JOFE : Journal of Food Engineering | E-ISSN. 2810-0824
Vol. 5 No. 1 Januari 2026

Hal. 19-29

Efek Teknologi Pencucian Mikro Nano Bubble Ozon Sistem Difuser Terhadap Kadar Histamin dan Kimia Ikan Tuna

The Effect of Nano Bubble Ozone Microwashing Technology on Histamine and Chemical Characteristics of Tuna

Abi Bakri[1*], Budi Hariono[2], Wahyu Suryaningsih[2], Ahmad David Royyifi Arifin[3], Faruq Avero Azhar[4]

[1]Program Studi Teknologi Industri Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember
[2]Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember
[3]Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember,
[4]Program Studi Teknik Automotif, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

*Email Koresponden: abi_bakri@polije.ac.id

Received : 14 Januari 2026 | Accepted : 20 Januari 2026 | Published : 22 Januari 2026

Kata Kunci

air berozon; histamin; ikan tuna; micro nano bubble; mikroorganisme.

Copyright (c) 2026 Authors Abi Bakri, Budi Hariono, Wahyu Suryaningsih, Ahmad David Royyifin, Faruq Avero Azhar

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Teknologi *micro nano bubble ozon* merupakan teknologi pengawetan nontermal yang mengkombinasikan teknologi ozon dan teknologi gelembung mikro-nano dengan sistem difuser diharapkan dapat mempertahankan kualitas dan keamanan pangan, dan menjadi alternatif solusi permasalahan penolakan ekspor ikan tuna. Tujuan studi ini adalah menurunkan semaksimal mungkin kandungan histamin dan mempertahankan kualitas kimiawi ikan tuna sehingga memenuhi syarat kualitas dan keamanan pangan untuk konsumsi, perdagangan dan ekspor. Metoda penelitian yang dilakukan meliputi pengambilan sampel sesuai prosedur standar, pengujian mutu Kadar Histamin, nilai TVBN, Kadar Protein dan Kadar Lemak. Hasil penelitian menyimpulkan Teknologi Mikro-nano *bubble ozon system diffuser* dapat diandalkan untuk menurunkan secara signifikan kandungan histamin dan mempertahankan kualitas kimiawi sehingga memberikan jaminan keamanan pangan. Sistem injeksi difuser merupakan teknologi mikro-nano *bubble ozon* yang dapat menurunkan semua parameter pengamatan. Pencucian MNBO *system diffuser* dengan dimensi bak pencuci ukuran 154 cm x 104 cm dan 80 cm, generator ozon kapasitas 20 g per jam, dan waktu kontak ozon untuk pencucian ikan tuna system diffuser selama selama 30 menit merupakan kondisi aman untuk menghasilkan kualitas ikan tuna yang berkualitas dan aman bagi kesehatan.

JOFE : Journal of Food Engineering | E-ISSN. 2810-0824
Vol. 5 No. 1 Januari 2026
Hal. 19-29

Keywords
ozonated water; micro nano bubble; microorganism; histamine; tuna fish.

ABSTRACT
Micro nano bubble ozone technology is a non-thermal preservation technology that combines ozone technology and micro-nano bubble technology with a diffuser system that is expected to maintain food quality and safety, and become an alternative solution to the problem of tuna export rejection. The purpose of this study is to reduce the histamine content as much as possible and maintain the chemical quality of tuna so that it meets the quality and safety requirements for food consumption, trade and export. The research methods carried out include sampling according to standard procedures, quality testing of Histamine Levels, TVBN values, Protein Content and Fat Content. The results of the study concluded that Micro-nano bubble ozone system diffuser technology can be relied upon to significantly reduce histamine content and maintain chemical quality thereby guaranteeing food safety. The diffuser injection system is a micro-nano bubble ozone technology that can reduce all observation parameters. The MNBO washing system diffuser with a washing tub dimension of 154 cm x 104 cm and 80 cm, an ozone generator with a capacity of 20 g per hour, and an ozone contact time for washing tuna fishes using the diffuser system for 30 minutes is a safe condition for producing quality tuna fishes that is safe for health.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi sumber daya ikan sebesar 65 juta ton per tahun, menjadikannya salah satu negara maritim terbesar di dunia. Ikan merupakan sumber protein penting bagi manusia, namun jika tidak ditangani dengan benar, ikan dapat menjadi sumber risiko kesehatan. Ikan segar secara alami mengalami penurunan mutu akibat autolisis dan pembusukan oleh mikroorganisme. Proses ini menghasilkan senyawa biogenik amin, seperti histamin, kadaverin, putresin, tiramin, spermin dan spermidine (Visciano, et al., 2012), berasal dari dekarboksilasi asam amino bebas oleh bakteri. Histamin banyak ditemukan pada ikan dari famili *Scombroidae*, seperti tuna, terbentuk oleh bakteri seperti Proteus dan Morganella (Fatuni, et al., 2014) Histamin pada ikan menyebabkan Scombrotoxin Fish Poisoning (SFP) dengan gejala ruam kulit, mual, sakit kepala, diare, dan jantung berdebar (Ambarita, 2023).

