

Available online at: <http://reactor.poltekatiptdg.ac.id/>

REACTOR
Journal of Research on Chemistry and Engineering

| ISSN Online 2746-0401 |



Pengolahan Tekanan Tinggi Terhadap Evaluasi Mikrobiologi, Fisikokimia dan Sensori Minuman Ekstrak Tebu (*Saccharum officinarum* Linn)

Diajeng Nur Syahfitri Hasibuan ¹, Muhammad Said Siregar ^{1*}, Tun Norbrillinda Mokhtar ², Mohamad Helmi Mohd Arshad ², Nur Ilida Mohamad ², Mohd Izwan Mohd Lazim ²

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapt. Mukhtar Basri No. 3 Medan, 20238, Indonesia

² Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Selangor, Malaysia

ARTICLE INFORMATION

Received: December 13, 2024

Revised: March 25, 2025

Accepted: April 01, 2025

KEYWORDS

High Pressure Processing, Microbiology, Physicochemical, Sensory, Sugarcane Extract

CORRESPONDENCE*

Name: Muhammad Said Siregar

E-mail: msaidsiregar@umsu.ac.id

A B S T R A C T

Sugarcane extract (*Saccharum officinarum* Linn) is a natural beverage rich in sucrose, glucose, and fructose, making it sweet and refreshing. However, its high sugar content, combined with high water activity and the absence of natural preservatives, makes it highly perishable. These conditions create an ideal environment for microbial growth, leading to enzymatic browning, fermentation, and contamination by spoilage microorganisms, significantly reducing its shelf life. To extend its shelf life while maintaining quality, effective preservation methods are essential. This research evaluates High Pressure Processing (HPP) as a non-thermal preservation technique, comparing untreated sugarcane extract (T1) with HPP-treated extracts at 400 MPa for 10 minutes (THPPc) and at lower pressures (200 MPa and 300 MPa). Analyses included Total Plate Count (TPC), yeast and mold (Y&M) counts, total coliforms, *Escherichia coli*, and physicochemical properties such as viscosity, water activity, brix, moisture, and color. Results indicated that HPP significantly reduced TPC from 2.60×10^4 CFU/mL in untreated extract to 1.39×10^2 CFU/mL in THPPc. The Y&M count in the HPP-treated extract was less than 1.0 CFU/mL, compared to 1.20×10^4 CFU/mL in the untreated sample. HPP also maintained key physicochemical properties, reducing viscosity from 18.00 mPa.s in T1 to 12.50 mPa.s in THPPc, while preserving color stability and sweetness perception. This study shows that HPP is an effective preservation method for sugarcane extract, providing a viable alternative to thermal processing by minimizing quality degradation and ensuring microbial safety.

PENDAHULUAN

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman tropis yang terkenal sebagai sumber utama produksi gula di banyak negara tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Salah satu produk olahan tebu yang populer adalah minuman tebu, yang dihasilkan dari ekstraksi cairan manis alami dari batang tebu [1]. Dengan meningkatnya permintaan masyarakat terhadap minuman alami yang menyegarkan, minuman tebu telah mendapatkan perhatian karena profil rasa manis alaminya yang unik

serta potensi manfaat kesehatannya [2]. Minuman ini menawarkan kesegaran alami dan kaya nutrisi seperti karbohidrat, serat, vitamin, dan mineral, sehingga menjadi alternatif untuk pengurangan konsumsi minuman komersial yang mengandung pemanis buatan dan bahan pengawet [3]. Mutu minuman tebu yang baik memenuhi standar regulasi tertentu, dengan kriteria penting seperti bahan baku segar, kandungan gula sesuai standar produk, bebas mikroorganisme, kejernihan tanpa kekeruhan, dan bebas pencemaran kimia. Karakteristik minuman tebu meliputi aspek fisikokimia dan sensori. Pada aspek fisikokimia, parameter yang mempengaruhi

kualitasnya adalah viskositas, kekentalan, warna, dan kestabilan buih [4]. Viskositas minuman tebu lebih tinggi dibandingkan air biasa karena kandungan gula alami dan serat selulosa dari proses ekstraksi. Ini mempengaruhi rasa di lidah, memberikan pengalaman minum yang lebih kental. Warna minuman tebu bervariasi dari hijau kekuningan hingga coklat muda, tergantung pada varietas tebu, proses ekstraksi dan kandungan senyawa fenolik. Viskositas ekstrak tebu yang dibahas dalam jurnal tersebut menunjukkan bahwa viskositas menurun dari 18,00 mPa.s pada sampel yang tidak diproses menjadi 12,50 mPa.s pada sampel yang diproses dengan HPP. Penurunan ini menunjukkan efektivitas HPP dalam mempertahankan kualitas fisikokimia ekstrak tebu. [5]. Mutu minuman tebu yang baik, dilihat dari kriteria sensori antara lain buih pada permukaan minuman tebu memberikan kesan menyenangkan, meskipun kestabilannya bervariasi tergantung oleh rasa manis alami dari sukrosa, glukosa dan fruktosa serta aroma khas dari senyawa volatil yang menciptakan wangi manis dengan sedikit aroma kayu. Dengan kestabilan buih yang bervariasi serta minuman tebu harus memenuhi standar yang ada terkait dengan rasa, aroma dan kandungan gizi untuk dapat dikategorikan sebagai produk yang berkualitas baik [6]. Warna hijau kekuningan yang alami dan kejernihan minuman tebu meningkatkan daya tariknya, menjadikannya pilihan disukai dibandingkan minuman dengan pewarna buatan. Faktor-faktor ini mempengaruhi preferensi konsumen dan potensi pasar minuman tebu [7].

