

METODE PENGAWETAN NON-TERMAL DENGAN OZONASI PADA DAGING DAN IKAN SEGAR

Oleh:

Prof. Dr. Rifda Naufalin, SP., M.Si.

Dra. Erminawati, M.Sc., Ph.D.

Condro Wibowo, S.TP., M.Sc., Ph.D

Nabilla Cahya Isnaeni, S.T.P.

Alviolla Putri Wijaya, S.T.P.



Penerbit

Universitas Jenderal Soedirman

2023

Monograf

**METODE PENGAWETAN NON-TERMAL DENGAN OZONASI
PADA DAGING DAN IKAN SEGAR**

© 2023 Universitas Jenderal Soedirman

Cetakan Kesatu, Januari 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Right Reserved

Penulis:

Prof. Dr. Rifda Naufalin, SP., M.Si.

Dra. Erminawati, M.Sc., Ph.D.

Condro Wibowo, S.TP., M.Sc., Ph.D

Nabilla Cahya Isnaeni, S.T.P.

Alviolla Putri Wijaya, S.T.P.

Editor Isi:

Dr. Ervina Mela Dewi, S.T., M.Si.

Editor Bahasa:

Gita Anggria Resticka, S.S., M.A.

Diterbitkan oleh:

UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

Gd. BPU Percetakan dan Penerbitan (UNSOED Press)

Telp. (0281) 626070

Email: unsoedpresspwt@gmail.com



Anggota

Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia

Nomor : 003.082.1.02.2019

x + 118 hal, 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-465-084-6

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit,
sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak,
photoprint, microfilm dan sebagainya.*

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga buku Monograf berjudul Metode Pengawetan Non-Termal dengan Ozonasi pada Daging dan Ikan Segar telah dapat diselesaikan. Buku Monograf ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan oleh masyarakat pengguna agar mampu memahami definisi, manfaat, mekanisme dan aplikasi dari teknologi ozon. Materi yang dibahas meliputi macam-macam metode pengawetan secara non termal, teknologi ozon, serta hasil aplikasi ozon pada daging dan ikan.

Akhir kata, diharapkan buku yang menyajikan buku Monograf Metode Pengawetan Non-Termal dengan Ozonasi pada Daging dan Ikan Segar ini mampu membawa peminat dalam membaca buku ini. Meskipun demikian, penulis menyadari bahwa penulisan buku ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran akan dengan senang hati Penulis terima.

Purwokerto, Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Permasalahan	2
Metode Pemecahan Masalah	2
Temuan/Kebaruan.....	2
Tujuan dan Manfaat	3
BAB II. MACAM METODE PENGAWETAN NON- TERMAL.....	4
A. Pulsed Electric Field	4
B. Irradiasi	6
C. Freeze drying.....	9
D. High Pressure Processing.....	11
E. Control Atmosphere Storage.....	14
F. Ozon (O ₃)	15
BAB III. TEKNOLOGI OZON	17
A. Definisi.....	17
B. Pembentukan Ozon	18
C. Mekanisme Teknologi Ozon	19
D. Aplikasi Teknologi Ozon Pada Industri Pangan.....	20
BAB IV. HASIL APLIKASI OZON PADA DAGING.....	26
A. Jenis Daging.....	26
B. Klasifikasi Daging Sapi.....	29
C. Kandungan Gizi Daging Sapi.....	31
D. Aplikasi Teknologi Ozon terhadap variable kimia, fisik, mikrobiologi, dan sensoris daging sapi	32

BAB V.	HASIL APLIKASI OZON PADA IKAN.....	58
	A. Jenis Ikan.....	58
	B. Klasifikasi Ikan Gurami	60
	C. Kandungan Gizi Ikan Gurami	62
	D. Aplikasi Teknologi Ozon terhadap variable kimia, fisik, mikrobiologi, dan sensoris ikan gurami	63
	Kesimpulan.....	92
	PENUTUP	93
	DAFTAR PUSTAKA	95
	BIBLIOGRAFI.....	117

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis-jenis daging.....	26
Tabel 2. Kandungan Gizi Daging Sapi (100 gram).....	32
Tabel 3. Contoh ikan air laut dan air tawar.....	59
Tabel 4. Kandungan Gizi Ikan Gurami (100 gram).....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Representasi Skematis dari inaktivasi mikroba oleh PEF, E : medan listrik; Ec : potensi kritis (Sumber : Kouba <i>et al.</i> , 2018).....	5
Gambar 2.	Siklus <i>freeze drying</i> , menunjukkan suhu rak, produk dan kondensor, serta tekanan ruang (Franks, 1998).	11
Gambar 3.	Bagian-Bagian Sapi.....	30
Gambar 4.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar air daging sapi.	33
Gambar 5.	Pengujian Kadar Air Menggunakan <i>Moisture Analyzer</i>	34
Gambar 6.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar protein daging sapi	35
Gambar 7.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar abu daging sapi.....	36
Gambar 8.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar lemak daging sapi.....	37
Gambar 9.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap FFA daging sapi	39
Gambar 10.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap pH daging sapi	40
Gambar 11.	Pengujian Warna Menggunakan <i>Color Reader</i>	42
Gambar 12.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap <i>lightness</i> (L*) daging sapi	42

Gambar 13.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap <i>redness</i> (a*) daging sapi.....	43
Gambar 14.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap <i>yellowness</i> (b*) daging sapi.....	44
Gambar 15.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap intensitas warna (C) daging sapi.	45
Gambar 16.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap tekstur daging sapi	46
Gambar 17.	Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap total plate count daging sapi.....	48
Gambar 18.	Proses Pengujian Sensoris.....	49
Gambar 19.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut warna daging sapi hari ke-0	50
Gambar 20.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut warna daging sapi hari ke-6	51
Gambar 21.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut aroma daging sapi hari ke-0	52
Gambar 22.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut aroma daging sapi hari ke-6	53
Gambar 23.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut tekstur daging sapi hari ke-0	54
Gambar 24.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut tekstur daging sapi hari ke-6	55
Gambar 25.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut penerimaan secara keseluruhan (<i>overall</i>) daging sapi hari ke-0.....	56
Gambar 26.	Presentase penilaian panelis terhadap atribut penerimaan secara keseluruhan (<i>overall</i>) daging sapi hari ke-6.....	57
Gambar 27.	Ikan Gurami	61
Gambar 28.	Kadar air <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6.....	63

Gambar 29.	Pengujian Kadar Air Menggunakan <i>Moisture Analyzer</i>	64
Gambar 30.	Kadar lemak <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6.....	65
Gambar 31.	Kadar protein <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6.....	67
Gambar 32.	Kadar abu <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 & 6.....	68
Gambar 33.	FFA <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6	70
Gambar 34.	pH <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6	71
Gambar 35.	Pengujian pH Menggunakan pH Meter	72
Gambar 36.	Pengujian Warna Menggunakan <i>Color Reader</i>	74
Gambar 37.	<i>Lightness fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6	74
Gambar 38.	<i>Redness fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6	76
Gambar 39.	<i>Yellowness fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6.....	77
Gambar 40.	Nilai C <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 & 6.....	79
Gambar 41.	Tekstur <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6	80
Gambar 42.	TPC <i>fillet</i> ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6	81
Gambar 43.	Proses Pengujian Sensoris	82
Gambar 44.	Atribut Tekstur Hari ke 0	83
Gambar 45.	Atribut Tekstur Hari ke-6.....	84
Gambar 46.	Atribut Aroma <i>Fillet</i> Ikan Gurami Hari ke 0	85
Gambar 47.	Atribut Aroma <i>fillet</i> ikan gurami hari ke 6.....	86
Gambar 48.	Atribut warna <i>fillet</i> ikan gurami hari ke 0	88
Gambar 49.	Atribut warna <i>fillet</i> ikan gurami hari ke 6	89
Gambar 50.	Atribut penerimaan keseluruhan <i>fillet</i> ikan gurami hari ke 0	90
Gambar 51.	Atribut penerimaan keseluruhan <i>fillet</i> ikan gurami hari ke 6	91

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri produk segar terus meningkat karena meningkatnya permintaan konsumen. Namun keawetan produk segar sangat terbatas dan ditentukan oleh kualitas saat kondisi penyimpanan. Teknik pengawetan untuk mengurangi cemaran mikroba untuk mempertahankan kualitas visual, formatif, dan kualitas gizi produk diperlukan saat proses produksi dan distribusi (Alexandre *et al.*, 2011). Daging dan ikan segar memiliki nilai gizi tinggi terutama sebagai sumber protein, tetapi mudah mengalami kerusakan yang diakibatkan dari mikroorganisme pengurai jenis proteolitik. Cemaran mikroorganisme tersebut perlu dikontrol untuk menjaga kualitas produk dengan teknik pengawetan yang tepat untuk memperpanjang umur simpan produk (Gardas *et al.*, 2018).

Beberapa metode pengawetan pangan banyak diterapkan dalam mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan produk, seperti yang ditambahkan dalam bahan maupun teknologi proses dalam hal pengawetan. Penambahan dalam bahan dapat menggunakan bahan pengawet alami maupun sintetis yang sudah diatur dosis penggunaannya. Sedangkan teknik pengawetan dalam hal proses bisa dilakukan dengan teknik iradiasi, HHP (*High Hydrostatic Pressure*), MAP (*Modified Atmosphere Packaging*), CAS (*Control Atmosphere Storage*), dan yang saat ini sedang populer adalah ozonisasi. Penanganan bahan yang efisien memastikan agar produk yang diproses sampai ke konsumen dalam jangka waktu sesingkat mungkin tanpa mengurangi volume, kualitas, dan keamanan produk (Yeoh *et al.*, 2014). Ozon O₃ adalah senyawa oksidan yang sangat kuat dan aman sebagai salah satu metode proses pengawetan pangan yang sudah diatur oleh USDA (*United States Department of Agriculture*) dalam aplikasi ozonisasi pada produk pangan. Ozon 52 % lebih kuat, 3.125 kali lebih cepat membersihkan agen cemaran dan mikroba

patogen dan 5.000 kali lebih efektif daripada klorin dan terbukti efisien di atas spektrum mikroorganisme yang jauh lebih luas daripada klorin dan disinfektan lainnya. Menurut (Horvitz *et al.*, 2014), bahkan setelah ozon mencapai lokasi patogen, waktu reaksi yang memadai harus tersedia untuk memastikan inaktivasi.

Permasalahan

Permasalahan yang sering dihadapi oleh produsen adalah rendahnya umur simpan dari produk daging dan ikan segar maupun olahannya terutama pada saat penyimpanan dan distribusi ke konsumen. Oleh karena itu, diperlukan terobosan teknologi dalam memperpanjang umur simpan produk.

Metode Pemecahan Masalah

Daging dan ikan segar rentan terhadap kontaminan mikroorganisme walaupun sudah diawetkan dengan metode pembekuan. Selain itu, jika dilakukan dengan metode pengawetan dengan menggunakan panas maka akan merusak nutrisi yang terkandung dalam bahan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif metode pengawetan lainnya yang dapat memperpanjang umur simpan produk tersebut tanpa merusak kandungan nutrisi, yaitu salah satu alternatifnya dengan menggunakan metode kombinasi ozonisasi dan CAS.

Temuan/Kebaruan

Kebaruan dalam penelitian ini adalah dihasilkan produk daging dan ikan segar dengan pengawetan secara non-thermal yang bersumber dari metode pengawetan ozonasi dan CAS, sehingga tidak menimbulkan risiko bahaya terhadap kesehatan ketika dikonsumsi. Umumnya produk daging dan ikan segar memiliki umur simpan yang pendek. Namun penggunaan teknik ozonasi dan CAS ini diharapkan mampu menjaga kualitas pada bahan pangan tersebut. Oleh karena itu, metode ozonasi dan CAS diharapkan menjadi solusi aplikasi pada bahan pangan yang aman namun tetap menjaga mutu produk dari kerusakan dan umur simpan yang pendek.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan penulisan buku ini yaitu mengetahui efektivitas dari kombinasi metode pengawetan pada produk daging dan ikan segar secara non-termal, yaitu kombinasi metode ozonisasi dan CAS dibandingkan dengan metode pengawetan non-termal secara tunggal.

Manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan buku ini adalah memberikan informasi kepada masyarakat terkait metode pengawetan non-thermal pada produk daging dan ikan segar serta olahannya mengenai kombinasi metode pengawetan ozonisasi dan CAS dalam menjaga mutu dan memperpanjang umur simpan produk. Selain itu, dapat menjadi peluang usaha bagi industri daging dan ikan segar maupun olahannya untuk dapat menjaga mutu produk tersebut..

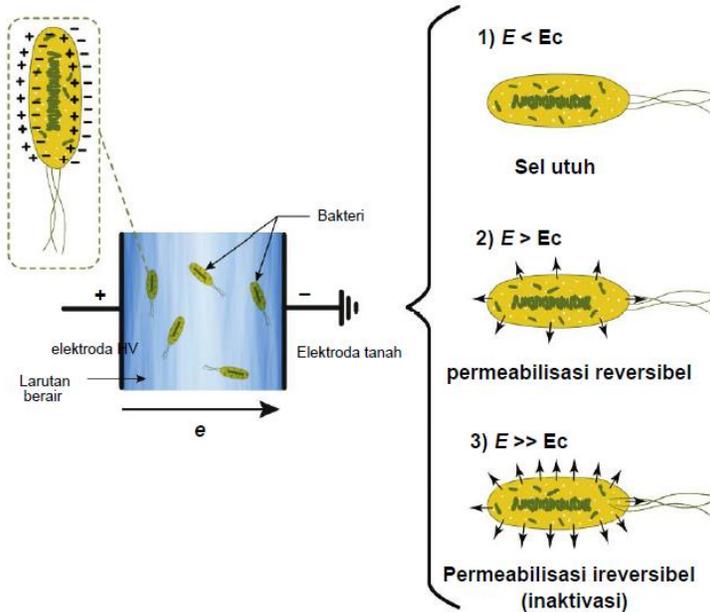
BAB II. MACAM METODE PENGAWETAN NON-TERMAL

A. Pulsed Electric Field

Pulsed Electric Field (PEF) adalah teknologi pasteurisasi non-termal yang menjanjikan untuk produk makanan cair yang bertujuan untuk menonaktifkan mikroorganisme serta mempertahankan komponen bioaktif yang peka terhadap panas (Adil *et al.*, 2015). Metode ini berpotensi untuk menghasilkan makanan dengan kualitas nutrisi dan sensoris serta umur simpan yang baik. Perlakuan PEF ini dilakukan pada suhu ambien, sub-ambien, atau sedikit di atas suhu ambien selama kurang dari 1 detik, yang dicapai dengan pulse berdurasi singkat berkali-kali biasanya kurang dari 5 μ s dan kehilangan energi akibat pemanasan makanan serta meminimalkan perubahan sifat sensorik yang tidak diinginkan. *High Intensity Pulse Electric Field* (HIPEF) melibatkan penerapan *pulse* dengan tegangan tinggi (biasanya 20-80 kV/cm) ke makanan yang ditempatkan di antara 2 elektroda. HIPEF terdiri dari beberapa komponen antara lain sumber listrik, tangki kapasitor, saklar, ruang perawatan, sensor arus tegangan dan suhu serta peralatan pengemasan aseptik (Kumar *et al.*, 2016).

Tujuan penggunaan PEF salah satunya adalah menonaktifkan mikroorganisme. Perlakuan PEF terdiri dari penerapan *pulse* dengan tegangan tinggi (biasanya 50 kV/cm) untuk periode waktu yang singkat (μ s hingga ms) ke bahan makanan yang ditempatkan di antara dua elektroda. Efek PEF terhadap mikroorganisme didasarkan pada perubahan dinding sel, akibat perbedaan potensial antara kedua sisi membran (potensial transmembran) yang disebabkan oleh penerapan medan listrik yang kuat (Barba *et al* 2015). Ketika perbedaan potensial ini mencapai nilai kritis tertentu, yang bervariasi sesuai dengan jenis mikroorganisme, pembentukan pori-pori yang tidak dapat diubah dalam membran sel terjadi (elektroporasi). Akibatnya,

terjadi kehilangan integritas seluler dan peningkatan permeabilitas menyebabkan penghancuran akhir sel yang terkena (Barbosa-Canovas, 1998).



Gambar 1. Representasi Skematis dari inaktivasi mikroba oleh PEF, E : medan listrik; E_c : potensi kritis (Sumber : Kouba *et al.*, 2018)

Efektivitas pemrosesan PEF bergantung pada karakteristik faktor kritis dari perlakuan yang diberikan dan produk yang diolah. Faktor pemrosesan meliputi : kekuatan meda, waktu perawatan, lebar *pulse*, frekuensi *pulse*, bentuk *pulse*, laritas, energi, dan suhu yang diterapkan (Barba *et al.*, 2015). Kekuatan medan didefinisikan sebagai perbedaan potensial antara dua elektroda dibagi dengan jarak antara mereka. Namun, kekuatan medan yang sangat tinggi dapat menyebabkan pecahnya dielektrik cairan yang sedang diproses. Waktu perawatan diperoleh dengan mengalirkan lebar pulse (durasi *pulse*) dengan jumlah pulse yang diterapkan. Parameter ini didefinisikan sebagai faktor yang paling penting untuk menentukan inaktivasi mikroorganisme dan enzim dengan perlakuan PEF (Elez marty 2005). Ketika gelombang persegi digunakan, lebarnya sama dengan durasinya. Frekuensi pulse adalah jumlah pulse yang diterapkan per

unit waktu dan menentukan waktu penahanan makanan di ruang perlakuan setelah nilai lebar pulse dan waktu perlakuan telah ditentukan. Bentuk penerapan pulse disebut polaritas (mono- atau bipolar). Dalam perlakuan mono polar, kekuatan medan selalu dilepaskan ke arah yang sama, dan dalam perlakuan bipolar, arah polaritas pulse bergantian ketika kekuatan medan dilepaskan (Barbosa-cahovas 1998). Energi yang dipasok ke makanan merupakan parameter yang mencakup medan listrik dan waktu perlakuan. Matriks makanan memiliki pengaruh menentukan pada efektivitas perlakuan PEF karena adanya makronutrien. Adanya molekul seperti lemak atau protein, menyebabkan kesulitan inaktivasi mikroorganisme oleh PEF dibandingkan dengan suspensi mikroba sederhana (Bendicho *et al.*, 2002).

Perlakuan PEF merupakan teknologi fisik yang berbasis pada tenaga elektronik yang dapat dilakukan pada suhu rendah atau sedang, sehingga dapat mewakili teknologi pengawetan pangan alternatif nontermal untuk menggantikan panas pasteurisasi. Pengembangan PEF pada awalnya ditujukan untuk 2 bidang yaitu: 1) permeabilisasi elektro tetap untuk memindahkan DNA ke dalam sel, dan 2) mengaktifkan mikrobia dan pengawetan pangan. Prinsip proses PEF yang digunakan adalah menyimpan sejumlah besar energi dari power supply DC dalam satu seri kehilangan yang mengubah energi tersebut menjadi pulsa bertegangan tinggi dalam bejana yang berisi produk pangan (Al Awwaly, 2016).

B. Irradiasi

Iradiasi adalah aplikasi radiasi pada bahan/produk (energi elektromagnetik/radiasi pengion). Irradiasi bertujuan untuk menghasilkan pangan yang aman dikonsumsi, awet, dan segar namun nilai gizi dan sensoris tetap dipertahankan. secara sengaja dan terarah (Darussalam, 1996). Irradiasi bahan pangan merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan yang bertujuan untuk membunuh cemaran biologis berupa bakteri patogen, virus, jamur, dan serangga yang dapat merusak bahan pangan tersebut dan membahayakan konsumen dengan cara mengionisasikan bahan pangan tersebut dengan menggunakan sinar tertentu. Irradiasi juga dapat mencegah penuaan

bahan pangan yang disebabkan karena faktor internal pangan tersebut, misalnya pertunasan, sehingga berfungsi sebagai pengawet, serta dapat membuat bahan pangan tetap segar karena proses iradiasi sendiri merupakan proses pada suhu ambient (Dwiloka, 2002).

Iradiasi pangan menggunakan energi elektromagnetik tertentu, yaitu energi dari radiasi pengion. Radiasi pengion adalah radiasi dengan energi yang mampu membuat elektron suatu atom terpelanting dari tempatnya yang mengakibatkan atom netral berubah menjadi ion positif, yaitu atom yang kehilangan elektronnya. Contoh radiasi pengion ialah radiasi ultraviolet, radiasi alpha (α), sinar beta (β) dan sinar gamma (γ). Radiasi gamma inilah yang digunakan untuk pengawetan bahan pangan (Surindro, 2013). Sinar gamma memiliki gelombang elektromagnetik yang bergerak dengan kecepatan tinggi, hampir menyamai kecepatan cahaya, arahnya tidak dipengaruhi medan magnet, tidak memiliki muatan, jarak lintasan relatif panjang dan mempunyai daya ionisasi kecil serta daya tembus yang tinggi (Ikmalia, 2008). Pengaruh radiasi pada organisme hidup terutama terkait dengan perubahan kimia tergantung pada faktor fisik dan fisiologis dari organisme hidup tersebut. Parameter fisik meliputi laju dosis, distribusi dosis, dan kualitas radiasi. Sedangkan parameter fisiologis yaitu suhu, kadar air, dan konsentrasi oksigen.

Pada prinsipnya proses pengawetan bahan pangan dengan iradiasi gamma, sinar-x ataupun berkas elektron akan menimbulkan eksitasi, ionisasi dan perubahan kimia. Eksitasi adalah suatu keadaan dimana sel hidup dalam keadaan peka terhadap pengaruh dari luar. Sedangkan ionisasi adalah proses peruraian senyawa kompleks atau makromolekul menjadi fraksi atau ion radikal bebas. Perubahan kimia timbul sebagai akibat dari eksitasi, ionisasi dan reaksi-reaksi kimia yang terjadi baik saat berlangsung maupun setelah proses iradiasi selesai. Bila perubahan kimia terjadi dalam sel hidup, maka akan menghambat sintesis *DNA* yang menyebabkan proses pembelahan sel atau proses kehidupan normal dalam sel akan terganggu dan terjadi efek biologis (Maha, 1982) (Maha, 1985).

Tindakan radiasi pada organisme dapat memberikan dua efek yaitu efek langsung dan efek tidak langsung. Efek langsung terjadi akibat adanya tumbukan langsung energi radiasi atau elektron dalam mikroba yang menyebabkan terputusnya ikatan rantai pada *DNA* dan

mempengaruhi kemampuan sel untuk bereproduksi dan bertahan. Efek tidak langsung terjadi apabila radiasi mengenai molekul air yang merupakan komponen utama dalam sel sehingga terjadi proses radiolisis pada molekul air dan terbentuk radikal bebas (Anang, 1986) (Adams & Moss, 2008).

Beberapa perubahan sifat fisika kimia yang terjadi akibat iradiasi dapat menimbulkan perubahan dan hilangnya basa nitrogen, pemutusan ikatan hidrogen, pemutusan rantai gula fosfat dari masing-masing polinukleotida dari *DNA* (*single strand break*), pemutusan rantai yang berdekatan pada kedua polinukleotida dari *DNA* (*double strand break*), dan terbentuknya ikatan silang intramolekuler (*base damage*). Kebanyakan mikroba mampu untuk memperbaiki kerusakan *single strand break*. Beberapa pustaka menyebutkan bahwa mikroba yang sensitif tidak dapat memperbaiki *double strand break*, sedangkan mikroba yang menunjukkan resistensi yang lebih tinggi mempunyai kapasitas untuk memperbaiki *double strand breaks*. Hasil perbaikan atau penyusunan kembali *DNA* tersebut dapat sama atau berbeda dengan semula. Penyusunan ulang yang berbeda dapat berakibat pada kematian sel, mutasi atau transformasi (Tentriana & Sugoro, 2007). Setiap mikroorganisme memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap radiasi gamma. Beberapa mikroorganisme sangat sulit untuk dihambat atau bahkan dibunuh dengan radiasi gamma, namun sebagian mikroorganisme juga mudah mati dengan pemberian radiasi gamma (Aquino, 2012). Tingkat kerusakan sel mikroba berkaitan erat dengan resistensi mikroba terhadap iradiasi yang dinyatakan dengan nilai D10 (Cahyani *et al.*, 2015).

Nilai D10 merupakan dosis iradiasi (kGy) yang diperlukan untuk mengurangi jumlah mikroba sebesar 10 kali lipat (satu siklus log) atau diperlukan untuk membunuh 90% dari jumlah total. Semakin tinggi nilai D10 suatu bakteri menunjukkan makin tahan bakteri tersebut terhadap iradiasi (Whitby & Gelda, 1979). Ketahanan mikroba terhadap radiasi pengion dipengaruhi oleh beberapa faktor penting diantaranya (Aquino, 2012).

1. Ukuran dan susunan struktur *DNA* dalam sel mikroba
2. Senyawa yang berhubungan dengan *DNA* dalam sel, seperti peptida, nukleoprotein, RNA, lipid, lipoprotein dan ion logam.
3. Oksigen.

Kehadiran oksigen selama proses iradiasi meningkatkan pengaruh dalam menginaktivasi mikroba. Dalam kondisi anaerob, nilai D10 beberapa bakteri vegetatif meningkat dengan faktor 2,5 -4,7 bila dibandingkan dengan kondisi aerob.

4. Kadar air.

Mikroorganisme paling tahan ketika disinari dalam kondisi kering. Hal ini terutama karena jumlah rendah atau tidak adanya radikal bebas yang terbentuk dari molekul air dengan radiasi, dan dengan demikian tingkat efek tidak langsung pada DNA akan rendah atau bahkan tidak ada.

5. Suhu.

Perlakuan pada suhu tinggi dalam kisaran sub-lethal di atas 45°C, sinergis meningkatkan efek bakterisida radiasi pengion pada sel vegetatif. Mikroba vegetatif jauh lebih tahan terhadap radiasi pada suhu subfreezing dibandingkan pada suhu kamar. Dalam keadaan beku, difusi radikal akan lebih banyak dibatasi.

6. Media.

Komposisi media mikroba memainkan peran penting dalam menentukan nilai D10. Nilai D10 untuk mikroba tertentu dapat berbeda dalam berbagai media.

7. Kondisi pasca radiasi.

Mikroba yang bertahan setelah perlakuan iradiasi akan lebih sensitif terhadap kondisi lingkungan (suhu, pH, nutrisi, inhibitor, dll) dibandingkan dengan sel-sel yang tidak diberi perlakuan iradiasi.

C. Freeze drying

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Keunggulan pengeringan beku dibandingkan metode lainnya adalah; dapat mempertahankan stabilitas produk (menghindari perubahan aroma, warna, dan unsur organoleptik lain) dan dapat

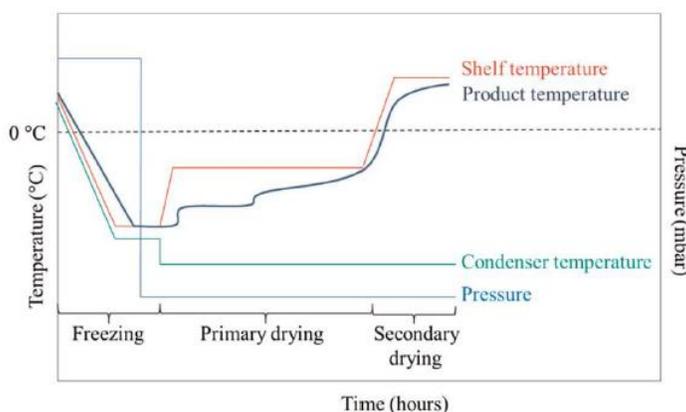
mempertahankan stabilitas struktur bahan (pengkerutan dan perubahan bentuk setelah pengeringan sangat kecil).

Pada *Freeze drying* ini, efek pembekuan diperoleh dengan penguapan sebagian air bahan pada kondisi ruang bertekanan rendah. Penguapan ini memerlukan panas laten yang diambil dari produk, sehingga produk tersebut mengalami penurunan suhu bahkan sampai akhirnya membeku. Dalam hal ini efek pembekuan bukan karena perpindahan panas dari bahan ke media pembeku, tetapi karena pelepasan panas laten penguapan. Dengan demikian, energi yang dibutuhkan untuk proses pembekuan produk ini adalah energi untuk penurunan tekanan ruang pembekuan (Yulianti *et al.*, 2015).

Freeze Dryer merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam *Conduction Dryer/ Indirect Dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah / lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi), sehingga disebut juga *Conduction Dryer/ Indirect Dryer*. *Freeze-drying* mampu meningkatkan stabilitas dan memudahkan penanganan produk akhir. Karena proses dilakukan pada suhu rendah, mereka menghadirkan risiko yang lebih rendah untuk produk labil dibandingkan pada suhu tinggi yang digunakan dalam pengeringan semprot. Karena itu, *freeze-drying* digunakan untuk sampel yang sensitif terhadap panas yang tidak dapat diolah menggunakan proses lain yang melibatkan suhu tinggi (Morais *et al.*, 2016).

Siklus *freeze-drying* tipikal terdiri dari tiga tahap: pembekuan, pengeringan primer, dan pengeringan sekunder (Tang & Pikal, 2004). Pada langkah pertama cairan didinginkan, dan saat membeku, padatan menjadi lebih terkonsentrasi di cairan yang tersisa. Saat langkah ini dilakukan dalam *freeze-dryer*, suhu rak akan berkurang. Selanjutnya, pengeringan primer dimulai ketika tekanan diturunkan ke nilai di bawah tekanan uap es dan suhu rak meningkat untuk memasok panas laten yang dihilangkan oleh sublimasi es. Langkah ini berakhir ketika suhu produk mendekati suhu rak. Setelah itu, jaringan pori terbuka terbentuk karena sublimasi kristal es, yang menyediakan jalur untuk desorpsi air dari sampel selama pengeringan sekunder, ketika suhu rak

dinaikkan dan tekanan ruang dikurangi untuk menghilangkan air cair. Berbeda dengan tahap pengeringan primer yang panjang dan berdampak besar pada biaya proses, periode pengeringan sekunder singkat dan tidak berdampak signifikan pada biaya (Wang *et al.*, 2012).



Gambar 2. Siklus *freeze drying*, menunjukkan suhu rak, produk dan kondensor, serta tekanan ruang (Franks, 1998).

D. High Pressure Processing

Pengolahan tekanan tinggi/*High Pressure Processing* (HPP) adalah teknik pengolahan baru yang memanfaatkan tekanan untuk mempasteurisasi makanan. HPP merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan yang paling maju yang mampu menghancurkan patogen bawaan pangan dan organisme pembusuk yang meningkatkan keamanan produk dan memungkinkan umur simpan yang lebih lama (Rastogi & Knorr, 2013). Tidak adanya pemanasan yang signifikan membuat HPP tidak memutus ikatan kovalen, sehingga menghilangkan efek yang tidak diinginkan yang dihasilkan pada suhu tinggi seperti cacat tekstur, off-flavor, penghancuran nutrisi, dan perubahan warna (Grupta, 2012).