Penanganan ikan di lapangan masih kurang optimal, terutama saat penangkapan dan penerimaan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI), menyebabkan penurunan mutu lebih cepat. Untuk memperpanjang umur simpan, digunakan metode konvensional seperti pencucian, pendinginan dengan es atau garam, serta pembekuan. Histamin bisa terbentuk sejak tahap produksi, pengolahan, hingga distribusi. Pertumbuhan bakteri dikendalikan dengan penyimpanan dingin ikan tuna dengan suhu di bawah 4,4℃, sedangkan pembentukan histamin dapat dihentikan dengan penyimpanan beku, namun jika sudah terbentuk, histamin tidak bisa dihilangkan dengan pengolahan biasa (Wahidi, et al., 2022). Teknologi pembekuan bisa menjaga mutu ikan, tapi tidak bisa memperbaiki kualitas jika ikan sudah tidak segar atau terkontaminasi. Oleh karena itu, penanganan ikan harus dilakukan dengan standar tinggi agar kualitas tetap terjaga dan kadar mikroorganisme di bawah ambang batas 5 x 105 Cfu/gram

(BSN, 2013). Setiap negara memiliki standar kandungan maksimum histamin berbeda. Indonesia melalui SNI menetapkan batas maksimum 100 ppm (BSN, 2013). Ekspor tuna Indonesia beberapa kali mengalami penolakan karena kadar histamin melebihi batas, yang menunjukkan masih adanya kelemahan dalam rantai penanganan dan pengolahan (Jannah; 2024). Berdasarkan data tahun 2013–2018 dari FDA, CFIA Rejections of Products, dan EU RASFF portal, terdapat sejumlah kasus penolakan ekspor tuna dari Indonesia akibat kandungan histamin yang tinggi (Santoso, et al., 2020). Ini menjadi indikator bahwa pengawasan kualitas perlu ditingkatkan di seluruh proses, dari produksi hingga distribusi.

Salah satu perkembangan baru bidang teknologi pengawetan pangan (food preservation) adalah penggunaan Ozon, yang merupakan bentuk reaktif dari oksigen (O2), dan mampu menghancurkan sejumlah besar partikel bahan beracun seperti residu pestisida dan senyawa kimia berbahaya, melalui proses oksidasi (Bakri, et al., 2024). Selain itu, Ozon merupakan antimikroba kuat yang efektif untuk menonaktifkan bakteri, virus, cendawan, protozoa, dan spora, dengan cara merusak asam lemak, membran sel, protein, dan DNA mikroba melalui daya oksidasinya yang tinggi (Santoso, et. al, 2020) berapa penelitian mengembangkan treatment air berozon sebagai alternatif pengganti bahan kimia untuk mendekontaminasi mikroorganisme dan mengurangi senyawa kimia berbahaya. Teknologi ini diterapkan di berbagai bidang seperti penanganan air limbah, kesehatan, pertanian, dan perikanan karena sifat oksidator ozon yang efektif. Beberapa studi menunjukkan air berozon dapat mengontrol mikroba pada Strawberry (Ferreira, et al., 2017), mengurangi total bakteri dan kapang serta juga dan menekan residu pestisida Methyl thiophanate dan Captan pada edamame (Bakri, et al., 2024, Trombete, et. al, 2019), menurunkan total mikroba; menghilangkan bau ammonia dan meningkatkan kualitas ikan hiu (Suryaningsih., et al.,2020). Teknologi Air berozon dosis 0,3 mg/L, dengan waktu kontak 120 menit, suhu ruang 8^{o}C, ozon mampu mengeliminasi bakteri ikan tuna sebesar 91,2 % dan kadar protein menurun menjadi 0,22 % disimpan dingin selama 7 hari (Karamah, et al., 2019). Belum ada data riset efek langsung teknologi Ozon terhadap reduksi histamin, tetapi efek tidak langsung memastikan bahwa ozon mampu mereduksi terhadap total bakteri, dikenal sebagai agen yang efektif dalam membunuh bakteri dan mikroorganisme lainnya. Ini berarti bahwa ozon dapat membantu mengurangi jumlah bakteri yang memecah histidin, yang pada gilirannya dapat mengurangi pembentukan histamin.

