

EFEKTIVITAS REDUKSI TOTAL BAKTERI PADA EDAMAME (*GLYCIN MAX (L) MERILL*) HASIL PENGOLAHAN MINIMAL DENGAN OZON

Oleh

Silvia Oktavia Nur Yudiastuti¹, Rizza Wijaya², Marcello Syahputra³

¹Teknologi Rekayasa Pangan, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

^{2,3}Teknik Pertanian, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

E-mail: silvia.oktavia@polije.ac.id

Abstract

The research objective was to determine the effectiveness of microorganisms inhibition of edamame by ozone water minimally process. Edamame's previous postharvest handling was done by washing using water with 75ppm of chlorine. Chlorine has an adverse effect on health and some edamame export destinations do not allow the use of chlorine as a disinfectant. The research method used is descriptive. The treatments in this research were ozonation time, which is the time when edamame in water was induced by ozone gas and ozone contact time, which is the time when edamame in water was left to cool after the ozone gas induction process. The level of ozonation time treatment was 10 minutes and 15 minutes; Ozone contact time treatment levels were 0 minutes, 12 minutes, 18 minutes and 24 minutes. The significance test was conducted using the t-test. Based on the research results, ozone contact time affects not only decreases the odour of ozone gas in the product but also decreases the number of growing pathogenic microbes. The minimal result of microbes number in edamame after ozone minimally process was with an ozonation time of 15 minutes and an ozone contact time of 24 minutes with a value of 3.6 logs CFU/g which is lower done by chlorine washing.

Keywords : Edamame, Export Commodity, Chlorine, Minimally Process, Total Microbial

PENDAHULUAN

Pengolahan minimal pangan merupakan suatu proses pengolahan minimum dengan tujuan meningkatkan masa simpannya yang dilakukan pada bahan pangan mentah. Proses pengolahan minimal secara substansial tidak akan mengubah nilai gizi dari bahan pangan mentah yang diolah [1]. Pengolahan pangan yang dapat dikategorikan sebagai pengolahan minimal diantaranya adalah pencucian, sortasi, trimming, grinding, penyimpanan dingin, pasteurisasi, fermentasi, pembekuan, dan pengemasan vakum. Bahan pangan yang umumnya dipasarkan setelah diolah secara minimal diantaranya adalah sayuran segar, biji – bijian, kacang, daging dan susu. Proses pengolahan minimal dilakukan tanpa tambahan bahan kimia dan seminimal mungkin menggunakan proses panas yang dapat menurunkan nilai gizi produk, khususnya pada

komoditas sayur, buah, beberapa biji – bijian dan kacang – kacang.

Pencucian merupakan pengolahan minimal yang paling sederhana, dilakukan menggunakan air bersih, bertujuan menghilangkan kotoran tanah, kerikil, debu, organisme pengganggu, mikroorganisme dan sisa pestisida terlarut air dari bahan pangan mentah. Sayur, buah – buahan dan kacang – kacang merupakan bahan pangan mentah yang dapat diolah minimal pencucian [2]. Peningkatan efektivitas pencucian dilakukan dengan menambahkan desinfektan dalam konsentrasi tertentu kedalam air pencucian. Kekurangan bahan kimia desinfektan adalah dapat terakumulasi pada dinding sel bahan pangan yang lebih lanjut dikawatirkan dapat teradsorpsi dalam sel bahan pangan [3]. Beberapa negara memberlakukan pelarangan terhadap penggunaan senyawa desinfektan

dalam proses pencucian. Edamame merupakan komoditas ekspor sehingga perlu dilakukan penggunaan bahan lain untuk memperpanjang masa simpan edamame melalui proses pengolahan minimal pencucian selain penggunaan desinfektan klorin.

