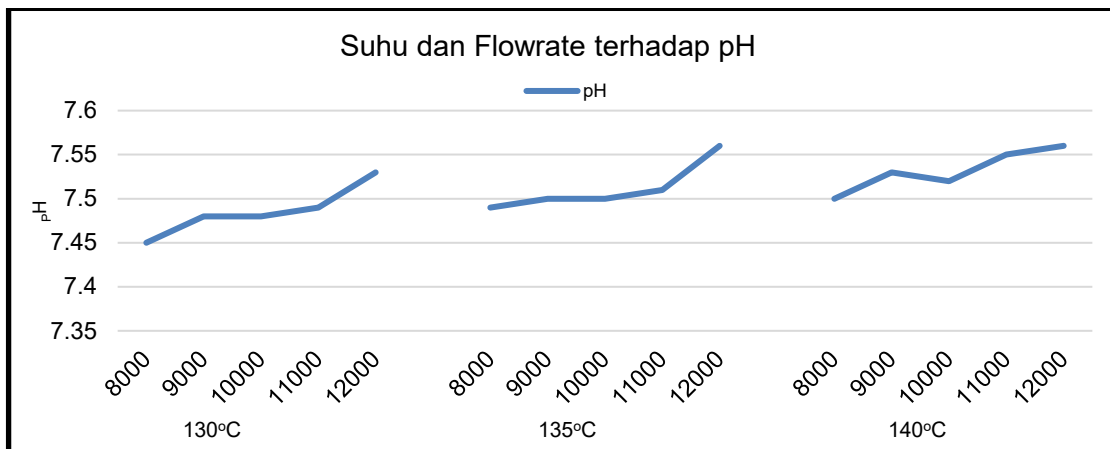


Gambar 3. Hubungan *Flowrate* terhadap waktu kontak Minuman Berperisa

Dapat dilihat pada Grafik, semakin kecil angka *flowrate*, maka semakin lama waktu kontak, dimana waktu kontak ini menjelaskan bahwa lama proses pemanasan yang terjadi dalam proses pasteurisasi.

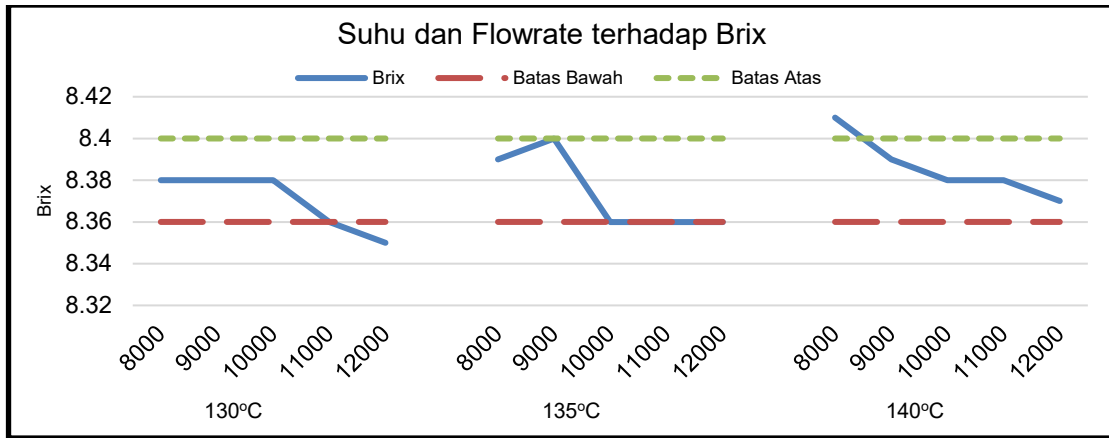
2. Pengujian Kimia Minuman Teh

Pada minuman teh, suhu pasteurisasi yang digunakan lebih tinggi, yaitu 130–140°C. Hal ini disebabkan oleh karakteristik pH yang lebih netral.