Prinsip kerja HPP yaitu Pengaruh tekanan hidrostatik yang tinggi, tidak seperti proses termal dan teknologi konservasi konvensional lainnya, hampir seketika dan seragam (Torres & Velazquez 2008). Hal ini karena transmisi tekanan tidak bergantung

pada massa/waktu, waktu perlakuan menjadi singkat, terutama ketika membandingkan perlakuan panas dan HPP dari makanan padat. Efek HPP juga tidak bergantung pada peralatan dan geometri serta ukuran produk; oleh karena itu, penskalaan temuan laboratorium dan pabrik percontohan untuk produksi komersial adalah sederhana dan aman. Karakteristik ini juga penting ketika pembaruan peralatan dan perubahan ke unit yang lebih besar diperlukan, atau ketika kondisi pemasaran baru memerlukan perubahan ukuran dan geometri kemasan. Tak satu pun dari perubahan ini akan membutuhkan penentuan kondisi tekanan dan waktu baru untuk proses HPP. Biaya modal yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan HPP telah diatasi sebagian dengan merancang unit yang lebih besar dengan peningkatan kapasitas kapal sepuluh kali lipat selama 15 tahun terakhir. Perkembangan positif lainnya adalah pengurangan 60% dalam Keunggulan ini menjelaskan mengapa beragam produk HPP baru telah menjangkau konsumen dalam waktu yang sangat singkat (Pérez Lamela & Torres 2008a, b). Kompresi makanan adalah sekitar 15% untuk perlakuan 600 MPa, mencerminkan sebagian besar kompresi kandungan airnya tetapi akan lebih besar jika makanan berisi ruang kosong seperti dalam kasus buah-buahan dan sayuran yang terisi antara 9% dan 30% volumenya. dengan udara, atau dalam produk dengan kandungan lemak tinggi karena lemak memiliki kompresibilitas lebih tinggi daripada air. Jika produk tidak dikemas secara vakum, kompresi ruang kepala meningkatkan waktu tekanan dan dengan demikian biaya pemrosesan. Ini harus dipertimbangkan saat menggunakan atmosfer yang dimodifikasi teknologi pengemasan untuk memperpanjang umur simpan produk. Terakhir, bahan pengemas harus tahan, dan tanpa merusak integritas segel, deformasi yang setara dengan kompresi makanan dan ruang kepala. Pemisahan telah diamati dalam struktur multilayer yang mengandung lapisan aluminium ketika terkena suhu tinggi (Ulloa-Fuentes *et al.* 2008a,b).

Pemrosesan tekanan tinggi (HPP) telah menarik banyak perhatian karena permintaan konsumen yang terus meningkat seperti pada bahan pangan segar yang aman (Ogihara *et al.*, 2017). HPP dapat mengurangi dampak yang merugikan pada warna, tekstur, dan rasa produk makanan dan mungkin menonaktifkan patogen bawaan makanan dan mikroorganisme pembusuk (Yu *et al.*, 2018).

Dibandingkan dengan proses pemanasan tradisional, HPP memberikan beberapa keunggulan seperti tekanan yang seragam perawatan, pengurangan gradien termal, dan pemrosesan singkat waktu. Oleh karena itu, dapat digunakan sebagai alternatif non-termal selama proses termal konvensional untuk meningkatkan rak hidup dan kualitas makanan (Jung *et al.*, 2012).

Pada HPP makanan yang menerima HPP harus terlebih dahulu dikemas dalam kemasan vakum atau kemasan fleksibel lainnya seperti botol plastik. Kemasan yang dipilih harus dapat menahan tekanan tinggi yang digunakan, tanpa kehilangan integritas segel atau sifat penghalang dan tanpa pencucian bahan kimia kemasan yang tidak diinginkan ke dalam produk. Setelah kemasan, makanan ditempatkan ke dalam ruang tekanan yang dirancang khusus yang disegel dan benar-benar diisi dengan air minum. Pompa yang terhubung ke ruang tekanan menekan air, yaitu tekanan hidrostatik, dan tekanan ini kemudian ditransmisikan, yaitu diterapkan, ke makanan melalui kemasannya melalui air. Ketika tekanan bertindak seketika dan sama-sama didistribusikan, tidak ada efek penghancuran yang jelas pada makanan kemasan. Tekanan kemudian diterapkan untuk periode waktu yang ditetapkan biasanya dari beberapa detik hingga 20 menit. Pada penyelesaian periode waktu, ruang depressurises dan produk makanan dapat dihilangkan. Sebagian besar pengolahan HPP dilakukan antara 400 hingga 600 Mega Pascal (MPa), pada suhu kamar, meskipun karena efek tekanan, suhu produk di ruang tekanan dapat naik 3-6 ° C untuk setiap peningkatan tekanan 100 MPa, tergantung pada komposisi produk.

HPP memberikan efek terhadap mikroba, dalam operasi HPP khas, yaitu 400-600 MPa selama dua menit atau lebih besar, tekanan tinggi yang diterapkan pada makanan pada suhu kamar akan mengurangi jumlah sebagian besar bakteri vegetatif hingga 4 unit log atau lebih besar, dan menonaktifkan enzim tertentu dengan hanya perubahan kecil dalam sifat organoleptik makanan. Namun, ketahanan bakteri dan mikroorganisme lainnya terhadap HPP sangat bervariasi, misalnya beberapa gram bakteri positif seperti *Listeria monocytogenes* dapat menunjukkan resistensi yang lebih tinggi daripada bakteri negatif gram seperti *Salmonella*. Spora bakteri dan cetakan sebagian besar tahan terhadap inaktivasi oleh HPP. Virus

memiliki berbagai ketahanan tekanan, tergantung pada keragaman struktural mereka. Efektivitas perawatan HPP akan tergantung pada tekanan yang diterapkan, waktu penahanan, suhu, jenis matriks makanan dan organisme target (Yu *et al.*, 2018).

E. Control Atmosphere Storage

Controlled Atmosphere Storage (CAS) atau penyimpanan dengan udara terkendali (UT) adalah teknik penyimpanan yang dapat mempertahankan mutu bahan pangan dengan cara memberikan kondisi udara yang berbeda dengan kondisi udara normal khususnya proporsi O₂ dan CO₂. (Julianti *et al.*, 2013). Teknologi CAS menghasilkan produk yang tetap baik karena konsentrasi O₂ yang lebih rendah menghambat atau memperlambat aktivitas enzim yang bekerja pada membran sel sehingga dapat mencegah perubahan tekstur. CAS juga menjaga kualitas selama penyimpanan karena adanya reaksi antara O₂ dan etilena; mengurangi degradasi mikroba karena ke penurunan kadar O₂ dan peningkatan konsentrasi CO₂; meningkatkan stabilitas warna; memungkinkan memperoleh makanan dengan nutrisi dan sensorik yang serupa karakteristik dari produk segar karena efek rendah pada keasaman, gula, dan vitamin; dan mengendalikan perkembangbiakan hama dan jamur pada atmosfer rendah O₂ atau CO₂ tinggi.

Pemilihan kadar O₂ rendah atau konsentrasi tinggi CO₂ bergantung pada faktor-faktor seperti waktu, desain ruangan yang digunakan, biaya, dan sistem yang tersedia untuk mengendalikannya. Penggunaan CO₂ mencegah pertumbuhan bakteri aerob dan jamur serta menghindari oksidasi beberapa senyawa. Peningkatan kadar CO₂ memiliki efek yang berbeda pada buah dan sayuran seperti penurunan reaksi sintetik pada buah klimakterik, keterlambatan inisiasi pematangan, penghambatan beberapa reaksi enzimatik, penurunan produksi beberapa volatil organik, modifikasi metabolisme beberapa bahan organik. asam, penurunan laju kerusakan pektin, penghambatan kerusakan klorofil, produksi off-flavor, induksi gangguan fisiologis, perlambatan pertumbuhan jamur, penghambatan efek etilen, penghambatan perkembangan pascapanen, retensi kelembutan, dan penurunan kehilangan warna. Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan

bakteri aerob dan enzimatik atau reaksi kimia dalam makanan. Oleh karena itu, konsentrasinya dapat mempengaruhi kualitas produk. Namun tidak boleh dihilangkan sama sekali karena akan menyebabkan tumbuhnya bakteri anaerob yang menyebabkan terjadinya fermentasi. Penurunan kadar O_2 mengurangi laju respirasi, menurunkan oksidasi, menunda pematangan buah klimakterik, memperpanjang umur simpan, menunda pemecahan klorofil, mengurangi laju sintesis etilen, mengubah sintesis asam lemak, mengurangi laju degradasi pektin terlarut, mengurangi rasa tidak enak, dan mengubah tekstur. Nitrogen adalah gas lain yang digunakan dalam CAS, biasanya sebagai pengisi, bukan CO_2 .

CAS dibuat dengan struktur yang mampu mendukung gas yang digunakan, dan dilengkapi dengan yang memadai sistem untuk menghasilkan atmosfer dan tersedia metode untuk menjaga komposisi atmosfer untuk waktu yang dibutuhkan. Dalam CAS, makanan ditempatkan ke dalam tempat yang dinding dan kedap udara (Avellaneda & Channes, 2016).

F. Ozon (O_3)

Ozon (O_3) adalah gas yang terdiri dari 3 atom oksigen yang dapat terbentuk dengan melewati gas oksigen (O_2) pada daerah bertegangan tinggi. Keamanan dan pemanfaatan pengolahan makanan dari ozon telah ditinjau oleh para ahli sejak tahun 1997 dan ozon diakui aman untuk digunakan dalam makanan dan pengolahan makanan (GRAS) (Cullen *et al.*, 2009). Peran ozon dalam bahan pangan selain sebagai desinfektan, yaitu bersifat deodorasi (mampu menghilangkan bau yang diakibatkan senyawa organik dan mikroorganisme), bersifat dekolorasi (menghilangkan zat pewarna organik) dan mampu mendegradasi atau menguraikan berbagai senyawa organik dan mengoksidasi logam berat (Asgar *et al.*, 2015).

Ozon (O_3) merupakan gas tri atomik, sebuah allotropi oksigen yang dapat terbentuk dari rekombinasi diantara atom-atom oksigen. Secara alami ozon terbentuk pada lapisan stratosfer pada ketinggian 35 km diatas permukaan bumi (Isyuniarto *et al.*, 2015). Ozon (O_3) merupakan oksidan kuat dan berpotensi menjadi bahan desinfektan yang mampu membunuh mikroorganisme yang membunuh

mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus dan jamur. Dalam industri pangan dan hasil pertanian, ozon telah dimanfaatkan sebagai desinfektan untuk proses sterilisasi, menghilangkan kandungan logam berat (seperti Fe dan Mn) yang menempel pada produk pangan, memperpanjang umur simpan dan meningkatkan tingkat keamanan pangan (Haifan, 2017). Ozonasi tidak meninggalkan residu kimia dan akan terdegradasi oleh molekul oksigen secara alami sehingga membuatnya ramah lingkungan (Aafia, 2018).

O₃ adalah senyawa oksidan yang sangat kuat. Istilah ini umum digunakan sebagai faktor antimikroba untuk mencegah bakteri, jamur, virus dan protozoa. O₃ dapat larut sebagian dalam air dan terus berada dalam tingkat gas pada suhu ruang. Ozon dapat digunakan sebagai gas atau sebagai air O₃, ozon digunakan untuk buah dan sayuran sebagai perlakuan pascapanen. Ozon memiliki kemampuan untuk menghilangkan penghalau dan sisa bahan kimia, dan pengaruh perlakuan ozon pada penyakit pascapanen, karena melalui oksidasi progresif komponen sel yang vital merusak mikroorganisme.

BAB III. TEKNOLOGI OZON

A. Definisi

Ozon merupakan tiga atom oksigen yang terbentuk akibat penggabungan radikal bebas oksigen dengan molekular oksigen. Ozon yang larut dalam air menghasilkan hidroksil radikal (-OH^*) yang memiliki potensial oksidasi yang sangat tinggi (2,8 V) jauh melebihi ozon (1,7 V) dan klorin (1,36 V). Ozon (O_3) adalah bentuk allotropic oksigen (O_2), yaitu terdiri dari atom yang sama, tetapi mereka dikombinasikan dalam bentuk yang berbeda (Prasetyaningrum *et al.*, 2019). Ozon adalah oksidator kuat yang mampu dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*Sterilization*), menghilangkan bau (*deodorization*), menghilangkan warna (*decoloration*) serta menguraikan senyawa organik (*degradation*). Proses yang relatif baru adalah mencampur gas ozon ke dalam air, dikenal dengan nama ozonisasi.

Ozon dapat digunakan untuk mendekontaminasi dan menghilangkan mikotoksin dalam bahan pangan khususnya buah, sayur, dan biji-bijian (Trombete *et al.*, 2016). Ozon dapat terbentuk melalui dua proses, yaitu proses penyerapan cahaya dan proses tumbukan. Pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya, baik gas oksigen (O_2) maupun ozon (O_3) dapat menyerap radiasi sinar UV. Gas oksigen yang menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, akan terurai menjadi dua atom oksigen. Atom oksigen hasil reaksi tersebut sangat reaktif yang dapat bereaksi dengan O_2 dan membentuk ozon (O_3). Reaksi ini bersifat eksotermik. Akibat dari kedua reaksi tersebut terjadi perubahan tiga molekul oksigen menjadi dua molekul ozon dan konversi radiasi sinar UV menjadi panas. Ozon menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang antara 240 – 290 nm, reaksi tersebut menyebabkan ozon mengalami perubahan komposisi menjadi gas oksigen dan atom oksigen.

Ozon dapat terdekomposisi menjadi radikal OH (*OH), yang merupakan oksidan yang sangat kuat dalam air. Kondisi tersebut terjadi ketika kondisi proses ozonasi dalam kondisi basa. Selama proses disinfeksi oleh ozon berlangsung, proses oksidasi mungkin terjadi antara kedua oksidan, radikal OH dan ozon. Proses ozonasi dipengaruhi oleh pH. Pada pH rendah, ozon akan bereaksi secara eksklusif dengan senyawa yang memiliki gugus spesifik melalui reaksi selektif seperti elektrofilik, nukleofilik, atau reaksi tambahan dipolar (ozonasi langsung). Pada kondisi normal, ozon akan terdekomposisi menghasilkan radikal OH yang merupakan oksidator kuat dan bereaksi dengan senyawa organik dan anorganik yang beragam pada air (ozonasi tidak langsung). Pada umumnya, ozonasi langsung mendominasi pada pH rendah ($\text{pH} < 4$), ozonasi langsung dan tidak langsung terjadi pada pH 4-9, dan ozonasi tidak langsung mendominasi pada $\text{pH} > 9$ (Wulansari *et al.*, 2021).

B. Pembentukan Ozon

Ozon dibentuk dengan masukan energi tinggi yang memecah molekul oksigen (O_2). Molekul oksigen tunggal (O) secara cepat bergabung dengan O_2 yang tersedia membentuk ozon (O_3) yang sangat reaktif. Secara alami, ozon dapat terbentuk melalui radiasi sinar UV radiasi sinar matahari. Perilaku interaksi ozon dengan sinar UV menjadikan hal terpenting dalam fungsinya sebagai perisai permukaan bumi. Ozon mudah menyerap sinar UV terutama pada rentang 240 – 320 nm. Sinar UV dari radiasi matahari akan menguraikan oksigen (O_2) di udara bebas menjadi dua buah atom oksigen (O) atau dikenal sebagai proses photolysis. Selanjutnya, atom oksigen tersebut akan bertumbukan dengan molekul gas oksigen yang terdapat di sekitarnya, sehingga membentuk ozon (O_3). Ozon dapat terbentuk melalui dua proses, yaitu proses penyerapan cahaya dan proses tumbukan. Pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya, baik gas oksigen (O_2) maupun ozon (O_3) dapat menyerap radiasi sinar UV. Gas oksigen dapat menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, sedangkan ozon dengan panjang gelombang antara 240 – 290 nm. Gas oksigen yang menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, sehingga gas oksigen

tersebut akan terurai menjadi dua atom oksigen. Atom oksigen hasil reaksi tersebut sangat reaktif yang dapat bereaksi dengan O_2 dan membentuk ozon (O_3). Reaksi ini bersifat eksotermik, akibat dari kedua reaksi tersebut terjadi perubahan tiga molekul oksigen menjadi dua molekul ozon dan konversi radiasi sinar UV menjadi panas (Haifan, 2017).

Ozon menyerap radiasi sinar UV dengan panjang gelombang antara 240 – 290 nm, reaksi tersebut menyebabkan ozon mengalami perubahan komposisi menjadi gas oksigen dan atom oksigen. Reaksi ini juga bersifat eksotermik, sehingga mengkonversi radiasi sinar UV menjadi panas. Pembentukan ozon melalui proses tumbukan dapat dilakukan dengan melewati gas oksigen (O_2) pada daerah yang dikenai tegangan tinggi. Molekul oksigen ini akan mengalami ionisasi, yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen. Molekul-molekul oksigen yang terionisasi ini biasa disebut dengan kondisi plasma (Syafarudin, 2013).

C. Mekanisme Teknologi Ozon

Ozon bersifat bakterisida, virusida, algisida, fungisida, serta mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Ozon dengan kemampuan oksidasinya dapat membunuh berbagai macam mikroorganisma seperti bakteri *Escherichia*, *Salmonella enteriditus*, serta berbagai bakteri pathogen lainnya. Melalui proses oksidasi, ozon akan merusak dinding bagian luar sel mikroorganisma (*cell lysis*) sekaligus membunuhnya. Juga melalui proses oksidasi oleh radikal bebas seperti hydrogen peroxide (H_2O_2) dan hydroxyl radical ($\bullet OH$) yang terbentuk ketika ozon terurai dalam air.

Cara kerja $\bullet OH$ sendiri adalah dengan mereduksi atau menempel pada dinding sel bakteri yang lama kelamaan akan terjadi lubang pada dinding sel bakteri dan pada akhirnya bakteri akan rusak dan mati. Mekanisme ozon dalam menghilangkan mikroba yaitu ozon menyerang dinding sel yang mengarah pada perubahan dalam permeabilitas dari sel dan mampu menyebabkan adanya *lysis* pada sel bakteri. Air yang telah mengandung ozon mampu digunakan untuk mencuci buah dan sayur supaya steril. Pencucian tersebut tanpa

menghilangkan aroma, warna, serta tidak mengurai senyawa organik yang ada dalam bahan pangan sehingga mampu menjaga kesegaran bahan pangan (Asgar *et al* 2011).

Inaktivasi mikroorganisme oleh ozon adalah proses yang kompleks karena ozon mengkontaminasi banyak bagian sel dan komponen penyusunnya seperti protein, lemak tidak jenuh, dan enzim pernafasan dalam membrane sel; peptidoglikan dalam selubung sel (Monousaridis *et al.*, 2005); enzim dan asam nukleat dalam sitoplasma (Bisno *et al.*, 2008); serta protein dan peptidoglikan dalam mantel spora dan kapsid virus. Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa molekul ozon adalah inaktivator utama mikroorganisme serta memiliki aktivitas anti-mikroba dari hasil produksi senyawa reaktif -OH-, -O₂-, dan HO³⁻. Ozon dapat mengoksidasi berbagai komponen dalam selubung sel termasuk diantaranya rantai asam lemak tidak jenuh, enzim terikat membrane, glikoprotein dan glikolipid. Oksidasi komponen selubung sel tersebut menyebabkan terjadinya kebocoran komponen sel sehingga pada akhirnya menyebabkan lisis (Campos *et al.*, 2006). Gangguan aktivitas sel seperti penurunan permeabilitas sel dan kematian cepat sel akan terjadi saat ozon mengoksidasi enzim yang mengandung ikatan lemak tidak jenuh dan gugus sulfidril.

D. Aplikasi Teknologi Ozon Pada Industri Pangan

Teknologi ozone sudah banyak dilakukan pada produk pangan. Teknologi ini diharapkan mampu untuk mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan. Seperti pada buah dan sayur, pada daging, susu, hasil perikanan, biji-bijian dan lain-lain. Menurut Qin *et al.* (2017), aplikasi ozon digunakan untuk banyak hal seperti disinfektan dan pembunuh virus pada obat-obatan, penanganan tanah pada pertanian, purifikasi bahan pangan, penjernihan air dan air minum, disinfektan dan sterilisasi, menjaga kesegaran buah dan sayuran serta pencegahan pertumbuhan jamur, kecantikan dan kesehatan, pertanian dan perikanan, penghilang bau busuk, serta aplikasi pada proses pabrikasi pembuatan film. Pada dunia industri ozon yang digunakan dapat berupa gas maupun cair. Air yang mengandung ozon dapat mencuci buah dan sayur agar steril dengan tanpa menghilangkan warna, aroma, dan tidak mengurai senyawa

organik yang terkandung dalam bahan pangan sehingga mampu memperpanjang umur keseegarannya (Prasetyaningrum *et al.*, 2019). Penggunaan ozon pada bahan pangan sudah banyak dilakukan, seperti yang dilakukan oleh Harjanti & Kusumaningrum (2021), tentang penggunaan ozon pada susu kambing peranakan etawa untuk menganalisis perubahan kualitas, pada kubis bunga untuk mengetahui pengaruh ozonisasi terhadap karakteristik kubis bunga selama penyimpanan pada suhu dingin (Asgar *et al.*, 2011), perbedaan penurunan nilai a^* , b^* , dan L^* pada daging ayam boiler akibat ozonisasi dan perebusan (Pratama *et al.*, 2019), dan penerapan ozon pada cabai merah (Asgar *et al.*, 2018). Pada penelitian Zainuri *et al.* (2018), kombinasi antara perlakuan ozonisasi dengan pengemas plastik *polyethylene* (PE) terbukti dapat mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan buah tomat selama 12 hari pada suhu ruang. Mekanisme ozon dalam membunuh mikroba yaitu ozon melakukan penyerangan pada dinding sel dan menyebabkan *lysis* pada sel bakteri (Asgar *et al.*, 2017).

Baru-baru ini, ozon dapat digunakan dalam aplikasi pada makanan, karena aman dan tidak menghasilkan sisa-sisa pada sayuran dan buah-buahan yang telah diberi perlakuan ozon. Proses ozon pada buah dan sayuran telah berfungsi untuk meningkatkan umur simpan. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk pengaruh konsentrasi ozon pada kualitas pascapanenan sayuran dan buah-buahan.

Di banyak negara, ozon digunakan dalam berbagai aplikasi pembuatan makanan dan direkomendasikan oleh pakar baru di Amerika Serikat, sebagai GRAS (Generally Recognized As Safe), ozon diklasifikasikan sebagai sanitiser atau disinfektan untuk pangan. Berbagai faktor lingkungan mempengaruhi efektivitas ozon, antara lain yaitu suhu, pH media, kelembaban, bahan tambahan pangan (surfaktan, gula, dan sebagainya), jumlah bahan organik dalam matrik, kandungan padatan, komposisi kimia, dan bahan tambahan pangan dan jumlah bahan organik di sekitar sel.

Buah dan Sayur

Pada kegiatan pemeliharaan tanaman sayuran dan buah-buahan di kebun, petani biasanya menggunakan pestisida yang digunakan untuk mengendalikan dan membunuh hama penyakit yang

menyerang tanaman. Pestisida yang dimaksud adalah merupakan substansi bahan kimia, berupa mikroorganisme, virus dan sebagainya, yang tujuan penggunaannya adalah untuk mengendalikan dan membunuh hama dan penyakit tanaman (Miskiyah, 2009). Pada sayuran, biasanya ditemukan residu pestisida yang dominan golongan organoklorin, selanjutnya diikuti dengan golongan organofosfat dan karbonat untuk semua jenis sayuran yang diamati, baik di tingkat petani, pedagang dan pasar swalayan (Christina & Miskiyah, 2010).

Penggunaan pestisida, di satu sisi dianggap menguntungkan karena mampu menekan kehilangan hasil pertanian setelah panen, namun di sisi lain dapat mengganggu kesehatan manusia saat dikonsumsi akibat residu pestisida yang menempel pada sayuran dan buah-buahan. Untuk itu perlu teknologi penanganan hasil sayuran dan buahan yang aman, efektif dan efisien. Kontaminasi logam berat pada sayuran hasil panen bervariasi, hal ini tergantung pada jenis sayuran dan logam beratnya. Kandungan logam berat jenis Pb dan Cd yang melebihi ambang Batas Minimum Residu (BMR) ditemukan pada sayuran kubis, tomat dan wortel, sedangkan pada cabai merah dan selada tidak terdeteksi. Beberapa jenis sayuran yang diteliti positif mengandung residu pestisida meskipun kadarnya masih di bawah ambang batas yang diijinkan. Hasil panen sayuran yang berasal dari petani maupun di pasaran mengandung mikroba di atas ambang batas yang direkomendasikan oleh Kementerian Pertanian RI. Jenis mikroba yang banyak ditemukan, diantaranya bakteri koliform, koliform fekal, *E. Coli*, *Salmonella*, *Shigella* dan *Staphylococcus* (Christina & Miskiyah, 2010).

Fungsi utama ozon adalah sebagai pengoksidasi dan disinfektan yang sangat kuat, efektif dan aman. Aplikasi teknologi ozon pada penanganan hasil pertanian mampu meluruhkan kontaminasi pestisida, bakteri dan logam berat yang menempel pada permukaan/ kulit sayuran dan buah-buahan, sehingga aman dikonsumsi bagi kesehatan manusia. Mekanisme kerja ozon dalam membunuh mikroba yang menempel pada permukaan/ kulit sayuran dan buah-buahan, yaitu ozon melakukan penyerangan pada dinding sel mengarah pada perubahan dalam permeabilitas sel yang dapat menyebabkan terjadinya lisis pada sel bakteri. Air yang mengandung ozon dapat mencuci sayuran dan buah-buahan hingga steril, tanpa

menghilangkan warna, aroma, juga tidak memberikan efek pada kerusakan senyawa penting yang dikandung dalam sayuran dan buah-buahan. Dengan demikian, didapatkan sayuran dan buah-buahan yang aman untuk dikonsumsi dan masih mengandung nilai gizi, dapat mempertahankan kesegaran dan dapat memperpanjang umur simpannya (Sugiarto, 2007).

Pengawetan sayuran dan buah-buahan dengan ozon tidak mengubah/ merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon itu sendiri akan hilang dengan cara penguapan. Ozon juga akan mengurai kembali menjadi molekul oksigen, jika terkena sinar matahari. Perlakuan air berozon yang dilakukan pada penyimpanan sayuran dan buah-buahan tidak merusak kandungan gizinya, karena kandungan ozon sendiri akan hilang dengan cara penguapan. Demikian juga, jika ozon terkena paparan sinar matahari akan mengurai menjadi molekul oksigen kembali (Hakan, 2007).

Hasil Perikanan dan Daging

Pada penyimpanan hasil perikanan, teknologi ozon dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan ikan segar. Selain itu, ozon tidak menghasilkan residu beracun pada ikan dan lingkungannya dan telah dinyatakan aman oleh panel ahli untuk digunakan dalam penanganan bahan pangan dan perikanan (Pastoriza *et al.*, 2008). Teknologi ozon telah diterapkan pada ikan Hake dan ikan Shucked Mussels untuk mempertahankan kualitasnya selama penyimpanan dingin. Penggunaan ozon pada penyimpanan dingin untuk beberapa ikan komersial juga dikombinasikan dengan es cair (*slurry ice*). Jenis ikan Finfish dan Albacore yang disimpan pada dalam sistem tersebut memiliki kualitas lebih baik dibandingkan dengan cara pendinginan yang lain (Pastoriza *et al.*, 2008).

Kombinasi ozon dengan penyimpanan dingin pada es cair (*slurry ice*) merupakan salah satu sistem penyimpanan dingin baru yang dapat memperlambat mekanisme hidrolisis dan oksidasi lemak pada ikan Farmed Turbot. Kombinasi ozon pada konsentrasi 0,2 ppm pada fase cair dan es cair (*slurry ice*) menjadikan daya simpan ikan cenderung meningkat lebih lama. Pada uji ikan Farmed Turbot yang didinginkan dengan kombinasi perlakuan tersebut masih bermutu baik hingga hari ke 21, sedangkan menggunakan es cair (*slurry ice*) tanpa

ozon hanya dapat bertahan hingga hari ke 7. Penggunaan ozon yang dikombinasikan dengan es cair (*slurry ice*) telah dimanfaatkan untuk memperpanjang daya simpan ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) (Nur *et al.*, 2013). Penambahan ozon dengan konsentrasi 3,5 ppm pada sistem penyimpanan dingin memberikan pengaruh dalam memperlambat terbentuknya asam lemak bebas ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) yang masih berada di bawah batas maksimum dengan nilai yang lebih rendah dari pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan ozon). Ikan dengan perlakuan ozon masih dapat diterima hingga hari ke 16 dari aspek organoleptik, sedangkan perlakuan kontrol hanya bertahan hingga hari ke 12 (Rahmahidayati *et al.*, 2014).

Pada penelitian Karamah *et al.*, (2019), kadar air setiap sampel ikan tuna meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan sebagai efek metabolisme bakteri yang menghasilkan CO₂ dan uap air. Sampel diberi perlakuan dengan perlakuan 40 menit, dilanjutkan dengan waktu kontak 80 menit, dan 120 menit sebesar 74,92%, 74,67% dan 74,64% pada penyimpanan hari ketujuh dibandingkan periode sebelumnya pada penyimpanan hari pertama pada 0, 73,68%, 73,45% dan 73,44%. Semakin lama waktu kontak ozonasi dengan ikan tuna maka peningkatan kadar air selama masa penyimpanan akan semakin terkontrol. Hal ini sesuai dengan Total Bakteri Aerobik Mesofil dari ikan pada menit tersebut juga paling rendah, sehingga hasil oksidasi bakteri berupa akumulasi air yang rendah. Perlakuan ozon juga berpengaruh pada ikan tuna, dimana semakin lama waktu kontak air ozonasi dengan ikan tuna maka peningkatan kadar pH pada ikan tuna selama proses penyimpanan akan semakin terkontrol. Perlakuan ozon menunjukkan bahwa perlakuan ozon dapat meningkatkan denaturasi dan agregasi protein myofibrillar, yang merupakan salah satu faktor pengerasan jaringan otot ikan. Perlakuan ozon juga mampu mengurangi penurunan tekstur dibandingkan dengan kontrol (Zhao, 2016).

Penggunaan ozon pada industri daging digunakan sebagai agen antimikroba. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Karamah *et al.* (2019), air ozonasi terbukti dapat mengontrol kualitas daging ayam yang lebih baik dibandingkan dengan daging ayam tanpa perlakuan ozon. Ozon dengan cepat terdekomposisi menjadi oksigen

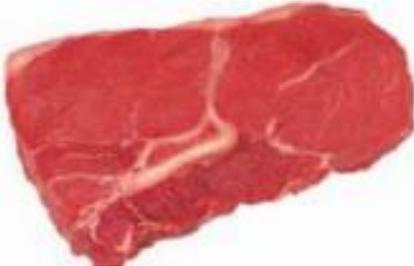
sehingga tidak meninggalkan residu pada daging. Ozon dapat mengurangi mikroorganisme pada daging unggas dan hewan ternak lainnya dikarenakan ozon memiliki nilai potensial oksidasi yang tinggi.