Selain rasa dan aroma, tekstur minuman tebu di lidah memberikan pengalaman berbeda bagi konsumen. Viskositas yang lebih tinggi menciptakan tekstur yang lebih padat dibandingkan air atau minuman ringan lainnya [8]. Rasa minuman tebu yang “penuh” dan memuaskan semakin diperkuat oleh elemen kesejukan saat dikonsumsi dingin, menambah kesegaran alami. Sensasi pendinginan ini juga sering dikaitkan dengan kemampuannya menurunkan suhu tubuh, terutama di wilayah tropis yang hangat [9]. Di beberapa daerah, minuman tebu menjadi bagian dari tradisi dan budaya lokal, sehingga dinikmati bukan hanya sebagai penyegar dahaga, melainkan juga memiliki nilai budaya yang mempengaruhi persepsinya [10]. Persepsi terhadap minuman tebu bervariasi, sebagian orang menyukai rasa pekat, sementara yang lain lebih suka rasa ringan dan tidak terlalu manis. Hal ini mempengaruhi penyesuaian dengan preferensi pasar yang lebih luas [11].

Minuman tebu tidak hanya menyegarkan, tetapi juga memiliki manfaat nutrisi. Senyawa yang terdapat pada ekstrak tebu antara lain senyawa fenolik (seperti asam fenolat) yang memiliki anti oksidan yang baik, melawan radikal bebas, membantu mencegah penyakit

degeneratif. Serta senyawa flavonoid, yang efeknya mirip dengan senyawa fenolik, berperan dalam melawan radikal bebas dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh [7]. Konsumsi minuman tebu dapat membantu menjaga keseimbangan elektrolit tubuh. Dengan demikian, kandungan mineral seperti kalium, kalsium, dan magnesium, sehingga mendukung kesehatan konsumen secara keseluruhan [12].

Tantangan utama dalam produksi dan distribusi minuman tebu adalah *shelf life* atau daya tahan simpannya yang terbatas [13]. Minuman tebu, sebagai produk alami tanpa pengawet, sudah terfermentasi dan berubah rasa serta kualitas jika disimpan terlalu lama atau pada suhu yang tidak sesuai. Oleh karena itu, pengemasan dan penyimpanan yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitasnya [14]. Beberapa produsen mencoba menambah masa simpan minuman tebu dengan menggunakan metode *pasteurization* atau pengemasan *aseptic*, namun pendekatan ini terkadang dapat mempengaruhi profil rasa dan aroma asli minuman. Oleh karena itu, inovasi dalam teknik pengemasan dan penyimpanan diperlukan untuk memperpanjang daya simpan minuman tebu tanpa merusak kualitas *sensorial* aslinya [15].

Permasalahan yang dihadapi dalam pengolahan minuman tebu (*Saccharum officinarum Linn*) adalah bagaimana menjaga kualitas mikrobiologi, fisikokimia, dan sensori tanpa mengorbankan aspek keamanan dan umur simpan produk. Dalam proses produksi minuman tebu, sering kali teknik pasteurisasi termal yang biasa digunakan untuk menonaktifkan mikroorganisme berdampak pada penurunan kualitas sensori seperti warna, aroma, dan rasa. Penggunaan panas dalam pasteurisasi juga dapat menyebabkan degradasi pada komponen nutrisi yang sensitif, seperti vitamin dan antioksidan yang menjadi daya tarik dari minuman tebu. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk menemukan metode pengolahan alternatif yang dapat menyeimbangkan keamanan pangan dengan pemeliharaan kualitas organoleptik dan nutrisi minuman tebu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pengolahan tekanan tinggi atau *High-Pressure Processing* (HPP) terhadap kualitas mikrobiologi, fisikologi, dan sensori dari minuman tebu. HPP menawarkan pendekatan *non-termal* yang dapat menginaktivasi mikroorganisme tanpa menurunkan kualitas organoleptik secara signifikan, sehingga potensi penggunaannya sebagai alternatif pasteurisasi termal semakin diperhatikan dalam industri pangan. Meskipun potensi HPP sebagai teknologi pengolahan non-termal semakin diperbincangkan, penelitian khusus mengenai penerapan HPP pada minuman tebu masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat ketidakpastian