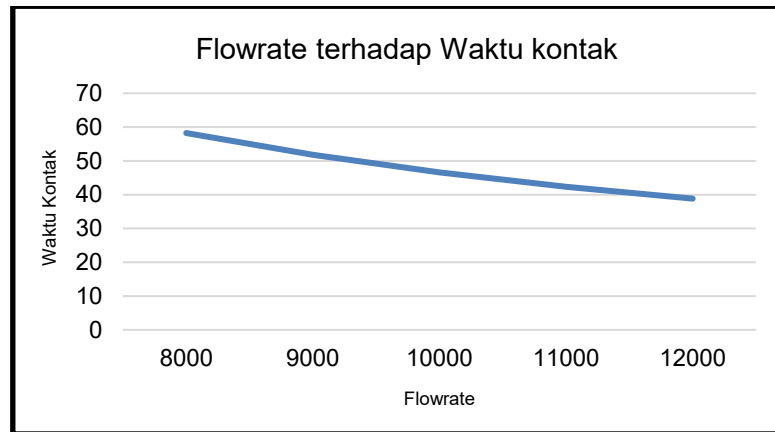
Gambar 3. Grafik Suhu dan *Flowrate* terhadap pH Minuman Teh

Nilai °Brix merupakan parameter penting yang menunjukkan konsentrasi padatan terlarut, terutama gula, dalam minuman. Sesuai dengan standar perusahaan bahwa nilai °Brix berada pada rentang 8,35–8,40.



Gambar 4. Grafik Suhu dan *Flowrate* terhadap Brix Minuman Teh

Nilai °Brix terutama pada suhu 135 °C pada setiap variasi *flowrate* masuk kedalam range standar. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan panas berpengaruh pada nilai °Brix, semakin tinggi maka nilai brix semakin tinggi dikarenakan adanya penguapan air, sedangkan semakin rendah suhu yang digunakan maka nilai brix semakin rendah dikarenakan penguapan air yang kurang maksimal.



Gambar 3. Hubungan *Flowrate* terhadap waktu kontak Minuman Teh

Dapat dilihat pada Grafik, semakin kecil angka *flowrate*, maka semakin lama waktu kontak, dimana waktu kontak ini menjelaskan bahwa lama proses pemanasan yang terjadi dalam proses pasteurisasi.

3. Pengujian Mikrobiologi Minuman Berperisai

Efektivitas pasteurisasi sangat dipengaruhi oleh suhu dan waktu kontak. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu kontak, maka tingkat inaktivasi mikroorganisme

akan semakin besar. Namun demikian, penggunaan suhu yang terlalu tinggi perlu dikontrol karena dapat berdampak negatif terhadap kualitas sensori produk.

Tabel 1. Pengujian Mikrobiologi Minuman Berperisa

Suhu(°C)	Flowrate(L/h)	Waktu Kontak(s)	Nilai ALT
60	7000-14000	11-25	1
65			0
70			0
75			0
80			0

Berdasarkan hasil penelitian, pada minuman berperisa, suhu 60°C dengan waktu kontak 11–25 detik masih menunjukkan adanya mikroorganisme (nilai ALT = 1). Hal ini menunjukkan bahwa energi termal yang diberikan belum cukup untuk mencapai nilai reduksi *logaritmik* yang signifikan. Secara kinetika, kondisi ini berkaitan dengan nilai *D-value (decimal reduction time)*, di mana waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan populasi mikroba sebesar 90% masih belum tercapai secara optimal. Seiring peningkatan suhu hingga 65–80°C, terjadi penurunan jumlah mikroorganisme hingga tidak terdeteksi, yang menunjukkan bahwa kombinasi suhu dan waktu telah melampaui nilai kritis inaktivasi mikroba.

Batas aman nilai ALT (Angka Lempeng Total) pada minuman kemasan umumnya diatur berdasarkan jenis produknya oleh BPOM No. 13 Tahun 2019, dengan batas umum maksimal atau 100 koloni/ml. Khusus untuk air minum dalam kemasan, batasnya sangat ketat, yaitu di bawah 2 koloni/100ml menurut SNI 01-3553-2006.