BAB IV. HASIL APLIKASI OZON PADA DAGING

A. Jenis Daging

Daging adalah salah satu jenis pangan hewani yang memiliki kandungan gizi tinggi. Jenis daging yang biasa dikonsumsi di Indonesia adalah daging yang berasal dari sapi, kerbau, kambing, domba dan unggas. Kriteria kualitas daging dapat dilihat dari 1) Keempukan atau kelunakan. Jika ditekan dengan jari, daging yang sehat akan memiliki konsistensi kenyal (padat). 2) Kandungan lemak atau marbling. Marbling adalah lemak yang terdapat diantara otot (Intramuscular). Marbling berpengaruh terhadap citarasa daging. 3) Warna. Warna daging bervariasi, tergantung dari jenis secara genetik dan usia. 4) Rasa dan Aroma. Daging berkualitas baik mempunyai rasa yang relatif gurih dan aroma yang sedap. Secara normal daging mempunyai permukaan yang relatif kering sehingga dapat menahan pertumbuhan mikroorganisme dari luar. Jenis-jenis daging disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis daging

No	Gambar	Keterangan
1		<ol style="list-style-type: none">Daging merah pucatBerserabut halus dengan sedikit lemakBau dan rasa aromatis

Daging Sapi

No	Gambar	Keterangan
2	 <p>Daging Sapi Muda</p>	<ul style="list-style-type: none">a. Pada umumnya agak pucat, kelabu putih sampai merah pucatb. Terdiri dari serabut-serabut halusc. Konsistensi agak lembekd. Bau dan rasa berbeda dengan daging sapi dewasa
3	 <p>Daging Domba</p>	<ul style="list-style-type: none">a. Daging terdiri dari serabut halusb. Warna merah muda, konsistensi cukup tinggic. Banyak lemak diototd. Bau sangat khase. Lemak berwarna putih
4	 <p>Daging Kerbau</p>	<ul style="list-style-type: none">a. Serabut otot kasar dan lemaknya putihb. Rasanya hampir sama dengan daging sapi
5	 <p>Daging Kambing</p>	<ul style="list-style-type: none">a. Daging lebih pucat dari daging dombab. Lemak menyerupai lemak dombac. Daging kambing jantan berbau khas

No	Gambar	Keterangan
6	 <p>Daging Babi</p>	<ol style="list-style-type: none">Daging umumnya pucat hingga merah mudaOtot punggung yang mengandung lemak umumnya kelihatan kelabu putihSerabut halus, konsistensi padat dan berbau spesifikPada umur tua, daging berwarna lebih tua, sedikit lemak dan serabut kasar
7	 <p>Daging Kuda</p>	<ol style="list-style-type: none">Warna daging merah kehitaman hingga kecoklatan oleh pengaruh udara berubah menjadi biru kehitamanSerabut otot halus dan panjang, konsistensi padat. Diantara serabut tidak ditemukan lemakBau dan rasa sedikit manis (mengandung banyak glikogen)Lemak berwarna kuning emas, konsistensi lembek

No	Gambar	Keterangan
8	 <p>Daging Ayam</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Warna daging putih pucat b. Bagian otot dada dan otot paha kenyal c. Bau agak amis sampai tidak berbau
9	 <p>Daging Ayam Tiren</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Daging ayam beraroma agak amis b. Dagingnya berwarna kebiru-biruan, pucat dan tidak segar c. Pada leher potongan ayam terlihat tidak lebar d. Tidak mulus seperti ayam potong ketika hidup e. Terdapat bercak-bercak darah pada bagian kepala atau leher ayam

Sumber : Balai Pengujian Mutu dan Sertifikasi Produk Hewan

B. Klasifikasi Daging Sapi

Daging sapi merupakan salah satu sumber pangan hewani yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Daging sapi kaya akan kandungan protein, air, lemak, mineral dan sedikit karbohidrat berupa glikogen dan glukosa (Nurwantoro *et al.*, 2012). Kualitas daging dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebelum pemotongan antara lain genetik, spesies bangsa, tipe ternak, jenis kelamin, umur, pakan dan tingkat stres hewan ternak. Pada umumnya, penanganan sebelum penyembelihan terutama pengistirahatan ternak berdampak besar terhadap kuantitas dan kualitas daging (Hidayat *et al.*, 2015). Salah satu faktor penting penentu kualitas fisik daging adalah warna.

Daging sapi termasuk bahan pangan yang rentan terhadap kontaminasi mikroba. Kandungan air dan nutrisi dalam daging sapi menjadi media ideal untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme. Daging sapi yang terkontaminasi akan mudah tergradasi (Adi *et al.*, 2017). Kontaminasi bakteri pada daging sapi dapat mengakibatkan perubahan warna dan bau. Daging sapi segar memiliki warna berupa merah terang yang berasal dari oksimioglobin. Daging sapi di pasaran seringkali terkontaminasi oleh bakteri mesofilik yang disebabkan proses penyiapan daging yang kurang memperhatikan aspek sanitasi dan *hygiene*. Selain itu, bakteri *Salmonella* sp., *E. coli*, *Coliform*, *Staphylococcus* sp., dan *Pseudomonas* juga dapat mencemari daging yang menyebabkan umur simpan daging menjadi lebih singkat (Dina *et al.*, 2017).

Pengawetan daging dapat dilakukan sebagai upaya untuk memperpanjang umur simpan. Terdapat tiga metode pengawetan daging antara lain pengawetan secara biologi, fisik dan kimia. Pengawetan secara biologi dilakukan dengan proses fermentasi yang melibatkan mikroba. Pengawetan secara fisik meliputi proses pelayuan, pemanasan dan pendinginan. Pengawetan secara kimia terbagi menjadi pengawetan menggunakan bahan kimia yang terbuat dari bahan aktif alamiah (seperti rempah-rempah, metabolit sekunder bakteri dan lain sebagainya yang memiliki daya antibakteri, antimikroba, bakterisidal) dan pengawetan menggunakan bahan sintesis (seperti garam dapur, sodium nitrit, sodium asetat, gula pasir dan lain-lain) (Rusdi *et al.*, 2015).

C. Kandungan Gizi Daging Sapi

Daging sapi merupakan salah satu bahan pangan hewani yang kaya akan protein dan asam amino lengkap. Selain protein, daging sapi juga mengandung air, lemak dan komponen organik lainnya (Hernando *et al.*, 2015). Menurut Prasetyo *et al.* (2013), daging sapi memiliki kandungan air rata-rata sekitar 77,65%, kadar lemak rata-rata sekitar 14,7% dan kadar protein rata-rata sekitar 18,26%. Kandungan gizi yang lengkap dan rasanya yang enak menjadikan daging sapi sebagai salah satu sumber protein hewani yang paling disukai oleh masyarakat. Menurut Kementerian Kesehatan Republik

Indonesia (2017), daging sapi lemak sedang segar per 100 gram memiliki kandungan air 66 g, energi 201 Kal, protein 18,8 g, lemak 14 g, abu 1,2 g, kalsium 11 mg, fosfor 170 mg dan zat besi 2,8 mg, natrium 105 mg, kalium 378 mg, tembaga 4,58 mg, seng 5,2 mg, retinol (vitamin A) sebesar 9 mcg, beta-karoten 198 mcg, thiamin (vitamin B1) 0,08 mg, riboflavin (vitamin B2) 0,58 mg, dan niasin sebesar 1,3 mg.

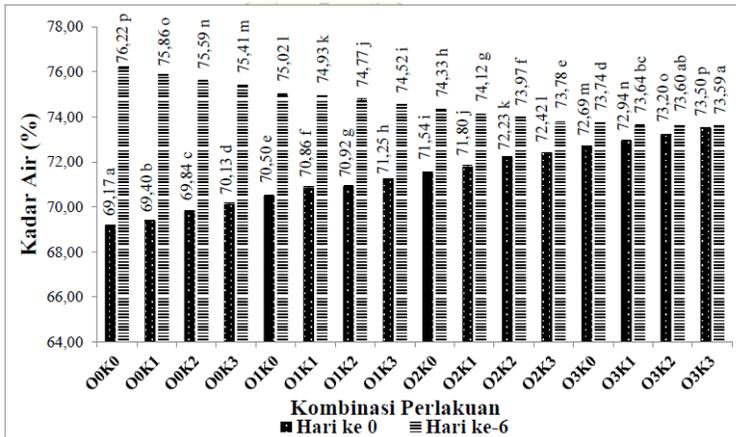
Tabel 2. Kandungan Gizi Daging Sapi (100 gram)

No	Kandungan Gizi	Jumlah
1	Kalori	288 kkal
2	Energi	1205 kj
2	Lemak jenuh	7,731 g
3	Lemak Tak Jenuh Ganda	0,708 g
4	Lemah Tak Jenuh Tunggal	8,353 g
5	Kolesterol	87 mg
6	Protein	26,33 g
7	Karbohidrat	0 g
8	Sodium	384 mg
9	Kalium	315mg

D. Aplikasi Teknologi Ozon terhadap variable kimia, fisik, mikrobiologi, dan sensoris daging sapi

1. Kadar air

Kadar air merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan bahan pangan. Air yang terkandung dalam bahan pangan akan menjadi media yang baik untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme perusak bahan pangan (Amertaningtyas, 2013). Lama paparan ozon (O), konsentrasi bubuk kecombrang (K) dan interaksi antar perlakuan (OxK) berpengaruh nyata terhadap kadar air daging sapi.



Keterangan : O = Lama paparan ozon (O0 = 0 menit, O1 = 5 menit, O2 = 10 menit, O3 = 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = 0 %, K1 = 2%, K2 = 4%, K3 = 6%); notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Gambar 4. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar air daging sapi.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa kadar air daging sapi pada hari ke-0 berada pada kisaran 69,17-73,50% sedangkan kadar air daging sapi pada hari ke-6 berada pada kisaran 73,59-76,22%. Peningkatan kadar air dapat disebabkan oleh daya ikat air yang dipengaruhi oleh pH daging, dimana air yang tertahan didalam otot meningkat sejalan dengan naiknya pH (Dewi *et al.*, 2016). Pada penelitian Andini & Swacita (2014), daging sapi bali selama penyimpanan suhu 4°C memiliki kadar air berkisar 71,87-75,14%. Perbedaan kadar air dalam daging dapat dipengaruhi oleh faktor spesies ternak, umur, jenis kelamin, pakan serta lokasi dan fungsi bagian-bagian otot dalam tubuh (Dewi *et al.*, 2016). Otot yang mempunyai kandungan lemak intramuskuler tinggi cenderung mempunyai kadar air yang tinggi (Liur *et al.*, 2019).

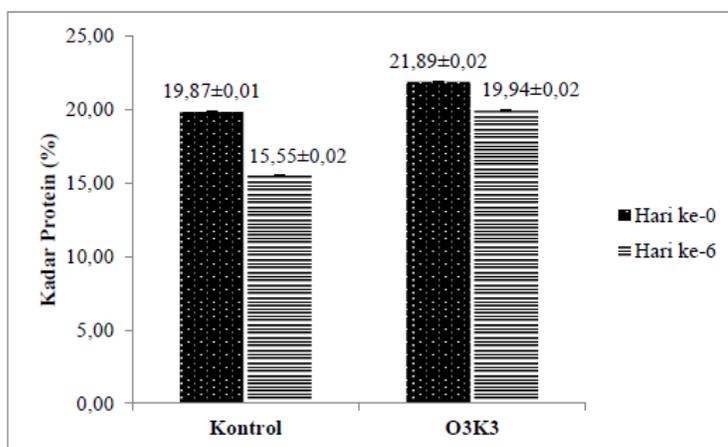


Gambar 5. Pengujian Kadar Air Menggunakan *Moisture Analyzer*

Pada penelitian Yusuf & Dasir (2014) disebutkan bahwa penggunaan tepung bunga kecombrang pada bakso ikan gabus dapat mengontrol kenaikan kadar air selama 5 hari penyimpanan. Penggunaan teknologi ozon juga dilakukan oleh Okpala (2015), dimana udang dengan perlakuan ozon mengalami peningkatan kadar air yang lebih kecil dibandingkan udang tanpa perlakuan selama 10 hari penyimpanan.

2. Kadar Protein

Protein merupakan komponen kimia terbesar dalam daging yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan sel dan sumber kalori. Daging sapi segar mempunyai kadar protein sebesar 21,04-22,90% (Liur *et al.*, 2019). Kadar protein daging yang tinggi menyebabkan meningkatnya kemampuan menahan air daging sehingga menurunkan kandungan air bebas, begitu juga sebaliknya (Rotua *et al.*, 2017). Kadar protein yang rendah menyebabkan menurunnya kemampuan menahan air daging sehingga meningkatkan kandungan air bebas (Andini & Swacita, 2014). Berdasarkan uji T-test ($p < 0.05$), terdapat perbedaan antara perlakuan kontrol dan perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% pada hari ke-0 dan hari ke-6.



Keterangan : Kontrol = daging sapi tanpa paparan ozon dan tanpa konsentrasi bubuk kecombrang; O3K3 = daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%.

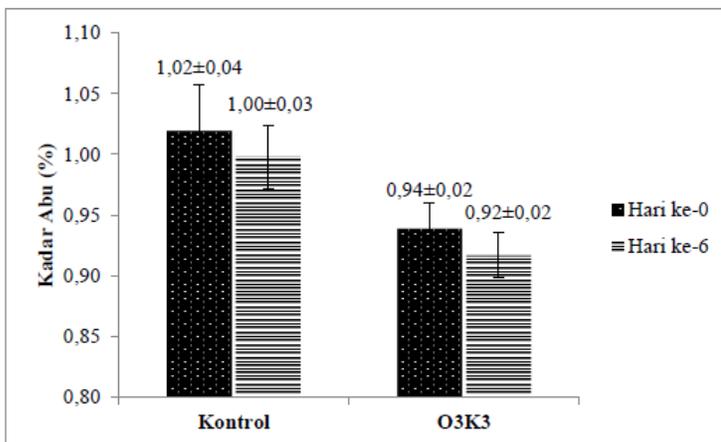
Gambar 6. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar protein daging sapi

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kadar protein daging sapi kontrol pada hari ke-0 sebesar 19,87% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 15,55%. Kadar protein perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% pada hari ke-0 sebesar 21,89% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 19,94%. Selaras dengan hasil penelitian Andini & Swacita (2014) bahwa daging sapi yang disimpan pada suhu 4°C mengalami penurunan kadar protein selama 5 hari penyimpanan. Penurunan kadar protein disebabkan karena terjadinya absorpsi air yang masuk ke dalam jaringan otot daging. Hal ini mengakibatkan terjadinya denaturasi protein urat daging yang menyebabkan meningkatnya penyerapan air ke dalam ruang ekstraseluler dan intraseluler sehingga kadar protein menjadi rendah (Andini & Swacita, 2014). Tingginya kadar protein pada perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang diduga disebabkan oleh adanya kandungan protein pada kecombrang. Sejalan dengan penelitian Molerman *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa kadar protein kerupuk dengan penambahan kecombrang 25% sebesar 1,38% sedangkan kerupuk

perlakuan kontrol sebesar 1,15%. Kadar protein meningkat seiring dengan semakin tinggi presentase kecombrang yang ditambahkan. Hasil penelitian Okpala (2015) menunjukkan bahwa udang segar tanpa perlakuan ozon mengandung kadar protein sebesar 16,17% mengalami penurunan selama penyimpanan menjadi 15,78%, sedangkan kadar protein udang dengan perlakuan ozon sebesar 16,41% turun menjadi 16,15%.

3. Kadar Abu

Kadar abu merupakan komponen zat anorganik yang tidak terbakar dalam proses pembakaran. Kadar abu dalam bahan pangan menunjukkan besar jumlah mineral yang terkandung dalam bahan pangan tersebut (Dewi *et al.*, 2016). Berdasarkan uji T-test ($p < 0.05$), kadar abu pada hari ke-0 dan hari ke-6 terdapat perbedaan antara perlakuan kontrol dan perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%.



Keterangan : Kontrol = daging sapi tanpa paparan ozon dan tanpa konsentrasi bubuk kecombrang; O3K3 = daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%.

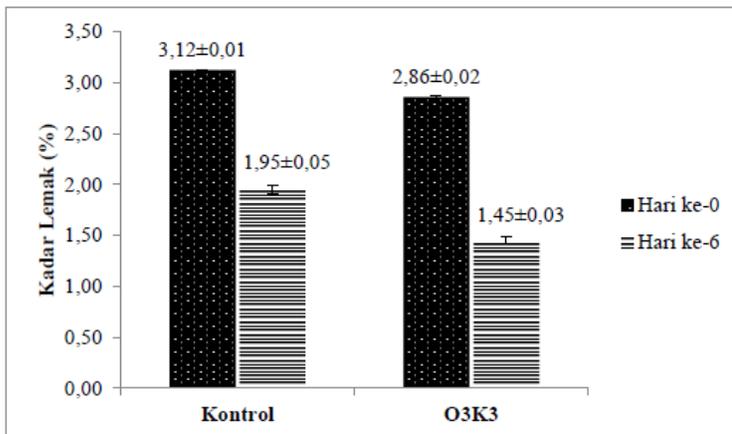
Gambar 7. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar abu daging sapi

Berdasarkan Gambar 7, pada hari ke-0 daging sapi perlakuan kontrol mengandung kadar abu sebesar 1,02% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 1%. Kadar abu perlakuan lama

paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang pada hari ke-0 sebesar 0,94% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 0,92%. Penurunan kadar abu dapat disebabkan adanya aktivitas mikroba yang membutuhkan mineral untuk berkembangbiak (Bhaskara *et al.*, 2021). Pada penelitian Liur *et al.* (2019), daging sapi mempunyai kadar abu sebesar 0,70-0,85% sedangkan pada penelitian Agustina *et al.* (2017) kadar abu daging sapi bali berkisar 1,13-2,15%. Kadar abu daging sapi ditentukan oleh bangsa sapi dan kandungan nutrisi bahan pakan. Bangsa sapi *Bos Taurus* memiliki kadar abu lebih tinggi dibandingkan bangsa sapi *Bos Indicus*.

4. Kadar Lemak

Lemak merupakan salah satu sumber energi yang memberikan kalori paling tinggi (Liur *et al.*, 2019). Secara umum daging memiliki kadar lemak berkisar antara 1,5- 13% (Dewi *et al.*, 2016). Berdasarkan uji T-test ($p < 0.05$), terdapat perbedaan kadar lemak antara perlakuan kontrol dan perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% pada hari ke-0 dan hari ke-6.



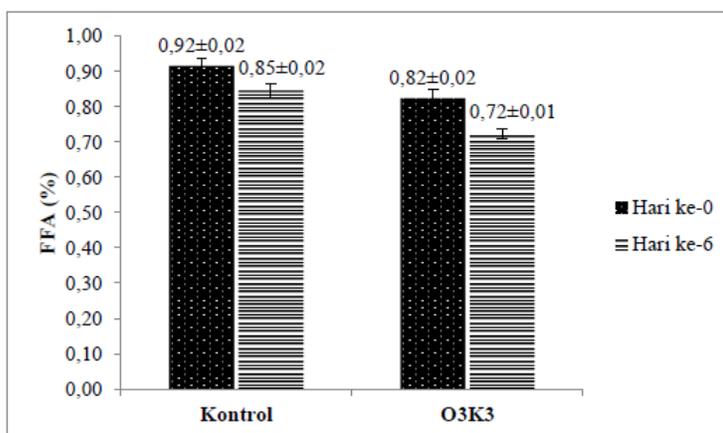
Keterangan : Kontrol = daging sapi tanpa paparan ozon dan tanpa konsentrasi bubuk kecombrang; O3K3 = daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%.

Gambar 8. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap kadar lemak daging sapi

Mengacu pada Gambar 8, kadar lemak daging sapi perlakuan kontrol pada hari ke-0 sebesar 3,12% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 1,95%. Daging sapi perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang pada hari ke-0 sebesar 2,86% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 1,45%. Hal ini sesuai dengan penelitian Dewi *et al.* (2016) bahwa selama penyimpanan suhu dingin 4°C kadar lemak mengalami penurunan yang disebabkan meningkatnya kadar air selama penyimpanan. Kadar lemak berbanding terbalik dengan kadar air. Pada penelitian Andini & Swacita (2014), daging sapi bali selama penyimpanan suhu 4°C memiliki kadar lemak berkisar 2,90-4,34%. Perbedaan kadar lemak daging dapat dipengaruhi oleh faktor jenis, spesies, umur dan aktivitas ternak. Berdasarkan hasil penelitian, kadar lemak perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol. Hasil penelitian Harjanti & Kusumaningrum (2021) menunjukkan bahwa semakin lama paparan ozon mengakibatkan semakin menurunnya kadar lemak pada susu kambing. Antioksidan yang terkandung dalam kecombrang diduga dapat menghambat oksidasi pada lemak. Berdasarkan penelitian Kusuma *et al.* (2017), daging sapi tanpa perlakuan mengandung kadar lemak sebesar 5,80% sedangkan daging sapi yang diberi bubuk daun kecombrang mengandung kadar lemak sebesar 3,60%.

5. Asam Lemak Bebas (FFA)

Free Fatty Acid (FFA) merupakan produk tersier oksidasi yang menunjukkan terjadinya ketengikan hidrolitik maupun oksidasi lemak yang menghasilkan asam-asam organik lainnya (Christie *et al.*, 2016). Analisis FFA dilakukan untuk mengetahui asam lemak bebas pada daging sapi selama penyimpanan. Berdasarkan uji T-test ($p < 0.05$), terdapat perbedaan antara perlakuan kontrol dan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% untuk FFA daging sapi pada hari ke-0 dan hari ke-6.



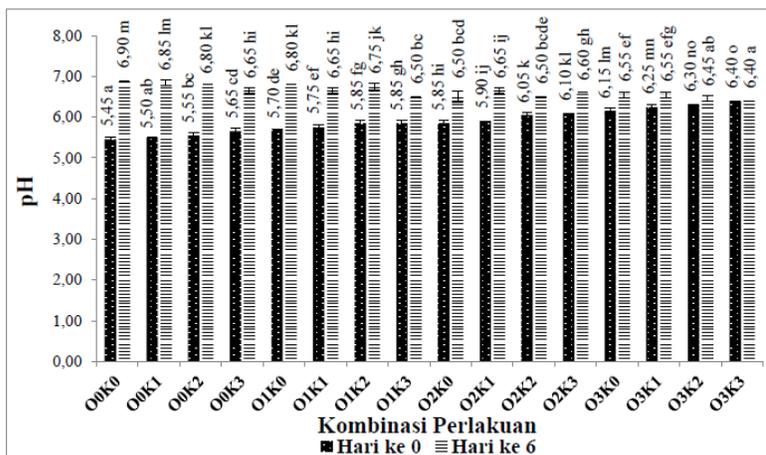
Keterangan : Kontrol = daging sapi tanpa paparan ozon dan tanpa konsentrasi bubuk kecombrang; O3K3 = daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%.

Gambar 9. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap FFA daging sapi

Gambar 9 menunjukkan nilai FFA daging sapi perlakuan kontrol pada hari ke-0 sebesar 0,92% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 0,85%. Nilai FFA perlakuan O3K3 pada hari ke-0 sebesar 0,82% sedangkan pada hari ke-6 sebesar 0,72%. Penurunan FFA disebabkan karena asam lemak bebas mengalami tahap reaksi autooksidasi pada tahap terminasi yaitu asam lemak bebas terurai menjadi aldehid dan keton (Christie *et al.*, 2016). Penggunaan ozon dan bubuk kecombrang diduga dapat menurunkan kadar asam lemak bebas pada daging sapi. Hasil penelitian Rahmahidayati *et al.* (2014) menunjukkan bahwa asam lemak bebas pada ikan nila merah dengan penambahan ozon lebih rendah dibandingkan pada ikan nila merah tanpa perlakuan. Kandungan senyawa fenol dan flavonoid pada kecombrang yang berperan sebagai antioksidan diduga dapat menghambat terjadinya oksidasi dan mengubah radikal bebas menjadi senyawa yang stabil sehingga dapat menurunkan kadar asam lemak bebas. Seperti pada hasil penelitian Naufalin *et al.* (2019) penambahan konsentrat kecombrang mampu menghambat pembentukan FFA pada sosis gurami selama penyimpanan.

6. pH

Indikator untuk menentukan derajat keasaman atau kebasaaan dari daging segar adalah pH (Merthayasa *et al.*, 2015). Perubahan warna dan bau pada daging terjadi apabila pH daging mencapai 6,8 atau lebih (Dina *et al.*, 2017). Faktor yang mempengaruhi pH daging sapi antara lain perbedaan umur, jenis sapi, teknik pemotongan, lama pengistirahatan dan bobot karkas (Kurniawan *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil analisis ragam *Two Way Anova*, perlakuan lama paparan ozon (O) dan konsentrasi bubuk kecombrang (K) berpengaruh nyata terhadap pH daging sapi hari ke-0 tetapi interaksi antar perlakuan (OxK) tidak berpengaruh nyata terhadap pH daging sapi hari ke-0. Sedangkan pada hari ke-6, perlakuan lama paparan ozon (O), konsentrasi bubuk kecombrang (K), dan interaksi kedua perlakuan (OxK) berpengaruh nyata terhadap pH daging.



Keterangan : O = Lama paparan ozon (O0 = 0 menit, O1 = 5 menit, O2 = 10 menit, O3 = 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = 0 %, K1 = 2%, K2 = 4%, K3 = 6%); notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Gambar 10. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap pH daging sapi

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pH daging sapi pada hari ke-0 berada pada rentan 5,4-6,4 sedangkan pH daging sapi pada hari ke-6 berada pada rentan 6,4-6,9. Nilai pH daging sapi tidak ada yang berada dibawah 5,3. Sesuai dengan penelitian Haq *et al.* (2015), pH yang tidak berada dibawah 5,3 disebabkan oleh enzim-enzim yang terlibat dalam glikolisis *anaerob* tidak aktif bekerja. Pada penelitian ini nilai pH daging sapi terendah adalah 5,4. Nilai pH daging sapi yang tinggi dapat disebabkan oleh cadangan glikogen otot yang rendah (Nurwantoro *et al.*, 2012).

Gambar 10 menunjukkan nilai pH hari ke-0 dan hari ke-6. Peningkatan pH selaras dengan kerusakan produk yang ditandai dengan meningkatnya aktivitas mikroorganisme (Prabawa *et al.*, 2021). Menurut Dina *et al.* (2017), peningkatan pH juga dapat dipengaruhi oleh umur sapi yang sudah tua. Semakin lama paparan ozon dan semakin tinggi konsentrasi bubuk kecombrang yang diberikan maka pH daging sapi semakin terkontrol. Menurut Prabawa *et al.* (2021), penggunaan ozon dapat menekan kenaikan nilai pH karena ozon merupakan agen antimikroba. Hasil penelitian Dina *et al.* (2017) menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak kecombrang pada daging sapi dapat menghasilkan pH yang lebih baik pada masa simpan yang lama.

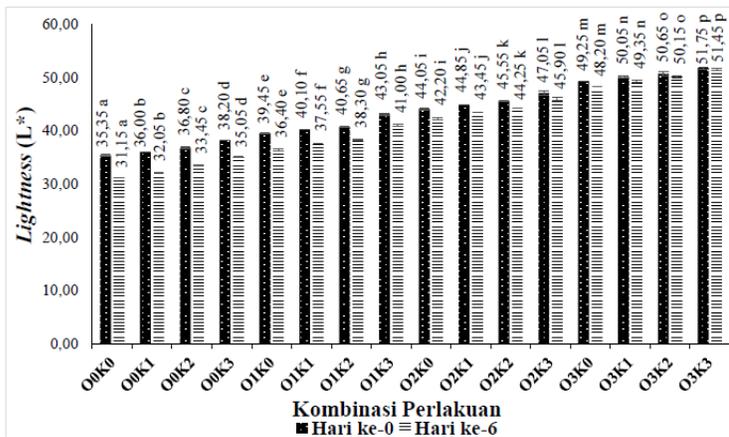
7. Warna

Warna adalah salah satu karakteristik daging yang mudah teridentifikasi. Warna merah cerah adalah warna yang disukai konsumen. Pengukuran warna dilakukan menggunakan alat *color reader* dengan notasi hunter L*, a* dan b*. Kemudian intensitas warna dihitung berdasarkan nilai a dan b pada daging. Nilai L* menyatakan tingkat kecerahan berkisar antara 0 sampai 100. Nilai L* semakin meningkat menunjukkan warna daging yang semakin cerah (Wahyuni *et al.*, 2018).



Gambar 11. Pengujian Warna Menggunakan *Color Reader*

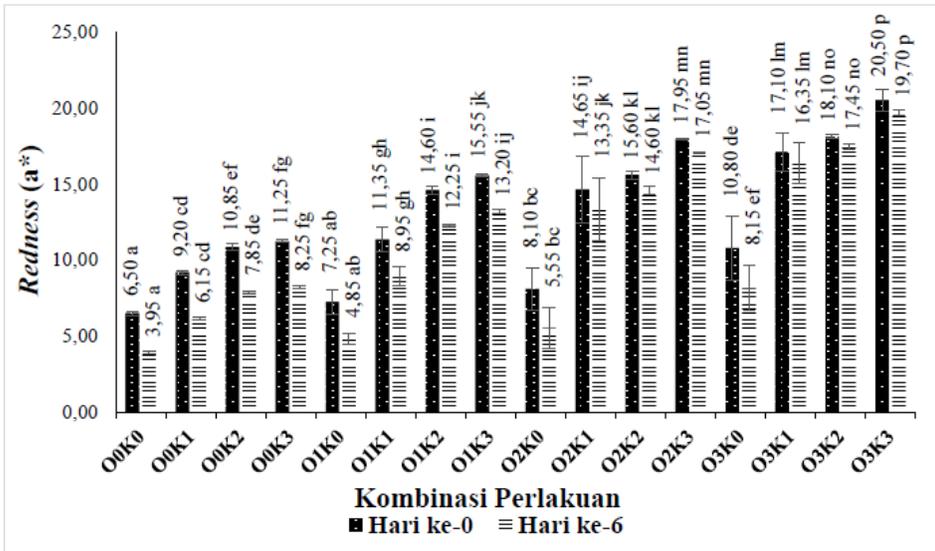
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa lama paparan ozon (O), konsentrasi bubuk kecombrang (K), dan interaksinya (OxK) berpengaruh nyata terhadap nilai *lightness* (L^*) daging sapi hari ke-0 dan hari ke-6.



Keterangan : O = Lama paparan ozon (O0 = 0 menit, O1 = 5 menit, O2 = 10 menit, O3 = 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = 0 %, K1 = 2%, K2 = 4%, K3 = 6%); notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Gambar 12. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap *lightness* (L^*) daging sapi

Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai *lightness* daging sapi berbeda nyata untuk semua perlakuan. Pada hari ke-0 dan hari ke-6 masing-masing perlakuan saling berbeda nyata yang ditunjukkan oleh nilai *lightness* pada grafik diikuti oleh notasi huruf yang berbeda. Nilai *a** menunjukkan tingkat kemerahan dan kehijauan berkisar antara - 80 sampai 100 (Wahyuni *et al.*, 2018). Berdasarkan analisis ragam perlakuan lama paparan ozon (O), konsentrasi bubuk kecombrang (K), serta interaksi lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang (OxK) berpengaruh nyata terhadap nilai *redness* (*a**) daging sapi hari ke-0 dan hari ke-6.

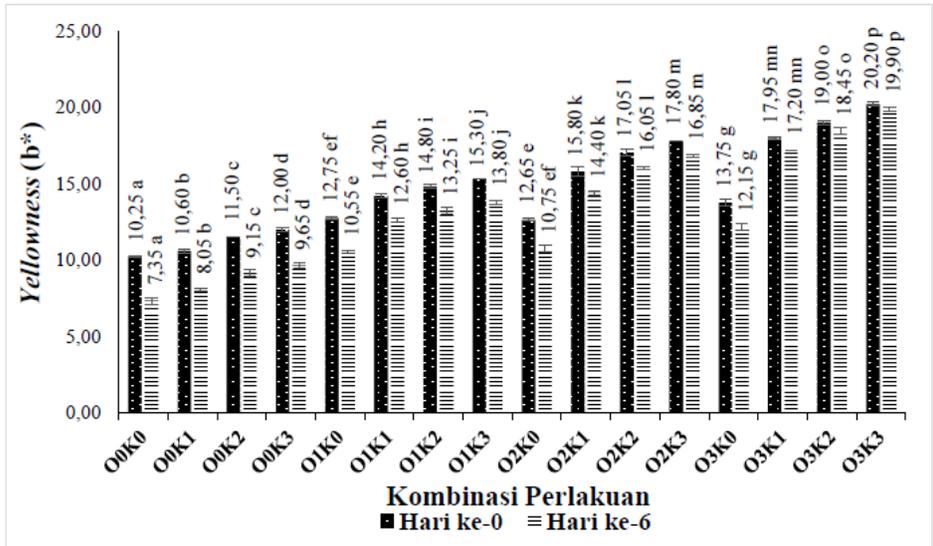


Keterangan : O = Lama paparan ozon (O0 = 0 menit, O1 = 5 menit, O2 = 10 menit, O3 = 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = 0 %, K1 = 2%, K2 = 4%, K3 = 6%); notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Gambar 13. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap *redness* (*a**) daging sapi

Nilai *b** menunjukkan tingkat kekuningan dan kebiruan yang berkisar antara -80 sampai 70. Nilai *b** yang positif menunjukkan bahwa pigmen warna kuning dalam daging tinggi, sedangkan nilai *b** negatif menunjukkan bahwa pigmen warna

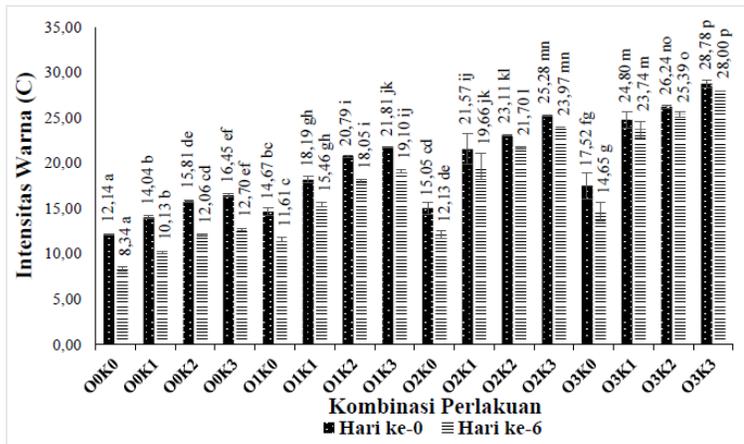
biru daging tinggi. Hasil analisis ragam *Two Way Anova* menunjukkan bahwa lama paparan ozon (O), konsentrasi bubuk kecombrang (K), dan interaksinya (OxK) berpengaruh nyata terhadap nilai *yellowness* (b^*) daging sapi pada hari ke-0 dan hari ke-6.