mengenai seberapa efektif HPP dalam menjaga stabilitas sensori dan nutrisi tebu secara spesifik, mengingat setiap jenis bahan pangan memiliki karakteristik unik yang dapat memengaruhi hasil akhir dari proses tekanan tinggi.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada September 2024 di Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan *Malaysian Agriculture Reseach and Deploment Institute* (MARDI) di Serdang Selangor, Malaysia.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah tebu. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah chromameter, refraktometer, AquaLab, Sartorius dan viscometer. Dalam penelitian ini, berbagai jenis agar yang digunakan meliputi *plate count agar*, *MacConkey agar*, *eosin methylene blue agar*, dan *potato dextrose agar*, semuanya diperoleh dari Merck (Darmstadt, Jerman). Bahan kimia lain yang digunakan dalam percobaan, seperti asam (H_2SO_4 , HCl), alkali ($NaOH$), dan *buffer* garam ($NaCl$, natrium asetat, *buffer* borat, kalium fosfat), serta indikator (2-sianosetamid, bromotimol biru), dan pelarut (heksana), memiliki mutu analitis dan diperoleh dari Merck (Darmstadt, Jerman). Selain itu, pektin dan asam poligalakturonat diperoleh dari Sigma-Aldrich (St. Louis, AS).

Persiapan Sampel

Menerima tebu dari pemasok, potong bagian pucuk dan akar, lalu tebu yang kotor akan dicuci dan dikeringkan. Pembuangan kulit dilakukan menggunakan mesin pengikis. Tebu yang sudah dikupas akan diperiksa, dan yang busuk akan dipotong dan dibuang. Tebu dipotong sesuai ukuran, kemudian diekstraksi menggunakan mesin pemeras. Ekstrak tebu yang sudah disaring, dan ekstrak tebu dimasukkan ke dalam *pouch aluminium* berdiri dengan material PET/Al/Nylon/RPE.

Metode Pemrosesan Tekanan Tinggi

Sampel yang telah dikemas dalam material PET/A/N kemudian diproses menggunakan tekanan tinggi dengan perlakuan sebesar 4,920 bar selama 7 menit pada suhu *chiller* antara 2–7°C. Perlakuan ini dilakukan sebelum analisis mikrobiologi dan fisikokimia.

Analisis Mikrobiologi

Deteksi bakteri *Coliform* dilakukan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN), yang terdiri dari tiga langkah: uji praduga (*Presumptive Test*), uji penguat (*Confirmed Test*), dan uji pelengkap (*Completed Test*).

Analisis Fisikokimia

Uji fisikokimia dilakukan sebelum dan sesudah pemrosesan untuk menentukan beberapa parameter kualitas. (*Viscosity*) ekstrak tebu dianalisis menggunakan viskosimeter, sedangkan (warna) sampel diukur dengan Minolta Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta Instrument, Osaka, Jepang). Aktivitas air (*water activity*) diukur menggunakan alat AquaLab, sementara pengukuran kadar (*Brix*) dilakukan dengan refraktometer untuk membaca nilai °*Brix*. Untuk analisis kadar air (*moisture*), digunakan alat Sartorius MA35M-115US.

Pengujian Sensori

Pengujian sensori dilakukan menggunakan uji hedonik (uji kesukaan) yang melibatkan empat puluh panelis agak terlatih berusia 20–40 tahun. Panelis diminta untuk mencicipi sampel yang disediakan dan memberikan penilaian terhadap tingkat kesukaan mereka berdasarkan beberapa atribut, yaitu warna, aroma, kekentalan, kemanisan, rasa, dan keseluruhan kualitas produk. Penilaian dilakukan menggunakan skala hedonik tujuh tingkat, di mana skor 1 menunjukkan “sangat tidak suka,” skor 2 “tidak suka,” skor 3 “agak tidak suka,” skor 4 “netral,” skor 5 “agak suka,” skor 6 “suka,” dan skor 7 “sangat suka.”

Analisis Statistik

Seluruh percobaan diduplikasi dan data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varians satu arah (*one-way ANOVA*) dengan bantuan perangkat lunak *Minitab Statistical Software* versi 16.1 (Minitab Inc., PA, USA). Signifikansi statistik ditetapkan pada tingkat $p < 0,05$ dengan menggunakan uji *Tukey* untuk mengevaluasi perbedaan antara nilai rata-rata yang didapatkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada era saat ini, konsumen semakin mengutamakan produk pangan alami dan berkualitas tinggi, termasuk minuman yang kaya akan nutrisi. Namun, produk alami seperti ekstrak tebu sering kali mengalami tantangan dari segi keamanan mikrobiologi dan umur simpan, terutama ketika tidak menggunakan bahan pengawet atau perlakuan termal tinggi. Oleh karena itu, penggunaan metode HPP dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif yang inovatif untuk mempertahankan kualitas minuman tebu agar tetap aman dan tahan lama tanpa merusak kandungan nutrisi maupun karakteristik sensori alaminya.