Penelitian tentang teknologi ozon terus berkembang demi mengatasi tantangan utamanya: sifat ozon (O_3) yang labil dan waktu kontak yang singkat. Salah satu inovasi terbaru adalah integrasi ozon dengan teknologi gelembung mikro-nano (MNBO), yang menghasilkan gelembung ultra-kecil agar ozon lebih stabil dan larut lebih lama di air. Teknologi ini tidak hanya memperpanjang efektivitas ozon, tetapi juga meningkatkan efisiensi transfer massa, daya oksidasi, dan kinerja disinfeksi secara signifikan. Menurut standar ISO 20480-1 (2017), gelembung mikro didefinisikan berukuran 1–100 µm, gelembung nano 1–1000 nm, sementara gelembung konvensional 2–6 mm (Nur, et al., 2023). Beberapa aplikasi teknologi MNBO yang diterapkan pada hasil pertanian dan penanganan limbah cair adalah: Pra-pendinginan buah leci: Teknologi MNBO menunjukkan potensi besar sebagai metode pra-pendinginan, karena mampu mempertahankan warna buah, meningkatkan nilai L, a, b secara signifikan, menurunkan jumlah mikroba, dan total padatan terlarut (Deng, et al., 2025). Penyimpanan sayuran segar: Penerapan MNBO dalam penyimpanan sayuran untuk transportasi udara mampu mendekontaminasi mikroorganisme, mempertahankan kadar air, nutrisi, dan meningkatkan efektivitas penyimpanan hingga 12% dibandingkan metode konvensional (Yang and Chen, 2022). Penanganan polusi air: MNBO terbukti efektif dalam pengolahan air, tingkat penyerapan ozon

mencapai 95% dan efisiensi pemanfaatan 91,25%. Dalam air murni, teknologi ini mampu menghilangkan senyawa Geosmin hingga 97,11% (Sun, et al., 2025).

Teknologi MNBO tergolong baru dan belum diterapkan di sektor perikanan, sehingga dibutuhkan lebih banyak riset untuk mengeksplorasi potensi penerapannya dalam menjaga mutu dan keamanan hasil perikanan. Kebaharuan studi ini adalah meneliti efektifitas penerapan teknologi MNBO terhadap penurunan Histamin dan efeknya terhadap parameter kualitas nutrisi yang lain yaitu protein dan lemak pada ikan tuna, dan dipastikan bahwa publikasi penelitian tentang efek teknologi MNBO terhadap kualitas ikan tuna khususnya histamin dan nutrisi ikan tuna belum pernah ada. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektivitas teknologi Mikro-nano bubble ozon menurunkan kandungan histamin; TVBN dan kandungan nutrisi ikan tuna, meliputi karbohidrat, protein, dan lemak.

2. METODE

2.1 Alat

Alat pencuci Mikro-Nano Bubble Ozon (MNBO) system diffuser, alat ukur ozonmeter, Alat analisis Histamine (Spektrofluorometer) dan alat analisis kimia untuk TVBN, alat analisis Kjeldahl dan Analisis Soxhlet.

2.2 Bahan

Ikan Tuna segar; Bahan-bahan analisis kimiawi.

2.3 Prosedur pelaksanaan penelitian

2.3.1 Penyiapan alat Mikro-nano bubble Ozon (MNBO) dengan system diffuser

Pencucian Ikan dilakukan sesuai teknik penyiapan sampel dan treatment riset. Pengambilan sampel Ikan Tuna didapatkan dari kapal penangkap ikan berupa ikan Tuna segar bobot berkisar 200 – 350 gram atau ukuran antara 3 sd 5 ekor per kg, dilakukan pengecekan suhu tulang belakang tidak boleh melebihi 4 ^{o}C. Desain penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 5 level perlakuan waktu kontak yaitu 0 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Percobaan ini dilakukan pengulangan masing-masing sebanyak 3 ulangan. Selanjutnya sampel Ikan Tuna dilakukan pengujian meliputi analisis histamin, TVBN, kadar lemak dan protein.

2.3.2 Pengujian Sampel

Analisis Histamin mengacu SNI 2354.10: 2016. Histamin diekstrak dari jaringan daging sampel menggunakan metanol dan sekaligus mengkonversi histamin ke dalam bentuk OH. Zat-zat histamin selanjutnya dimurnikan melalui resin penukar ion dan diubah ke bentuk derivatnya dengan senyawa Orto-ptalatdikarbosildehid (OPT). Resin penukar ion pada setiap kolom dibuat dari resin yang ditambahkan NaOH untuk mengubah ke bentuk OH. Larutan standar Histamin disiapkan menggunakan 169,1 mg histamin dihidroklorida yang dilarutkan hingga 100 ml HCl 0,01 N. Konsentrasi larutan standar histamin yang disiapkan 0,1 µg/ml, 0,2 µg/ml , 0,3 µg/ml dst Besarnya Fluoresensi histamin diukur dari blanko, standar dan sampel ikan tuna dengan spektrofluorometri pada panjang gelombang eksitasi 350 nm dan emisi 444 nm. Pembacaan dilakukan segera dalam 90 menit setelah preparasi (BSN, 2016),

Analisis TVBN (Total Volatile Base Nitrogen) mengacu SNI 2354.8: 2009. Sampel ikan tuna diekstraksi menggunakan larutan asam perklorat 6 %, dihomogenkan dan disaring.