Keterangan : O = Lama paparan ozon (O0 = 0 menit, O1 = 5 menit, O2 = 10 menit, O3 = 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = 0 %, K1 = 2%, K2 = 4%, K3 = 6%); notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Gambar 14. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap *yellowness* (b^*) daging sapi

Intensitas warna menjadi parameter penting bagi konsumen terhadap penerimaan suatu produk. Intensitas warna dihitung menggunakan rumus dimana nilai a adalah derajat merah dan b derajat kuning. Warna dapat dijadikan sebagai parameter perubahan yang terjadi dalam daging, baik secara fisik maupun kimia (Naufalin *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil analisis ragam faktor lama paparan ozon (O), konsentrasi bubuk kecombrang (K), dan interaksinya (OxK) berpengaruh nyata terhadap intensitas warna daging sapi hari ke-0 dan hari ke-6.



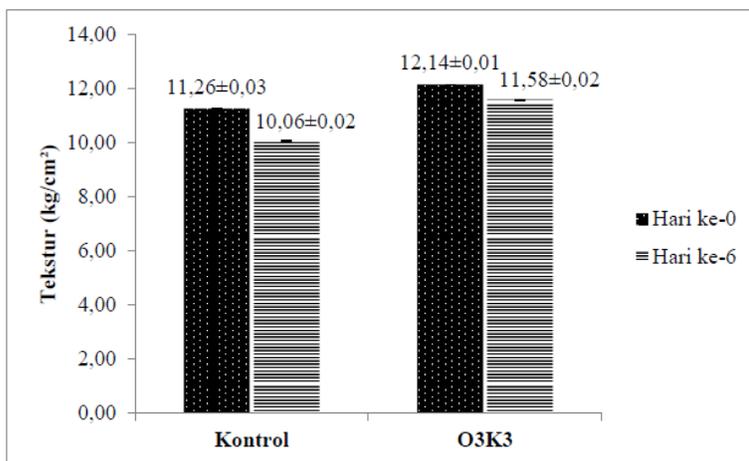
Keterangan : O = Lama paparan ozon (O0 = 0 menit, O1 = 5 menit, O2 = 10 menit, O3 = 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = 0 %, K1 = 2%, K2 = 4%, K3 = 6%); notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5%.

Gambar 15. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap intensitas warna (C) daging sapi.

Berdasarkan hasil penelitian, warna daging sapi meningkat seiring meningkatnya lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang. Warna daging sapi yang diberi perlakuan memiliki nilai L*, a*, b* dan C yang lebih tinggi dibandingkan daging sapi tanpa perlakuan. Menurut Rahayu *et al.* (2020), peningkatan diduga karena selama pembaluran kecombrang senyawa-senyawa polifenol/tannin dan flavonoid pada batang kecombrang terpenetrasi ke dalam serat daging yang berperan sebagai agent pereduksi oksimioglobin. Semakin tinggi penambahan konsentrasi yang digunakan maka semakin tinggi pula intensitas warna pada daging. Daging yang terkena O2 menyebabkan mioglobin dan oksigen dalam daging akan bereaksi membentuk *ferrouxymyoglobin* (OxyMb) sehingga daging berwarna merah cerah. Apabila waktu kontak mioglobin dan oksigen berlangsung lama maka terjadi oksidasi membentuk *ferricmetmyoglobin* (MetMb) yang mengakibatkan daging berwarna coklat (Kuntoro *et al.*, 2013).

Menurut Zahro *et al.* (2021), penyimpanan daging pada suhu 4°C mengakibatkan terjadinya penurunan kecerahan warna daging seiring bertambahnya lama simpan. Perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang dapat mempertahankan warna pada daging sapi. Seperti pada penelitian Lyu *et al.* (2016) disebutkan bahwa perlakuan O₃ yang dikombinasikan dengan CO dapat mempertahankan warna pada daging sapi selama penyimpanan. Kandungan antioksidan berupa flavonoid pada kecombrang diduga dapat menghambat penurunan warna pada daging. Sejalan dengan penelitian Hanifah *et al.* (2019), semakin tinggi konsentrasi konsentrat daun kecombrang yang ditambahkan semakin tinggi pula intensitas warna sehingga dapat menghambat perubahan warna pada *fillet* ikan gurami selama penyimpanan.

8. Tekstur



Keterangan : Kontrol = daging sapi tanpa paparan ozon dan tanpa konsentrasi bubuk kecombrang; O3K3 = daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%.

Gambar 16. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap tekstur daging sapi

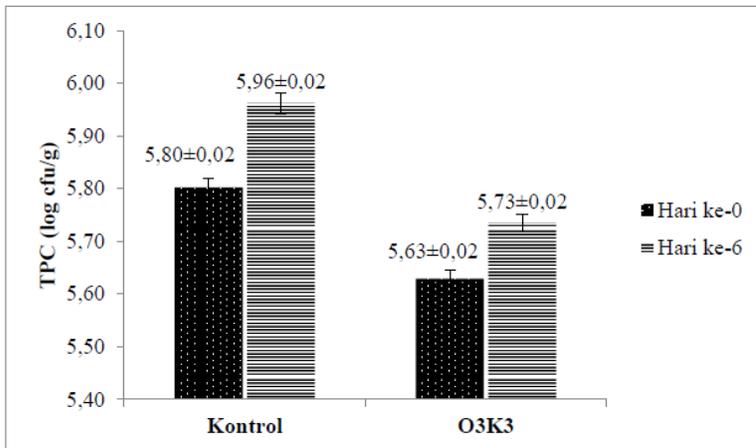
Tekstur menunjukkan ukuran ikatan-ikatan serabut otot yang dibatasi oleh septum-septum perimiseal jaringan ikat yang membagi otot secara longitudinal (Rahmahidayati *et al.*, 2014). Ciri yang sering dijadikan acuan adalah kekerasan, kekohesifan dan kandungan air. Berdasarkan uji T-test ($p < 0.05$), terdapat perbedaan tekstur pada hari ke-0 dan hari ke-6 antara perlakuan kontrol dan perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%.

Nilai tekstur daging sapi perlakuan kontrol pada hari ke-0 sebesar 11,26 kg/cm² sedangkan pada hari ke-6 sebesar 10,06 kg/cm². Nilai tekstur perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% pada hari ke-0 sebesar 12,14 kg/cm² sedangkan pada hari ke-6 sebesar 11,58 kg/cm². Faktor yang mempengaruhi tekstur daging sapi antara lain kandungan air, kandungan lemak dan jenis karbohidrat (Liur *et al.*, 2019). Tekstur dapat menentukan keempukan daging. Nilai keempukan daging menurun seiring dengan bertambahnya lama simpan. Penurunan disebabkan karena penguraian protein dan pemecahan ikatan kolagen dalam daging selama penyimpanan (Samodra & Cahyono, 2010). Kandungan flavonoid sebagai antioksidan mampu menghambat terjadinya oksidasi protein pada daging sehingga dapat mempertahankan tekstur daging (Asfar & Asfar, 2020). Pada penelitian Naufalin *et al.* (2019), penambahan konsentrasi batang kecombrang dapat menaikkan nilai tekstur pada sosis gurami. Nilai kekerasan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi batang kecombrang.

9. Mikrobiologi (*Total Plate Count*)

Karakteristik mikrobiologi dilakukan dengan pengujian total mikroba pada daging sapi. *Total Plate Count* (TPC) merupakan suatu metode pengujian untuk menghitung jumlah mikroba dalam cawan petri yang berisi media agar (Sukmawati, 2018). *Total Plate Count* perlu diketahui untuk memastikan layak atau tidaknya suatu bahan pangan untuk dikonsumsi berdasarkan jumlah mikroba. Jumlah mikroba dalam daging berkaitan dengan masa simpan daging. Menurut SNI 3932:2008 *Total Plate Count* pada daging sapi maksimum 1×10^6 cfu/g. Hasil uji T-test

($p < 0.05$) menunjukkan ada perbedaan jumlah mikroba daging sapi antara perlakuan kontrol dan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%.



Keterangan : Kontrol = daging sapi tanpa paparan ozon dan tanpa konsentrasi bubuk kecombrang; O3K3 = daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%.

Gambar 17. Nilai rata-rata perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang terhadap total plate count daging sapi

Mengacu pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa nilai TPC daging sapi perlakuan kontrol pada hari ke-0 sebesar 5,80 log cfu/g sedangkan pada hari ke-6 sebesar 5,96 log cfu/g. Nilai TPC perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% pada hari ke-0 sebesar 5,63 log cfu/g sedangkan pada hari ke-6 sebesar 5,73 log cfu/g. Peningkatan jumlah mikroba menandakan adanya pertumbuhan mikroba pada perlakuan kontrol maupun lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%. Aktivitas mikroba meningkat seiring dengan meningkatnya lama simpan sehingga jumlah mikroba turut meningkat (Naufalin & Rukmini, 2012). Jumlah mikroba pada daging sapi perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol. Perbedaan jumlah mikroba pada awal

penyimpanan menunjukkan bahwa lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang berhasil menghambat pertumbuhan mikroba. Menurut Maruf *et al.* (2012), ozon membunuh mikroorganisme dengan cara mengoksidasi dan menghancurkan dinding sel. Selain itu, kandungan flavonoid pada batang kecombrang juga berpotensi sebagai antibakteri. Flavonoid dapat merusak dinding sel dan membran sitoplasma sehingga terjadi denaturasi protein yang dapat menyebabkan terhentinya aktivitas metabolisme sel dan mengakibatkan kematian sel bakteri (Faiqoh *et al.*, 2020).

10. Sensoris

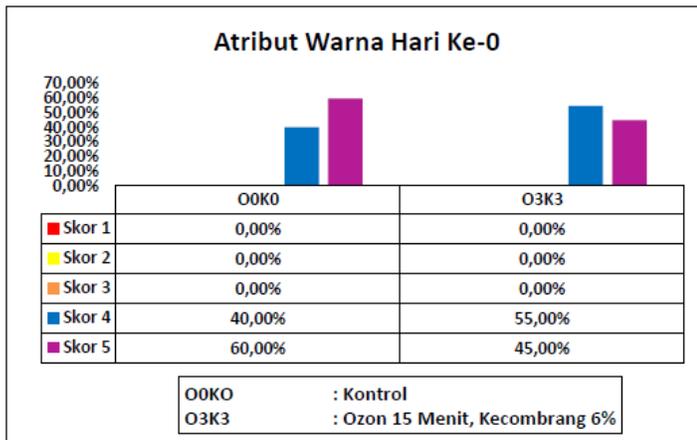
Analisis sensoris dilakukan terhadap daging sapi tanpa perlakuan (OOK0) dan daging sapi yang diberi perlakuan lama paparan ozon 15 menit, konsentrasi bubuk kecombrang 6% Adapun atribut yang dinilai meliputi warna, aroma, tekstur dan penerimaan keseluruhan (*overall*).



Gambar 18. Proses Pengujian Sensoris

a. Warna

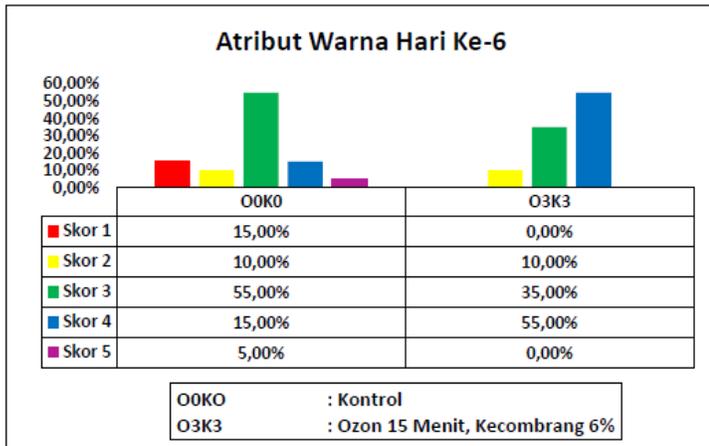
Warna merupakan atribut daya tarik utama konsumen dalam menilai barang atau suatu produk (Prabawa *et al.*, 2021). Salah satu faktor penting yang menentukan kualitas daging secara fisik yaitu warna. Warna menjadi indikator untuk melihat kesegaran daging (Kuntoro *et al.*, 2013).



Keterangan : Skor 1 = Merah kehijauan; Skor 2 = Merah kecoklatan; Skor 3 = Merah gelap; Skor 4 = Agak merah gelap; Skor 5 = Merah cerah.

Gambar 19. Presentase penilaian panelis terhadap atribut warna daging sapi hari ke-0

Gambar 19 menunjukkan hasil penilaian panelis terhadap atribut warna hari ke-0. Berdasarkan grafik menunjukkan bahwa 60% panelis memberi skor 5 pada daging sapi O0K0 (kontrol) yang menunjukkan bahwa daging berwarna merah cerah, sedangkan 55% panelis memberi skor 4 pada daging sapi O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%) yang menunjukkan daging berwarna agak merah gelap.



Keterangan : Skor 1 = Merah kehijauan; Skor 2 = Merah kecoklatan; Skor 3 = Merah gelap; Skor 4 = Agak merah gelap; Skor 5 = Merah cerah.

Gambar 20. Presentase penilaian panelis terhadap atribut warna daging sapi hari ke-6

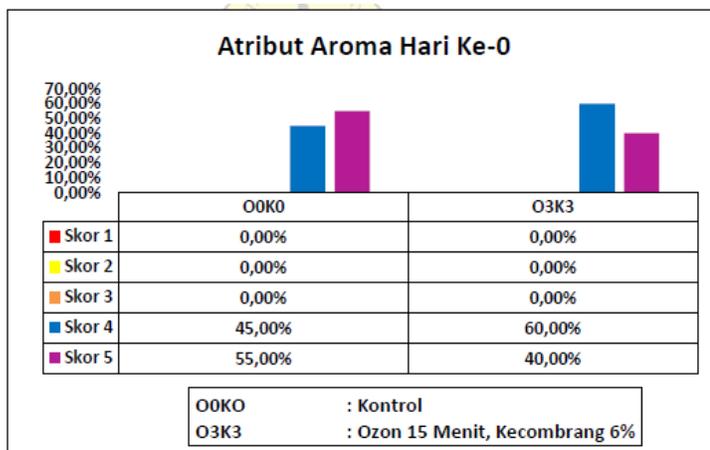
Dari data tersebut menunjukkan bahwa 55% panelis memberikan skor 3 pada daging sapi O0K0 (kontrol) yang berarti daging berwarna merah gelap, sedangkan pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%) 55% panelis memberikan skor 4 yang menunjukkan daging berwarna agak merah gelap. Pada hari ke-6 tidak ada seorang pun yang memberi skor 5 terhadap atribut warna. Hal ini dimungkinkan karena warna daging sapi yang mengalami penurunan warna selama penyimpanan. Dapat disimpulkan bahwa panelis lebih menyukai daging sapi O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%) yang dapat mempertahankan warna daging selama penyimpanan. Menurut SNI 3932:2008 tentang mutu dan karkas daging sapi, standar warna daging sapi mulai dari merah muda sampai merah tua.

Faktor yang mempengaruhi warna daging antara lain spesies, jenis kelamin hewan, umur, cara memotong hewan, dan cahaya yang mengenai permukaan daging (Dina *et al.*, 2017). Warna daging sapi juga dipengaruhi oleh pigmen

mioglobin. Daging yang terekspos dengan udara (O₂) menyebabkan mioglobin dan oksigen dalam daging akan bereaksi membentuk *ferrousuxymioglobin* (OxyMb) sehingga daging berwarna merah cerah. Namun, apabila mioglobin kontak lama dengan oksigen maka terjadi oksidasi membentuk *ferricmetmyoglobin* (MetMb) sehingga daging berwarna coklat dan tidak menarik (Kuntoro *et al.*, 2013). Hasil penelitian selaras dengan Prabawa *et al.* (2021) bahwa warna daging ayam yang diberi perlakuan waktu ozonisasi 15 menit mendapatkan nilai tertinggi selama penyimpanan 2 hari pada suhu 10°C dan suhu -6°C. Pada penelitian Dina *et al.* (2017) daging sapi dengan perendaman ekstrak kecombrang 40 ml mendapat penilaian tertinggi selama penyimpanan 30 jam pada suhu ruang.

b. Aroma

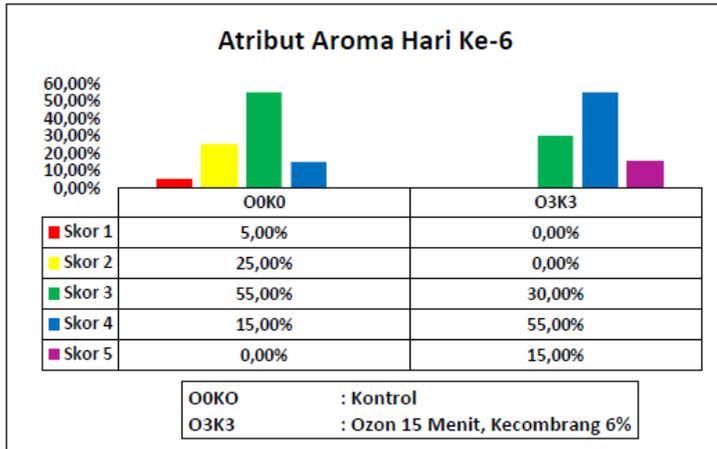
Parameter kualitas sensori daging adalah aroma atau bau (Liur *et al.*, 2019). Pada umumnya cita rasa konsumen terhadap produk makanan sangat ditentukan oleh aroma (Aldona *et al.*, 2019).



Keterangan : Skor 1 = Sangat berbau busuk; Skor 2 = Berbau busuk; Skor 3 = Agak berbau busuk; Skor 4 = Berbau khas daging; Skor 5 = Sangat berbau khas daging

Gambar 21. Presentase penilaian panelis terhadap atribut aroma daging sapi hari ke-0

Daging sapi O0K0 (kontrol) mendapatkan penilaian 55% pada skor 5 yang menunjukkan daging sapi sangat berbau khas daging, sedangkan 60% panelis memberi skor 4 pada daging sapi O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%) yang berarti daging sapi berbau khas daging.



Keterangan : Skor 1 = Sangat berbau busuk; Skor 2 = Berbau busuk; Skor 3 = Agak berbau busuk; Skor 4 = Berbau khas daging; Skor 5 = Sangat berbau khas daging

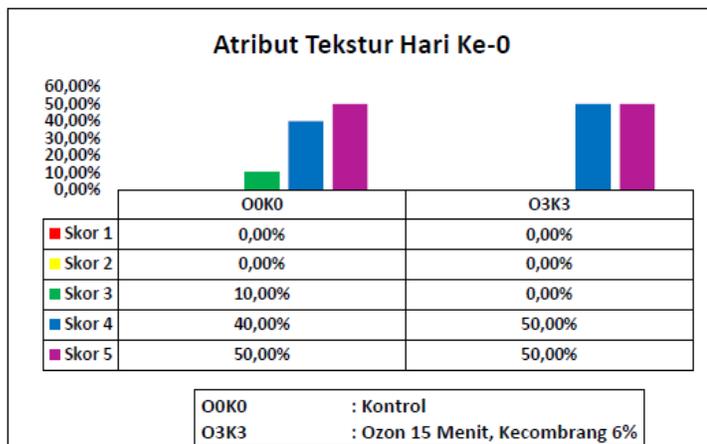
Gambar 22. Presentase penilaian panelis terhadap atribut aroma daging sapi hari ke-6

Pada perlakuan O0K0 (kontrol) 55% panelis memberi skor 3 yang berarti daging sapi agak berbau busuk sedangkan pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit, konsentrasi bubuk kecombrang 6%) 55% panelis memberikan skor 4 yang menunjukkan berbau khas daging. Semakin lama penyimpanan daging dalam suhu 4°C mengakibatkan semakin menurunnya aroma pada daging. Penurunan aroma pada daging disebabkan karena hilangnya nutrient bersama cairan yang keluar (Zahro *et al.*, 2021). Pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang merusak protein dapat menimbulkan bau busuk pada daging (Beti *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil penilaian panelis dapat dilihat bahwa daging sapi perlakuan

O3K3 menunjukkan atribut aroma yang lebih baik daripada daging sapi kontrol selama penyimpanan. Hasil penelitian selaras dengan Prabawa *et al.* (2021) bahwa semakin lama daging ayam kontak dengan ozon menghasilkan nilai aroma yang lebih baik. Hasil penelitian Dina *et al.* (2017) menunjukkan bahwa perendaman daging sapi dengan ekstrak bunga kecombrang masih berbau khas daging pada masa simpan 12 jam dalam suhu ruang.

c. Tekstur

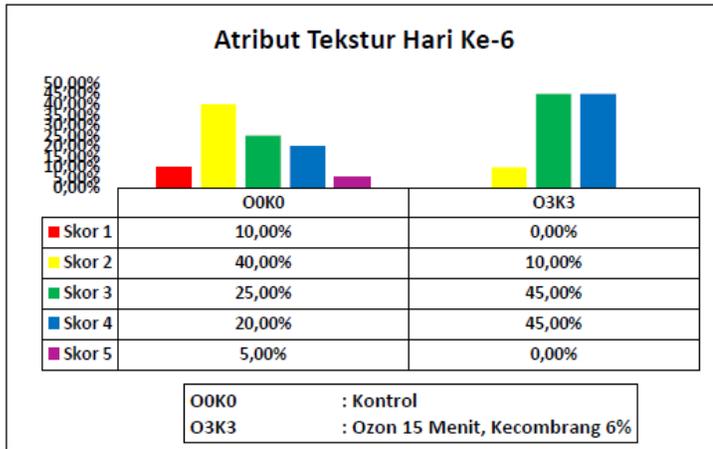
Salah satu unsur kualitas daging yang menjadi tolak ukur daya tarik konsumen dalam memilih daging adalah tekstur (Agustina *et al.*, 2017).



Keterangan : Skor 1 = Lembek; Skor 2 = Agak lembek; Skor 3 = Agak empuk; Skor 4 = Empuk; Skor 5 = Sangat empuk

Gambar 23. Presentase penilaian panelis terhadap atribut tekstur daging sapi hari ke-0

Dari hasil penilaian panelis dapat diketahui bahwa pada atribut tekstur 50% panelis memberikan penilaian skor 5 terhadap daging sapi O0K0 (kontrol) dan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit, konsentrasi bubuk kecombrang 6%). Hal ini menunjukkan bahwa daging sapi bertekstur sangat empuk pada hari ke-0.



Keterangan : Skor 1 = Lembek; Skor 2 = Agak lembek; Skor 3 = Agak empuk; Skor 4 = Empuk; Skor 5 = Sangat empuk

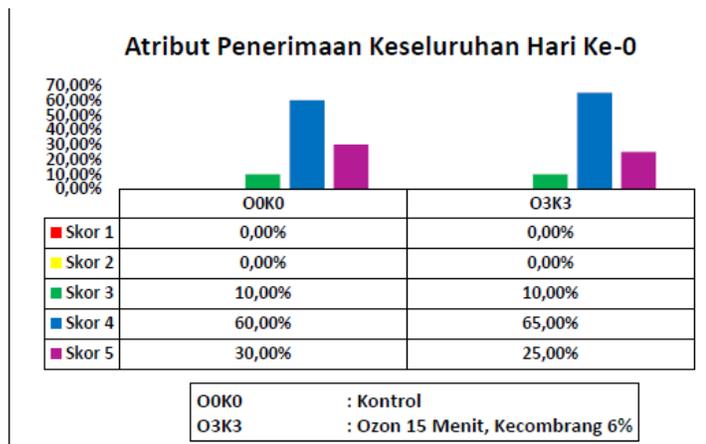
Gambar 24. Presentase penilaian panelis terhadap atribut tekstur daging sapi hari ke-6

Mengacu pada Gambar 20 dapat dilihat bahwa pada perlakuan O0K0 40% panelis memberi skor 2 yang berarti daging sapi bertekstur agak lembek, sedangkan pada lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% yaitu 45% panelis memberi skor 3 dan 4 yang menunjukkan daging sapi bertekstur agak empuk-empuk. Nilai tekstur cenderung menurun seiring dengan semakin lama penyimpanan. Penurunan tekstur berhubungan dengan peningkatan pH selama penyimpanan. Hilangnya cairan dalam daging juga dapat memperburuk tekstur sehingga menurunkan kesukaan konsumen (Prabawa *et al.*, 2021). Menurut Beti *et al.* (2020), adanya mikroba dalam daging dapat menyebabkan konsistensi daging menjadi lembek. Faktor yang mempengaruhi keempukan daging terbagi menjadi dua, yaitu faktor antemortem dan faktor *postmortem*. Faktor antemortem seperti genetik dan termasuk bangsa, spesies dan fisiologi, faktor umur, jenis kelamin dan stress. Faktor *postmortem* meliputi metode pelayuan, refrigerasi dan pembekuan termasuk faktor lama dan temperatur penyimpanan serta metode pengolahan (Dina *et al.*, 2017).

Daging sapi perlakuan O3K3 lebih disukai daripada daging sapi kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan lama paparan ozon dan konsentrasi bubuk kecombrang dapat mempertahankan tekstur daging sapi selama penyimpanan. Hasil penelitian ini selaras dengan Prabawa *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa semakin lama kontak dengan ozon menghasilkan tekstur daging ayam yang lebih disukai oleh panelis selama penyimpanan. Pada penelitian Dina *et al.* (2017), tekstur daging sapi yang diberi perlakuan ekstrak kecombrang cenderung mendapatkan penilaian lebih tinggi dibandingkan daging sapi tanpa perlakuan.

d. Penerimaan keseluruhan (*overall*)

Atribut penerimaan keseluruhan merupakan parameter yang menunjukkan daya penerimaan panelis terhadap produk yang disajikan mencakup warna, aroma dan tekstur.

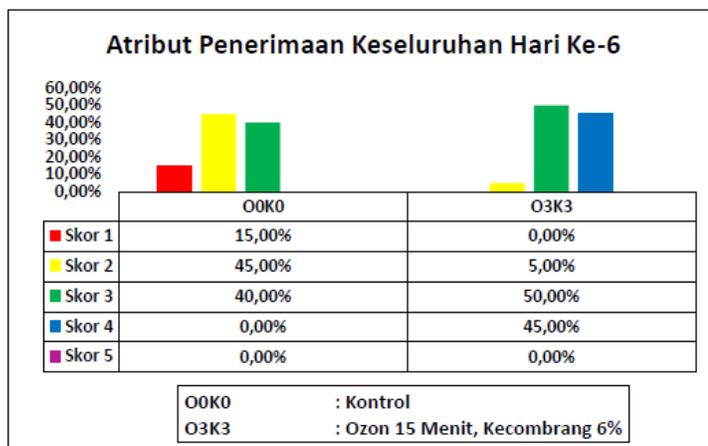


Keterangan : Skor 1 = Sangat tidak suka; Skor 2 = Tidak suka; Skor 3 = Cukup suka; Skor 4 = Suka; Skor 5 = Sangat suka

Gambar 25. Presentase penilaian panelis terhadap atribut penerimaan secara keseluruhan (*overall*) daging sapi hari ke-0

Hasil penilaian panelis menunjukkan bahwa sebagian besar panelis memberikan skor 4 pada daging sapi O0K0 (kontrol) dan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit, konsentrasi

bubuk kecombrang 6%). Secara keseluruhan tidak ada panelis yang memberikan skor 1 dan 2 pada kedua sampel tersebut.



Keterangan : Skor 1 = Sangat tidak suka; Skor 2 = Tidak suka; Skor 3 = Cukup suka; Skor 4 = Suka; Skor 5 = Sangat suka

Gambar 26. Presentase penilaian panelis terhadap atribut penerimaan secara keseluruhan (*overall*) daging sapi hari ke-6

Hasil penilaian panelis menunjukkan bahwa panelis lebih menyukai daging sapi dengan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6% (O3K3) pada hari ke-6. Semakin lama penyimpanan nilai *overall* mengalami penurunan. Pada hari ke-6 tidak ada satu pun panelis yang memberikan skor 5 pada kedua sampel.

Selama penyimpanan panelis lebih menyukai daging sapi O3K3 (lama paparan ozon 15 menit, konsentrasi bubuk kecombrang 6%) dibandingkan daging sapi tanpa perlakuan (kontrol). Selaras dengan hasil penelitian Prabawa *et al.* (2021). bahwa selama penyimpanan daging ayam perlakuan ozon lebih diminati panelis daripada daging ayam kontrol.

BAB V. HASIL APLIKASI OZON PADA IKAN

A. Jenis Ikan

Berdasarkan habitatnya, ikan dibedakan menjadi ikan air tawar, dan ikan air laut. Ikan merupakan salah satu jenis bahan pangan yang umur simpannya tidak panjang. Sehingga perlu dilakukan penanganan lebih lanjut. Sistem pertahanan tubuh ikan ketika hidup dapat menekan keberadaan bakteri pada daging ikan, namun setelah mekanisme di dalam tubuh ikan terhenti bakteri berkembangbiak dan berpenetrasi ke dalam daging ikan. Penanganan yang terlambat membuat pertumbuhan bakteri semakin pesat sehingga ikan menjadi busuk yang ditandai dengan permukaan tubuh berlendir, daging menjadi lembek, dan berbau busuk (Lokollo & Mailoa, 2020).

Ikan air laut merupakan spesies ikan yang hanya dapat hidup di lingkungan dengan kadar garam tinggi. Karena ikan ini memiliki cairan tubuh dengan kadar garam yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar garam di lingkungannya. Sehingga mereka dapat hidup di perairan laut yang memiliki kadar garam di dalamnya. Ikan air tawar merupakan ikan yang dapat ditemukan di perairan yang memiliki kadar garam rendah, seperti sungai atau danau. Sekitar 41% dari seluruh jenis ikan, merupakan ikan air tawar yang sudah beradaptasi dengan lingkungannya. Contoh ikan air laut dan air tawar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Contoh ikan air laut dan air tawar

No	Habitat	
	Ikan Air Laut	Ikan Air Tawar
1	 <p>Ikan Kakap Merah</p>	 <p>Ikan Mujair</p>
2	 <p>Ikan Tuna</p>	 <p>Ikan Lele</p>
3	 <p>Ikan Tongkol</p>	 <p>Ikan Gurami</p>
4	 <p>Ikan Makarel</p>	 <p>Ikan Nila</p>

B. Klasifikasi Ikan Gurami

Ikan gurami termasuk komoditas yang banyak dikembangkan oleh para petani. Selain itu, ikan gurami merupakan bahan pangan yang mempunyai kandungan gizi tinggi sehingga bermanfaat bagi manusia. Ikan gurami merupakan ikan asli perairan Indonesia yang sudah menyebar ke wilayah Asia Tenggara dan Cina. Ikan ini memiliki labirin dan secara taksonomi termasuk dalam famili *Osphronemidae*. Ikan gurami termasuk komoditas yang banyak dikembangkan oleh para petani. Selain itu, ikan gurami merupakan bahan pangan yang mempunyai kandungan gizi tinggi sehingga bermanfaat bagi manusia. Ikan gurami ini merupakan salah satu ikan yang biasa diperdagangkan dalam bentuk ikan segar (Nurjanah *et al.*, 2011).