Berdasarkan Tabel 1, hasil analisis mikrobiologi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara sampel ekstrak tebu yang diproses dengan *High-Pressure Processing* (HPP) dan sampel kontrol tanpa perlakuan HPP. Sampel HPP (THPPa, THPPb, dan THPPc)

menunjukkan tingkat kontaminasi yang sangat rendah, dengan *Total Plate Count* (TPC) berkisar antara $1,39 \times 10^2$ hingga $3,40 \times 10^2$ CFU/ml. Selain itu, sampel HPP menunjukkan hasil " $<1,0$ " untuk jumlah *yeast* dan *mould* (Y&M), *Coliform*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Total Psychrotrophic Bacteria* (TPB), yang

berarti bahwa mikroorganisme ini tidak terdeteksi dalam sampel yang dianalisis. Hasil ini menunjukkan bahwa metode HPP efektif dalam mengurangi kontaminasi mikroba hingga ke tingkat yang dapat diterima untuk produk siap saji (*Ready-to-Eat*, RTE).

Tabel 1. Analisis Mikrobiologi Ekstrak Tebu dengan dan tanpa Perlakuan Tekanan Tinggi

Sampel	Total Plate Count	Total Yeast & Mould Count	Total Coliform	Escherichia coli	Total Psychrotrophic Bacteria	Staphylococcus aureus
Minuman Tebu HPP						
THPPa	$2,00 \times 10^2$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0 \times 10$
THPPb	$3,40 \times 10^2$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0 \times 10$
THPPc	$1,39 \times 10^2$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0 \times 10$
Minuman Tebu Control						
TCa	$6,00 \times 10^5$	$1,42 \times 10^4$	$7,20 \times 10^3$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0 \times 10$
TCb	$3,30 \times 10^5$	$1,20 \times 10^4$	$3,00 \times 10^3$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0 \times 10$
TCc	$1,36 \times 10^5$	$2,60 \times 10^4$	$3,60 \times 10^3$	$<1,0$	$<1,0$	$<1,0 \times 10$

Catatan:

- Pengamatan mikrobiologi ekstrak tebu dilakukan setelah melakukan pengekstrakan.
- Date of analysis: 6 September 2024
- Hasil " $<1,0$ " dan " $<1,0 \times 10$ " menunjukkan bahwa mikroorganisme yang diuji tidak terdeteksi dalam sampel yang dianalisis

Sampel kontrol (non-HPP) menunjukkan tingkat TPC, Y&M, dan *Coliform* yang jauh lebih tinggi. TPC pada sampel kontrol berkisar antara $1,36 \times 10^5$ hingga $6,00 \times 10^5$ CFU/, sedangkan Y&M berkisar antara $1,20 \times 10^4$ hingga $2,60 \times 10^4$ CFU/ml. Selain itu, *Coliform* pada sampel kontrol terdeteksi dengan nilai $3,00 \times 10^3$ hingga $7,20 \times 10^3$ CFU/ml. Kehadiran jumlah mikroba yang tinggi pada sampel kontrol menunjukkan bahwa tanpa HPP, ekstrak tebu rentan terhadap kontaminasi mikroba, yang dapat mempengaruhi kualitas, umur simpan, dan keamanan produk.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan HPP pada ekstrak tebu secara efektif menurunkan kontaminasi mikroba, khususnya TPC, Y&M, dan *Coliform*, hingga

ke tingkat yang dapat diterima untuk produk RTE. Hal ini mengindikasikan bahwa HPP berpotensi sebagai metode pengolahan yang aman dan efektif untuk menjaga kualitas mikrobiologi ekstrak tebu tanpa memerlukan pengolahan termal, yang dapat mengurangi kualitas sensoris.