Ekstrak dimasukkan tabung destilat dan ditambahkan indicator fenol ftalein, dibasakan dengan larutan NaOH 20 %, kemudian di destilasi uap. Destilatnya ditampung dalam Erlenmeyer yang berisi larutan H_3BO_3 3 %, dengan beberapa tetes indikator Tashiro. Destilasi uap dilakukan 10 menit hingga diperoleh 100 ml destilat. Konsentrasi TVBN ditentukan dengan cara titrasi menggunakan larutan HCl 0,02 N. (BSN, 2009; Hayati dan Hafiludin, 2023).

Analisis Protein mengacu SNI 2354.01: 2006, SNI 2354.01: 2006 (BSN, 2006 dan Khamidah, et.al, 2019). Sampel ditimbang sebanyak 2 g dan dimasukkan ke dalam labu destruksi. Selanjutnya ditambahkan 2 tablet *kjeldahl*, H_2SO_4 pekat 15 ml. Destruksi dilakukan pada suhu 410^{o}C selama 2 jam atau sampai larutan jernih, dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar dan ditambahkan akuades sebanyak 50 s.d. 75 ml. Larutan H_3BO_3 4% yang mengandung indikator BCGMR disiapkan dalam erlenmeyer sebagai penampung destilat. Labu yang berisi hasil destruksi dipasang pada rangkaian alat destilasi uap. Selanjutnya ditambahkan 50-75 ml larutan NaOH 30%. Destilasi dilakukan dengan menampung destilat hingga volume minimal 150 ml. Hasil destilat dititrasi dengan HCl 0,2 N sampai berubah warna dari hijau menjadi merah muda. Perhitungan kadar protein dalam g/100 g sampel (%) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kadar\ Protein\ (\%) = \frac{(vA - vB) \times N\ HCL \times 14.007 \times 6.25}{W\ X1000} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan:
VA : ml HCl untuk titrasi sampel
VB : ml HCl untuk titrasi blanko
N : normalitas HCl
W : berat sampel (g)
14,007 : berat atom nitrogen
6,25 : faktor konversi protein untuk ikan

Penentuan kadar Lemak dilakukan dengan metode *soxhlet* sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2354.3-2017). Pengujian diawali menimbang labu alas bulat (r*ound bottom flask*) kosong (A). Sampel yang sudah dilumatkan ditimbang sebanyak 2 g (B) dan dibungkus dalam selongsong lemak. Pelarut *Petroleum ether* sebanyak 150 ml dimasukkan dalam labu alas bulat, selongsong lemak dimasukkan dalam *extractor soxhlet*, dan alat *soxhlet* dirangkai dengan benar. Sampel diekstraksi suhu 100-105°C selama 4 jam. Campuran lemak dan *pelarut* dievaporasi dalam labu alas bulat sampai kering. Labu alas bulat yang berisi lemak dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa *pelarut* dan uap air. Selanjutnya sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Labu alas bulat yang berisi lemak ditimbang sampai konstan (C). Kadar lemak dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Kadar\ Lemak\ (\%) = \frac{C - A}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan:
A : berat didih soxhlet kosong (g)
B : berat sampel (g)
C : berat labu alas bulat dan lemak hasil ekstraksi (g)

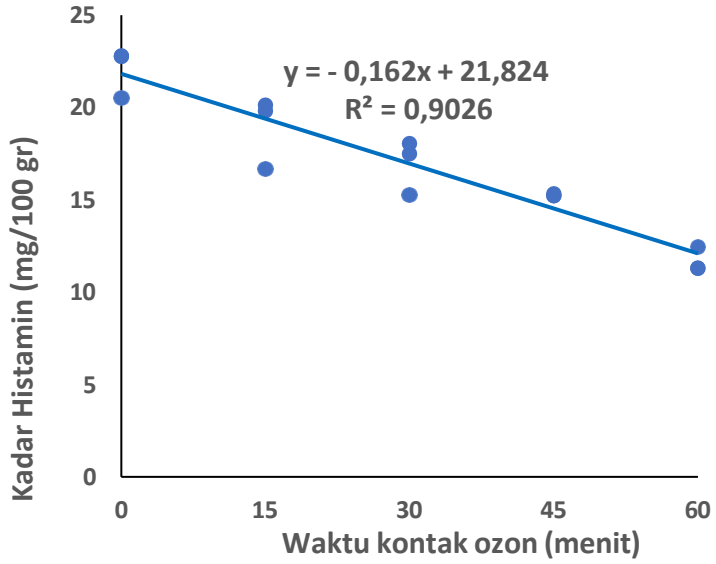
2.3.3 Analisis Statistik

Selanjutnya data yang diperoleh dianalisis keragamannya dengan Analysis of Variance, dan jika perlakuan menunjukkan berpengaruh secara signifikan terhadap parameter yang diuji ($p \leq 0,05$) maka dilanjutkan uji lanjut antar perlakuan dengan Uji Beda Nyata Jujur *(Honestly Significant Difference Test)*. Data hasil analisis setiap perlakuan disajikan berupa data rata-rata ± Sd.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Histamin

Hasil Analysis of Variance menunjukkan nilai $p<0,05$ yang berarti bahwa perlakuan waktu kontak ozon MNBO berpengaruh nyata terhadap kadar histamin ikan tuna. Pola hubungan disajikan pada Gambar 1.