Syarat ekspor edamame segar meliputi kontaminan mikroba berbahaya diantaranya *Salmonella* sp, *Shigella* sp, dan *E. coli*, dengan kontaminan mikroba berbahaya ini umumnya berkisar antara log -0,5 CFU/g hingga log 7,4 CFU/g [4]. Ozon dapat digunakan untuk mendekontaminasi dan menghilangkan mikotoksin dalam bahan pangan khususnya buah, sayur, dan biji-bijian [5]. Keuntungan Ozon (O₃) sebagai dekontaminasi produk pangan yaitu ramah lingkungan, dan tidak meninggalkan residu, sehingga ozon dianggap sebagai teknologi hijau [5]. Penerapan teknologi ozon pada proses pengolahan minimal dapat mereduksi beberapa jenis mikroorganisme dalam fase gas maupun cair [6].

Pengolahan minimal menggunakan ozon dalam penelitian ini dilakukan dengan metode venturi. Ozon dipompakan hingga muncul gaya tekanan kedalam air, ozon akan melewati pipa

besi yang mengecil dengan diameter masing-masing outlet ± 1 mm. Outlet gas ozon diletakan didasar tabung ozon dan disirkulasikan menggunakan baling-baling yang bersebelahan dengan saluran outlet ozon sehingga terjadi distribusi gas ozon terlarut air dalam tangki pencucian. Berdasarkan hal tersebut, waktu ozonasi menjadi hal penting dalam proses induksi ozon dalam air, semakin lama waktu ozonasi akan meningkatkan konsentrasi ozon yang terakumulasi dalam air pencucian. Hal yang perlu diketahui adalah batas maksimal waktu ozonasi yang menyebabkan jumlah ozon yang terinduksi dalam air sama dengan gas ozon yang terurai dalam air. Ozon dalam air sulit untuk terinduksi dan mudah untuk diuraikan, karena ozon bersifat reaktif dan tidak stabil. Konsentrasi ozon yang diinduksi selama proses pengolahan

minimal mempengaruhi jumlah total mikroorganisme yang direduksi.

Ozon merupakan oksidator kuat yang dapat mengoksidasi mikroorganisme patogen, menghasilkan bau khas yang kurang diminati konsumen [7]. Gas atau bau ozon dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernafasan dan selaput mata. Waktu kontak ozon adalah waktu bahan pangan hasil pengolahan minimal ozon dibiarkan untuk menguraikan ozon dalam udara atau air. Berdasarkan hal tersebut waktu kontak merupakan hal yang penting dalam penentuan kualitas akhir produk edamame. Waktu ozonasi dan waktu kontak ozon merupakan faktor penting yang dapat menentukan efektifitas reduksi total mikroorganisme pada proses pengolahan minimal edamame.

LANDASAN TEORI

Pengolahan Minimal

Kelebihan pengolahan minimal diantaranya adalah (a) mempersingkat dan mempermudah waktu persiapan bahan pangan (b) Menurunkan resiko kerusakan akibat proses kombinasi pengolahan pangan (c) menjaga kualitas dan kesegaran produk (d) Menjaga nilai nutrisi produk (e) dapat meningkatkan umur simpan produk (tergantung dari proses hurdle yang dilakukan) [8]. Proses minimal pengolahan pangan dapat dibagi berdasarkan sumber bahan baku menjadi sumber bahan nabati dan sumber bahan hewani. Proses minimal juga dapat dikategorikan berdasarkan kenampakannya di pasar konsumen menjadi *part-bread*, *ready-meal*, *cook-chill*, dan *cook-freeze product* [9].

Produk pengolahan minimal dari sumber nabati adalah sayur, buah – buahan, dan biji – bijian. Evaluasi masa simpan dari produk nabati tersebut lebih banyak ditentukan berdasarkan parameter sensorinya. Bahan nabati mudah rusak oleh aktivitas mikroorganisme akibat komposisinya yang memiliki aktivitas air tinggi, beragam enzim, pektin, dan ber-pH rendah. Mikroorganisme yang ditemukan pada

bahan nabati diantaranya adalah *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Eschericia colli*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, dan *Salmonella sp* [10]. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan minimal bahan nabati diantaranya adalah [9]:

- a) tidak diberikan perlakuan panas
- b) harus disimpan pada suhu 4-7°C
- c) menentukan perlakuan pendahuluan dan pasca panen yang baik sesuai dengan kultivar bahan nabati
- d) memperhatikan hygiene
- e) melaksanakan prosedur HACCP
- f) mempertahankan pH 5 pada proses pengolahan
- g) menggunakan pengemasan vakum
- h) mencuci bahan menggunakan air mengalir dan pH 5
- i) melakukan pemotongan, pengupasan dan penyusunan bahan dengan hati – hati.