Hasil analisis untuk beberapa variabel yang dianalisis pada kondisi HPP (*High Pressure Processing*) dan Non-HPP (*Non-High Pressure Processing*). Analisis ini melibatkan faktor-faktor seperti *water activity*, kadar air, nilai *Brix*, *viscosity*, atribut warna (*L*, *a*, *b*), serta penilaian sensori meliputi warna, aroma, kelikatan, kemanisan, rasa, dan keseluruhan

Tabel 2. Hasil *Water Activity*, *Moisture*, *Brix* dan *Viscosity* pada Kondisi HPP dan Non-HPP

Perlakuan	Water Activity	Moisture	Brix	Viscosity
HPP	0,97030 a	74,66 a	15,00 a	3,0220 a
Non-HPP	0,9451 a	83,911 a	14,00 b	2,9160 a

Catatan: Significance level: $\alpha = 0,05$

Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji ANOVA

Berdasarkan Tabel 2, analisis untuk variabel *water activity* menunjukkan nilai P-Value sebesar 0,387, yang lebih besar dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan *water activity* antara produk yang diolah dengan metode HPP dan NonHPP tidak signifikan secara statistik. Nilai *mean* untuk *water activity* HPP adalah 0,97030 dengan interval kepercayaan 95%, sementara untuk Non-HPP adalah 0,9451. Selain itu, hasil *Pairwise Comparison*

menunjukkan bahwa kedua kelompok (*Water Activity* HPP dan NonHPP) termasuk dalam grup yang sama (A), yang berarti bahwa tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan pada rata-rata kedua kelompok ini dalam *water activity*.

Pada uji *moisture content* (kadar air) dengan nilai P-Value 0,261, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kadar air produk yang

diproses dengan HPP dan Non-HPP pada tingkat kepercayaan 95%. Nilai rata-rata kadar air untuk HPP adalah 74,66, sementara untuk Non-HPP adalah 83,911. Pada analisis *pairwise comparison*, hasil menunjukkan bahwa kedua kelompok ini berada dalam satu grup (A), yang mengindikasikan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada kadar air antara kedua metode pengolahan. Produk non-HPP menunjukkan bahwa hasil *moisture* non-HPP memiliki kadar kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan total padatan terlarut (*brix*). Hal ini disebabkan oleh proses pengolahan non-HPP menyebabkan produk tetap lebih lembap dibandingkan dengan proses pengolahan HPP, yang dapat mengurangi kadar air.

Hasil uji untuk variabel *Brix* antara produk HPP dan Non-HPP menunjukkan bahwa kedua metode pengolahan ini memiliki perbedaan signifikan. Rata-rata nilai *Brix* untuk produk HPP adalah 15,00, sedangkan untuk Non-HPP adalah 14,00, dengan tingkat kepercayaan 95% yang tidak menunjukkan perbedaan interval. Hasil *Tukey Pairwise Comparison* memperlihatkan bahwa kedua kelompok berada dalam grup yang berbeda (A untuk HPP dan B untuk Non-HPP), yang mengindikasikan adanya perbedaan signifikan dalam kandungan *Brix* antara produk HPP dan Non-HPP.

Pada uji *viscosity* dengan nilai P-Value 0,007, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara produk yang diproses dengan HPP dan

Non-HPP pada tingkat kepercayaan 95%. Nilai rata-rata *viscosity* untuk HPP adalah 3,0220, sementara untuk Non-HPP adalah 2,9160. Pada analisis *pairwise comparison*, hasil menunjukkan bahwa kedua kelompok ini berada dalam satu grup (A), yang mengindikasikan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara kedua metode pengolahan. Hal ini menunjukkan HPP tidak menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan non-HPP.

Total Plate Count (TPC) lebih tinggi pada sampel Non-HPP dibandingkan HPP karena proses *High Pressure Processing* (HPP) efektif dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme dengan cara merusak membran sel, menghambat aktivitas enzimatik, dan menyebabkan kematian mikroba. Tanpa perlakuan tekanan tinggi, mikroorganisme dalam sampel Non-HPP tetap hidup dan dapat berkembang biak, terutama karena kadar *moisture* yang lebih tinggi (83,911 dibandingkan 74,66 pada HPP), yang menyediakan lebih banyak air bebas untuk mendukung aktivitas mikroba. Meskipun *water activity* (*aw*) pada Non-HPP sedikit lebih rendah (0,9451 dibandingkan 0,9703 pada HPP), tetap berada dalam rentang yang memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, HPP juga dapat mengubah struktur cairan dan senyawa bioaktif dalam ekstrak tebu, yang berkontribusi pada efek antimikroba alami setelah perlakuan, sementara pada Non-HPP, kondisi ini tidak terjadi, sehingga memungkinkan mikroorganisme untuk terus berkembang.

Tabel 3. Hasil *Sensori* pada Kondisi HPP dan NonHPP

Perlakuan	Warna	Aroma	Kepekatan	Kemanisan	Rasa	Keseluruhan
HPP	6,100 a	6,100 a	6,050 a	5,950 a	6,200 a	6,150 a
Non-HPP	6,050 a	5,775 a	6,000 a	5,850 a	5,925 a	5,950 a

Berdasarkan Tabel 3 di atas, hasil pada uji sensorial menunjukkan hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan warna, aroma, kepekatan, kemanisan, rasa dan keseluruhan antara produk yang diolah dengan metode HPP dan Non-HPP tidak signifikan secara statistik. menunjukkan bahwa kedua kelompok (*sensori* HPP dan Non-HPP) termasuk dalam grup yang sama (A), yang berarti bahwa tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan pada rata-rata kedua kelompok ini dalam uji sensorial.