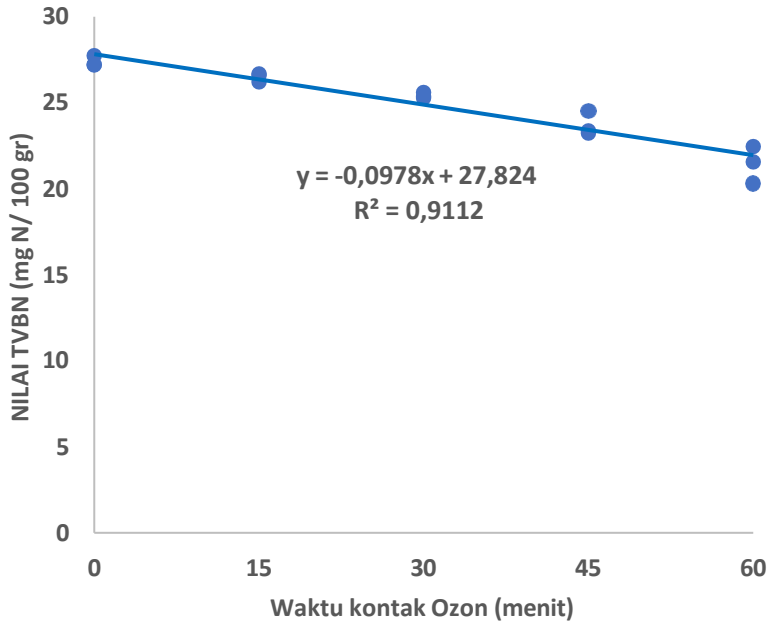
Gambar 1. Grafik efek waktu kontak ozon pencucian MNBO sistem difuser terhadap kadar histamin ikan tuna

Pada Gambar 1 Grafik Pencucian air berozon MNBO sistem Difuser memperlihatkan pola penurunan kadar histamin ikan tuna, terlihat bahwa dari menit ke 0 sampai menit ke 60 menunjukkan pola penurunan kadar histamin yang cukup tajam. Penurunan kadar histamin ikan tuna terjadi secara bertahap dan konsisten sesuai slope regresi -0,162 yang berarti setiap penambahan waktu kontak ozon 1 menit menurunkan kadar histamin rata-rata sebesar 0,162 ng/kg. Dalam hal ini bermakna bahwa semakin lama ikan tuna dicuci dengan perlakuan ozon MNBO sistem difuser maka semakin rendah kadar histaminnya karena ozon bersifat oksidator kuat, yang dapat merusak struktur histamin karena mampu mendegradasi amina biogenik (Ashaolu, et al., 2021; Wu, et al., 2019) ataupun menonaktifkan bakteri penghasil histamin seperti *Morganella morganii* ataupun *Proteus spp* (Fatuni, et al., 2014). Koefisien Determinasi

(R^2) = 0,9026 yang berarti bahwa variasi kadar histamin sebesar 90,26 % dapat dijelaskan oleh variabel waktu kontak ozon, dan hanya sekitar 9,74 % yang dipengaruhi variabel lain.

3.2 Nilai TVBN

Hasil Analysis of Variance menunjukkan nilai p<0,05 yang berarti bahwa perlakuan waktu kontak ozon MNBO berpengaruh nyata terhadap nilai TVBN ikan tuna. Pola hubungan disajikan pada Gambar 2.

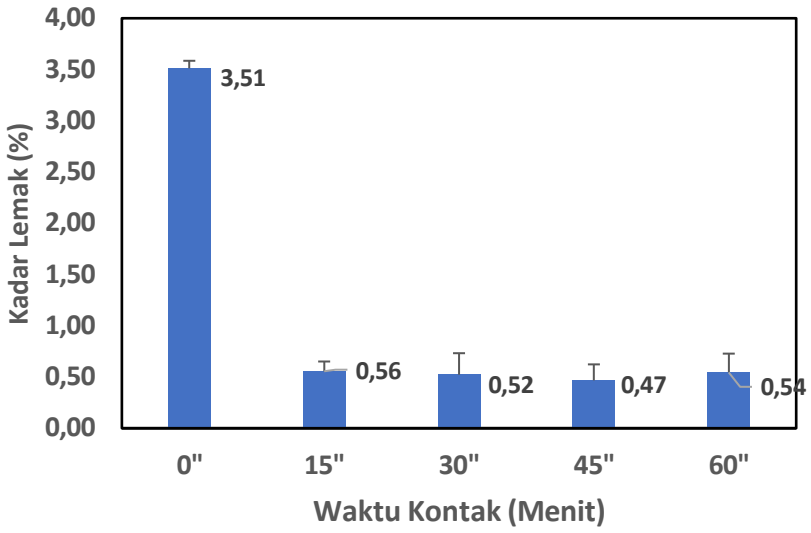


Gambar 2. Diagram efek waktu kontak pencucian ozon MNBO sistem Difuser terhadap nilai TVBN ikan tuna