Klasifikasi ikan gurami sebagai berikut (Bachtiar, 2010):

Filum	: Cordota
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Subkelas	: Teleostei
Ordo	: Labyrinthici
Subordo	: Anabantoidae
Genus	: <i>Osphronemus</i>
Speies	: <i>Osphronemus gourami</i> Lac

Menurut Bachtiar (2010), perbedaan fisik gurami jantan dan betina yaitu pada bagian dahi, ikan gurami jantan memiliki dahi yang menonjol sedangkan pada ikan gurami betina memiliki dahi yang tidak menonjol. Pada pangkal sirip dada, ikan gurami jantan memiliki pangkal sirip dada yang terang atau keputih-putihan, sedangkan pada ikan gurami betina agak kehitaman atau gelap. Kemudian pada bagian dagu, ikan gurami jantan memiliki dagu kuning sedangkan ikan gurami betina memiliki dagu agak cokelat. Dan pada bagian ekor, ikan gurami jantan jika diletakkan diatas lantai maka ekornya terangkat keatas sedangkan pada ikan gurami betina jika diletakkan diatas lantai, ekornya diam.



Gambar 27. Ikan Gurami
Sumber: www.tanahkaya.com

Ikan gurami memiliki daging yang tebal dan bercitarasa gurih dan lezat selain itu juga memiliki nilai gizi yang tinggi dan banyak mengandung protein (Ahmad *et al.*, 2017). Gurami memiliki bentuk fisik yang khas yaitu badannya putih, agak panjang dan lebar. Badannya tertutup sirip sisik yang kuat dengan tepi agak kasar. Mulutnya kecil, letaknya miring tidak tepat dibawah ujung moncong. Bibir bawah terlihat menonjol sedikit dibandingkan bibir atas. Ujung mulut dapat disembulkan sehingga tampak monyong (Kristina & Sulantiwi, 2015).

Ikan segar memiliki kelemahan, yaitu mudah mengalami kerusakan atau kemunduran kualitas ikan (*highly perishable food*). Proses penurunan mutu ikan akan terus berlangsung jika tidak dihambat. Kecepatan proses tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor internal yang lebih banyak berkaitan dengan sifat ikan itu sendiri dan faktor eksternal yang berkaitan dengan lingkungan dan perlakuan manusia. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kemunduran mutu ikan adalah penggunaan alat tangkap dan penanganan pasca panen yang dilakukan oleh para nelayan (Nurjanah *et al.*, 2011).

Fillet ikan merupakan sayatan daging ikan tanpa kulit atau dengan kulit yang sudah dipisahkan dari isi perut, kepala, ekor, sisik, dan tulangnya (Yuliana *et al.*, 2017). *Fillet* pada daging ikan salah satunya memiliki sifat mudah rusak. Hal tersebut dikarenakan terdapat kandungan asam lemak tak jenuh mengakibatkan daging ikan mudah mengalami proses oksidasi. Selain itu, terdapat aktivitas enzim dan mikroorganisme sehingga ikan segar harus ditangani dengan baik agar layak dikonsumsi (Naufalin *et al.*, 2019). Berbagai metode telah

dikembangkan untuk meningkatkan umur simpan ikan. Pendinginan adalah metode yang efektif untuk menjaga kualitas ikan. Pembuatan *fillet* ikan dilakukan dengan cara ikan diletakkan dalam posisi miring, kemudian dari pangkal insang dipotong sampai ke tulang menggunakan pisau khusus daging. Setelah itu daging ikan disayat dari arah ekor ke arah kepala. Setelah daging terpisah dari tulang, dilakukan *skinless* yaitu memisahkan kulit ikan dari daging yang telah *difillet* sehingga diperoleh daging yang terpisah dari kulit (Sahubawa & Ustadi, 2018).

C. Kandungan Gizi Ikan Gurami

Ikan secara umum juga diketahui memiliki kandungan asam lemak esensial dan non esensial yang cukup tinggi dan bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia dan dapat dilihat dari profil asam lemaknya. Asam lemak tak jenuh jamak omega-3 seperti asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA) telah diketahui dapat menurunkan kolesterol darah dan menurunkan risiko beberapa penyakit (Peinado *et al.* 2016). Lemak dan asam lemak merupakan sumber dari senyawa-senyawa volatil yang terbentuk dan dapat memengaruhi aroma produk secara keseluruhan. Senyawa volatil dari golongan aldehyd, keton dan alkohol telah diketahui berasal dari berbagai reaksi yang melibatkan asam lemak (Peinado *et al.* 2016; Lazo *et al.* 2017). Kandungan nutrisi dari ikan gurami yaitu protein 18,93%, lemak 2,43%, vitamin A 749,715 IUI/100 g, vitamin B1 0,0792 mg/100 mg, vitamin B2 0,083 mg/100 g, dan vitamin B3 1,22 mg/100 g (Sani, 2014).

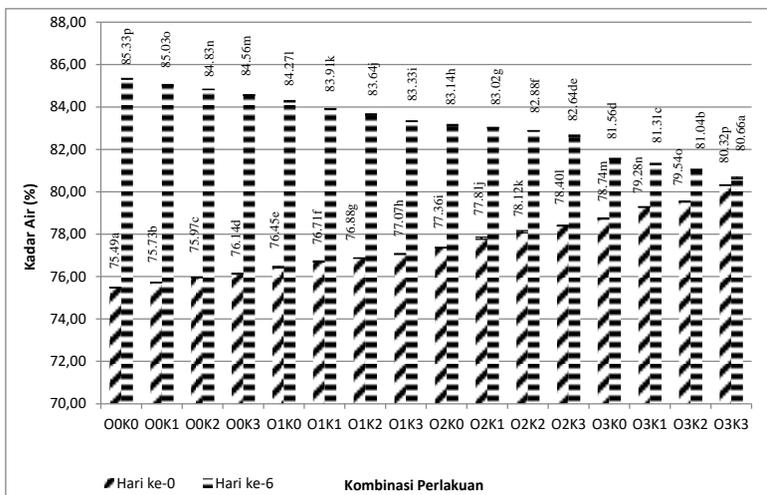
Tabel 4. Kandungan Gizi Ikan Gurami (100 gram)

No	Kandungan Gizi	Jumlah
1	Kalori	125 kkal
2	Lemak jenuh	1,062 g
3	Lemak Tak Jenuh Ganda	1,403 g
4	Lemah Tak Jenuh Tunggal	2,282 g
5	Kolesterol	65 mg
6	Protein	17,48 g
7	Karbohidrat	0 g
8	Sodium	48 mg
9	Kalium	326 mg

D. Aplikasi Teknologi Ozon terhadap variable kimia, fisik, mikrobiologi, dan sensoris ikan gurami

1. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu hal penting dalam bahan pangan yang memiliki hubungan erat dengan keawetan bahan pangan. Kadar air yang rendah diharapkan mampu memperpanjang umur simpan (Sakti *et al.*, 2016). Kandungan air dalam bahan pangan yang terkandung mempengaruhi daya tahan bahan pangan terhadap serangan mikroba, sehingga hal tersebut merupakan salah satu penyebab bahan pangan memiliki umur simpan yang tidak lama.



Keterangan: O = Lama paparan ozon (O0 = Lama paparan 0 menit; O1 = Lama paparan 5 menit; O2 = Lama paparan 10 menit; O3 = Lama paparan 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = Konsentrasi 0%; K1 = Konsentrasi 2%; K2 = Konsentrasi 4%; K3 = Konsentrasi 6%); Notasi yang berbeda pada grafik menunjukkan perbedaan nyata.

Gambar 28. Kadar air *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Berdasarkan hasil uji kadar air, kadar air hari ke-0 untuk semua perlakuan berada pada rentang 75.49 – 80.32%. Hal ini masih dalam rentang yang sama dengan kandungan air pada ikan segar yaitu berkisar 70-80% (Gultom *et al.*, 2015). Sedangkan

untuk kadar air *fillet* ikan gurami hari ke-6 berada pada rentang 80.65 – 85.33%. Berdasarkan Gambar 24, kadar air *fillet* ikan gurami hari ke-6 kadar air tertinggi yaitu pada perlakuan O0K0 (lama paparan ozon 0 menit dan konsentrasi kecombrang 0%) dengan nilai kadar air sebesar 85.33%. Kadar air terendah pada penyimpanan 6 hari yaitu pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%) dengan nilai kadar air sebesar 80.66% Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yusuf & Dasir, 2014), dimana bakso ikan gabus dengan penambahan tepung bunga kecombrang 4% memiliki kadar air yang lebih rendah setelah penyimpanan 5 hari dibandingkan dengan bakso ikan gabus dengan penambahan tepung bunga kecombrang 0%, 1%, 2%, dan 3%. Kenaikan kadar air selama penyimpanan dialami oleh ikan layur. Ikan layur pada hari ke 0 memiliki kadar air sebesar 77.68% dan mengalami kenaikan kadar air pada hari ke-6 yaitu 78.88% (Jacoeb *et al.*, 2020).



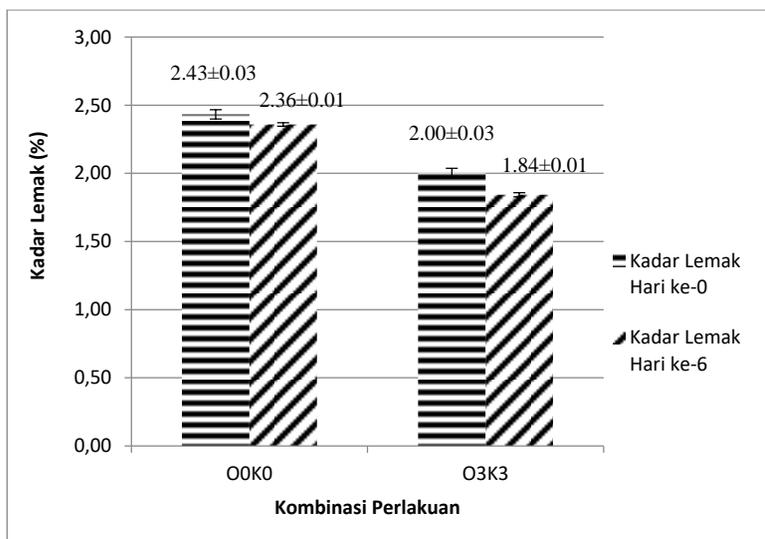
Gambar 29. Pengujian Kadar Air Menggunakan *Moisture Analyzer*

Peningkatan kadar air terjadi karena penurunan kemampuan mengikat air akibat meningkatnya kontraksi antara aktomiosin yang terbentuk. Sehingga dapat menyebabkan air bebas pada penyimpanan dapat mudah masuk kedalam jaringan otot (Pandey *et al.*, 2018). Pada penelitian Karamah *et al.* (2019),

disebutkan bahwa semakin lama waktu kontak ozonasi dengan ikan tuna, maka peningkatan kadar air selama masa penyimpanan akan semakin terkontrol.

2. Kadar Lemak

Kadar lemak merupakan indikator penting untuk mengetahui apakah bahan pangan masih layak konsumsi atau tidak. Kerusakan lemak dapat menyebabkan perubahan aroma dan rasa yang tidak enak.



Keterangan : O0K0 (kontrol) = *Fillet* ikan gurami tanpa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang; O3K3 = *Fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk kecombrang 6%.

Gambar 30. Kadar lemak *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Nilai kadar lemak *fillet* ikan gurami hari ke 0 untuk perlakuan kontrol (O0K0) sebesar 2.43% dan hari ke 6 sebesar 2%. Sedangkan untuk perlakuan terpilih (O3K3) pada hari ke 0 sebesar 2.36% dan hari ke 6 sebesar 1.84%. Pada penelitian ini, kadar lemak *fillet* ikan gurami perlakuan kontrol (O0K0) memiliki nilai kadar lemak yang lebih tinggi dibandingkan

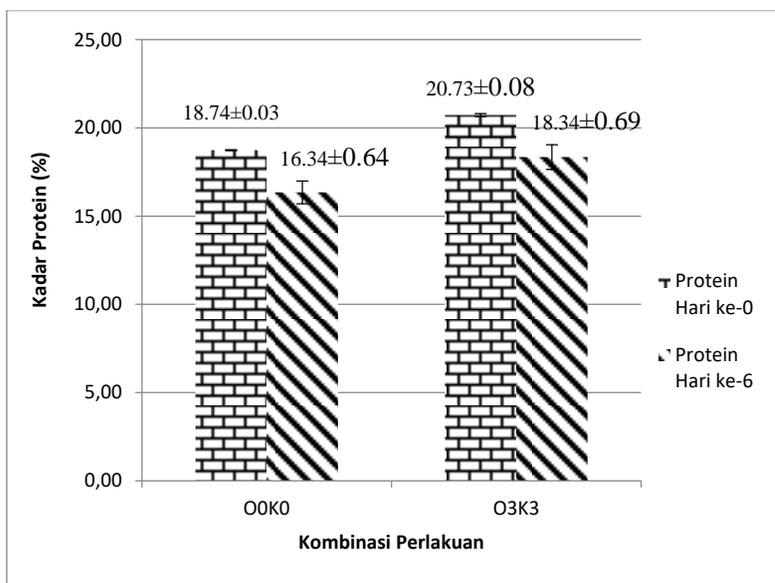
dengan perlakuan O3K3 pada hari ke-0 dan ke-6. Menurut Lemae & Lasmi, (2019), perubahan kadar lemak ikan dapat terjadi akibat adanya proses kerusakan ikan. Antioksidan dari kecombrang dapat berfungsi untuk mencegah terjadinya proses oksidasi yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada bahan pangan (Sembiring *et al.*, 2016). Menurut Khine *et al* (2011), peningkatan senyawa antioksidan seperti kecombrang mampu mencegah oksidasi pada lemak. Penggunaan ozon pada bahan pangan segar juga dilakukan pada penelitian Okpala (2015), dimana udang tanpa perlakuan ozon mengandung kadar lemak pada hari ke 0 sebesar 1,23% dan pada hari ke 9 yaitu menjadi 1.03%. Sedangkan udang dengan perlakuan ozon memiliki kadar lemak pada hari ke 0 dan ke 9 sebesar 1.22% dan 1.11%. Menurut Dehkodi & Zokaie (2010), menyatakan bahwa perlakuan ozon pada produk perikanan tidak akan berdampak negatif bagi kandungan lemak.

3. Kadar Protein

Kadar protein merupakan salah satu kandungan nutrisi dalam bahan pangan yang dibutuhkan sangat dibutuhkan. Protein mudah mengalami perubahan akibat terjadinya denaturasi (Cato *et al.*, 2015).

Kandungan protein *fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6% memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol yaitu pada hari ke-0 sebesar 20.73% dan hari ke-6 sebesar 18.34%. Sedangkan pada perlakuan kontrol (O0K0) memiliki nilai kadar protein pada hari ke-0 sebesar 18,74% dan hari ke-6 sebesar 16.34%. Tingginya kadar protein pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%) disebabkan karena adanya kandungan protein pada kecombrang. Menurut Naufalin (2005), menyatakan bahwa kandungan protein kecombrang mulai dari 1 sampai 1.3 gram per 100 gram. Pada penelitian yang dilakukan oleh Okpala (2015), kadar protein udang pada penyimpanan hari ke-1 untuk perlakuan kontrol yaitu 16.17%, sedangkan untuk perlakuan dengan penambahan paparan ozon yaitu 16.41%. Setelah penyimpanan 9

hari, kadar protein udang perlakuan kontrol yaitu 15.78%, sedangkan perlakuan dengan penambahan paparan ozon yaitu 16.15%. Penelitian yang dilakukan oleh Karamah *et al.*, (2019), menyebutkan bahwa ikan tuna yang diberi perlakuan ozon mengalami penurunan kadar protein sebesar 2.25%. Hal tersebut terjadi akibat ozon dalam bentuk radikal bebas adalah oksidator yang kuat dan reaktif sehingga menyebabkan perbedaan regangan asam amino yang dapat mengakibatkan rusaknya kandungan protein pada ikan tuna. Penurunan kadar protein bisa diakibatkan karena kandungan dari kadar air meningkat selama penyimpanan. Sehingga menyebabkan adanya pertumbuhan bakteri, yang mana hal tersebut dapat menguraikan protein yang terkandung (Sakti *et al.*, 2016). Penurunan kadar protein terjadi juga pada ikan kembung selama penyimpanan sebesar 4.15% (Pandey *et al.*, 2018).

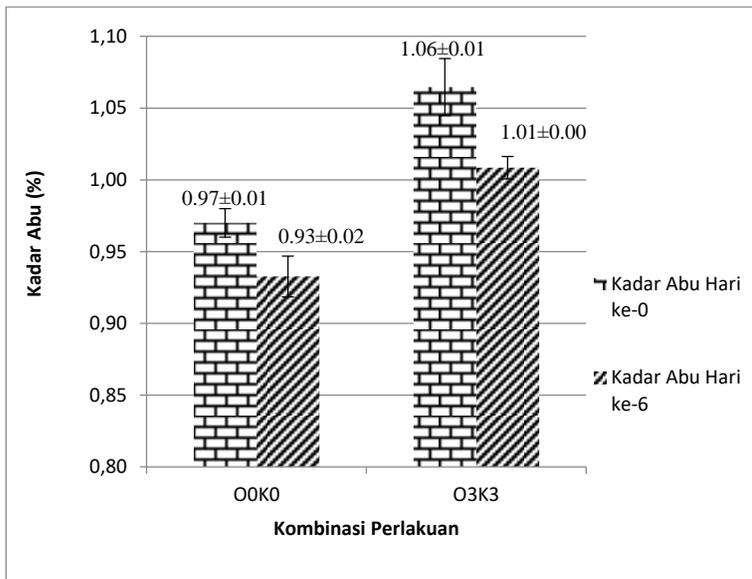


Keterangan : O0K0 (kontrol) = *Fillet* ikan gurami tanpa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang; O3K3 = *Fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk kecombrang 6%.

Gambar 31. Kadar protein *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

4. Kadar abu

Kadar abu berhubungan dengan mineral suatu bahan pahan. Fungsi dari kadar abu yaitu untuk mengetahui kualitas dari bahan pangan tersebut (Tahar *et al.*, 2017). Penurunan kadar abu terjadi pada ikan layur sebesar 1% selama penyimpanan 6 hari. Penurunan kadar abu tersebut dapat diakibatkan karena adanya proses pendinginan, sehingga mengakibatkan jaringan otot terhambat (Kumara *et al.*, 2014).



Keterangan : O0K0 (kontrol) = *Fillet* ikan gurami tanpa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang; O3K3 = *Fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk kecombrang 6%.

Gambar 32. Kadar abu *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 & 6

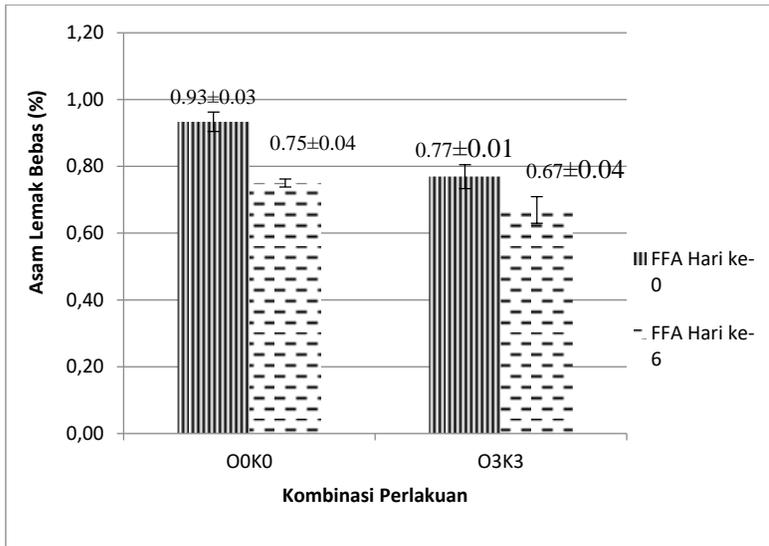
Berdasarkan hasil analisis dengan uji statistik *T test* ($p < 0.05$) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perlakuan kontrol dengan perlakuan terpilih (O3K3) pada hari ke 0 dan ke 6. Rata-rata kadar abu *fillet* ikan gurami dengan penambahan ozon dan bubuk batang kecombrang selama penyimpanan yaitu pada hari ke 0 dan ke 6 dapat dilihat pada

Gambar 12. Kadar abu perlakuan kontrol pada hari ke 0 dan ke 6 lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu perlakuan O3K3. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Gad *et al.*, 2021), pada biji kacang tunggak dengan konsentrasi 1,5 g/m³ dan 2,0 g/m³ yaitu 3.23% dan 3.48%. Sedangkan pada perlakuan kontrol sebesar 2.56%. Dalam penelitian Susan *et al.*, (2018), kadar abu pada semua jenis sayuran cenderung menurun dengan bertambahnya lama penyimpanan. Dan sayuran yang diberi perlakuan ozon memiliki kadar abu yang lebih tinggi sebesar 1% dibandingkan kontrol sebesar 0.9% selama penyimpanan 6 hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan ozon mampu menekan penurunan kadar abu. Penambahan bubuk kecombrang 6% juga dapat menyebabkan kadar abu lebih tinggi dibandingkan kontrol.

Tingginya kadar abu disebabkan karena adanya kandungan garam-garam mineral seperti kalsium, kalium, dan fosfor dalam kecombrang. Dalam penelitian Molerman *et al.*, (2014), kadar abu kerupuk dengan penambahan kecombrang 10% yaitu 4.28% sedangkan kerupuk dengan perlakuan kontrol mengandung kadar abu 3.84%. Selain itu, penelitian Muawanah *et al* (2012), menyebutkan bahwa kadar abu pada permen jelly dengan penambahan kecombrang mengalami peningkatan dari 0.07% menjadi 0.15%.

5. Asam lemak bebas (FFA)

Penambahan konsentrat kecombrang pada *fillet* ikan gurami diduga mampu menurunkan peningkatan kadar asam lemak bebas selama penyimpanan (Hanifah *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil analisis dengan uji statistik *T test* ($p < 0.05$) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perlakuan kontrol dengan perlakuan terpilih (O3K3) pada hari ke 0 dan ke 6.



Keterangan : O0K0 (kontrol) = *Fillet* ikan gurami tanpa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang; O3K3 = *Fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk kecombrang 6%.

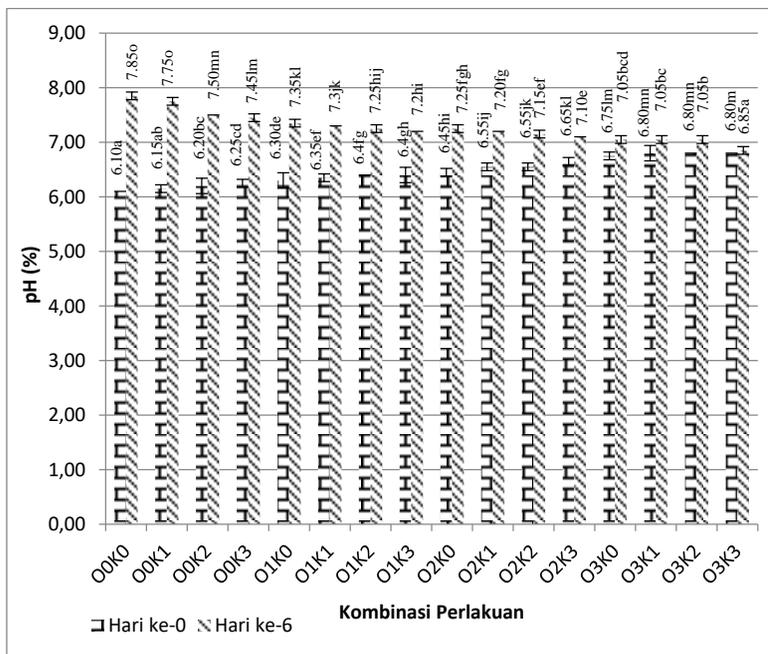
Gambar 33. FFA *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Berdasarkan Gambar nilai asam lemak bebas pada hari ke-0 pada perlakuan kontrol yaitu 0.93% dan pada perlakuan O3K3 yaitu 0.77%. Sedangkan pada hari ke-6 perlakuan kontrol sebesar 0.75% dan perlakuan O3K3 sebesar 0.67%. Penurunan nilai asam lemak bebas terjadi pada ikan nila merah hingga hari ke 8 dan meningkat pada hari ke 16 pada kedua perlakuan yaitu kontrol dan perlakuan dengan penambahan ozon. Nilai asam lemak bebas dengan perlakuan kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dengan penambahan ozon yaitu 0.85% (Rahmadiyahanti, 2014). Kadar asam lemak bebas untuk kedua perlakuan masih tergolong rendah pada penyimpanan hari ke 0 dan hari ke 6. Hal tersebut dikarenakan nilainya masih dibawah 1%. Kadar asam lemak bebas yang lebih dari 1% apabila dicicipi akan terasa membentuk film pada permukaan lidah dan menimbulkan bau tengik (Ketaren, 2008). Menurut penelitian Naufalin *et al.*, (2019), nilai rata rata asam lemak bebas *fillet* ikan gurami dengan

penambahan konsentrat bunga kecombrang 4% memiliki nilai rata-rata yang cenderung rendah selama penyimpanan yaitu 0.50%. Hal tersebut diduga karena kecombrang mengandung senyawa antioksidan yang mampu mencegah oksidasi.

6. pH

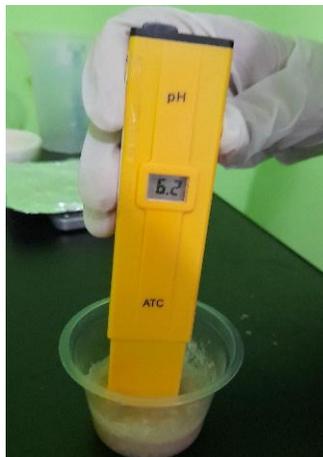
pH merupakan salah satu peran penting untuk mengukur tingkat kesegaran pada ikan. Menurut Tambunan & Chamidah (2021), ikan dengan pH diatas 7,0 dikatakan sudah busuk. Perubahan nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain aktivitas enzim, kondisi fisiologis daging ikan, serta komposisi senyawa garam dalam ikan (Naufalin *et al.*, 2019).



Keterangan: O = Lama paparan (O0 = Lama paparan 0 menit; O1 = Lama paparan 5 menit; O2 = Lama paparan 10 menit; O3 = Lama paparan 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = Konsentrasi 0%; K1 = Konsentrasi 2%; K2 = Konsentrasi 4%; K3 = Konsentrasi 6%); Notasi yang berbeda pada grafik menunjukkan perbedaan nyata.

Gambar 34. pH *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa hasil pH pada hari ke-0 berada pada rentang 6.1 – 6.8%. Sedangkan pH hari ke-6 berada pada rentang 6.85 – 7.95%. Menurut Liviawaty & Afrianto (2014), pH ikan setelah mati umumnya sebesar 6.8 namun setelah beberapa jam kemudian terjadi penurunan pH akibat pecahnya glikogen dan menghasilkan asam laktat. pH ikan pada hari ke-0 dengan perlakuan O1K1 berbeda nyata dengan perlakuan O2K1. Sedangkan untuk pH ikan hari ke-6 perlakuan O3K3 berbeda nyata dengan perlakuan O2K3. Nilai rata-rata pH tertinggi *fillet* ikan gurami penyimpanan 6 hari yaitu pada perlakuan O0K0 (lama paparan ozon 0 menit dan konsentrasi kecombrang 0%) sebesar 7.85%, sedangkan nilai pH terendah yaitu pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%) dengan nilai pH sebesar 6.85%. Peningkatan pH disebabkan karena peningkatan produksi komponen basa volatile, seperti amonia, trimetilamin yang diakibatkan oleh aktivitas enzim dan mikroba (Chamarana *et al.*, 2012). Semakin lama pemberian ozon dan semakin tinggi konsentrasi bubuk kecombrang maka kenaikan pH semakin terkontrol. Menurut penelitian Karamah *et al.*, (2019), disebutkan bahwa semakin lama waktu kontak ozonasi dengan ikan tuna, maka peningkatan pH akan semakin terkontrol.



Gambar 35. Pengujian pH Menggunakan pH Meter

Penambahan bubuk kecombrang juga berpengaruh terhadap nilai pH. Hal tersebut dikarenakan seiring dengan peningkatan konsentrasi bubuk kecombrang diduga dipengaruhi oleh aktivitas enzim pemecah glikogen. Dimana enzim tersebut menghasilkan asam laktat sehingga mampu mencegah peningkatan nilai pH (Hanifah *et al.*, 2019). Pada penelitian yang dilakukan oleh (Naufalin *et al.*, 2019), rata – rata pH *fillet* ikan gurami yang ditambahkan konsentrat bunga kecombrang antara 1-4% memiliki pH yang relatif netral. Peningkatan pH juga disebabkan oleh pengendapan garam asam, misalnya garam kalium sitrat dan natrium sitrat. Peningkatan pH selama penyimpanan juga terjadi pada ikan patin dengan penambahan berbagai konsentrasi minyak atsiri jahe merah. Pada awal penyimpanan, nilai pH *fillet* ikan patin pada konsentrasi 1% adalah 6.41 menjadi 6.77 (Utami *et al.*, 2013).

7. Warna

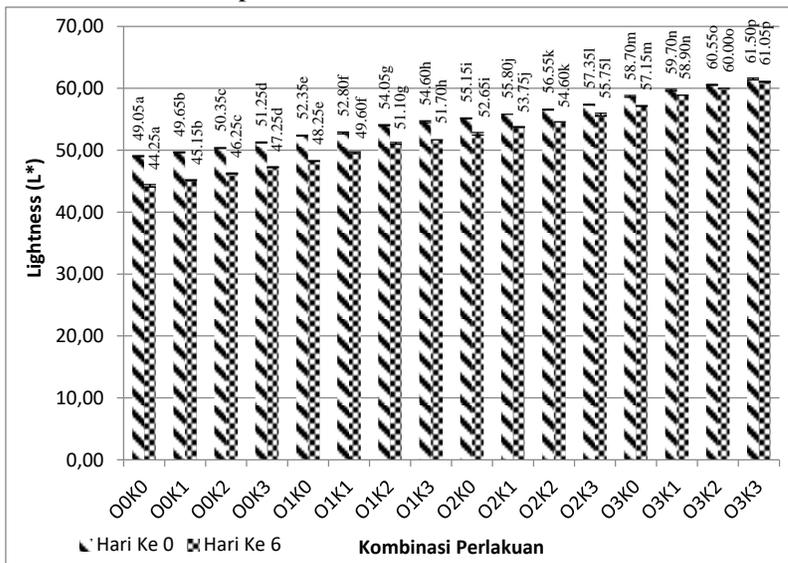
Warna merupakan salah satu penilaian kualitas mutu suatu produk atau bahan pangan. Perubahan warna *fillet* ikan gurami selama penyimpanan menunjukkan penurunan kualitas. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui warna suatu produk atau bahan pangan yaitu dengan sistem notasi Hunter menggunakan tiga dimensi warna yaitu L*, a*, dan b*. L* merupakan tingkat kecerahan dari warna, dimana angka 0 merupakan warna hitam dan angka 100 merupakan warna putih. a* menunjukkan warna merah dan hijau, dan b* menunjukkan warna kuning dan biru (Loppies *et al.*, 2021). Intensitas warna diperoleh dari nilai a* dan b*.