Pengolahan minimal bahan hewani dapat dilakukan melalui proses non termal diantaranya tekanan hidrostatik, *pulse electric fields* (PEF), *oscillating magnetic fields* (OMF), irradiasi, menggunakan mikroorganisme atau enzim tertentu (pengempuk daging) [11]. Metode – metode tersebut digunakan dengan tujuan untuk menjaga tekstur, aroma dan rasa tepat baik tanpa menurunkan kualitas jaringan bahan hewani. Bahan ikan lebih rentan terhadap mikroorganisme dibanding bahan hewani lainnya. Hal tersebut menyebabkan teknologi hurdle dalam pengolahan minimal ikan perlu dilakukan untuk menjaga nilai nutrisinya selama proses inaktivasi mikroorganisme. Kerusakan pada bahan hewani umumnya adalah denaturasi protein yang disebabkan oleh mikroorganisme. Akibat yang ditimbulkan diantaranya adalah diasosiasi struktur, agregasi protein, dan gelasi protein. Denaturasi protein tergantung dari faktor internal dan eksternal. Temperatur merupakan contoh faktor eksternal, sedangkan pH dan enzim merupakan contoh faktor internal. Spora mikroorganisme sulit

diinaktivasi melalui proses minimal, sehingga pada sumber bahan nabati, proses minimal biasanya dikombinasikan antara proses termal dan non-termal yang diikuti dengan penyimpanan dingin atau beku [12].

Edamame

Kedelai sayur atau di Jepang disebut dengan edamame termasuk dalam spesies yang sama dengan kedelai untuk pangan, yaitu *Glycine max* (L.) Merrill. Berbeda dengan kedelai biasa yang ditujukan untuk produksi biji kering, kedelai sayur diproduksi untuk mendapat biji dan polong segar. Kepopuleran kedelai sayur disebabkan keistimewaannya yang mudah dibudidayakan, rasa yang enak, dan bernilai gizi tinggi [13]. Klasifikasi edamame yaitu Kingdom *Plantae*, Ordo *Polypetales*, Famili *Leguminosae*, Sub-famili *Papilionoideae*, Genus *Glycine*, Species *Soya*, Varietas *Ryokkoh*, *Chamame*, *Ocunami*, *Tsurunoko*, dan sebagainya

Edamame merupakan tanaman legume semusim, tumbuh tegak, daun lebat, dengan berbagai macam morfologi. Tinggi tanaman kurang lebih berkisar antara 30 sampai 50 cm, bercabang sedikit atau banyak, bergantung pada varietas dan lingkungan hidupnya. Daun pertama yang keluar dari buku sebelah atas kotiledon berupa daun tunggal berbentuk sederhana dan letaknya berseragam (*unifoliolat*). Daun-daun yang terbentuk selanjutnya adalah daun *trifoliolat* (daun bertiga) [14].

Edamame atau kedelai sayur termasuk kelompok makanan sehat karena memiliki kandungan gizi yang kompleks yaitu zat besi 3,5 mg/100g, asam folat 482 mcg/100gr (121% AKG), protein 16,9 g/100gr (34-45% AKG), lemak 18-32%, karbohidrat 12-30% [15]. Edamame merupakan salah satu makanan fungsional, yang mengandung berbagai manfaat untuk kesehatan, diantaranya isoflavon yang dapat berperan sebagai anti kanker, edamame tidak mengandung kolesterol dan lemak jenuh, kandungan protein edamame

lebih dari 40%, termasuk asam amino penting yang tidak terdapat pada tanaman pangan lainnya [16]. *Standar Quality* edamame untuk dapat diterima oleh Jepang harus memenuhi standar sebagai berikut :

Tabel 1 Standar Kualitas Edamame

Jumlah polong	Maksimal 170 biji per 500 gram
Isi	3 polong per biji
Warna	Hijau seragam
Aroma	Khas edamame
Mikroba	<1x10 ⁵ TPC

Sumber : (PT. Mitra Tani 27 Jember, 2010)

Ozon

Ozon (O₃) 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 [17]. Ozon (O₃) 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 [18]. Ozonasi tidak meninggalkan residu kimia dan akan terdegradasi oleh molekul oksigen secara alami sehingga membuatnya ramah lingkungan [19].