Pada Gambar 2 Grafik Pencucian air berozon MNBO sistem Difuser memperlihatkan pola penurunan nilai TVBN ikan tuna, terlihat bahwa dari menit ke 0 sampai menit ke 60 menunjukkan pola penurunan nilai TVBN yang tidak terlalu tajam. Penurunan kadar histamin ikan tuna terjadi secara bertahap dan konsisten sesuai slope regresi -0,0978 yang berarti setiap penambahan waktu kontak ozon 1 menit menurunkan kadar histamin rata-rata sebesar 0,0978 mg N/100 gram. Dalam hal ini bermakna bahwa semakin lama ikan tuna dicuci dengan perlakuan ozon MNBO sistem difuser maka semakin rendah nilai TVBNnya karena ozon bersifat oksidator kuat, yang dapat menguraikan senyawa volatil amina karena mampu mengoksidasi senyawa-senyawa nitrogen volatil, seperti amonia, trimetilamin dan dimetilamin, yang merupakan komponen utama TVBN, menjadi senyawa-senyawa yang lebih stabil dan tidak volatil hal ini berarti bahwa teknologi ozon sistem difuser ini dengan menurunkan nilai TVBN pada ikan tuna, berarti akan menurunkan bau amis, bau pesing sehingga dapat meningkatkan kesegaran dan kualitas ikan tuna (Nareswari, 2019). Selanjutnya determinasi (R^2) = 0,9112 yang berarti bahwa variasi nilai TVBN sekitar 91,12 % dapat dijelaskan oleh variabel waktu kontak ozon, dan hanya sekitar 8,88 % yang dipengaruhi variabel lain.

3.3 Kadar Lemak

Hasil Analysis of Variance menunjukkan nilai $p \leq 0{,}05$ yang berarti bahwa perlakuan waktu kontak ozon MNBO berpengaruh nyata terhadap kadar lemak ikan tuna. Pola hubungan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram efek waktu kontak pencucian MNBO sistem Difuser terhadap Kadar lemak Ikan Tuna

Pada Gambar 3 adalah Grafik pengaruh Waktu kontak ozon terhadap kadar lemak ikan tuna, memperlihatkan bahwa terjadi penurunan kadar lemak ikan tuna setelah menit ke 15, dan setelah menit ke 30 sampai 60 kadar lemak konstan tidak ada perubahan. Penurunan kadar lemak pada menit ke 15 ini terutama disebabkan sifat ozon sebagai oksidator kuat mampu menguraikan senyawa lemak pada ikan tuna, terutama lemak yang ada pada bagian permukaan ataupun lemak yang labil atau lebih mudah teroksidasi yaitu lemak tak jenuh yaitu asam lemak tak jenuh (PUFA) seperti asam linoleat (C18:2) dan asam linolenat (C18:3) dan asam lemak mono-unsaturated (MUFA) seperti asam oleat (C8:1) hal ini karena struktur molekul lemak tak jenuh memiliki ikatan rangkap yang lebih reaktif dan mudah bereaksi dengan Ozon (Ekici and Omer (2018). Sebaliknya kandungan lemak yang ada di bagian dalam daging ikan sifatnya secara kimiawi lebih stabil dan juga secara fisik lebih sulit dijangkau oleh sifat oksidator kuat dari Ozon. Setelah 15 menit kadar lemak ikan tuna relatif konstan dan tidak terjadi penurunan yang signifikan. Hal ini dapat dapat dijelaskan sebagai berikut: 1) Lemak yang tersisa pada ikan tuna telah terlindungi oleh struktur jaringan ikan sehingga ozon tidak dapat dengan mudah mengoksidasi lemak tersebut dan 2) Proses oksidasi lemak telah mencapai titik kesetimbangan sehingga tidak terjadi penurunan kadar lemak yang signifikan.

3.4 Kadar Protein

Data analisis kimia efek waktu kontak ozon MNBO terhadap kadar protein ikan tuna disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data efek waktu kontak ozon MNBO terhadap kadar protein ikan tuna (%)

Waktu kontak ozon (detik)	Kadar protein (%)
0	22,91 ± 0,10
15	22,38 ± 0,06
30	22,49 ± 0,30
45	22,94 ± 1,11
60	22,22 ± 0,49

Catatan: Nilai merupakan rata-rata ± simpangan baku (n = 3). Tidak terdapat perbedaan nyata kadar protein ikan tuna pada berbagai waktu kontak ozon MNBO (ANOVA, $p > 0,05$)

Hasil Analysis of Variance menunjukkan nilai $p > 0,05$ yang berarti bahwa perlakuan waktu kontak ozon MNBO tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kadar protein ikan tuna. Hal ini kemungkinan konsentrasi ozon dalam durasi waktu kontak tersebut belum dapat menyebabkan efek perubahan pada protein ikan tuna, atau kemungkinan yang lain karena analisis protein yang digunakan untuk sample ikan tuna menggunakan metoda kjeldahl yang tidak dapat menjangkau terjadinya perubahan struktur pada protein dan asam amino. Beberapa riset menyatakan bahwa Ozon dapat menyebabkan proses oksidasi atau ozonolysis residu asam amino tertentu seperti tryptophan, tyrosin, cystein, prolin dan histidin (Uzun, 2010).