Gambar 36. Pengujian Warna Menggunakan Color Reader

a. *Lightness (L*)*

Nilai L* berhubungan dengan derajat kecerahan berkisar antara 0-100, dimana 0 menandakan bahwa warna hitam dan 100 menandakan warna putih.



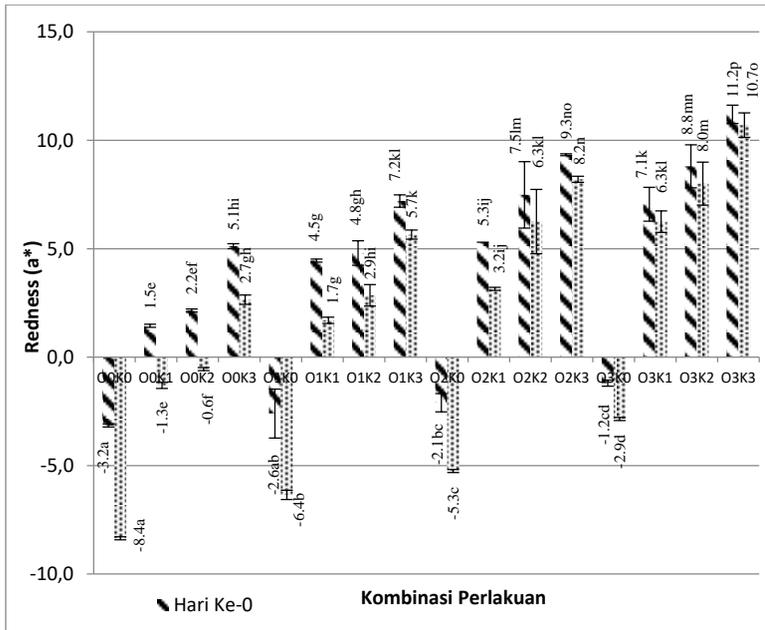
Keterangan: O = Lama paparan (O0 = Lama paparan 0 menit; O1 = Lama paparan 5 menit; O2 = Lama paparan 10 menit; O3 = Lama paparan 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = Konsentrasi 0%; K1 = Konsentrasi 2%; K2 = Konsentrasi 4%; K3 = Konsentrasi 6%); Notasi yang berbeda pada grafik menunjukkan perbedaan nyata.

Gambar 37. *Lightness fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Fillet ikan gurami hari ke-0 berada pada rentang 49.05-61.50%. Sedangkan pada hari ke-6 berada pada rentang 44.25-61.05%. Nilai L^* terendah *fillet* ikan gurami setelah penyimpanan 6 hari yaitu pada perlakuan O0K0 (lama paparan ozon 0 menit dan konsentrasi kecombrang 0%), sedangkan nilai L^* tertinggi yaitu pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%) dengan nilai L^* sebesar 61.05%. Perubahan nilai L^* terjadi pada *fillet* ikan patin dengan penambahan minyak atsiri lengkuas merah yaitu pada konsentrasi 1% yang mengalami penurunan nilai L^* pada hari ke-0 dan ke-6 dari 45.97 menjadi 40.60 (Utami *et al.*, 2013). Berdasarkan Gambar 5, *fillet* ikan gurami dengan penambahan paparan ozon dan bubuk kecombrang memiliki nilai L^* yang lebih tinggi serta mampu mempertahankan nilai kecerahan dibandingkan *fillet* ikan gurami tanpa perlakuan. *Fillet* ikan baramundi dengan coating gelatin yang mengandung minyak serai juga lebih mampu mempertahankan tingkat kecerahan (Ahmad *et al.*, 2012). Menurut Miller *et al.*, (2013), ozon adalah oksidator kuat sehingga mampu mendegradasi warna yang menyebabkan daging yang diberi perlakuan ozon memiliki warna yang lebih cerah dan dapat mempertahankan kecerahan tersebut dibandingkan dengan daging yang tidak diberi perlakuan ozon.

b. *Redness* (a^*)

Redness (a^*) menunjukkan warna kromatik campuran antara merah-hijau. Dimana nilai $+a^*$ dari 0 sampai +60 menunjukkan warna merah dan nilai $-a^*$ dari 0 sampai -60 menunjukkan warna hijau.



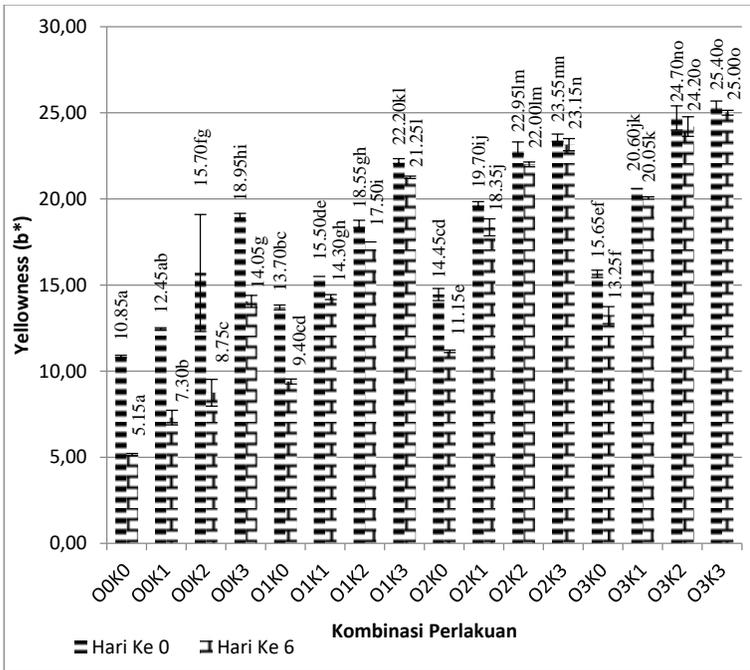
Keterangan: O = Lama paparan (O0 = Lama paparan 0 menit; O1 = Lama paparan 5 menit; O2 = Lama paparan 10 menit; O3 = Lama paparan 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = Konsentrasi 0%; K1 = Konsentrasi 2%; K2 = Konsentrasi 4%; K3 = Konsentrasi 6%); Notasi yang berbeda pada grafik menunjukkan perbedaan nyata.

Gambar 38. Redness fillet ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Nilai a^* fillet ikan gurami hari ke-0 berada pada rentang - 3.2 – 11.2%. Sedangkan hari ke-6 nilai a^* berada pada rentang - 8.4 – 10.7%. Nilai a^* terendah fillet ikan gurami pada penyimpanan 6 hari yaitu pada perlakuan O0K0 (lama paparan ozon 0 menit dan konsentrasi kecombrang 0%) dengan nilai a^* - 8.4%, sedangkan nilai a^* tertinggi yaitu pada perlakuan O3K3 (lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6%) dengan nilai a^* 10.7%. Rendahnya nilai a^* fillet ikan gurami pada hari ke-0 maupun ke-6 salah satunya disebabkan karena adanya penambahan bubuk batang kecombrang. Dimana bubuk batang kecombrang mengandung karoten sehingga dapat meningkatkan nilai b^* (yellowness) dan menyebabkan nilai a^*

menjadi lebih rendah. Perubahan warna pada *fillet* ikan gurami terjadi karena adanya oksidasi yang disebabkan karena daging mengandung asam lemak yang mampu mempengaruhi warna ke arah yang lebih gelap. Hal tersebut ditandai dengan berubahnya warna merah menjadi kecoklatan (Indrayati *et al.*, 2013). Namun, dengan penambahan bubuk kecombrang lebih dapat mempertahankan warna kemerahan *fillet* ikan gurami karena bubuk batang kecombrang mengandung antioksidan yang mampu mencegah oksidasi dari pigmen hemoglobin dan mioglobin.

c. *Yellowness* (b*)



Keterangan: O = Lama paparan (O0 = Lama paparan 0 menit; O1 = Lama paparan 5 menit; O2 = Lama paparan 10 menit; O3 = Lama paparan 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = Konsentrasi 0%; K1 = Konsentrasi 2%; K2 = Konsentrasi 4%; K3 = Konsentrasi 6%); Notasi yang berbeda pada grafik menunjukkan perbedaan nyata.

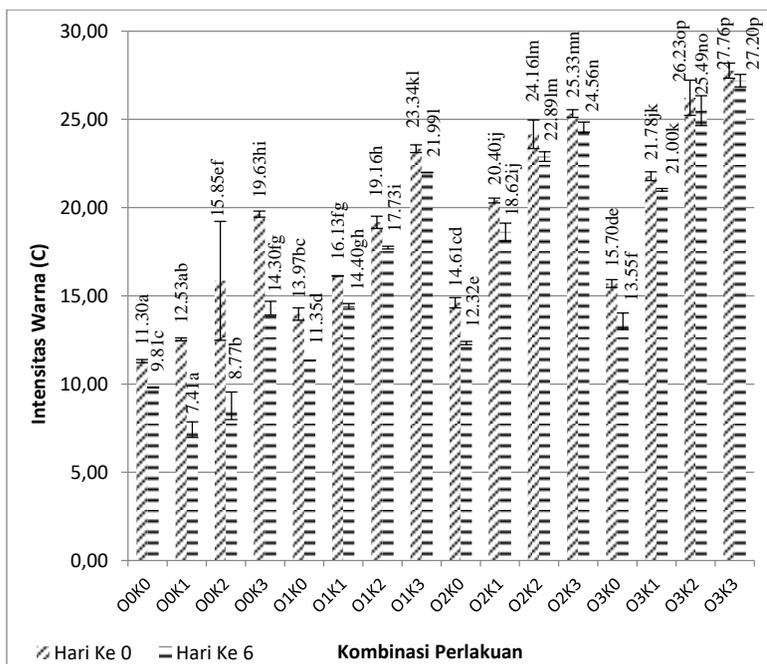
Gambar 39. *Yellowness fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

Fillet ikan gurami hari ke-0 berada pada rentang 10.85-25.40%. Sedangkan hari ke-6 nilai b^* berada pada rentang 5.15-25%. Tingginya nilai b^* pada hari ke-0 maupun hari ke-6 disebabkan karena batang kecombrang mengandung karoten yang merupakan pigmen berwarna kuning sehingga mampu meningkatkan nilai b^* . Perlakuan dengan penambahan paparan ozon juga memiliki nilai b^* yang lebih tinggi daripada perlakuan kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Silva & Gonçalves (2017), menyebutkan bahwa nilai b^* ikan nila yang diberi perlakuan ozon pada semua konsentrasi (0,5; 1,0; 1,5 ppm) umumnya lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa ozon. *Yellownes* (b^*) menunjukkan warna kromatik campuran biru-kuning, dengan nilai $+b^*$ dari 0 sampai +60 artinya warna kuning dan untuk nilai $-b^*$ dari 0 sampai -60 artinya warna biru.

d. Intensitas warna (C)

Intensitas warna adalah salah satu parameter penting karena warna memegang peran penting dalam penerimaan suatu produk yang dapat dijadikan parameter untuk menentukan perubahan kualitas baik dari segi kimia maupun fisik.

Nilai C *fillet* ikan gurami hari ke-0 berada pada rentang 11.29-27.76%. Sedangkan nilai C *fillet* ikan gurami hari ke-6 berada pada rentang 9.81-27.20%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang yang tinggi mampu menekan penurunan intensitas warna pada *fillet* ikan gurami pada hari ke-0 dan ke-6. Nilai intensitas yang tinggi artinya kecombrang dapat mengurangi perubahan warna pada *fillet* ikan gurami. Perubahan warna dapat terjadi karena proses oksidasi pigmen pada ikan. Kecombrang diduga dapat menghambat laju oksidasi pada *fillet* ikan karena memiliki kandungan antioksidan yaitu flavonoid (Hanifah *et al.*, 2019).



Keterangan: O = Lama paparan (O0 = Lama paparan 0 menit; O1 = Lama paparan 5 menit; O2 = Lama paparan 10 menit; O3 = Lama paparan 15 menit); K = Konsentrasi bubuk kecombrang (K0 = Konsentrasi 0%; K1 = Konsentrasi 2%; K2 = Konsentrasi 4%; K3 = Konsentrasi 6%); Notasi yang berbeda pada grafik menunjukkan perbedaan nyata.

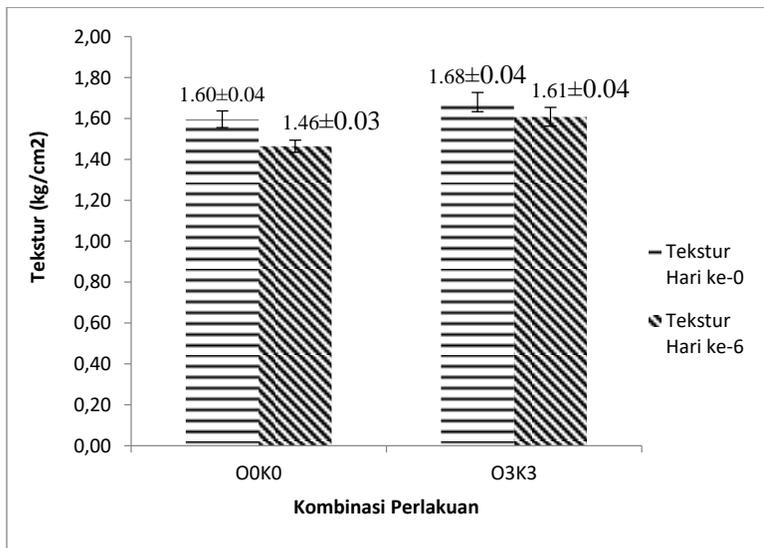
Gambar 40. Nilai C *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 & 6

8. Tekstur

Perubahan tekstur pada daging ikan merupakan hal yang berhubungan dengan kesegaran ikan setelah kematian.

Perlakuan kontrol pada hari ke-0 memiliki tektur sebesar 1.60% dan hari ke-6 sebesar 1.46%. Sedangkan perlakuan O3K3 pada hari ke-0 sebesar 1.68% dan hari ke-6 sebesar 1.61%. Tekstur ikan dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi kecombrang 6% memiliki nilai tekstur yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (O0K0) pada hari ke-0 dan ke-6. Ikan gurami memiliki tekstur yang kenyal dan elastis namun dapat mengeras ketika ikan masuk kedalam fase rigor

mortis. Kemudian, kekerasan tekstur menurun akibat peningkatan aktivitas enzim dalam merombak daging ikan (Liviawaty & Afrianto, 2014). Peningkatan konsentrasi penambahan konsentrat kecombrang pada penelitian yang dilakukan oleh Naufalin *et al.*, (2019), menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang ditambahkan maka semakin tinggi juga kandungan senyawa bioaktif dalam konsentrat, sehingga mampu menekan penurunan nilai kekerasan *fillet* ikan gurami selama penyimpanan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zhao *et al.*, (2015) nilai kekerasan *fillet* ikan nila dengan penambahan ozon lebih tinggi dari perlakuan kontrol pada hari ke 0, 10, dan 30. Yang menunjukkan bahwa perlakuan ozon mampu meningkatkan denaturasi dan agregasi protein myofibrillar yang merupakan salah satu faktor pengeran jaringan otot ikan.

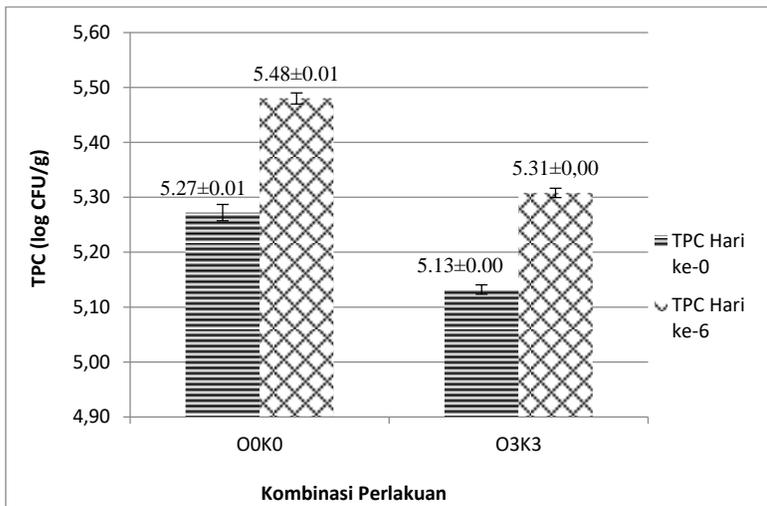


Keterangan : O0K0 (kontrol) = *Fillet* ikan gurami tanpa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang; O3K3 = *Fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk kecombrang 6%.

Gambar 41. Tekstur *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

9. Mikroba (*Total Plate Count*)

Analisis total mikroba (TPC) merupakan salah satu indikator penentu kualitas bahan. Mutu mikrobiologis pada suatu bahan pangan ditentukan oleh jumlah mikroorganisme yang terkandung dalam bahan pangan tersebut. Mutu mikrobiologis akan menentukan umur simpan dan keamanan bahan pangan yang ditinjau dari kerusakan akibat mikroorganisme (Cahyono *et al.*, 2013).



Keterangan : O0K0 (kontrol) = *Fillet* ikan gurami tanpa penambahan lama paparan ozon dan bubuk kecombrang; O3K3 = *Fillet* ikan gurami dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk kecombrang 6%.

Gambar 42. TPC *fillet* ikan gurami selama penyimpanan hari ke 0 dan 6

TPC pada perlakuan kontrol memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan O3K3 pada hari ke 0 yaitu 5.27 logCFU/g, sedangkan perlakuan O3K3 pada hari ke 0 yaitu 5.13 logCFU/g. Nilai TPC pada hari ke 6 untuk perlakuan kontrol juga memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu 5.48 logCFU/g. Sedangkan perlakuan O3K3 pada hari ke 6 yaitu 5.31 logCFU/g. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yuliani *et al.*, (2018), menunjukkan bahwa nilai TPC ikan tuna,

ikan bandeng, dan udang dengan perlakuan kontrol memiliki nilai TPC yang lebih tinggi. Dari ketiga sampel tersebut menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan ozon memiliki nilai TPC yang lebih rendah. Sehingga, dapat diketahui bahwa perlakuan dengan air ozon dapat memperpanjang umur simpan ikan, hal ini dikarenakan ozon memiliki sifat bakteriosidal atau zat yang dapat membunuh bakteri.

Menurut Naufalin *et al.*, (2019), total mikroba *edible coating fillet* ikan gurami dengan penambahan konsentrat bunga kecombrang menurun jumlahnya seiring dengan peningkatan konsentrasi konsentrat kecombrang. Hal ini dikarenakan kecombrang mengandung sifat antimikroba. Selain itu, menurut Muchtadi (2013), penyimpanan suhu rendah mampu memperlambat aktivitas metabolisme dan menghambat pertumbuhan mikroba. Nilai TPC pada penelitian ini masih dibawah standar maksimal jumlah total mikroba yaitu 5.0×10^5 CFU/g atau 5.699 log CFU/g. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hanifah *et al.*, (2019), yang menunjukkan bahwa *edible coating fillet* ikan gurami dengan penambahan konsentrat bunga kecombrang selama penyimpanan 6 hari masih dibawah standar.

10. Analisis Sensoris

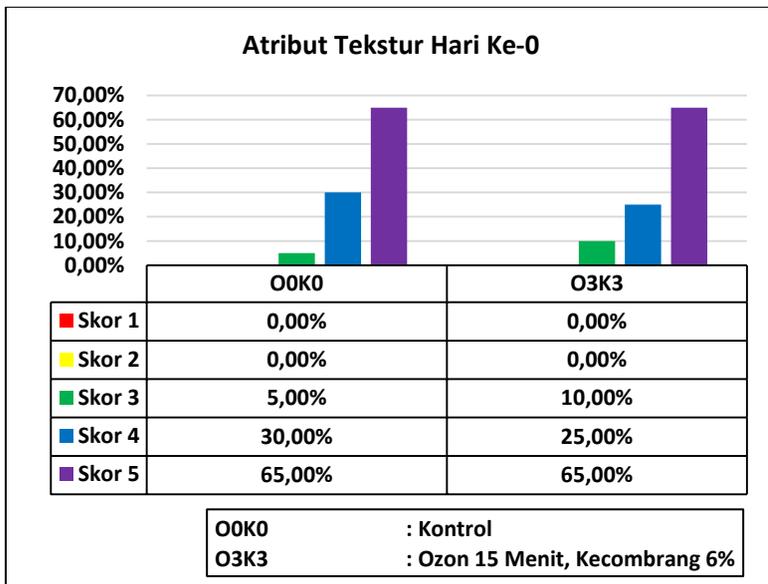
Analisis sensoris meliputi tekstur, aroma, warna, dan penerimaan keseluruhan (*overall*). Pengujian sensoris dilakukan oleh 20 panelis serta dilakukan pada hari ke 0 dan ke 6.



Gambar 43. Proses Pengujian Sensoris

a. Tekstur

Tekstur merupakan suatu tekanan yang dapat diamati dengan perabaan jari atau mulut (pada waktu digigit, dikunyah, atau ditelan) (Yulianti & Mutia, 2018). Tekstur dari bahan pangan dapat berkaitan dengan kadar air dalam bahan pangan tersebut (Cato *et al.*, 2015). Hasil penilaian panelis terhadap atribut tekstur *fillet* ikan gurami pada kontrol (O0K0) serta perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan penambahan bubuk batang kecombrang 6% (O3K3) pada hari ke-0 disajikan pada Gambar 44.

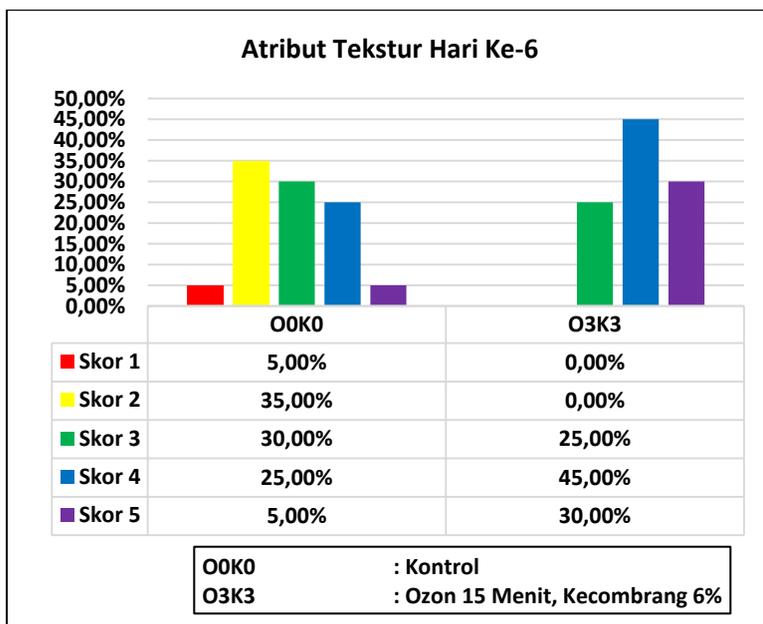


Keterangan : Skor 1 = Sangat tidak kenyal; Skor 2 = Tidak kenyal; Skor 3 = Agak kenyal; Skor 4 = Kenyal; Skor 5; Sangat kenyal; Pesentase pada skor menunjukkan jumlah penilaian panelis terhadap total keseluruhan

Gambar 44. Atribut Tekstur Hari ke 0

Hasil penilaian atribut sensoris menurut panelis bahwa tekstur *fillet* ikan gurami hari ke-0 pada perlakuan kontrol, panelis memilih skor 3 yang artinya agak kenyal sebesar 5%, skor 4 yang artinya kenyal sebesar 30%, dan skor 5 yang artinya sangat kenyal sebesar 65%. Sedangkan pada perlakuan O3K3 panelis memilih

skor 3 yang artinya agak kenyal sebesar 10%, skor 4 yang artinya kenyal sebesar 25%, dan skor 5 yang artinya sangat kenyal sebesar 65%. Sehingga dapat diketahui bahwa pada hari ke-0, rata-rata penilaian tekstur *fillet* ikan gurami untuk perlakuan kontrol dan O3K3 menurut panelis memiliki tekstur yang sangat kenyal. Hasil penilaian panelis terhadap atribut tekstur *fillet* ikan gurami pada kontrol (O0K0) serta perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan penambahan bubuk batang kecombrang 6% (O3K3) pada hari ke-6 disajikan pada Gambar 45.



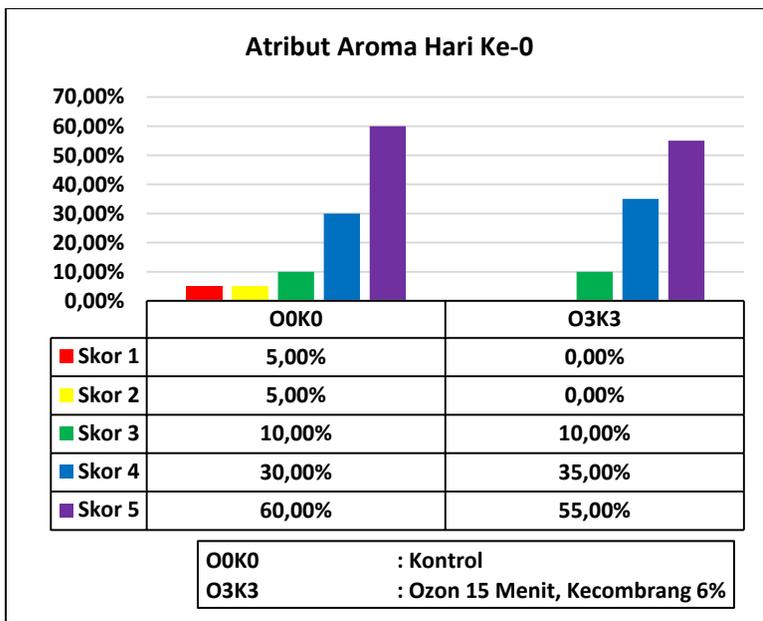
Keterangan : Skor 1 = Sangat tidak kenyal; Skor 2 = Tidak kenyal; Skor 3 = Agak kenyal; Skor 4 = Kenyal; Skor 5; Sangat kenyal; Persentase pada skor menunjukkan jumlah penilaian panelis terhadap total keseluruhan

Gambar 45. Atribut Tekstur Hari ke-6

Perlakuan kontrol panelis memilih tekstur paling tinggi yaitu pada skor 2 sebesar 35% yang artinya tidak kenyal. Untuk skor 1 (sangat tidak kenyal) dan skor 5 (sangat kenyal) mendapatkan hasil yang sama yaitu 5%. Dan pada skor 3 sebesar 30% yang artinya agak kenyal. Sedangkan pada perlakuan O3K3,

panelis paling banyak memilih yaitu pada skor 4 sebesar 45% yang artinya kenyal. Untuk skor 5 (sangat kenyal) sebesar 30% dan skor 3 sebesar 25% (agak kenyal). Perubahan tekstur selama penyimpanan dapat terjadi akibat daging mengalami penyusutan yang disebabkan oleh kontraksi otot pada daging (Masengi *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil penilaian panelis dapat diketahui bahwa tekstur *fillet* ikan gurami hari ke 6 untuk perlakuan O3K3 memiliki tekstur yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Pelunakan kekerasan dapat juga terjadi karena proses hidrolisis protein oleh enzim protease. Enzim protease berperan penting dalam proses penurunan kualitas ikan karena mampu memecah protein menjadi pepton, peptida, dan asam amino (Naufalin *et al.*, 2019).

b. Aroma

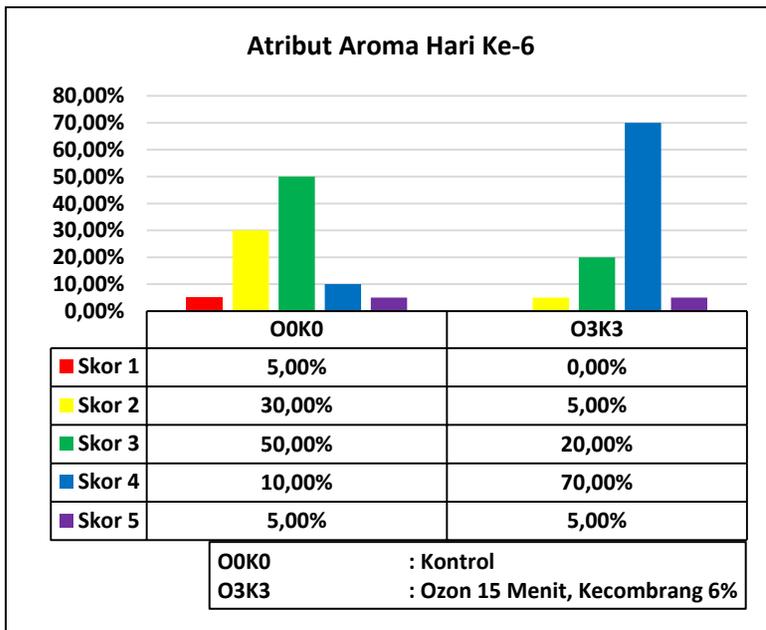


Keterangan : Skor 1 = Sangat busuk; Skor 2 = Busuk; Skor 3 = Agak khas ikan segar; Skor 4 = Khas ikan segar; Skor 5; Sangat khas ikan segar; Pesentase pada skor menunjukkan jumlah penilaian panelis terhadap total keseluruhan

Gambar 46. Atribut Aroma *Fillet* Ikan Gurami Hari ke 0

Aroma berasal dari senyawa volatile yang dapat larut dalam lemak dan air. Aroma merupakan suatu respon ketika senyawa volatile dalam makanan masuk ke rongga hidung ketika bernafas atau menghirupnya. Penilaian panelis terhadap atribut aroma *fillet* ikan gurami pada haro ke 0 dapat dilihat pada Gambar 46.

Berdasarkan Gambar, pada perlakuan kontrol skor 5 (sangat khas ikan segar) paling banyak dipilih oleh panelis sebesar 60%. Namun, 5% panelis memilih skor 1 dan skor 2 yang artinya *fillet* ikan gurami memiliki aroma sangat busuk dan busuk. Untuk perlakuan O3K3, skor 5 yang artinya *fillet* ikan gurami memiliki aroma sangat khas ikan segar dipilih oleh panelis sebanyak 55%. Hasil penilaian panelis terhadap atribut aroma *fillet* ikan gurami pada kontrol (O0K0) serta perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan penambahan bubuk batang kecombrang 6% (O3K3) pada hari ke 6 disajikan pada Gambar 47.