Mekanisme ozon (O₃) dalam membunuh mikroba yaitu gas ozon masuk dalam dinding sel, sehingga terjadi *lysis* pada sel mikroba. Air yang telah mengandung gas ozon dapat mencuci buah dan sayur hingga steril, tanpa menghilangkan warna, aroma dan tidak menguraikan senyawa organik dalam bahan pangan, sehingga akan memperpanjang kesegaran dan umur simpan (Haifan, 2017).

Ozon memiliki potensial oksidasi 2.07 Volt dan menghasilkan radikal hidroksida

dengan potensial oksidasi 2.7 Volt. Ozon dapat terbentuk melalui dua proses, yaitu proses penyerapan cahaya dan proses tumbukan. Pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya, baik gas oksigen (O₂) maupun ozon (O₃) 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 O₂ dan membentuk ozon (O₃). 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.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan rancangan acak kelompok dan data dianalisis lanjut menggunakan analisis Duncan. Penelitian ini menggunakan dua level perlakuan yang diulang tiga kali dengan rancangan sebagai berikut :

Waktu Ozonasi	Waktu Kontak Ozon			
	0 menit (B0)	12 menit (B1)	18 Menit (B2)	24 Menit (B3)
0 Menit (A0)	A0B0 (Kontrol)	A0B1	A0B2	A0B3
10 Menit (A1)	A1B0	A1B1	A1B2	A1B3
15 Menit (A2)	A2B0	A2B1	A2B2	A2B3

Penelitian dilakukan di Laboratorium analisis pangan Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember pada Bulan April – Juli 2022.

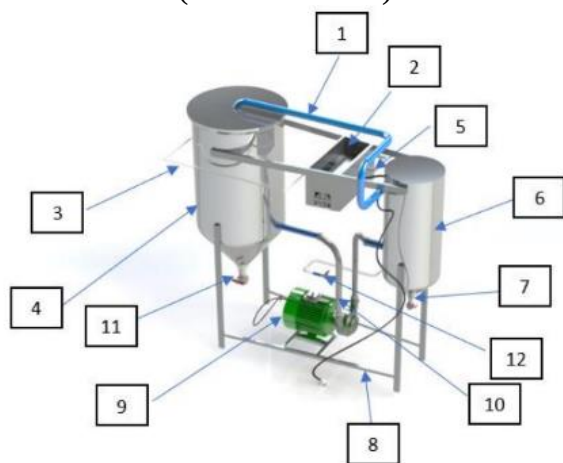
Bahan yang digunakan adalah edamame kualitas A yang dibeli dari petani Arjasa Jember dengan umur panen 70 hari, air bersih, media PCA (*Plate Count Agar*), dan akuades. Alat yang digunakan adalah mesin pencucian ozon

(S00202006229), *laminar air flow*, *waterbath*, *inkubator*, *autoclave*, *vortex mixer*, *colony counter*, *hot plate*, *bunsen*, pipet ukur 1 ml, 10 ml, *bulb pipet*, *cawan petri*, *tabung rekasi*, *botol semprot*, *erlenmeyer*, *magnetic stirrer*, *kapas steril*, *aluminium foil*, *botol scott*, *belender*.

Proses Pengolahan minimal

Berikut gambar, deskripsi dan cara kerja mesin pengolahan minimal.