4. KESIMPULAN

Teknologi *Micro-Nano Bubble Ozon (MNBO) system diffuser* dapat diandalkan untuk mempertahankan kualitas dan keamanan ikan tuna segar, dengan kemampuan menurunkan secara signifikan kadar histamin, TVBN dan kadar lemak. Penelitian menunjukkan bahwa durasi kontak ozon (0–60 menit) berpengaruh nyata dalam menurunkan kandungan histamin, nilai TVBN dan lemak tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar protein ikan tuna. Semakin lama waktu kontak semakin rendah kandungan histamin, nilai TVBN dan lemak ikan. Kondisi ideal untuk menghasilkan kualitas ikan tuna yang berkualitas dan aman bagi kesehatan yaitu pada pencucian MNBO sistem difuser dengan bak pencuci ukuran 154 cm x 104 cm dan 80 cm, generator ozon kapasitas 20 g per jam, dengan konsentrasi ozon terlarut 0,15 – 3 ppm dan waktu kontak ozon untuk pencucian ikan tuna sistem difuser selama 30 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, Riset dan Teknologi RI yang telah mensupport dan memberikan fasilitas pendanaan pada kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ambarita, R. S.; (2021), Literature Review: Biogenic Amines Pada Produk Perikanan; Skripsi; Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan; Universitas Brawijaya; Malang;, P1-43.

Ashaolu,T.J.; Khalifa, I.; Mesak, M.A.; Lorenzo, J.M.; Farag, M.A.; (2021) A comprehensive review of the role of microorganisms on texture change, flavor and biogenic amines formation in fermented meat with their action mechanisms and safety; Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol 63 No. 19; p. 3538-3555
https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1929059

Bakri, A., Suryaningsih, W., Hariono, B., & Hartatik, S,(2018), Perbaikan Kualitas dan Dekontaminasi Mikroba Kedelai Edamame Dengan Teknik Ozonated Water. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 18(1). https://doi.org/10.25047/jii.v18i1.919

Bakri, A., Witono, Y., Jayus, J., Suharto, & Ermawati, (2024), Identification of pesticide residues in harvested edamame soybeans and application of the water ozonation technique., *International Journal of Agricultural Technology*, 2024, *20*(1), 37–52. 4_IJAT_20(1)_2024_Bakri, A--146.pdf

Bakri, A., Hariono, B**.,** Supriyono, Kurniawati,, E., Faruq Avero Azhar, F.A**.,** (2024) Desiminasi Teknologi Pencucian Metode Ozonated Water Sistem Mikro Bubble di Industri Penanganan Ikan Segar; J-Dinamika., Vol. 9, No. 3, P 597-603. https://publikasi.polije.ac.id/j-dinamika/article/view/5426

BSN (2006) SNI 2354.01: 2006; Analisis Protein. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

BSN (2009) SNI 2354.8: 2009; Analisis TVBN. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

BSN (2013), Standar Nasional Indonesia (SNI) 2729-2013; Ikan Segar;, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

BSN (2016) SNI 2354.10: 2016; Analisis Histamin. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

BSN (2017) SNI 2354.3: 2017; Analisis Lemak. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Deng, H., Guo, L., Wu, G., Zhe Chen, Z., Abbas, F., Yin, Q.; 2025; Preparation and evaluation of ozone micro-nano bubbles ice for Litchi precooling; Food Chemistry, Volume 472, 142945.
https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.142945

Fatuni, Y.S.,, Suwandi, R.,Agoes Mardiono Jaecob, A.M.; (2014), Identifikasi Kadar Histamin Dan Bakteri Pembentuk Histamin Dari Pindang Badeng Tongkol; JPHPI, Volume 17 Nomor 2, P 112-118.
https://doi.org/10.17844/jphpi.v17i2.8698

Ferreira, W.F.D., de Alencar, E.R., Alves, H., Ribeiro, J.M., and da Silva, C.R., (2017),Influence of pH on the efficacy of *ozonated water* to control microorganisms and its effect on the quality of stored strawberries (Fragaria x ananassa Duch.)., *Ciência e Agotecnologia*, 41(6): 692-700. https://doi.org/10.1590/1413-70542017416013317