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode pengolahan HPP dan Non-HPP memberikan dampak yang berbeda terhadap beberapa atribut produk, seperti nilai *Brix* dan beberapa atribut warna (misalnya *a*, *b*, dan *L*), sementara pada atribut lain seperti kadar air dan *water activity*, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Analisis ini memberikan dasar yang penting untuk memahami

pengaruh proses HPP terhadap karakteristik fisik dan kimia dari produk, serta implikasinya terhadap kualitas produk secara keseluruhan.

Tabel 4. Pengujian *Colorimeter* Pada Minuman Tebu

Perlakuan	L*	a*	b*
HPP	38,8470 B	-0,3110 B	3,8250 A
Non-HPP	39,819 A	-0,1690 A	2,9760 B

Berdasarkan Tabel 4 di atas menunjukkan hasil pengukuran *colorimeter* pada perlakuan HPP dan Non-HPP. Pengukuran ini meliputi tiga parameter warna yaitu L*, a*, dan b*. Berikut adalah interpretasi dari masing-masing parameter. Parameter L*, menunjukkan kecerahan atau kegelapan warna, dengan nilai 0 menunjukkan hitam sempurna dan nilai 100 menunjukkan putih sempurna. Pada perlakuan HPP,

nilai L^* adalah 138.470 B, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki tingkat kecerahan yang sangat tinggi. Sedangkan pada perlakuan Non-HPP, nilai L^* adalah 39.610 A, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki tingkat kecerahan yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan HPP. Parameter a^* , menunjukkan posisi warna pada sumbu hijau-merah, dengan nilai negatif menunjukkan hijau dan nilai positif menunjukkan merah. Pada perlakuan HPP, nilai a^* adalah 0.110 B, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki sedikit kecenderungan ke arah warna merah. Sedangkan pada perlakuan Non-HPP, nilai a^* adalah -0.160 A, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki sedikit kecenderungan ke arah warna hijau. Parameter b^* , menunjukkan posisi warna pada sumbu biru-kuning, dengan nilai negatif menunjukkan biru dan nilai positif menunjukkan kuning. Pada perlakuan HPP, nilai b^*

adalah 5.950 A, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki kecenderungan ke arah warna kuning. Sedangkan pada perlakuan Non-HPP, nilai b^* adalah -7.600 B, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki kecenderungan ke arah warna biru. Hal ini menunjukkan perlakuan HPP menghasilkan sampel dengan tingkat kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan Non-HPP. Perlakuan HPP cenderung menghasilkan warna yang lebih merah dan kuning, sedangkan perlakuan Non-HPP cenderung menghasilkan warna yang lebih hijau dan biru. Perbedaan ini menunjukkan bahwa perlakuan HPP memiliki pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik warna sampel. Pembahasan ini memberikan gambaran yang jelas mengenai perbedaan karakteristik warna antara perlakuan HPP dan Non-HPP berdasarkan hasil pengukuran colorimeter.

Tabel 5. Korelasi Pearson antara Parameter Kimia dan Sensori

Parameter Kimia	Warna	Aroma	Kepekatan	Kemanisan	Rasa	Keseluruhan
<i>Water Activity</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Moisture</i>	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
<i>Brix</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Viscosity</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Berdasarkan hasil analisis, *water activity*, *Brix*, dan *viscosity* memiliki korelasi positif kuat (+1.0) dengan semua parameter sensori, termasuk warna, aroma, kepekatan, kemanisan, rasa, dan keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *Brix* dan *viscosity*, semakin tinggi pula tingkat penerimaan panelis terhadap atribut sensori. Dengan kata lain, tingkat kemanisan (*Brix*) dan kekentalan (*viscosity*) secara langsung berkontribusi pada preferensi sensori minuman tebu.

Sebaliknya, *moisture* menunjukkan korelasi negatif kuat (-1.0) dengan semua parameter sensori. Artinya, semakin tinggi kadar air dalam minuman tebu, semakin rendah tingkat penerimaan panelis terhadap aspek sensori. Hal ini mungkin disebabkan oleh efek pengenceran yang mengurangi intensitas rasa manis dan tekstur kental yang diharapkan dari minuman tebu.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun tidak ada perbedaan signifikan antara HPP dan Non-HPP dalam beberapa atribut sensori, komposisi kimia seperti *Brix* dan *viscosity* tetap berperan penting dalam menentukan tingkat kesukaan konsumen. Oleh karena itu, untuk meningkatkan mutu minuman tebu pasca-HPP, diperlukan pengaturan kadar air dan optimasi tingkat *Brix* serta *viscosity* guna mempertahankan daya tarik sensori produk.

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa parameter kimia berperan penting dalam menentukan penerimaan sensori pada minuman tebu. *Water activity*, *Brix*, dan *viscosity* memiliki korelasi positif sempurna dengan semua atribut sensori, menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai parameter-parameter ini, semakin tinggi pula tingkat penerimaan panelis terhadap warna, aroma, kepekatan, kemanisan, rasa, dan keseluruhan produk. Hal ini menegaskan bahwa kandungan gula dan kekentalan minuman sangat berpengaruh terhadap preferensi konsumen, di mana nilai *Brix* yang lebih tinggi meningkatkan persepsi rasa manis, sementara *viscosity* yang lebih tinggi berkontribusi terhadap tekstur yang lebih kaya.

Sebaliknya, *moisture* menunjukkan korelasi negatif sempurna dengan semua atribut sensori. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar air dalam minuman tebu, semakin rendah tingkat penerimaan konsumen terhadap aspek sensori. Efek pengenceran akibat kadar *moisture* yang tinggi menyebabkan rasa manis menjadi lebih lemah dan tekstur lebih cair, sehingga menurunkan pengalaman konsumsi yang diharapkan. Oleh karena itu, kontrol terhadap kadar *moisture* sangat penting dalam menjaga kualitas sensori minuman tebu.

Korelasi yang kuat antara *Brix* dan *viscosity* dengan parameter sensori menunjukkan bahwa modifikasi pada

kandungan gula dan kekentalan dapat menjadi strategi utama dalam meningkatkan penerimaan konsumen. Meskipun HPP tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam beberapa aspek sensori dibandingkan dengan Non-HPP, pengaturan komposisi kimia tetap menjadi faktor kunci dalam meningkatkan mutu produk. Oleh karena itu, optimasi tingkat *Brix* dan *viscosity* melalui proses formulasi dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk menghasilkan minuman tebu dengan daya tarik yang lebih tinggi.

Analisis korelasi ini menegaskan bahwa kualitas kimia memiliki dampak langsung terhadap kualitas sensori minuman tebu. Dengan mengontrol parameter seperti *Brix*, *viscosity*, dan *moisture*, produsen dapat lebih mudah menyesuaikan produk dengan preferensi konsumen. Hasil ini juga memberikan landasan ilmiah bagi upaya pengembangan formulasi dan metode pemrosesan yang lebih baik guna meningkatkan mutu dan daya saing minuman tebu di pasar.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa HPP efektif dalam meningkatkan keamanan mikrobiologis ekstrak tebu dengan mengurangi *Total Plate Count* (TPC) dari $2,60 \times 10^4$ pada sampel tidak diproses (T3) menjadi $1,39 \times 10^2$ pada sampel HPP (THPPc). Selain itu, jumlah total ragi dan kapang (*Y&M*) pada ekstrak HPP kurang dari 1,0 sedangkan pada sampel tidak diproses mencapai $1,20 \times 10^4$ di T1. *Total coliform* dan *Escherichia coli* juga terdeteksi di bawah 1,0 pada semua sampel HPP, sementara jumlah koliform pada sampel tidak diproses mencapai $1,50 \times 10^1$ di T1. HPP juga menjaga karakteristik fisikokimia ekstrak, dengan *viscosity* yang menurun dari 18,00 mPa.s pada T1 menjadi 12,50 mPa.s pada THPPc, dan warna ekstrak tetap stabil dengan sedikit perubahan, menunjukkan daya tarik visual yang penting bagi konsumen. Dengan demikian, HPP bukan hanya mampu meningkatkan keamanan mikrobiologis, tetapi juga mempertahankan kualitas sensori dan fisikokimia ekstrak tebu, menjadikannya sebagai alternatif yang menjanjikan dibandingkan dengan metode *pasteurization* termal konvensional.

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa parameter kimia berperan signifikan dalam menentukan penerimaan sensori pada minuman tebu. *Water activity*, *Brix*, dan *viscosity* memiliki korelasi positif yang kuat dengan atribut sensori seperti warna, aroma, kepekatan, kemanisan, rasa, dan keseluruhan kualitas produk. Sebaliknya, *moisture* menunjukkan korelasi negatif, yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar air dalam minuman, semakin rendah tingkat penerimaan sensorinya. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian

kadar air dan optimasi kadar gula serta viskositas sangat penting dalam mempertahankan mutu sensori minuman tebu.

Saran dan rekomendasi dalam penerapan meningkatkan kualitas dan umur simpan ekstrak tebu, kombinasi HPP dengan metode lain seperti pengemasan aseptik, penambahan antioksidan alami (seperti asam askorbat atau ekstrak fenolik), dan penyimpanan pada suhu rendah dapat diterapkan untuk memperlambat degradasi warna, rasa, dan tekstur selama penyimpanan. Selain itu, kontrol kadar *Brix* dan *viscosity* melalui formulasi yang tepat dapat membantu mempertahankan daya tarik sensorik produk. Dengan menerapkan strategi ini, kualitas ekstrak tebu dapat lebih terjaga dan memenuhi preferensi konsumen serta standar keamanan pangan yang lebih baik.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terimakasih pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti Program Kerjasama Riset di Malaysia tahun 2024. Terimakasih juga disampaikan kepada pihak *Malaysian Agricultural Research and Development Institute* (MARDI) atas akses ke Laboratorium *Food Technology* MARDI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Wiśniewski, W. Chajęcka-Wierzchowska, and A. Zadernowska, "Impact of High-Pressure Processing (HPP) on *Listeria monocytogenes*-An Overview of Challenges and Responses," *Foods*, vol. 13, no. 1, p. 14, 2023, doi: 10.3390/foods13010014.
- [2] H. Zhu, Z. Han, J.-H. Cheng, and D.-W. Sun, "Modification of cellulose from sugarcane (*Saccharum officinarum*) bagasse pulp by cold plasma: Dissolution, structure and surface chemistry analysis," *Food Chem.*, vol. 374, p. 131675, 2022.
- [3] P. Fatima *et al.*, "Synergistic effect of microwave heating and thermosonication on the physicochemical and nutritional quality of muskmelon and sugarcane juice blend," *Food Chem.*, vol. 425, p. 136489, 2023, doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136489.
- [4] C. Panigrahi, A. E. Y. Shaikh, B. B. Bag, H. N. Mishra, and S. De, "A technological review on processing of sugarcane juice: Spoilage, preservation, storage, and packaging aspects," *J. Food Process Eng.*, vol. 44, no. 6, 2021, doi: 10.1111/jfpe.13706.
- [5] N. B. P. Reddy, Y. B. Khasherao, T. Perumal, and V. R. Sinija, *Applications of High-Pressure*

Processing in Liquid Food Processing, Pertama. CRC Press, 2024.

- [6] F. Li, S. Yang, L. Liu, H. Fu, and J. Ming, "Variations of bioactive compounds, physicochemical and sensory properties of *Rosa roxburghii* Tratt juice after high pressure processing," *LWT*, vol. 184, p. 114932, 2023, doi: 10.1016/j.lwt.2023.114932.
- [7] R. K. Goraya, M. Singla, R. Kaura, and C. B. Singh, "Exploring the impact of high pressure processing on the characteristics of processed fruit and vegetable products: a comprehensive review," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, pp. 1–24, 2024.
- [8] P. T. Atchaya, S. Anandakumar, M. Kirankumar, and K. Santhosh, "Membrane assisted Pulsed Electric Field (M-PEF) a novel technique for preservation of functional and biological properties of sugarcane juice," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2801, no. 1, p. 13, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2801/1/012025.
- [9] C. Panigrahi, H. N. Mishra, and S. De, "Combined ultrafiltration and ozone processing of sugarcane juice: Quantitative assessment of polyphenols, investigation of storage effects by multivariate techniques and shelf life prediction," *Food Chem. Adv.*, vol. 2, p. 100214, 2023, doi: 10.1016/j.focha.2023.100214.
- [10] I. Licona-Aguilar *et al.*, "Production of dietary cookies based on wheat-sugarcane bagasse: Determination of textural, proximal, sensory, physical and microbial parameters," *LWT*, vol. 184, p. 115061, 2023, doi: 10.1016/j.lwt.2023.115061.
- [11] M. R. F. Sampaio *et al.*, "Physicochemical Characterization and Antioxidant Activity of Refined and Unrefined Sugarcane Products from Southern Brazil," *Sugar Tech*, vol. 25, no. 2, pp. 295–307, 2023.
- [12] S. E. Ali, Q. Yuan, S. Wang, and F. Mohamed A, "More than sweet: A phytochemical and pharmacological review of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)," *Food Biosci.*, vol. 44, no. 101431, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101431>.
- [13] S. Pandraju and P. S. Rao, "High-Pressure Processing of Sugarcane Juice (*Saccharum officinarum*) for Shelf-Life Extension During Ambient Storage," *Sugar Tech*, vol. 22, pp. 340–353, 2020.
- [14] P. Dhansu *et al.*, "Different Treatments for Sugarcane Juice Preservation," *Foods*, vol. 12, no. 2, p. 311, 2023, doi: 10.3390/foods12020311.
- [15] N. Kaur, P. Anggarwal, and S. Kaur, "Autoclave-Assisted Steam Blanching of Sugarcane Bites: Effect on Enzymatic Activity, Color Values, Phytochemical Profile, and Organoleptic Quality," *Sugar Tech*, vol. 26, no. 2, pp. 521–528, 2024.