Gambar 1. Prototype Tangki Pencucian Ozon (S00202006229)



Keterangan:

1. Selang Silikon 5/8 Inch
2. Generator Ozon
3. Selang silicon 3/8 Inch
4. Tabung Pencucian
5. Selang silicon 3/8 Inch
6. Tabung penampungan air
7. Pipa pembuangan
8. Kerangka Utama
9. Pompa Air Listrik
10. Pipa Penghubung
11. Pipa pembuangan Stop Kran\

Tabel 2. Spesifikasi Prototype Tangki Pencucian Ozon [21]

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Dimensi	(68 x 43 x 57) cm
2.	Tabung Utama	Ø 40 cm, t 55 cm
3.	Tabung Air	Ø 25 cm, t 50 cm
4.	Saringan Pencucian	mesh grill Ø 32,5 cm, t 40 cm
5.	Rangka	pipa besi dan besi persegi 2 x 2 cm
6.	Bahan	Stainless
7.	Sumber Penggerak	pompa air listrik
8.	Daya	125 Watt
9.	Voltage	220 V
10.	Operator	1 orang
11.	Kapasitas Kerja	2,5 kg/jam
12.	Kapasitas Ruang	5 kg

Cara kerja proses pencucian minimal :

- 1) Mengalirkan air bersih sebanyak 150L kedalam tangka penampung air
- 2) Menyalakan saklar pompa listrik sehingga air akan dipompakan ke dalam tangki pencuci
- 3) Air bersih dilanjutkan dialirkan ke dalam tangka penampung air hingga air yang berada dalam tangka pencucian berisi $\frac{3}{4}$ bagian dari total keseluruhan volume tangki pencucian
- 4) Masukkan edamame yang akan diproses minimal ke dalam kantong nylon, selanjutnya edamame dimasukan ke dalam tangki pencucian.
- 5) Saklar ozon generator dinyalakan sesuai perlakuan waktu ozonasi yaitu 10 menit atau 15 menit
- 6) Ozon generator dimasukan dan mulai dihitung waktu kontak ozon sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan yaitu 0 menit, 12 menit, 18 menit, dan 24 menit.
- 7) Edamame diambil dari tangki pencucian setelah waktu kontak ozon selesai.

Efektivitas penghambatan mikroorganisme

Pengujian efektivitas penghambatan diawali dengan perhitungan jumlah mikroorganisme menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) [22]. Koloni mikroorganisme yang tumbuh dapat dihitung menggunakan *hand counter*. Penghitungan Total Bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) menggunakan media *Plate Count Agar* (PCA) diuraikan sebagai berikut [23] :

- a) 5 g edamame diblender menggunakan 25 g air pengolahan minimal.
- b) Mencuplik 1gr edamame yang telah dihaluskan kedalam tabung reaksi dan diencerkan menggunakan akuades steril hingga pengenceran 10^{-6}
- c) Pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} diinokulasikan sebanyak 1 ml kedalam cawan petri steril dan ditambahkan media PCA hingga menutupi seluruh permukaan cawan petri. Dilakukan duplo.

d) Sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 72 jam dalam inkubator.

e) Menghitung total mikroorganisme menggunakan metode BAM (*Bacterial analytical method*)

Perhitungan efektifitas dihitung menggunakan perbandingan antara jumlah mikroorganisme pada pengenceran yang dihitung dibandingkan dengan jumlah mikroorganisme pada kontrol yaitu perlakuan A0B0 (waktu ozonasi 0 menit dan waktu kontak 0 menit).

$$\text{Efektivitas reduksi } m.o = \frac{\text{selisih Jumlah m.o pada perlakuan A0B0 (kontrol) dan perlakuan n}}{\text{Jumlah m.o pada perlakuan A0B0 (kontrol)}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, hasil pengujian TPC disajikan pada Tabel 3 beserta dengan konsentrasi ozon yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3. Jumlah Total Mikroorganisme dan Efektivitas Reduksi Hasil Pengolahan Mimal Ozon pada Edamame Segar