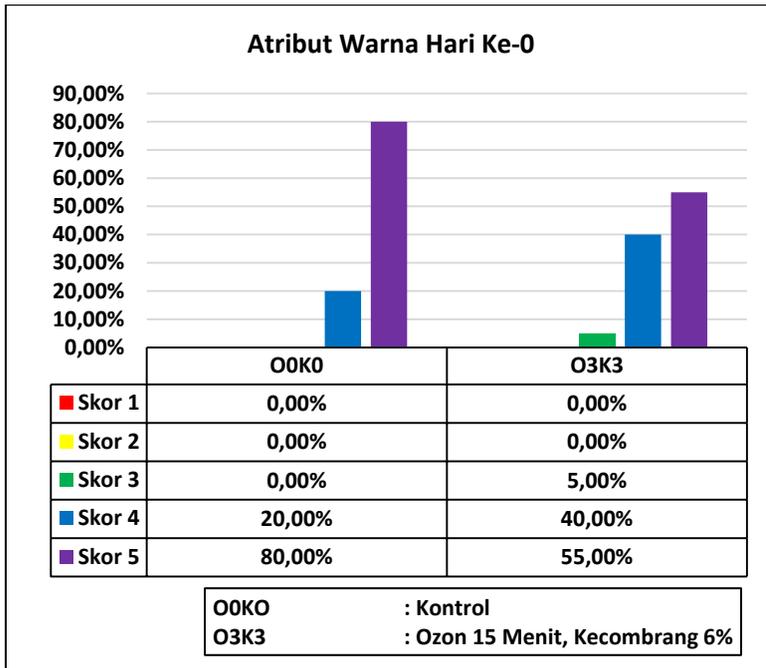
Keterangan : Skor 1 = Sangat busuk; Skor 2 = Busuk; Skor 3 = Agak khas ikan segar; Skor 4 = Khas ikan segar; Skor 5; Sangat khas ikan segar

Gambar 47. Atribut Aroma *fillet* ikan gurami hari ke 6

Hasil prosentase penilaian panelis terhadap atribut aroma pada hari ke 6 untuk perlakuan kontrol (O0K0) paling banyak yaitu pada skor 3 (agak khas ikan segar) dan pada perlakuan O3K3 paling banyak yaitu pada skor 4 (khas ikan segar). Berdasarkan penilaian panelis tersebut, dapat diketahui bahwa perlakuan dengan penambahan lama paparan ozon 15 menit dan bubuk batang kecombrang 6% memiliki aroma yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Perubahan aroma salah satunya karena adanya proses oksidasi pada ikan. Proses oksidasi dapat merubah aroma menjadi bau tengik. Ketengikan akibat oksidasi dapat diidentifikasi melalui asam lemak bebas (Naufalin *et al.*, 2019). Asam lemak bebas pada penelitian ini tergolong rendah karena masih dibawah 1%. Menurut Silalahi *et al.*, (2018), perubahan aroma pada ikan biasanya berasal dari hasil penguraian atau dekomposisi terutama amoniak, serta bahan kimia amina yang berasal dari penguraian asam-asam amino sehingga menyebabkan skor sensori aroma menjadi rendah.

c. Warna

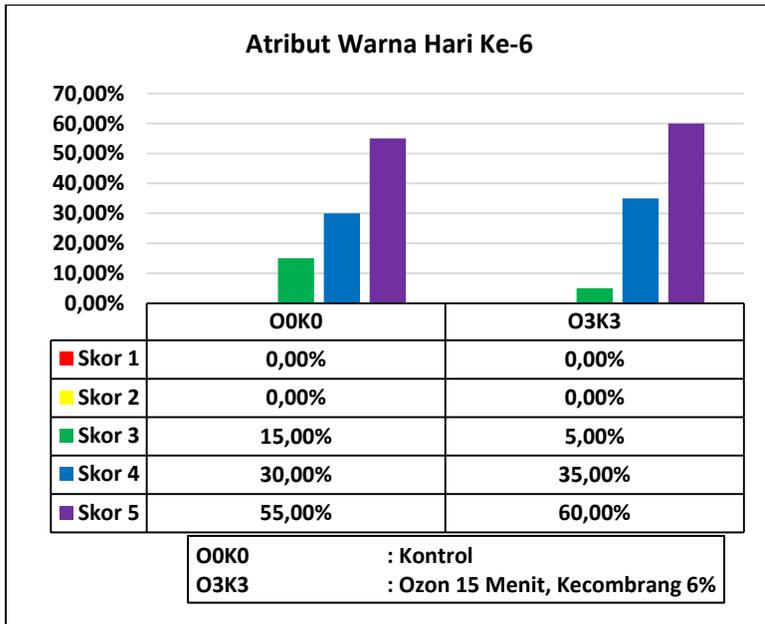
Warna merupakan salah satu parameter untuk menentukan penerimaan konsumen pada suatu produk atau bahan pangan. Warna yang menarik akan menjadi selera konsumen untuk memilih produk tersebut (Yulianti & Mutia, 2018). Hasil prosentase kedua perlakuan yaitu kontrol dan O3K3 menunjukkan bahwa *fillet* ikan gurami pada hari ke 0 dan ke 6 masih tergolong putih cerah. Hasil prosentase penilaian panelis terhadap atribut warna pada hari ke 0 dapat dilihat pada Gambar 48.



Keterangan : Skor 1 = Cokelat keputihan; Skor 2 = Putih kecokelatan; Skor 3 = Agak putih kekuningan; Skor 4 = Putih kekuningan; Skor 5; Putih cerah

Gambar 48. Atribut warna *fillet* ikan gurami hari ke 0

Berdasarkan Gambar, dapat diketahui bahwa perlakuan kontrol paling banyak dipilih oleh panelis yaitu pada skor 5 yang artinya *fillet* ikan gurami memiliki warna putih cerah. Sedangkan pada perlakuan O3K3 paling banyak dipilih yaitu pada skor 5 (putih cerah). Hal ini sesuai dengan pengujian warna menggunakan alat *Color reader*, dimana *fillet* ikan gurami pada hari ke 0 memiliki nilai *Lightness* yang tinggi. Hasil prosentase penilaian panelis terhadap atribut warna pada hari ke 6 dapat dilihat pada Gambar 49.



Keterangan : Skor 1 = Cokelat keputihan; Skor 2 = Putih kecokelatan; Skor 3 = Agak putih kekuningan; Skor 4 = Putih kekuningan; Skor 5; Putih cerah

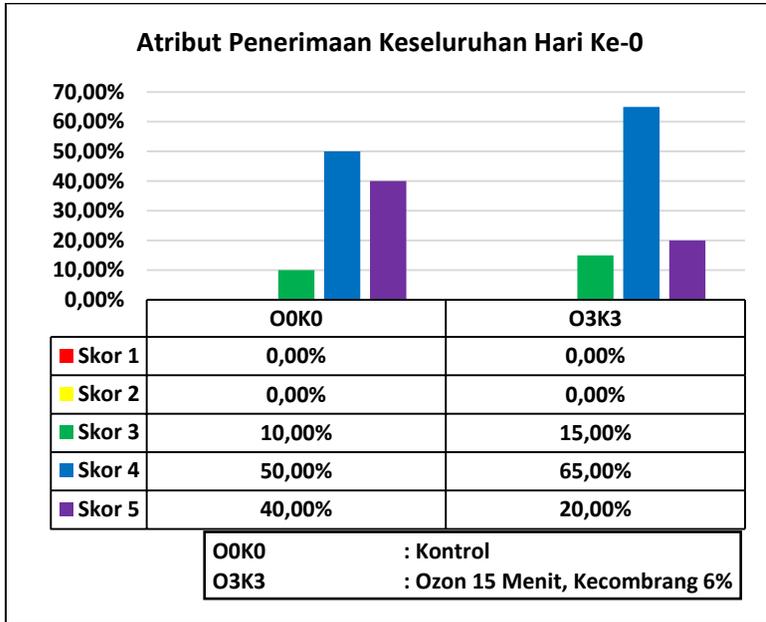
Gambar 49. Atribut warna *fillet* ikan gurami hari ke 6

Prosentase menunjukkan bahwa warna *fillet* ikan gurami masih tergolong putih cerah. Berdasarkan penilaian panelis, untuk perlakuan OOK0 prosentase paling tinggi yaitu 55% pada skor 5 yang artinya putih cerah dan perlakuan O3K3 pada skor 5 (putih cerah) juga merupakan prosentase yang paling tinggi sebesar 60%. Pada pengujian warna menggunakan alat *Color reader* pada hari ke 6 juga *fillet* ikan gurami masih tergolong memiliki warna yang putih cerah.

d. Penerimaan Keseluruhan

Penerimaan keseluruhan atau *overall* merupakan parameter sensoris yang menunjukkan keseluruhan dari sifat sensoris *fillet* ikan gurami yang diuji meliputi tekstur, aroma, dan warna. Hasil prosentase menunjukkan bahwa panelis masih menyukai *fillet* ikan gurami hingga hari ke 6 pada perlakuan

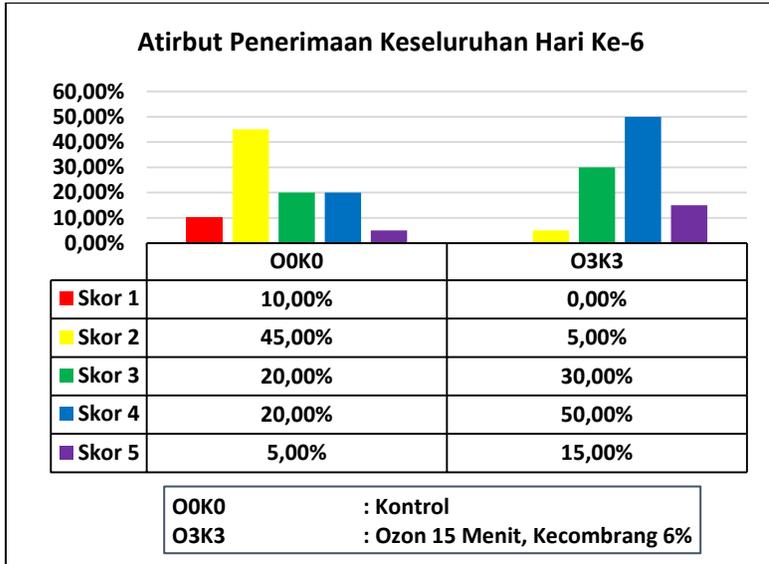
O3K3 yaitu pada skor 4 (suka) sebesar 50%. Hasil penilaian panelisan terhadap atribut penerimaan keseluruhan pada hari ke 0 dapat dilihat pada Gambar 50.



Keterangan : Skor 1 = Sangat tidak suka; Skor 2 = Tidak suka; Skor 3 = Cukup suka; Skor 4 = Suka; Skor 5; Sangat suka

Gambar 50. Atribut penerimaan keseluruhan *fillet* ikan gurami hari ke 0

Berdasarkan Gambar untuk kedua perlakuan (kontrol dan O3K3) prosentase paling tinggi yaitu pada skor 4 sebesar 50% dan 65% yang artinya suka. Penilaian secara keseluruhan pada hari ke 0 dipengaruhi oleh tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur, aroma, dan warna. Hasil penilaian panelisan terhadap atribut penerimaan keseluruhan pada hari ke 6 dapat dilihat pada Gambar 51.



Keterangan : Skor 1 = Sangat tidak suka; Skor 2 = Tidak suka; Skor 3 = Cukup suka; Skor 4 = Suka; Skor 5; Sangat suka

Gambar 51. Atribut penerimaan keseluruhan *fillet* ikan gurami hari ke 6

Berdasarkan Gambar, perlakuan kontrol (O0K0) menunjukkan bahwa prosentase paling tinggi yang dipilih oleh panelis yaitu skor 2 artinya tidak suka. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tekstur, aroma, dan warna. Pada atribut tekstur dan aroma, prosentase tertinggi yaitu pada tekstur *fillet* ikan gurami yang tidak kenyal dan memiliki aroma busuk. Hal tersebut kemungkinan menyebabkan panelisan tidak suka terhadap penerimaan keseluruhan *fillet* ikan gurami pada hari ke 6. Sedangkan pada perlakuan O3K3, *fillet* ikan gurami masih tergolong disukai hingga hari ke 6 yang dilihat dari prosentase panelis pada skor 4 yang artinya suka sebesar 50%. Hal tersebut karena adanya penambahan perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6%. Menurut Zahar *et al.*, (2020), ozon memiliki sifat yang mampu menonaktifkan bakteri, jamur, parasit serta virus sehingga ozon mampu mengurangi pembusukan pada bahan pangan.

KESIMPULAN

1. Lama paparan ozon 15 menit lebih mampu menghambat kenaikan kadar air, pH dan pertumbuhan mikroba serta mampu menghambat penurunan warna, kadar protein, kadar abu, kadar lemak, tekstur, asam lemak bebas daging sapi dan *fillet* ikan gurami selama 6 hari penyimpanan dibandingkan lama paparan ozon 0, 5 dan 10 menit.
2. Konsentrasi bubuk kecombrang 6% lebih mampu menghambat kenaikan kadar air, pH dan pertumbuhan mikroba serta mampu menghambat penurunan warna, kadar protein, kadar abu, kadar lemak, tekstur, asam lemak bebas daging sapi dan *fillet* ikan gurami selama 6 hari penyimpanan dibandingkan konsentrasi bubuk kecombrang 0, 2, dan 4%.
3. Interaksi perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6% merupakan interaksi terbaik yang mampu mempertahankan kualitas daging sapi dan *fillet* ikan gurami penyimpanan 6 hari.
4. Hasil analisis sensoris perlakuan lama paparan ozon 15 menit dan konsentrasi bubuk kecombrang 6% memiliki tekstur, aroma, warna, dan keseluruhan yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol hingga 6 hari.

PENUTUP

Ozon merupakan tiga atom oksigen yang terbentuk akibat penggabungan radikal bebas oksigen dengan molekular oksigen. Ozon yang larut dalam air menghasilkan hidroksil radikal (-OH*) yang memiliki potensial oksidasi yang sangat tinggi (2,8 V) jauh melebihi ozon (1,7 V) dan klorin (1,36 V). Ozon mampu dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*Sterilization*), menghilangkan bau (*deodorization*), menghilangkan warna (*decoloration*) serta menguraikan senyawa organik (*degradation*). Proses yang relatif baru adalah mencampur gas ozon ke dalam air, dikenal dengan nama ozonisasi. Ozon dengan kemampuan oksidasinya dapat membunuh berbagai macam mikroorganisma seperti bakteri *Escherichia*, *Salmonella enteriditus*, serta berbagai bakteri pathogen lainnya. Melalui proses oksidasi, ozon akan merusak dinding bagian luar sel mikroorganisma (*cell lysis*) sekaligus membunuhnya.

Ozon dapat digunakan dalam aplikasi pada makanan, karena aman dan tidak menghasilkan sisa-sisa pada sayuran dan buah-buahan dan bahan pangan segar seperti daging dan ikan yang telah diberi perlakuan ozon. Proses ozon pada bahan pangan telah berfungsi untuk meningkatkan umur simpan. Di banyak negara, ozon digunakan dalam berbagai aplikasi pembuatan makanan dan direkomendasikan oleh pakar baru di Amerika Serikat, sebagai GRAS (*Generally Recognized As Safe*), ozon diklasifikasikan sebagai sanitiser atau disinfektan untuk pangan. Berbagai faktor lingkungan mempengaruhi efektivitas ozon, antara lain yaitu suhu, pH media, kelembaban, bahan tambahan pangan (surfaktan, gula, dan sebagainya), jumlah bahan organik dalam matrik, kandungan padatan, komposisi kimia, dan bahan tambahan pangan dan jumlah bahan organik di sekitar sel

DAFTAR PUSTAKA

- Aafia, S., Rouf, A., Kanojia, V., & Ayaz, Q. 2018. Ozone treatment in prolongation of shelf life of temperate and tropical fruits. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 6(2), 298–303. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.6289>
- Adams, M.R. and Moss, M.O. 2008. *Food Microbiology* Third Edition. RSC Publishing. Cambridge.
- Adi, K., Pujiyanto, S., Dwi Nurhayati, O., & Pamungkas, A. 2017. Beef quality identification using thresholding method and decision tree classification based on android smartphone. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2017/1674718>
- Adil, R. M., Zeng, X. A., Ali, A., ZengF., Farooq, M. A., Han, Z., Khalid, S., & Jabar, S. 2015. Pengaruh kekuatan medan listrik berdenyut yang berbeda pada kualitas jus jeruk bali. *Jurnal Internasional Ilmu dan Teknologi Pangan*, 50.
- Agirdemir, O., Yurdakul, O., Keyvan, E., & Sen, E. 2021. Effects of various chemical decontaminants on Salmonella typhimurium survival in chicken carcasses. *Food Science and Technology*, 41(2), 335–342.
- Agustina, E. 2017. Uji aktivitas senyawa antioksidan dari ekstrak daun tiin (*Ficus Carica* Linn) dengan pelarut air, metanol dan campuran metanol-air. Klorofil : *Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 1(1), 38–47.
- Agustina, K K, Sari, P. H., & Suada, I. K. 2017. Pengaruh perendaman pada infusa daun salam terhadap kualitas dan daya tahan daging babi. *Bulletin Veteriner Udayana*, 9(1), 34–41. <https://doi.org/10.21531/bulvet.2017.9.1.34>
- Agustina, Kadek Karang, Cahya, I. M. R. D., Widyantara, G. M., Swacita, I. B. N., Dharmayudha, A. A. G. O., & Rudyanto, M. D. 2017. Nilai gizi dan kualitas fisik daging sapi bali berdasarkan jenis kelamin dan umur. *J. Buletin Veteriner*

- Udayana, 9(2), 156–163. <https://doi.org/10.21531/bulvet.2017.9.2.156>
- Ahmad, M., Benjakul, S., Sumpavapol, P., & Nirmal, N. P. 2012. Quality changes of sea bass slices wrapped with gelatin film incorporated with lemongrass essential oil. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.027>
- Ahmad, N., Martudi, S., & Dawami. 2017. Pengaruh kadar protein yang berbeda terhadap pertumbuhan ikan gurami (*Osphronemus gouramy*). *Agroqua*, 15(2), 51–58.
- Al Awwaly, K, U. 2016. Potensi teknologi medan pulsa listrik untuk memperbaiki kualitas daging : ulasan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 11(2): 11-22.
- Aldona, R., Anggrayni, Y. L., & Kurnia, D. 2019. Uji organoleptik terhadap daging sapi bali fermentasi (*cangkuak*) dengan lama peenyimpanan yang berbeda. *Journal of Animal Center*, 1(2), 56–72.
- Alexandre, E.M.C., Brandão, T.R.S., Silva, C.L.M., 2011. Modelling microbial load reduction in foods due to ozone impact. *Procedia Food Science* 1, 836–841. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.126>
- Amertaningtyas, D. 2013. Kualitas daging sapi segar di Pasar Tradisional Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. 8(2), 27–31.
- Anang, H. 1986. Iradiasi Makanan-Prospek Penggunaannya di ASEAN. Risalah Seminar Nasional Pusat Aplikasi Isotop Radiasi BATAN. Jakarta, 13-14 Maret 1986. Jakarta: PATIR-BATAN. Hlm 41-49.
- Andini, M., & Swacita, I. B. N. 2014. Kualitas daging sapi Wagyu dan daging sapi Bali yang disimpan pada suhu 4C. *Indonesia Medicus Veterinus*, 3(5), 430–435.
- Aquino, K.A.S. 2012. ‘Sterilization by Gamma Irradiation’. Dalam Adrovic, Feriz (ed.). Gamma Radiation. InTech. Europe.
- Arumsari, K., Aminah, S., & Nurrahman. 2019. Aktivitas antioksidan dan sifat sensoris teh celup campuran bunga kecombrang, daun mint, daun stevia. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 9(02), 79–93.

- Asfar, A. M. I. A., & Asfar, A. M. I. T. 2020. Efektifitas ekstrak kayu Sepang sebagai pengawet alami daging olahan. *Jurnal Biosains*, 6(3), 98–102. <https://doi.org/10.24114/jbio.v6i3.19168>
- Asgar, A., Musaddad, D., & Sutarya, R. 2017. Pengaruh ozonisasi dan kemasan untuk mereduksi residu pestisida dan mempertahankan karakteristik kesegaran cabai merah dalam penyimpanan. *J. Hort*, 27(2), 241–252
- Asgar, A., Sugiarto, A. T., Sumartini, & Ariani, D. 2011. Kajian ozonisasi (O₃) terhadap karakteristik kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) segar selama penyimpanan pada suhu dingin. *Berita Biologi*, 10(6).
- Asmara, R. A., Puspitasri, D., Romlah, S., H, Q., & Romario, R. 2017. Identifikasi kesegaran daging sapi berdasarkan citranya dengan ekstraksi fitur warna dan teksturnya menggunakan metode gray level co-occurrence matrix. *Prosiding SENTIA*, 9, 89–94.
- Assidiq, F., Rosahdi, T. D., & Viera, B. V. El. 2018. Pemanfaatan asap cair tempurung kelapa dalam pengawetan daging sapi. *Al-Kimiya*, 5(1), 34–41. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i1.3723>
- Astuti, S. M. 2011. Skrining Fitokimia dan Uji Aktifita Antibiotika Ekstrak Etanol Daun, Batang, Bunga, dan Umbi Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis).
- Atmaka, W., Utami, R., & Raharjo, S. 2011. Aplikasi madu sebagai pengawet daging sapi giling segar selama proses penyimpanan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, IV(1), 58–65.
- Avellaneda, Z. E., & Chanes, W. J. 2016. Controlled atmosphere storage: applications for bulk storage of foodstuffs. *Encyclopedia of Food and Health*, 301–307. doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00196-3
- Banach, J.L., Sampers, I., Haute, S. Van, van der Fels-Klerx, H.J., 2015. Effect of disinfectants on preventing the cross-contamination of pathogens in fresh produce washing water. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12, 8658–8677. <https://doi.org/10.3390/ijerph120808658>
- Barba, F.J., Parniakov, O., Pereira, S.A., Wiktor, A., Grimi, N., Boussetta, N. 2015. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Res.Int.* 77 (4), 773_798.

- Barboni, T., Cannac, M., Chiaramonti, N., 2010. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chemistry* 121, 946–951. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.024>
- Barbosa-C´anovas, G.V., 1998. *Nonthermal Preservation of foods*. Marcel Dekker, New York, NY.
- Bawinto, A. S., & Mongi, E., & Kaseger, B. E 2015. Analisa kadar air, pH, organoleptik, dan kapang pada produk ikan tuna (*Thunnus* sp) asap, di Kelurahan Girian Bawah, Kota Bitung, Sulawesi Utara. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 3(2), 55–65.
- Bendicho, S., Espachs, A., Ar´antegui, J., Marti´n, O., 2002. Effect of high intensity pulsed electric fields and heat treatments on vitamins of milk. *J. Dairy Res.* 69 (01), 113_123.
- Beti, V. N., Wuri, D. A., & Kallau, N. H. G. 2020. Pengaruh pemberian ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk) terhadap kualitas mikrobiologi dan organoleptik daging sapi. *Jurnal Kajian Veteriner*, 8(2), 182–201.
- Bhaskara, D. N. A., Darmayanti, L. P. T., & Suparhana, I. P. 2021. Perubahan karakteristik pangan tradisional pesan tlengis selama penyimpanan suhu ruang. 10(3), 448–458.
- Bismo, S, Indar Kustiningsih, Jayanudin, Febri Haryanto dan Heri Julio Saptano. Studi Awal Degradasi Fenol Dengan Teknik Ozonisasi Di dalam Reaktor Annular, Universitas Diponegoro, Semarang. 2008.
- Brodowska, A.J., Nowak, A., Kondratiuk-Janyska, A., Piątkowski, M., Śmigielski, K., 2017. Modelling the ozone-based treatments for inactivation of microorganisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14. <https://doi.org/10.3390/ijerph14101196>
- Cahyani, A.F.K., Wiguna,L.C., Putri,R.A., Masduki,V.V., WardaniA.K., dan Harsojo. 2015. Aplikasi Teknologi Hurdle Menggunakan Iradiasi Gamma Dan Penyimpanan Beku Untuk Mereduksi Bakteri Patogen Pada Bahan Pangan : Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3:1,73-79.
- Cahyono, D., Ch Padaga, M., & Sawitri, M. E. 2013. Kajian kualitas mikrobiologis (Total Plate Count (TPC), Enterobacteriaceade

- dan *Staphylococcus aureus*) sususapi segar di Kecamatan Krucil Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 8(1), 1–8.
- Campos, C.A., V. Losada, O.Rodriguez, SP. Aubourg and JB. Velazquez. 2006. *Evaluation of an Ozone Slurry Ice Combined Refrigeration System for The Storage of Farmed Turbot (Psetta maxima)*. *J. Food Chemistry*, 97: 223-230.
- Captain, J., 2018. Ozonated Water, Ozonated Water, Ozonated Oil and its Products. *Journal of Ozone Therapy* 2. <https://doi.org/10.7203/jo3t.2.2.2018.11153>
- Cato, L., Rosyidi, D., & Thohari, I. 2015. Pengaruh substitusi tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) pada tepung tapioka terhadap kadar air, protein, lemak, rasa, dan tekstur nugget ayam. *J. Ternak Tropika*, 16(1), 15–23.
- Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S. & Khomeiri, M. 2012. An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50: 540-544
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., & Tan, S. P. 2011. Standardised herbal extract of chlorogenic acid from leaves of *Etilingera elatior* (*Zingiberaceae*). *Pharmacognosy Research*, 3(3), 178–184. <https://doi.org/10.4103/0974-8490.85003>
- Christie, T. M., Maruf, W. F., & Susanto, E. 2016. Mereduksi oksidasi ikan manyung (*Arius thalassinus*) jambal roti dengan implikasi edible film selama penyimpanan suhu ruang. *J. Peng. & Biotek. Hasil Pi.*, 5(1), 94–100.
- Christina, W, Miskiyah. 2010. Status Kontaminan Pada Sayuran dan Upaya Pengendaliannya di Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 3 (3): 227-237.
- Cullen, P. J., B.K. Tiwari., C.D. O'Donnell, and K. Muthukumarappan. 2009. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends in Food Science dan Technology*, 20(3): 125-136.
- Darussalam, M. 1996. *Radiasi dan Radioisotop Prinsip Kegunaannya Dalam Biologi, Kedokteran, dan Pertanian*. Tarsito. Bandung.

- Dehkodi, B. M., & Zokaie, N. 2010. Extension of fish shelf life by ozone treatment. *International Journal of Environmental Chemical, Ecological, and Geophysical Engineering*, 4(2).
- Delta, A. M., Arbain, A., & Syamsuardi, S. 2013. Studi jenis-jenis Zingiberaceae di Kawasan Hutan Lindung Gunung Talang Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 2(3), 161–168.
- Dewi, A. M., Timur, N. T., Kesehatan, L., Veteriner, M., Udayana, U., Veteriner, L. H., & Udayana, U. 2016. Pengaruh perbedaan jenis otot dan lama penyimpanan terhadap nilai nutrisi daging sapi Bali. *Buletin Veteriner Udayana*, 8(2), 135–144.
- Dhana, I. G. N. A. O., & Wikandari, P. R. 2019. Pengaruh konsentrasi enzim protease dari isolat *Lactobacillus plantarum* B1765 terhadap keempukan daging. *UNESA Journal of Chemistry*, 8(1), 33–37.
- Dina, D., Soetrisno, E., & Warnoto. 2017. Pengaruh perendaman daging sapi dengan ekstrak bunga kecombrang (*Etlingera elatior*) terhadap susut masak, pH dan organoleptik (bau, warna, tekstur). *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 12(2), 209–220.
- Dwiloka, B. 2002. *Bahan Kuliah Iradiasi Pangan*. Universitas Semarang. Semarang.
- Elez-Martí'nez, P., Escola'-Hern'andez, J., Soliva-Fortuny, R.C., Martí'n-Belloso, O., 2005. Inactivation of *Lactobacillus brevis* in orange juice by high-intensity pulsed electric fields. *Food Microbiol.* 22 (4), 311_319.
- El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy, É., Abdalla, N. A., Taha, H. S., & Fári, M. 2015. Postharvest management of fruits and vegetables storage. In *Sustainable agriculture reviews* (pp. 65-152). Springer, Cham.
- F. M. Trombete, O. Freitas-Silva, T. Saldanha, A. A. Venâncio, and M. E. Fraga. 2016. Ozone against mycotoxins and pesticide residues in food: Current applications and perspectives. *Int. Food Res. J.*, 23(6): 2545–2556.
- Faiqoh, A., Suryaningsih, I., & Gumilar, J. 2020. Pengaruh ekstrak daun teh hijau (*Camellia sinensis*) pada pembuatan naget daging sapi terhadap daya awet. *Jurnal Peternakan Nusantara*, 6(2), 75–82.

- Franks, F., 1998. Freeze-drying of bioproducts: putting principles into practice. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 45, 221–229.
- Gad, H. A., Laban, G. F. A., Metwaly, K. H., Al-Anany, F. S., & Abdelgaleil, S. A. M. 2021. Efficacy of ozone for *Callosobruchus maculatus* and *Callosobruchus chinensis* control in cowpea seeds and its impact on seed quality. *Journal of Stored Products Research*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101786>
- García-Martín, J.F., Olmo, M., García, J.M., 2018. Effect of ozone treatment on postharvest disease and quality of different citrus varieties at laboratory and at industrial facility. *Postharvest Biology and Technology* 137, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.015>
- Gardas, B. B., Raut, R. D., & Narkhede, B. 2018. Evaluating critical causal factors for post-harvest losses (PHL) in the fruit and vegetables supply chain in India using the DEMATEL approach. *Journal of cleaner production*, 199, 47–61
- Greene, A. K., Guzel-Seydim, Z. B., & Seydim, A. C. 2012. Chemical and physical properties of ozone. *Ozone in food processing*, 19–31.
- Gupta, S. 2012. *High Pressure Processing of New Zealand Mussels (Perna Canaliculus)*. University of Auckland: Ph.D. Thesis.
- H. Ogihara, H. Suzuki, M. Michishita, H. Hatakeyama, and Y. Okada. 2017. Effects of high hydrostatic pressure processing on the number of bacteria and texture of beef liver. *Journal of Food Quality*.
- Hafiludin. 2011. Karakteristik proksimat dan kandungan senyawa kimia daging putih dan daging merah ikan tongkol (*Euthynus affinis*). *J. Kelautan*, 4(1), 1–10.
- Haifan, M. 2017. Review Kajian Aplikasi Teknologi Ozon untuk Penanganan Buah, Sayuran dan Hasil Perikanan. *J. IPTEK*, 1(1): 15–21.
- Hakan, K, Sedat, VY. 2007. Ozon application in fruit and vegetable processing. *Food Review International*, 23(1): 91-106.
- Hanifah, M. R., Naufalin, R., & Wicaksono, R. 2019. The effect of edible coating contained kecombrang leaves concentrate on gourami fish fillet quality. *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science*, 250, 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012057>
- Haq, N. A., Septinova, D., & Santosa, E. 2015. Kualitas fisik daging dari pasar tradisional di Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(3), 98–103.
- Harikedua, S. D. 2012. Penghambatan oksidasi lipida ikan tuna oleh air jahe selama penyimpanan dingin. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*, 1(April), 7–11. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JPKT>
- Harjanti, D. W., & Kusumaningrum, D. G. 2021. Pengaruh lama pemaparan ozon terhadap kualitas mikrobiologi dan kandungan nutrisi susu kambing peranakan Ettawa. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 10(1), 1–5.
- Hernando, D., Septinova, D., & Adhianto, K. 2015. Kadar air dan total mikroba pada daging sapi di Tempat Pemetongan Hewan (TPH) Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(1), 61–68.
- Hidayat, M. A., Kuswati, K., & Susilawati, T. 2015. Pengaruh lama istirahat terhadap karakteristik karkas dan kualitas fisik daging sapi Brahman Cross Steer. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(2), 71–79. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2015.025.02.09>
- Horvitz, S., Cantalejo, M.J., 2014. Application of Ozone for the Postharvest Treatment of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54, 312–339. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.584353>
- Ikeura, H., Hamasaki, S., Tamaki, M., 2013. Effects of ozone microbubble treatment on removal of residual pesticides and quality of persimmon leaves. *Food Chemistry* 138, 366–371. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.139>
- Ikmalia. 2008. Analisa Profil Protein Isolat *Escherichia coli* S1 Hasil Iradiasi Sinar Gamma. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Isyuniarto, I., W. Usada, S. Suryadi, A. Purwadi, M. Mintolo, and T. Rusmanto. 2015. Identifikasi ozon dan aplikasinya sebagai desinfektan. *GANENDRA Maj. IPTEK Nukl.*, 5(1): 15–22 doi: 10.17146/gnd.2002.5.1.209.