4. Pengujian Mikrobiologi Minuman Teh

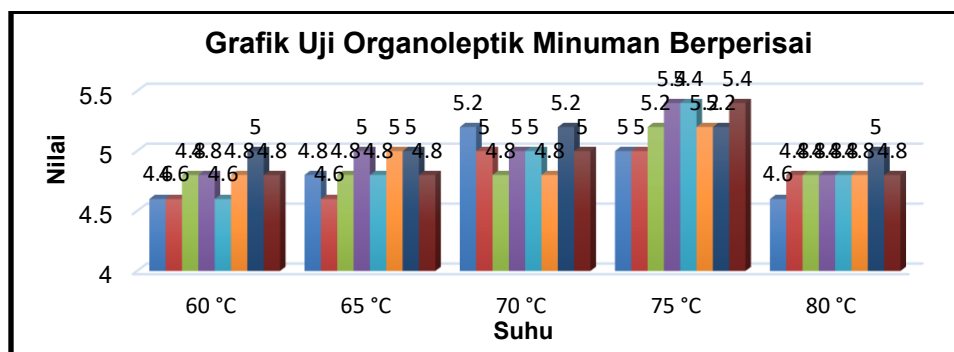
Pada minuman teh, suhu pasteurisasi yang digunakan lebih tinggi, yaitu 130–140°C. Hal ini disebabkan oleh karakteristik pH yang lebih netral sehingga lebih rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme.

Tabel 2. Pengujian Mikrobiologi Minuman Teh

Suhu(°C)	Flowrate(L/h)	Waktu Kontak(s)	Nilai ALT
130	8000-12000	35-58	3
135			0
140			0

pada minuman teh diperlukan suhu lebih tinggi ($\pm 135^{\circ}\text{C}$) akibat pH yang lebih netral sehingga meningkatkan ketahanan mikroba dan enzim terhadap panas. Pada kondisi tersebut, inaktivasi berlangsung optimal, namun pada suhu yang lebih tinggi (140°C) mulai terjadi degradasi senyawa penting seperti polifenol akibat *over-processing*. Jika dikaitkan dengan standar industri dan regulasi keamanan pangan, hasil ini telah memenuhi persyaratan mikrobiologi produk minuman siap konsumsi, di mana jumlah mikroba harus berada pada batas aman atau tidak terdeteksi. Selain itu, parameter suhu dan waktu dalam penelitian ini juga merepresentasikan titik kendali kritis (*CCP*) dalam sistem *HACCP*, sehingga pengendalian yang tepat dapat menjamin keamanan sekaligus mempertahankan kualitas produk.

5. Pengujian Organoleptik Minuman Berperisa



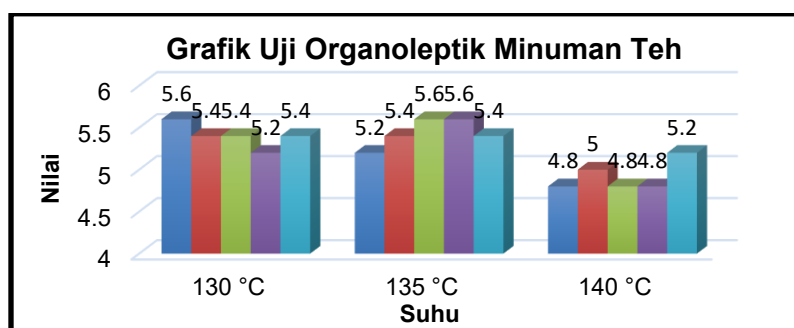
Gambar 5. Grafik Uji Organoleptik Minuman Berperisai

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa suhu 70°C menghasilkan tingkat kesukaan tertinggi. Pada suhu ini, keseimbangan antara keamanan mikrobiologi dan kualitas sensori tercapai. Sedangkan pada suhu 80°C terjadi penurunan nilai organoleptik akibat kerusakan komponen flavor.

Nilai tertinggi yang diperoleh pada suhu pasteurisasi optimum menunjukkan bahwa kombinasi parameter proses yang tepat mampu mempertahankan kualitas sensori produk. Pada kondisi ini, komponen penyusun rasa dan aroma masih terjaga dengan baik sehingga memberikan pengalaman sensori yang optimal bagi panelis.

Sebaliknya, penurunan nilai organoleptik pada suhu yang lebih tinggi menunjukkan adanya indikasi *over-processing*, dimana pemanasan berlebih menyebabkan degradasi senyawa volatil yang berperan dalam pembentukan aroma serta perubahan komponen rasa. Hal ini dapat menyebabkan produk menjadi kurang disukai oleh panelis.