Perlakuan	KONSENTRASI OZON (g/L)	Jumlah CFU/g	log	Efektivitas Reduksi (%)
A0B0 (Kontrol)	0,0	$8,9 \times 10^5 \pm 0,4^f$	13,7	-
A0B1		$7,9 \times 10^5 \pm 0,7^f$	13,6	0,9
A0B2		$7,6 \times 10^5 \pm 0,5^f$	13,5	1,2
A0B3		$3,1 \times 10^5 \pm 0,3^e$	12,6	7,7
A1B0	0,41	$6,1 \times 10^4 \pm 0,5^c$	11,0	19,6
A1B1		$6,8 \times 10^3 \pm 0,2^c$	8,8	35,6
A1B2		$4,2 \times 10^3 \pm 0,2^b$	8,3	39,1
A1B3		$3,1 \times 10^3 \pm 0,6^b$	8,0	41,3
A2B0	0,78	$6,1 \times 10^3 \pm 0,9^c$	8,7	36,4
A2B1		$4,2 \times 10^3 \pm 0,7^b$	8,3	39,1
A2B2		$2,4 \times 10^3 \pm 0,9^a$	7,8	43,2

A2B3		$1,2 \times 10^3 \pm 0,9^a$	7,1	48,2
------	--	-----------------------------	-----	------

Keterangan : A0B0 (waktu ozonasi 0 menit dan waktu kontak ozon 0 menit), A0B1 (waktu ozonasi 0 menit dan waktu kontak ozon 12 menit), A0B2 (waktu ozonasi 0 menit dan waktu kontak ozon 18 menit), A0B3 (waktu ozonasi 0 menit dan waktu kontak ozon 24 menit), A1B0 (waktu ozonasi 10 menit dan waktu kontak ozon 0 menit), A1B1 (waktu ozonasi 10 menit dan waktu kontak ozon 12 menit), A1B2 (waktu ozonasi 10 menit dan waktu kontak ozon 18 menit), A1B3 (waktu ozonasi 10 menit dan waktu kontak ozon 24 menit), A2B0 (waktu ozonasi 15 menit dan waktu kontak ozon 0 menit), A2B1 (waktu ozonasi 15 menit dan waktu kontak ozon 12 menit), A2B2 (waktu ozonasi 15 menit dan waktu kontak ozon 18 menit), A2B3 (waktu ozonasi 15 menit dan waktu kontak ozon 24 menit). Nilai yang ditandai dengan menggunakan huruf sama menunjukkan bahwa perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan dan jika ditandai dengan huruf tidak sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.

Sumber : data primer (2022)

Salah satu aspek penting pada penerimaan produk edamame ekspor yaitu kandungan residu bakteri yang masih terkandung pada produk edamame segar. Pengolahan minimal menggunakan teknologi ozon diharapkan dapat menghilangkan mikroba yang terkandung pada edamame.

Berdasarkan tabel 3 uji Duncan dengan taraf 5% menunjukkan bahwa adanya perbedaan dari setiap perlakuan yang mempengaruhi. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu ozonasi dapat menurunkan jumlah mikroorganisme pada edamame hasil pengolahan minimal ozon. Perlakuan dengan jumlah mikroorganisme yang tumbuh paling sedikit ditemukan pada perlakuan A2B3 (waktu ozonasi 15 menit dan waktu kontak 24 menit) yaitu Log 7,1 CFU/g. Perlakuan dengan jumlah mikroorganisme yang tumbuh paling banyak

ditemukan pada perlakuan A1B0 (waktu ozonasi 10 menit dan waktu kontak 0 menit) yaitu Log 11,0 CFU/g. Kontrol yang digunakan dalam penelitian adalah A0B0 (waktu ozonasi 0 menit dan waktu kontak ozon 0 menit) dengan jumlah total mikroorganisme Log 13,7 CFU/g. Pada perlakuan kontrol waktu ozonasi 0 menit, dilakukan proses pencucian dengan air yang bersirkulasi selama sesuai waktu kontak ozon yaitu 12,18, dan 24 menit. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pensirkulasian air pencuci pada saat waktu kontak ozon, dapat menurunkan jumlah mikroorganisme pada edamame.

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 [7]; peptidoglikan dalam selubung sel [24]; enzim dan asam nukleat dalam sitoplasma [5]; serta protein dan peptidoglikan dalam mantel spora dan kapsid virus [19]. Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa molekul ozon adalah inaktivator utama mikroorganisme serta memiliki aktivitas anti-mikroba dari hasil produksi senyawa reaktif $\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{O}_2^-$, dan HO_3^- .