- Jaramillo-Sánchez, G.M., Garcia Loreda, A.B., Contigiani, E.V., Gómez, P.L. & Alzamora, S.M. 2018. Inactivation kinetics of peroxidase and polyphenol oxidase in peach juice treated with gaseous ozone. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 347-355. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13591>
- Julianti, E., Ridwansyah., Yusraini, E., Suhaidi, I. 2013. Pengaruh penyimpanan dengan atmosfer terkendali terhadap mutu buah rambutan 'Binjai'. *J. Hort. Indonesia* 4(2):63-69.
- Júnior, L., 2017. Short Communication Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment 20, 2017–2021.
- Karamah, E. F., Adi, S. Z., & Wajdi, N. 2019. Effect of ozone exposure time and ozonated water replacement to control the quality of chicken meat. *Journal of Physics: Conference Series*, 1295(1), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1295/1/012068>
- 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 dosage. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 509(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012004>
- Khine, M. M., Aung, M. T., & Myint, S. H. 2011. Chemical investigation of *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (*Sweet Potato*) leaves and study of its antihyperglycemic activity. *Universities Research Journal*, 4(3).
- Kim, M.S., Cha, D., Lee, K.M., Lee, H.J., Kim, T., Lee, C., 2020. Modeling of ozone decomposition, oxidant exposures, and the abatement of micropollutants during ozonation processes. *Water Research* 169,115230. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115230>
- Kinho, J. 2011. Karakteristik morfologi zingiberaceae di Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara. *BPK Manado*, 1, 35–50.
- Kouba, M., Barba, F. J., Kovacevic, D. B., Putnik, P., Santos, M. D., Queiros, R. P., Moreira, S. A., Inacio, R. S., Fidalgo, L. G., & Saraiva, J. A. 2018. Pulsed electric field processing of fruit

- juices. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00022-9>
- Kristina, M., & Sulantiwi, S. 2015. Sistem pendukung keputusan menentukan kualitas bibit ikan gurame di pekon Sukosari menggunakan Aplikasi Visual Basic 6.0. *Jurnal Technology Acceptance Model*, 4, 26–33.
- Kumar, S., Agarwal, N., & Raghav, P. K. 2016. Pulsed electric field processing of foods – a review. *International Journal of Engineering Research and Modern Education*, 1(1).
- Kuntoro, B., Maheswari, R. R. A., & Nuraini, H. 2013. Mutu fisik dan mikrobiologi daging sapi asal rumah potong hewan (RPH) Kota Pekanbaru. *Jurnal Peternakan*, 10(1), 1–8.
- Kurniawan, N. P., Septinova, D., & Adhianto, K. 2014. Kualitas fisik daging sapi dari Tempat Pematangan Hewan di Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 2(3), 133–137.
- Kusuma, A. A., Dewi, E. N., & Wijayanti, I. 2017. Perbedaan jumlah nutrisi yang hilang pada bandeng beku non cabut duri dan cabut duri selama penyimpanan suhu rendah. *JPHPI* 2017, 20(1).
- Kusuma, C., Rusman, & Jahari. 2017. Meat preservation with addition of kecombrang leaves (*Etlintera elatior*) in refrigerator temperature. *Animal Production*, 19(1), 61–69.
- L.-S. Jung, S.H. Lee, S. Kim, S.-K. Lee, and J. Ahn. 2012. Effect of high pressure processing on microbiological and physical qualities of carrot and spinach. *Food Science and Biotechnology*, 21(3) : 899–904.
- Lemae, & Lasmi, L. 2019. Studi pengaruh kemunduran mutu terhadap kandungan gizi ikan betok (*Anabas testudineus*) dari daerah mandor. *Jurnal Octopus*, 8(1).
- Levita, J., Sumiwi, S. A., Milanda, T., Mutakin., Puspitasari, I. M., & Juwita, T. 2019. Perspektif Molekular Aktivitas Antiinflamasi Tanaman Kecombrang (*Etlintera elatior* Jack RM Smith). Deepublish Publisher. Yogyakarta.
- Li, H., Xiong, Z., Gui, D., Li, X., 2019. Effect of aqueous ozone on quality and shelf life of Chinese winter jujube. *Journal of Food Processing and Preservation* 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14244>

- Liur, I. J., Veerman, M., & Mahakena, A. 2019. Kualitas sensoris dan kimia daging sapi yang beredar di beberapa tempat penjualan di Kota Ambon. *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(2), 42–47. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2019.8.2.42>
- Liviawaty, E., & Afrianto, D. E. 2014. Penentuan Waktu Rigor Mortis Ikan Nila Merah (*Oreochromis Niloticus*) Berdasarkan Pola Perubahan Derajat Keasaman. *Jurnal Akuatiku*, 5(1).
- Lokollo, E., & Mailoa, N. M. 2020. Teknik penanganan dan cemaran mikroba pada ikan layang segar di pasar tradisional Kota Ambon. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1), 103–111. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i1.30923>
- Loppies, C. R. M., Apituley, D. A. N., Sormin, B. D., & Beni, S. 2021. Kandungan mioglobin ikan tuna (*Thunnus albacares*) dengan pemakaian karbon monoksida dan filter smoke selama penyimpanan beku. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 1(1), 12–20.
- Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U. L. 2020. Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 272, 109519
- Lyu, F., Shen, K., Ding, Y., & Ma, X. 2016. Effect of pretreatment with carbon monoxide and ozone on the quality of vacuum packaged beef meats. *Meat Science*, 117, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.036>
- Maha, M. 1982. Prospek Penggunaan Tenaga Nuklir dalam Bidang Teknologi Pangan. PATIR -BATAN. Jakarta.
- Maha, M. 1985. Pengawetan Pangan dengan Iradiasi. Himpunan makalah ringkas.Seminar Perkembangan Teknologi Nuklir dan Dampaknya padaKurikulum SMTA. Jakarta 29-30 April 1985. PATIR -BATAN. Jakarta.
- Mahajan, P. V., Caleb, O.J., Singh, Z., Watkins, C.B., Geyer, M., 2014. Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 372. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0309>
- Manousaridis, G, A. Nerantzaki, EK. Paleologos, A. Tsiotsias, IN. Savvaidis and MG. Kontaminas. 2005. *Effect of Ozone on*

- Microbial, Chemical and Sensory Attributes of Shucked Mussels*. J. Food Microbiology, Vo. 22, pp. 1-9.
- Mardiono Jacob, A., Hidayat, T., & Perdiansyah, R. 2020. Komposisi kimia dan profil asam lemak ikan segar penyimpanan suhu dingin. *JPHPI* 2020, 23(1).
- Marpaung, R. 2015. Kajian mikrobiologi pada produk ikan asin kering yang dipasarkan di pasar tradisional dan pasar swalayan dalam upaya peningkatan keamanan pangan di Kota Jambi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 15(3).
- Maruf, A., Dewi, S. S., & Wardoyo, F. A. 2012. Waktu paparan gas ozon terhadap pertumbuhan bakteri Escherichia coli. Seminar Nasional Pendidikan, Sains, Dan Teknologi, ISBN 978-602-61599-6-0, 1–5.
- Merthayasa, J. D., Suada, I. K., & Agustina, K. K. 2015. Daya ikat air, pH, warna, bau dan tekstur daging sapi bali dan daging wagyu. *Indonesia Medicus Veterinus*, 4(1), 16–24.
- Miller, F. A., Silva, C. L. M., & Brandão, T. R. S. 2013. A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. *Food Engineering Reviews*, 5(2), 77–106. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9064-5>
- Miskiyah, Munarso, SJ. 2009. Kontaminasi Residu Pestisida Pada Cabai Merah, Selada dan Bawang Merah (Studi Kasus di Bandung dan Brebes, Jawa Tengah, serta Cianjur, Jawa Barat). *Jurnal Hortikultura*, 19(1): 101-111.
- Molerman, Harun, N., & Rossi, E. 2014. Pengaruh penambahan bunga kecombrang terhadap daya terima dan kandungan gizi kerupuk. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 1(2), 1–11.
- Morais, A. R. dV., Alencar, E. dN., Junior, F. H. X., de Oliveira, C. M., Marcelino, H. R., Barrat, C., Fessi, H., do Egito, E. S. T., & Elaissari, A. 2016. Freeze drying of emulsified systems : a review. *International Journal of Pharmaceutics*, 503: 102–114 .
- Muawanah, A., Djajanegara, I., Sa'duddin, A., Sukandar, D., & Radiastuti, N. 2012. Penggunaan bunga kecombrang (*Etilingera Elatior*) dalam proses formulasi permen jelly. *Valensi*, 2(4), 526–533.

- Muchtadi, T. R. (2013). Prinsip, Proses dan Teknologi Pangan. Alfabeta, Bandung.
- Naufalin, R., & Herastuti, S. R. 2017. Antibacterial activity of *Nicolaia speciosa* fruit extract. *International Food Research Journal*, 24(1), 379–385.
- Naufalin, R., & Rukmini, H. S. 2012. Bubuk kecombrang (*Nicolaia speciosa*) sebagai pengawet alami pada bakso ikan tenggiri. *Jurnal AGRICOLA*, 2(2), 124–147.
- Naufalin, R., & Rukmini, H. S. 2017. Antibacterial activity of *Nicolaia speciosa* fruit extract. *Internatonal Food Research Journal*, 24(1), 379–385.
- Naufalin, R., Erminawati, & Rukmini, H. S. 2013. Aplikasi Pengawet alami Buah Kecombrang (*Nicolania speciosa*) pada nugget ayam. *Jurnal Agroteknologi*, 7(2), 187–195.
- Naufalin, R., Wicaksono, R., & Arsil, P. 2019. Aplikasi cabinet dryer (pengering kabinet) untuk meningkatkan produksi bahan baku pengawet alami buah kecombrang (*Etlingera elatior*). *Dinamika Journal: Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 22–27. <https://doi.org/10.20884/1.dj.2019.1.3.920>
- Naufalin, R., Wicaksono, R., & Triyulianingrum, E. 2019. Edible coating application with addition of kecombrang flower concentrates to maintain quality *fillets* of gurami fish during storage. *AIP Conference Proceedings*, 2094, 1–11. <https://doi.org/10.1063/1.5097500>
- Naufalin, R., Wicaksono, R., Erminawati, Arsil, P., & Gulo, K. I. T. 2019a. Application of concentrates flower kecombrang on edible coating as entioxidant to suppress eamage on gourami sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 255(1), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/255/1/012040>.
- Naufalin, R., Wicaksono, R., Erminawati, Arsil, P., & Khusna, V. Z. 2019b. Physicochemical analysis of gouramy fish sausage with kecombrang edible coating addition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 255(1), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/255/1/012039>
- Naufalin, R., Wuryatmo, E., Wicaksono, R., & Islami, L. S. El. 2020. Sensory, physicochemical and antioxidants evaluation of

- kecombrang (*Etlingeria elatior*) preservative powder with foam-mat drying method for beef meatballs products. *Animal Production*, 22(3), 163–172. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2020.22.3.77>
- Nur, M, E. Kusdiyantini, TW. Agustini, Susilo, R Maryam, S. Teke, Z. Muhlisin, D. Arif, F. Arianto, Wuryanti & H. Muharam. 2013. Pengembangan Sistem Penyimpanan Ikan Berteknologi Ozon (SPITO) Untuk Peningkatan Produksi Ikan Berkualitas. *Proseding Seminar Insentif Riset SINas* : 637-646.
- Nurjanah, Nurhayati, T., & Zakaria, R. 2011. Kemunduran mutu ikan gurami (*Ospbronemus gouramy*) pasca kematian pada penyimpanan suhu chilling. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 5(2), 11–18.
- Nurwantoro, Bintoro, V. P., Legowo, A. M., Purnomoadi, A., Ambara, L. D., Prakoso, A., & Mulyani, S. 2012. Nilai pH, kadar air, dan total *Escherichia coli* daging sapi yang dimarinasi dalam jus bawang putih. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 20–22. <http://jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/56/21>
- O'Donnell, C., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., & Rice, R. G. 2012. Status and Trends of Ozone in Food Processing. *Ozone in Food Processing*, 1-6.
- Okpala, R. 2015. Physicochemical changes in minimal ozone-treated fresh shrimp stored on ice tandem with microbiological efficacy of treatment. *Nigerian Food Journal*, 33(2), 74–67. <https://www.researchgate.net/publication/313899758>
- Olatunde, O.O., Benjakul, S., 2018. Nonthermal Processes for Shelf-Life Extension of Seafoods: A Revisit. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17, 892–904. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12354>
- Pandey, G., Raju, C., & Pal, J. 2018. Pengaruh pendinginan super pada komposisi proksimat Makarel India (*Rastrelliger kanagurta*) yang disimpan di unit penjual ikan berpendinginan yang dioperasikan dengan tenaga. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 303–306.
- Paratama, Y., Adianti, A., Prastiwi, D., Khasanah, R., Muhlisin, Z., & Nur, M. 2016. Penerapan teknologi plasma dengan memanfaatkan rancang bangun ozone generator untuk

- pengawetan cabai merah (*Capsium Annum L.*) guna mendukung ketahanan pangan nasional. *Youngster Physics Journal*, 5(2), 69–74.
- Pastoriza, L, M. Bernandes, G Sampredo, ML. Cabo & JJR. 2008. Herera. Use of sterile and ozonized water as a strategy to stabilize the quality of stored referigerated fresh fish. *J Food Control*, 19: 772-780.
- Peinado I, Miles W, Koutsidis G. 2016. Odour characteristics of seafood flavour formulations produced with fish byproducts incorporating EPA, DHA and fish oil. *Food Chemistry*. 212: 612-619
- Pérez Lamela, C., & Torres, J. A. 2008a. Pressure-assisted thermal processing: A promising future for high flavour quality and health-enhancing foods—Part 1. *AgroFOOD Industry Hi-tech*, 19(3), 60–62.
- Pérez Lamela, C., & Torres, J. A. 2008b. Pressure processing of foods: Microbial inactivation and chemical changes in pressureassisted thermal processing (PATP)-part 2. *AgroFOOD Industry Hi-tech*, 19(4), 34–36.
- Pertiwi, D. I., Naufalin, R., Arsil, P., Erminawati, Wicaksono, R., & Auliya, T. 2019. Quality of simplician bioactive components and liquid extract of kecombrang flower powder from temperature and time optimization results. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 406(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/406/1/012008>
- Prabawa, S., Putri, D. K. R., Kawiji, & Yudhistira, B. 2021. Pengaruh variasi waktu ozonisasi dan suhu penyimpanan terhadap karakteristik fisika, kimia dan sensoris pada daging ayam broiler (*Gallus domesticus*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 9(2), 168–184. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v9i2.277>
- Prasetyaningrum, A., Ratnawati, Jos, B., Dharmawan, Y., & Purwati, D. 2019. Aplikasi Teknologi Ozonisasi untuk Pengolahan Bahan Makanan dan Pembuatan Obat Hayati (A. Prasetyaningrum, Ed.; 1st ed.). FKM Undip Press.

- Prasetyo, H., Padaga, M. C., & Sawitri, M. E. 2013. Kajian kualitas fisiko kimia daging sapi di Pasar Kota Malang. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 8(2), 1–8.
- Pratama, A. W., Setiasih, I. S., & Debby, M. S. 2019. Perbedaan penurunan nilai a^* , b^* dan L^* pada daging ayam broiler (*Gallus domesticus*) akibat ozonasi dan perebusan. *Pasundan Food Technology Journal*, 6(2), 86. <https://doi.org/10.23969/pftj.v6i2.1327>
- Putri, F. A., Naufalin, R., & Wicaksono, R. 2019. Antimicrobial edible coating application of Kecombrang flower concentrate to reduce microbial growth on gourami fish sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 250(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012056>
- Putri, F. N. A., Wardani, A. K., & Harsojo. 2015. Aplikasi teknologi iradiasi gamma dan penyimpanan beku sebagai upaya penurunan bakteri ppatogen pada seafood : a review. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2).
- Qin, S., Cheng, L., Selorm, A. L., & Yuan, F. 2018. An overview of ozone research. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, 21(1).
- Rahayu, P. I. S., Miwada, I. N. S., & Okarini, D. A. N. I. A. 2020. Efek marinasi ekstrak tepung batang kecombrang terhadap sifat fisik dan organoleptik daging broiler. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 23(3), 118–123.
- Rahmahidayati, I., Agustini, T. W., Nur, M., Pengajar, S., Fisika, J., Sains, F., & Diponegoro, U. (2014). Pengaruh penambahan ozon selama penyimpanan dingin terhadap kadar asam lemak bebas ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(3), 16–22.
- Rastogi, N. K., and Knorr, D. 2013. Recent Developments in High Pressure Processing of Foods. 1a edição. *Nova Iorque: Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7055-7>.
- Razali, M. F., Fauzi, N. A. M., Sulaiman, A., & Rahman, N. A. A. 2019. Effect of high-pressure processing (hpp) on antioxidant, diastase activity and colour for kelulut (*stingless bee*) honey. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 81(3): 91–98.

- Romanazzi, G., Feliziani, E., Baños, S. B., & Sivakumar, D. 2017. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 579-601.
- Rosita, Husni, A., Riyanti, R., & Septinova, D. 2019. Pengaruh perendaman daging sapi dalam berbagai konsentrasi blend jahe (*Zingiber officinale Roscoe*) terhadap pH, daya ikat sir, dan susut masak. *Jurnal Riset Dan Inovasi Peternakan*, 3(1), 31–37.
- Rotua, N., Ferasyi, T. R., Iskandar, C. D., Zuhrawati, Herrialfian, & Helmi, T. Z. 2017. Prediksi kadar protein dan lemak daging sapi Aceh menggunakan aplikasi Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS). 01(4), 666–673.
- Rusanti, A., Sukandar, D., Rudiana, T., & Adawiah, A. 2017. Profil Fraksi Sitotoksik terhadap Sel Murine Leukemia P-388 dari Ekstrak Biji Honje (*Etlingera elatior*). *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), 79–87. <https://doi.org/10.15408/jkv.v3i1.3640>
- Rusdi, Zulharmita, & Nurrohmah, I. S. 2015. Analisis pengawet nitrit pada daging sapi dengan spektrofotometri uv-vis. *Jurnal Farmasi Higea*, 7(1), 101–110.
- Sadeghi, R., Mirabi Moghaddam, R., Taghizadeh, M., 2017. Application of Ozone to Control Dried Fig Pests - *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) - And Its Organoleptic Properties. *Journal of Economic Entomology* 110, 2052–2055. <https://doi.org/10.1093/jee/tox181>
- Sahubawa, L., & Ustadi. 2018. Teknologi Pengawetan dan Pengolahan Hasil Perikanan. UGM Press, Jogjakarta.
- Sakti, H., Lestari, S., & Agus, S. 2016. Perubahan mutu ikan gabus (*Channa striata*) asap selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 5(1), 11–18.
- Samodra, E. P., & Cahyono, H. 2010. Kualitas fisik daging sapi peranakan ongole dengan pemberian asam askorbat dan penyimpanan pada suhu 5C. *Sains Peternakan*, 8(1), 26–31.
- Sembiring, E., Sangi, M. S., & Suryanto, E. 2016. Aktivitas antioksidan ekstrak dan fraksi dari biji jagung (*Zea mays* L.). *Chemistry Progress*, 9(1), 14–20. <https://doi.org/10.35799/cp.9.1.2016.13908>

- Shaikh, R.J.A.D.D.S.M.S., 2017. Ozone Therapy: The Boon for Periodontics. *International Journal of Science and Research (IJSR)*.
- Shynkaryk, M. V., Pyatkovskyy, T., Mohamed, H. M., Yousef, A. E., & Sastry, S. K. 2015. Physics of fresh produce safety: role of diffusion and tissue reaction in sanitization of leafy green vegetables with liquid and gaseous ozone-based sanitizers. *Journal of food protection*, 78(12), 2108-2116.
- Sihombing, V. E., Swacita, I. B. N., & Suada, I. K. 2020. Perbandingan uji subjektif kualitas daging sapi bali Produksi Rumah Pemotongan Hewan Gianyar, Klungkung dan Karangasem. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(1), 99– 106. <https://doi.org/10.19087/imv.2020.9.1.99>
- Silva, A. M. d M., & Gonçalves, A. A. 2017. Effect of aqueous ozone on microbial and physicochemical quality of Nile tilapia processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13298>
- Simatupang, H. M. C., Djayus, Y., & Suryanto, D. 2018. Pengujian Ekstrak Daun Kecombrang (*Nicolaia speciose* Horan) Sebagai Pencegah Pertumbuhan Jamur *Saprolegnia* sp. Pada Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) Secara In Vitro. *Jurnal Aquacoastmarine*, 6(2), 116–125.
- Sugiarto, TA. 2007. Mengatasi Limbah Tanpa Masalah : Penerapan Teknologi Plasma Untuk Lingkungan, Tangerang : Eco-Plasma Indonesia, hal : 45-50.
- Sukandar, D., Radiastuti, N., Jayanegara, I., & Hudaya, A. 2010. Karakterisasi Senyawa Aktif Antibakteri Ekstrak Air Bunga Kecombrang (*Etlintera elatior*) Sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1). <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.232>
- Sukmawati. 2018. Total microbial plates on beef and beef offal. *Bioscience*, 2(1), 22–28. <https://doi.org/10.24036/02018219825-0-00>
- Surindro, T.S. 2013. Seminar Produk Teknologi Nuklir Dalam Bidang Pertanian Dan Pangan. Pusat Diseminasi IPTEK Nuklir Badan Tenaga Nuklir Nasional. Jakarta.

- Susan, A. I., Sasmita, E. E., Yulianto, E., Arianto, F., Restiwijaya, M., Kinandana, A. W., & Nur, M. 2018. Ozone application to extend shelf life of vegetables by microbial growth inhibition. *MATEC Web of Conferences*, 197. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819702004>
- Syafarudin, A, N. 2013. Produksi ozon dengan bahan baku oksigen menggunakan alat ozon generator. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2).
- Syarif, R. A., Sari, F., Ahmad, A. R., Indonesia, U. M., Urip, J., & Km, S. 2016. Rimpang kecombrang (*Etingera elator* Jack.) sebagai sumber fenolik. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 2(2), 102–106. <http://jurnal.farmasi.umi.ac.id/index.php/fitofarmakaindo/article/view/178>
- Tahar, N., Fitrah, M., & David, N. A. M. 2017. Penentuan kadar protein daging ikan terbang (*Hyrundichthys oxycephalus*) sebagai substitusi tepung dalam formulasi biskuit. *JF FIK UINAM*, 5(4).
- Tambunan, J. E., & Chamidah, A. 2021. Pengaruh penambahan Cinnamon Essential Oil pada edible coating kitosan terhadap umur simpan *fillet* ikan kakap merah (*Lutjanus* sp.). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2), 262–269.
- Tang, X., Pikal, M.J., 2004. Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: practical advice. *Pharm. Res.* 21, 191–200.
- Tazeen, H. U. M. E. E. R. A., Vardharaju, N., & Chandrasekar, V. 2016. Influence of ozonation on the some physicochemical properties of tender coconut water. *Advances in Life Science*, 5, 4153-4159.
- Tetrianan, D dan Sugoro, I. 2007. Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Bidang Vaksin. *Jurnal Alara Vol. I. PTKMR –BATAN, PATIR –BATAN Pasar Jum’at. Jakarta.*
- Torres, J. A., & Velazquez, G. 2008. Hydrostatic pressure processing of foods. In S. Jun & J. Irudayaraj (Eds.), *Food processing operations modeling: design and analysis* (pp. 173–212). Boca Ratón, FL: CRC Press Inc.
- Ulloa-Fuentes, P. A., Galotto, M. J., & Torres, J. A. 2008a. Procesos térmicos asistidos por presión (PTAP), el futuro de una nueva tecnología ya instalada en México - Part II. *Industria Alimentaria (México)*, 30(3), 19–23.

- Ulloa-Fuentes PA, Galotto MJ & Torres JA. 2008b. Procesos térmicos asistidos por presión (PTAP), el futuro de una nueva tecnología ya instalada en México—Parte I. *Industria Alimentaria (México)*, 30(2), 20, 22, 24, 26, 28, 29.
- Utami, R., Kawiji, Nurhartadi, E., Kurniasih, M., & Indianto, D. 2013. Pengaruh minyak atsiri jahe merah dan lengkuas merah pada edible coating terhadap kualitas *fillet* ikan patin. *AGRITECH*, 33(4).
- Vettrai, A.M., Bianchini, L., Caradonna, V., Forniti, R., Goffi, V., Zambelli, M., Testa, A., Vinciguerra, V., Botondi, R., 2019a. Ozone gas as a storage treatment to control *Gnomoniopsis castanea*, preserving chestnut quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99, 6060–6065. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9883>
- Vettrai, A.M., Vinciguerra, V., Pacini, G., Forniti, R., Goffi, V., Botondi, R., 2019b. Gaseous Ozone as a Suitable Solution for Postharvest Chestnut Storage: Evaluation of Quality Parameter Trends. *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02378-9>
- Wahyuni, D., Priyanto, R., & Nuraini, H. 2018. Kualitas fisik dan sensoris daging sapi brahman cross yang diberi pakan limbah nanas sebagai sumber serat. *Jurnal Pertanian*, 09(2), 97–105.
- Wang, W., Chen, M., Chen, G., 2012. Issues in *freeze drying* of aqueous solutions. *Chin. J. Chem. Eng.* 20, 551–559
- Wani, S., Barnes, J., Singleton, I., 2016. Investigation of potential reasons for bacterial survival on “ready-to-eat” leafy produce during exposure to gaseous ozone. *Postharvest Biology and Technology* 111, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.08.007>
- Weniarti Gultom, O., Lestari, S., & Nopianti, R. 2015. Analisis proksimat, protein larut air, dan protein larut garam pada berbagai jenis ikan air tawar Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 4(2), 120–127.
- Windyartono, A., Riyanti, R., & Wanniatie, V. 2016. Eefektivitas tepung batang kecombrang (*Nicolaia speciosa* horan) sebagai pengawet terhadap aspek kimia daging ayam broiler. *Jurnal*

- Ilmiah Peternakan Terpadu*, 4(1), 233379. <https://doi.org/10.23960/jipt.v4i1.1246>
- Windiartono, A., Riyanti, R., & Wanniatie, V. 2016. Efektivitas tepung bunga kecombrang (*Nicolaia Speciosa* Horan) sebagai pengawet terhadap aspek kimia daging ayam broiler. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 4(1), 233379. <https://doi.org/10.23960/jipt.v4i1.1246>
- Wulansari, R., Pradnya, I. N., Kusumaningrum, M., Pratiwi, I., Maksiola, M., Prabowo, Y. A., Amrulloh, F., & Yulianto, D. N. 2021. Peningkatan kualitas garam dengan “green technology” ozon. *Jurnal Dedikasi*, 2 (1): 64-72.
- Xu, D., Shi, M., Jia, B., Yan, Z., Gao, L., Guan, W., Wang, Q., Zuo, J., 2019. Effect of ozone on the activity of antioxidant and chlorophyll-degrading enzymes during postharvest storage of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Processing and Preservation* 43, 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14020>
- Yeats, H. 2015. The history and cultivation of Etlingera – The torch Gingers – at The Royal Botanic Garden Edinburgh. *Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture*, 11, 71–85. <https://doi.org/10.24823/sibbaldia.2013.52>
- Yeoh, W.K., Ali, A., Forney, C.F., 2014. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology* 89,
- Yu, Y., Jiang, X., Ramaswamy, H. S., Zhu, S., & Li, H. 2018. High Pressure Processing Treatment of Fresh-Cut Carrots: Effect of Presoaking in Calcium Salts on Quality Parameters. *Journal of Food Quality*.
- Yuliana, N., Hidayati, S., & Priyantini, M. 2017. Kajian prospek agroindustri fillet ikan patin di Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung. *Jurusan Teknologi Hasil Pertanian*, 9(2).
- Yuliani, Y., Puspita, M., Nur, M., Agustini, T. W., Yulianto, E., Susan, A. I., Zahar, I., & Suraya, B. 2018. Ozone immersion treatment to increase the shelf life of Tuna fish, milk fish, and shrimp in a cold storage system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012021>

- Yulianti, M., Ernayati, W., Tarsono., & R, A. M. 2015. Pemanfaatan ampas kelapa sebagai bahan baku tepung kelapa tinggi serat dengan metode *freeze drying*. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2): 101 – 107.
- Yusuf, M. H., & Dasir. 2014. Mempelajari pengaruh penambahan tepung bunga kecombrang (*Nicolaia spesiosa* Horan) sebagai pengawet alami terhadap daya simpan bakso ikan Gabus. *Edible*, III(1), 1–11.
- Yusuf, Mh., & Dasir. 2014. Mempelajari pengaruh penambahan tepung bunga kecombrang (*Nicolaia spesiosa* Horan) sebagai pengawet alami terhadap daya simpan bakso ikan gabus. *Edible*, 1–11.
- Zahro, S. F., Fitrah, K. A., Prakoso, S. A., & Purnamasari, L. 2021. Pengaruh pelayuan terhadap daya simpan dan keempukan daging. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 23(3), 235–239. <https://doi.org/10.25077/jpi.23.3.235-239.2021>
- Zainuri, Jayaputra, Sauqi, A., Sjah, T., & Desiana, R. Y. 2018. Combination of ozone and packaging treatments maintained the quality and improved the shelf life of tomato fruit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012027>
- Zainuri, Jayaputra, Sauqi, A., Sjah, T., & Desiana, R. Y. 2018. Combination of ozone and packaging treatments maintained the quality and improved the shelf life of tomato fruit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012027>
- Zhang, L., Wang, Z., Song, Y., Li, M., & Yu, Q. 2020. Quality of vacuum packaged beef as affected by aqueous ozone and sodium citrate treatment. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1475–1489. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1814322>
- Zhao, Y., Yang, X., Li, L., Hao, S., Wei, Y., Cen, J., & Lin, H. 2015. Chemical, Microbiological, Color and Textural Changes in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets Sterilized by Ozonated Water Pretreatment During Frozen Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12746>

BIBLIOGRAFI



Prof. Dr. Rifda Naufalin, S.P., M.Si. Lahir di Kudus pada 1970. Pendidikan kesarjanaan diselesaikan di Fakultas Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. Berkesempatan studi S2 di Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bidang Ilmu Pangan. Gelar Doktor diperoleh dari Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

(2002-2005) bidang Ilmu Pangan.

Bekerja sebagai staff pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto sejak tahun 1995 hingga sekarang. Mengajar beberapa mata kuliah, yakni Kimia Pangan, Mikrobiologi Dasar, Mikrobiologi Pangan, Analisis Pangan, dan Manajemen Mutu Keamanan Pangan.



Dra. Erminawati, M.Sc., Ph. D. Lahir di Banjarmasin pada tahun 1957. Pendidikan kesarjanaan diselesaikan di FPMIPA IKIP Malang (UM) jurusan Pendidikan Kimia. Berkesempatan studi S2 di University of Tasmania, Australia bidang Kimia (*Analytical Chemistry*) tahun 1992. Gelar doctor diperoleh dari University of Adelaide, Australia pada

Agriculture, Food and Wine Science dalam bidang Food Chemistry pada tahun 2011. Pengalaman kerja sebagai staf pengajar ULM Banjarmasin 1981-1995, Unsoed Purwokerto 1995- Maret 2022 dan 2022 sampai sekarang menjadi staf di UNU Purwokerto. Mengajar beberapa matakuliah khususnya kimia, kimia pangan, Analisis Pangan, Teknologi Pengolahan Palmae , Teknologi Bahan Penyegar, Teknologi Rempah dan Minyak Atsiri.



Condro Wibowo, S.T.P., M.Sc., Ph.D.

Merupakan staf pengajar di Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Pendidikan strata satu ditempuh di Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian Universitas Gadjah Mada, gelar master dan doktor di bidang Teknologi Pangan didapatkan dari *Georg-August University of Goettingen* Jerman.

Beberapa mata kuliah yang diampu antara lain: Teknologi Pascapanen, Teknologi Pengolahan Pangan, Pengetahuan Bahan, Teknologi Pengemasan, dan Teknologi Pangan Terkini. Saat ini aktif dalam kegiatan penelitian dan publikasi pada jurnal nasional maupun internasional dengan tema yang sesuai bidang keahlian tersebut.



Nabilla Cahya Isnaeni, S.T.P. Lahir di Banyumas, tahun 2000. Pendidikan S1 diselesaikan tahun 2022 di Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Sejak tahun 2022 hingga sekarang bekerja sebagai asisten dosen di Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian,

Universitas Jenderal Soedirman.



Alviolla Putri Wijaya, S.T.P. Lahir di Banyumas, tahun 2000. Pendidikan S1 diselesaikan tahun 2022 di Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.