Hayati,C.N., dan Hafiludin; , (2023), Karakteristik Kimia (Kadar Air, TVB-N, Dan Protein) Pada Produk Perikanan Di BPMHP Semarang; Juvenil Volume4, No.1.P13-20. https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i1.17389

Jannah, N., Yusra; (2024) Penerapan Good Manufacturing Practices (GMP) Pada Proses Pengolahan Steak Tuna (*Thunnus Albacares*) Beku Di Pt. Tridaya Eramina Bahari; SEMAH : Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan, **,** Vol. 8 No.1. https://ojs.umb-bungo.ac.id/index.php/SEMAHJPSP/article/viewFile/1523/1222

Karamah, E.F., Ilmiyah, A.P., Ismaningtyas, N., (2019), The application of ozonated water to maintain the quality of tuna meat: the effect of contact time, contact temperature and ozone dosageIOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 509- 012004.

Khamidah, S., Swastawati, F., Romadhon; 2019, Efek Perbedaan Lama Perendaman Asap Cair Kulit Durian Terhadap Kualitas Ikan Manyung (Arius Thalassinus) Asap; Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan, Volume 1 No 1, P 21-29. https://doi.org/10.14710/jitpi.2019.5241

Nareswari, A.K., ; Yuliarti, E.D.,,; Tjahjaningsih, W., (2019) Pengujian Kadar Total Volatile Base Nitrogen(TVB-N) pada Ikan Tuna (ThunnusSp.) di Unit Pelaksana Teknis Pengujian Mutu dan

Pengembangan Produk Kelautan dan Perikanan Banyuwangi, Jawa Timur, MCS(JournalofMarine and Coastal Science)Vol.11(2).
https://doi.org/10.20473/jmcs.v11i2.36710

Nur, M., Adirajasa, Y.Y., Yulianto, E., Sumariyah, (2023), S.,Teknologi Gelembung Nano-Mikro Ozon dalam Pengolahan Air Limbah Batik; Penerbit Adab CV. Adanu Abimata, Indramayu, Jawa Barat, E-Book.

Santoso, A., Nurheni Sri Palupi, N.S., Harsi D Kusumaningrum, H.D., , (2020); Pengendalian Histamin Pada Rantai Proses Produk Ikan Tuna Beku Ekspor; Jurnal StandardisasiVolume 22 Nomor 2,: Hal 131-142.
https://doi.org/10.31153/js.v22i2.814

Suryaningsih, W., Supriyono, S., Hariono, B., & Kurnianto, M. F.. (2020), Improving the Quality of Smoked Shark Meat with Ozone Water Technique. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 411(1).

Sun, D., Wang, Y., Liu, B., Wang, X., Hu, M. (2025), Study on the efficiency and mechanism of ozone micro-nano bubble system degradation of Geosmin. Desalination and Water Treatment**,** 321 , P1-9. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100922

Trombete, F. M., Freitas-Silva, O.,Saldanha, T., Venâncio, A. A. and Fraga, M. E., (2016), Ozone against mycotoxins and pesticide residues in food: Current applications and perspectives., International Food Research Journal; 23(6): 2545-2556. https://my.medklinn.com/wp-content/uploads/2025/02/Ozone-against-mycotoxins-and-pesticide-residues-in-food.pdf

Uzun, H. 2010; Effects Of Ozone On Functional Properties Of Proteins; M.Sc. Thesis In Food Engineering, University of Gaziantep.

Visciano P, Schirone M, Tofalo R, Suzzi G; (2012) ,Biogenik amines in raw and processed seafood. Journal Microbiology, 3(188):1-10.
https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00188

Wahidi, B.R., Suseno, A., Suseno, D.A.N., Suseno, D.N., Hakimah, N. (2022); Analisis Kadar Histamin pada Produk Olahan Ikan Pindang di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur Menggunakan ELISA; Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan;**,** Volume 13, No. 2, P112-118.
https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/3045994
https://doi.org/10.35316/jsapi.v16i2

Yang, Y., and Chen, Q.; (2022), The Application of Ozone Micro-nano Bubble Treatment Vegetable Fresh-Keeping Technology in Air Logistics Transportation; Hindawi,, Advances in Materials Science and Engineering, P 1-10. https://doi.org/10.1155/2022/4981444

Wu, Q; Zhang,,Z;; Zhu,H., Li, T; ,Zhu, X.; Gao, H.; Yun, Z.; Jiang, Y. (2019), Comparative volatile compounds and primary metabolites profiling of pitaya fruit peel after ozone treatment, Journal of The Science of Food and Agriculture, Vol. 99 No.5 p.2610-2621. https://doi.org/10.1002/jsfa.9479

Rahmahidayati, I.; Agustini, T.W.,; Nur, M.(2014) Pengaruh Penambahan Ozon Selama Penyimpanan Dingin Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas Ikan Nila Merah (*Oreochromis Niloticus*); Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan Volume 3, Nomer 3,
https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jpbhp/article/view/5384/5166