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 [25]. 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.

Efektivitas reduksi mikroorganisme yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan melalui perbandingan jumlah mikroorganisme hasil pengolahan minimal perlakuan n dengan kontrol. Hal tersebut dilakukan untuk melihat keefektifan penggunaan ozon pada kondisi

yang sama dalam penelitian ini. Keefektifan reduksi jumlah mikroorganisme selanjutnya perlu dilakukan dengan membandingkan menggunakan jenis desinfektan lain baik yang menggunakan bahan kimia atau teknologi non termal lain maupun kombinasinya.

PENUTUP

Kesimpulan

Jumlah mikroorganisme total dari perlakuan terbaik edamame hasil pengolahan minimal ozon dalam penelitian ini sudah dapat dikategorikan sebagai syarat untuk ekspor edamame yaitu log 7,1 CFU/gr dengan efektivitas reduksi sebesar 48,2%. Syarat minimal kontaminan berbahaya pada edamame beku ekspor adalah log 7,6 CFU/gr.

Saran

Perlu dilakukan perhitungan kinetika pertumbuhan sel serta dilakukan karakterisasi mikroorganisme yang ditemukan dalam proses pengolahan minimal dalam proses minimal ozon

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. O. N. Yudiastuti, R. Wijaya, and T. Budiati, "The effect of ozonation time and contact time of edamame washing on color changes using the continuous type ozone washing method," *IOP Conf. Ser. Earth Environmental Sci.*, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/672/1/012066.
- [2] S. Yudiastuti and R. Wijaya, "Analisis Nilai Tambah Edamame Melalui Penanganan Pasca Panen menggunakan Air Berozon T," *J. Ilm. Inov.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–6, 2021, doi: 10.25047/jii.v21i1.2625.
- [3] S. Yudiastuti and R. Wijaya, "THE CHLORINE REDUCTION IN EDAMAME BY WATER-OZONATED MINIMALLY PROCESS," *J. Res. Soc. Sci. Econ. Manag.*, vol. 01, no. 3, pp. 269–276, 2021, doi: 10.36418/jrssem.v1i3.26.
- [4] A. Bakri, W. Suryaningsih, B. Hariono,