6. Pengujian Organoleptik Minuman Teh



Gambar 6. Grafik Uji Organoleptik Minuman Teh

Hasil organoleptik menunjukkan bahwa suhu 135°C menghasilkan kualitas terbaik. Sedangkan pada suhu 140°C terjadi penurunan kualitas akibat *over-processing*. Nilai tertinggi yang diperoleh pada suhu pasteurisasi sekitar 135°C menunjukkan bahwa kondisi tersebut merupakan titik optimum dalam mempertahankan kualitas sensori minuman teh. Pada suhu ini, senyawa penyusun rasa dan aroma teh, seperti senyawa volatil dan komponen fenolik, masih dapat dipertahankan dengan baik sehingga menghasilkan cita rasa yang khas dan disukai.

Penurunan nilai organoleptik pada suhu yang lebih tinggi, seperti 140°C, menunjukkan adanya indikasi *over-processing*. Pemanasan berlebih dapat menyebabkan degradasi senyawa volatil yang berperan dalam pembentukan aroma, serta perubahan komponen kimia yang mempengaruhi rasa, seperti timbulnya rasa pahit atau *astringen* yang lebih kuat. Selain itu, suhu tinggi juga dapat menyebabkan perubahan warna minuman teh menjadi lebih gelap akibat reaksi oksidasi atau reaksi pencoklatan non-enzimatis, sehingga mengurangi daya tarik visual produk.

Faktor lain seperti waktu kontak dan *flowrate* juga berpengaruh terhadap kualitas organoleptik. Waktu pemanasan yang terlalu lama dapat mempercepat kerusakan senyawa sensitif terhadap panas, sedangkan aliran yang tidak optimal dapat menyebabkan distribusi panas yang tidak merata.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut. Parameter pasteurisasi (suhu, waktu kontak, *flowrate*, dan pH) berpengaruh signifikan terhadap kualitas minuman. Suhu dan waktu kontak yang lebih tinggi meningkatkan inaktivasi mikroba, sedangkan *flowrate* yang terlalu tinggi menurunkan efektivitas proses. pH rendah mempercepat proses pasteurisasi. Kombinasi parameter yang tepat menghasilkan keseimbangan antara keamanan dan kualitas produk.

Secara kimia, nilai °Brix meningkat pada suhu tinggi, dengan kondisi optimal pada 65°C (minuman berperisa) dan 135°C (minuman teh). pH minuman teh cenderung netral, sedangkan minuman berperisa bersifat asam. Secara mikrobiologi, pertumbuhan mikroba terjadi pada suhu rendah. Secara organoleptik, suhu sedang menghasilkan tingkat kesukaan terbaik, sementara suhu tinggi menurunkan kualitas rasa dan aroma.

Daftar Referensi

- Argo, B. D., Islami, R. C., & Khoir, N. H. *Effect of pasteurization time and temperature on the physico-biochemical properties of soursop (Annona muricata L.) juice*. Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering. 2024. Studi ini mengevaluasi pengaruh suhu dan waktu pasteurisasi terhadap pH, TSS, mikroba dan sifat kimia jus sirsak.
- Polak, N., Kalisz, S., Hać-Szymańczuk, E., & Kruszewski, B. *Impact of conventional pasteurization, HTST, UHT, and storage time on physicochemical characteristics and microbiological quality of fruit nectars*. Foods. 2024. Meneliti efek metode pasteurisasi terhadap kualitas kimia dan mikrobiologi minuman nektar buah.
- Suryaningsih, W., Supriono, B., & Budiati, T. *Pengaruh pasteurisasi non-thermal metode UV dan ozon terhadap sifat mikrobiologi dan organoleptik susu segar*. Jurnal

- Ilmiah Inovasi. 2021. Studi non-thermal pasteurisasi dan efeknya pada mikrobiologi serta organoleptik susu.
- Okta Sekar Ningtyas, Susilawati, & Murhadi. *Pengaruh lama pemanasan terhadap kandungan vitamin C sari buah lemon*. Jurnal Agroindustri Berkelanjutan. 2021. Evaluasi efek panas terhadap pH, vitamin C, dan sensori jus lemon.
- Sundari, I., Siregar, K., & Safrizal. *Pengaruh suhu dan waktu sterilisasi terhadap mutu minuman sari buah kawista*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian. Meneliti pengaruh suhu & waktu pada pH, TPT, dan organoleptik sari buah kawista.
- Mianadhiroh, U., Argo, B. D., & Lastriyanto, A. *Pengaruh variasi suhu dan lama waktu pasteurisasi terhadap sifat kimia dan organoleptik pada sari buah pisang Cavendish (*Musa cavendishii*)*. Universitas Brawijaya. 2021. Menilai pengaruh suhu dan durasi pasteurisasi terhadap kimia & organoleptik jus pisang.
- Argo, B. D., Damayanti, C., Wulandari, A., & Mianadhiroh, U. *Effect of temperature and duration of thermal pasteurization on PPO enzyme activity, TPC, physicochemical and organoleptic properties of Cavendish banana fruit juice*. Advances in Food Science. 2024. Fokus pada pengaruh suhu & waktu pasteurisasi terhadap mikroba dan organoleptik jus pisang.
- Thanasegaran, S. et al. *Effects of different pasteurisation temperatures and time on the microbiological quality of red dragon fruit juice*. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. 2025. Membahas berbagai kombinasi suhu dan waktu pasteurisasi dan pengaruhnya terhadap mikroba dan kualitas jus.
- Chen, C., & Techakanon, C. *The effect of pasteurization and shelf life on physicochemical and sensory properties of fruit cider*. Beverages. 2020. Studi ini membahas pengaruh waktu dan suhu pada kualitas kimia dan sensori produk cider.
- Sarlak, S. et al. *Optimizing heat treatment of fruit juices: preserving nutritional, sensory and microbial integrity*. Lund University Student Thesis. 2025. Menilai pasteurisasi dengan berbagai kondisi untuk mempertahankan pH, mikroba dan sensori jus.
- Wurlitzer, N. J. et al. *Tropical fruit juice: effect of thermal treatment and storage time*. Journal of Food Science and Nutrition. 2019. Analisis efek pasteurisasi terhadap warna, antioksidan dan sifat sensori pada jus campuran tropis.

- Ferreira, R. M. et al. *Effect of high-pressure and thermal pasteurization on the microbial, physicochemical properties of cactus pear juice*. Beverages. 2022. Bandingkan pengaruh pasteurisasi biasa vs tekanan tinggi pada pH, mikroba dan kimia jus.
- Citraresmi, A. D. P., Putri, F. P. 2019. Penerapan Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Pada Proses Produksi Wafer Roll. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian* 24(1): 1–14.
- Perdana, W. W. 2019. Penerapan GMP dan Perencanaan Pelaksanaan HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) Produk Olahan Pangan Tradisional (Mochi). *Agroscience (Agsci)* 8(2): 231-267.
- Mandha, J., Shumoy, H., Matem, A. O., & Raes, K. (2023). Characterization of fruit juices and effect of pasteurization and storage conditions on their microbial, physicochemical, and nutritional quality. *Food Bioscience*, 51, 102335.
- Ahmad, T., Shahbaz, H. M., Saeed, K., Iqbal, S., & Rehman, H. (2024). Comparative evaluation of high pressure processing and thermal pasteurisation on phytochemicals, microbial and sensorial attributes of sweet cherry juice. *Czech Journal of Food Sciences*, 42(6), 405–414.
- Gómez-Gaete, C., Avendaño-Godoy, J., Escobar-Avello, D., Campos-Requena, V. H., & Rogel-Castillo, C. (2024). Revolutionizing fruit juice: Exploring encapsulation techniques for bioactive compounds and their impact on nutrition, flavour and shelf life. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6, 8.
- Kurniawati, A. D., Faizah, F., & Pratiwi, E. Z. D. (2025). Kinetic modelling of the thermal degradation of bioactive compounds during pasteurization process in tomato juice. *Journal of Applied Food Technology*.
- Putri, M., Syuhada, S., & Rukaya, B. E. (2025). Optimasi sterilisasi minuman jamu kunyit-asam kemasan dengan metode pasteurisasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), 272–281. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i1.15042>
- Bhunia, K., Tang, J., & Sablani, S. S. (2024). Microwave-based sustainable in-container thermal pasteurization and sterilization technologies for foods. *Sustainable Food Technology*, 2, 926–944.