- and S. Hartatik, "Perbaikan Kualitas dan Dekontaminasi Mikroba Kedelai Edamame Dengan Teknik Ozonated Water," *J. Ilm. Inov.*, vol. 18, no. 1, 2018, doi: 10.25047/jii.v18i1.919.
- [5] F. M. Trombete, O. Freitas-Silva, T. Saldanha, A. A. Venâncio, and M. E. Fraga, "Ozone against mycotoxins and pesticide residues in food: Current applications and perspectives," *Int. Food Res. J.*, vol. 23, no. 6, pp. 2545–2556, 2016.
- [6] K. M. Farizha, A. M. Legowo, and Y. Pratama, "Artikel Review : Aplikasi Teknologi Ozon Pada Bahan Pangan," vol. 5, no. 1, pp. 27–29, 2021.
- [7] Sofia and D. Rosmaniar, "Perbandingan Hasil Disinfeksi Menggunakan Ozon Dan Sinar Ultra Violet Terhadap Kandungan Mikroorganisme Pada Air Minum Isi Ulang," *Agroscience (Agsci)*, vol. 9, no. 1, p. 82, 2019, doi: 10.35194/agsci.v9i1.636.
- [8] A. Ali, W. Yeoh, C. Forney, and M. Siddiqui, "Advances in postharvest technologies to extend the storage life of minimally processed fruits and vegetables.," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 58, no. 15, pp. 2632–2649, 2018.
- [9] V. Bansal, M. W. Siddiqui, and M. S. Rahman, "Minimally processed foods: Overview," in *Food Engineering Series*, no. October, 2015, pp. 1–15.
- [10] Z. Pawera, L.; Khomsan, A.; Zuhud, E.A.M.; Hunter, D.; Ickowitz, A.; Polesny, "Wild food plants and trends in their use: From knowledge and perceptions to drivers of change in West Sumatra, Indonesia.," *Foods*, vol. 9, p. 1240, 2020.
- [11] A. Niveditha, R. Pandiselvam, V. A. Prasath, S. K. Singh, K. Gul, and A. Kothakota, "Application of cold plasma and ozone technology for decontamination of *Escherichia coli* in foods- a review," *Food Control*, vol. 130, no. June, p. 108338, 2021, doi: 10.1016/j.foodcont.2021.108338.
- [12] G. K. Deshwal, S. Tiwari, and S. Kadyan, "Applications of emerging processing technologies for quality and safety enhancement of non-bovine milk and milk products," *Lwt*, vol. 149, no. June, p. 111845, 2021, doi: 10.1016/j.lwt.2021.111845.
- [13] T. Handayani and I. M. Hidayat, "Keragaman Genetik dan Heritabilitas Beberapa Karakter Utama pada Kedelai Sayur dan Implikasinya untuk Seleksi Perbaikan Produksi," *J. Hortik.*, vol. 22, no. 4, p. 327, 2016, doi: 10.21082/jhort.v22n4.2012.p327-333.
- [14] H. Soewanto, A. Prasongko, and Sumarno, "Agribisnis Edamame untuk Ekspor," *Kedelai Tek. Produksi dan Pengemb.*, pp. 417–443, 2013.
- [15] C. M. Grieshop *et al.*, "Chemical and Nutritional Characteristics of United States Soybeans and Soybean Meals," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 51, no. 26, pp. 7684–7691, 2003, doi: 10.1021/jf034690c.
- [16] U. Perbaikan and G. Anak, "1 , 2 , 3," vol. 3, no. 2, pp. 49–53, 2019.
- [17] I. Isyuniarto, W. Usada, S. Suryadi, A. Purwadi, M. Mintolo, and T. Rusmanto, "Identifikasi Ozon Dan Aplikasinya Sebagai Desinfektan," *GANENDRA Maj. IPTEK Nukl.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–22, 2015, doi: 10.17146/gnd.2002.5.1.209.
- [18] M. Haifan, "Review Kajian Aplikasi Teknologi Ozon untuk Penanganan Buah , Sayuran dan Hasil Perikanan," *J. IPTEK*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2017.
- [19] S. Aafia, "Ozone Treatment in Prolongation of Shelf Life of Temperate and Tropical Fruits," *Int. J. Pure Appl. Biosci.*, vol. 6, no. 2, pp. 298–303, 2018, doi: 10.18782/2320-7051.6289.
- [20] M. Haifan, "Review Kajian Aplikasi Teknologi Ozon untuk Penanganan

- Buah , Sayuran dan Hasil Perikanan (Review Study of Ozone Technology Applications for Handling Fruits , Vegetables and Fishery Products),” *J. IPTEK*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2017.
- [21] S. O. N. Yudiastuti and R. Wijaya, *Alat Pencuci Ozon Tipe Kontinyu*. Pekalongan, Indonesia: Nasya Expanding Management, 2021.
- [22] S. Yudiastuti, E. Sukarminah, E. Mardawati, and R. Kastaman, “Evaluation study of *Lactobacillus acidophilus* drying,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 250, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/250/1/012016.
- [23] Nufus and G. Tresnani, “Populasi Bakteri Normal dan Bakteri Kitinolitik Pada Saluran Pencernaan Lobster Pasir (*Panulirus homarus* L .) yang diberi Kitosan Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram I . Pendahuluan Bakteri normal adala,” vol. 16, no. April, pp. 15–23, 2016.
- [24] D. Sert and E. Mercan, “Effects of ozone treatment to milk and whey concentrates on degradation of antibiotics and aflatoxin and physicochemical and microbiological characteristics,” *Lwt*, vol. 144, no. February, 2021, doi: 10.1016/j.lwt.2021.111226.
- [25] A. Maaruf, S. S. Dewi, and F. A. Wardoyo, “WAKTU PAPARAN GAS OZON TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*,” *Semin. Nas. PEndidikan, Sains dan Teknol.*, pp. 1–5, 2012.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN