

Kajian Teknologi Ozon (O₃) Sebagai Penanganan Pascapanen Produk Hortikultura

Study of Ozone (O₃) Technology for Post-Harvest Handling of Horticultural Products

Indriati Meilina Sari¹, Gerald Latuserimala², Paisal Ansiska^{3*}

²Program Studi Pendidikan Ekonomi FKIP, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

²Program Studi Kehutanan, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

¹Program Studi Pendidikan Geografi FKIP, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

***Corresponding Author**

E-mail: paisal.ansiska@outlook.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0277-6545>

Info Artikel: Submitted: 21 Oktober 2023 | Revised: 28 Oktober 2023 | Accepted: 18 November 2023 | Published 27 Desember 2024

Abstrak: Penting untuk menyadari bahwa produk hortikultura tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi kita, tetapi juga mendukung kesejahteraan ekonomi dan ekologi. Selain aspek gizi, produk hortikultura juga memiliki dampak positif pada lingkungan. Penanaman pohon hias, bunga-bunga, dan taman-taman kota membantu dalam penyerapan karbon dioksida dan penyaringan polusi udara, serta menciptakan habitat bagi satwa liar. Kerusakan produk hortikultura adalah masalah yang kompleks dan sangat signifikan dalam industri pertanian dan pasokan pangan. Dalam konteks ketahanan pangan global, pemborosan makanan yang disebabkan oleh kerusakan produk hortikultura adalah masalah serius. Pengawetan produk hortikultura menggunakan teknologi ozon adalah pendekatan inovatif yang telah menjadi sorotan dalam upaya memperpanjang umur simpan produk, mengurangi kerusakan akibat mikroorganisme patogen, serta menjaga kualitas dan kesegaran produk. Tulisan ini mencari info terbaru tentang penggunaan ozon dalam pengawetan produk hortikultura dan tantangannya. Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka sebagai pendekatan utama untuk mengumpulkan data. Ozon (O₃) yang merupakan bentuk oksigen dengan sifat oksidatif yang kuat, terbukti sangat efektif dalam memerangi mikroorganisme patogen, menghilangkan aroma tak diinginkan, dan memperpanjang umur simpan produk hortikultura. Meskipun memiliki manfaat besar, penggunaan ozon harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari potensi dampak negatif pada manusia dan lingkungan.

Kata Kunci: Hortikultura, Teknologi Ozon, Pasca Panen, Pengawetan Pangan

Abstract: *It is important to realize that horticultural products not only meet our nutritional needs but also support economic and ecological well-being. Besides the nutritional aspect, horticultural products also have a positive impact on the environment. Planting ornamental trees, flowers, and city gardens helps in carbon dioxide absorption, air pollution filtration, and creates habitats for wildlife. Horticultural product damage is a complex and significant issue in the agriculture and food supply industry. In the context of global food security, food wastage due to horticultural product damage is a serious problem. The preservation of horticultural products using ozone technology is an innovative approach that has garnered attention in efforts to extend the shelf life of products, reduce damage from pathogenic microorganisms, and maintain product quality and freshness. This paper seeks the latest information on the use*

of ozone in horticultural product preservation and its challenges. This research uses a literature review method as the primary approach for data collection. Ozone (O₃), an oxygen allotrope with strong oxidative properties, has been proven highly effective in combating pathogenic microorganisms, eliminating unwanted odors, and extending the shelf life of horticultural products. Despite its significant benefits, the use of ozone must be conducted carefully to avoid potential negative impacts on humans and the environment.

Keywords: Horticulture, Ozone Technology, Post-Harvest, Food Preservation

Panduan Sitasi: Lasaiba, M. A. (2024). Strategi Inovatif untuk Pengelolaan Sampah Perkotaan: Integrasi Teknologi dan Partisipasi Masyarakat. *GEOFORUM Jurnal Geografi dan Pendidikan Geografi*, 2 (2), 122-128. <https://doi.org/10.30598/geoforumvol2iss2pp122-128>

PENDAHULUAN

Produk hortikultura adalah bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari kita yang memainkan peran yang sangat penting dalam penyediaan makanan yang sehat, beragam, serta berkontribusi pada penghijauan lingkungan dan ekonomi. Produk hortikultura adalah sumber makanan yang kaya akan vitamin dan mineral, yang dapat secara signifikan berkontribusi untuk meningkatkan kesehatan (Wanis A. et al., 2021). Budidaya hortikultura adalah bagian dari pertanian yang memfokuskan pada budidaya, pemeliharaan, dan produksi beragam jenis tanaman, termasuk buah-buahan, sayuran, bunga-bunga hias, dan berbagai jenis tanaman lainnya. Produk hortikultura mencakup apa yang sering kita temukan di pasar, dari apel yang segar hingga beraneka ragam sayuran, serta taman-taman yang indah yang memperindah lingkungan tempat tinggal kita. Tanaman hortikultura mencakup berbagai jenis tumbuhan, termasuk buah-buahan, sayur-sayuran, dan tanaman dekoratif (Ardila et al., 2022).

Penting untuk menyadari bahwa produk hortikultura tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi kita, tetapi juga mendukung kesejahteraan ekonomi dan ekologi. Produk hortikultura adalah salah satu komponen utama dalam sektor pertanian, karena memiliki potensi besar untuk berkontribusi pada perekonomian suatu wilayah (Istiqomah et al., 2018). Makanan segar dari produk hortikultura membantu dalam mencapai ketahanan pangan dan menyediakan makanan yang bervariasi, kaya akan vitamin, mineral, dan serat yang diperlukan untuk menjaga kesehatan kita. Tanaman

hortikultura dapat memenuhi kebutuhan fisik sebagai sumber vitamin, mineral, dan protein (Pitaloka, 2020).

Selain aspek gizi, produk hortikultura juga memiliki dampak positif pada lingkungan. Penanaman pohon hias, bunga-bunga, dan taman-taman kota membantu dalam penyerapan karbon dioksida dan penyaringan polusi udara, serta menciptakan habitat bagi satwa liar. Selain itu, budidaya tanaman hias juga memperindah lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup kita. Tanaman hias mampu menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ melalui proses fotosintesis, sehingga selain berperan dalam penyerapan emisi karbon dioksida (CO₂), tanaman juga berfungsi sebagai penyedia oksigen (O₂) yang penting bagi manusia. Selain itu, tanaman hias juga dapat memberikan naungan dan meningkatkan estetika dalam lanskap (Aqualdo et al., 2012).

Tantangan global seperti perubahan iklim dan pertumbuhan populasi yang cepat menempatkan tekanan pada produksi dan manajemen produk hortikultura. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang cara mengoptimalkan produksi hortikultura, mengurangi limbah makanan, dan mempromosikan keberlanjutan sangat penting. Dalam pengantar ini, kita akan menjelajahi peran produk hortikultura dalam menjawab tantangan-tantangan ini dan bagaimana inovasi dalam pertanian hortikultura dapat berkontribusi pada masa depan yang lebih sehat dan berkelanjutan.

Kerusakan produk hortikultura adalah masalah yang kompleks dan sangat signifikan dalam industri pertanian dan pasokan pangan. Produk hortikultura, yang mencakup

buah-buahan, sayuran, dan tanaman hias, memainkan peran vital dalam memenuhi kebutuhan gizi manusia dan memperkaya variasi pangan yang tersedia. Namun, sepanjang perjalanan mereka dari ladang ke meja kita, produk hortikultura seringkali menghadapi tantangan besar yang dapat mengakibatkan kerusakan yang merugikan. Adanya kerusakan fisik dapat mempercepat tingkat penguapan dan kehilangan air dari produk pertanian (Rozana et al., 2021). Faktor-faktor seperti penyimpanan yang tidak benar, pengiriman yang tidak efisien, cuaca ekstrem, penyakit, hama, dan manipulasi manusia berkontribusi pada kerusakan yang sering kali tidak terhindarkan. Dalam kondisi penyimpanan pada suhu ruang, terdapat jamur patogen *Penicillium* spp., *Colletotrichum* spp., dan *Botrytis cinerea* yang dapat menginfeksi buah stroberi (Ansiska et al., 2023). Dampak dari kerusakan produk hortikultura jauh lebih besar daripada sekadar peningkatan biaya produksi. Hal itu juga menciptakan beban ekonomi yang signifikan, mengancam ketahanan pangan global, dan meningkatkan tekanan pada sumber daya alam.

Dalam konteks ketahanan pangan global, pemborosan makanan yang disebabkan oleh kerusakan produk hortikultura adalah masalah serius. Saat jutaan orang di seluruh dunia masih mengalami kelaparan dan kekurangan gizi, pemborosan makanan ini menjadi semakin tidak dapat diterima. Terdapat 828 orang di dunia pada tahun 2021 mengalami kelaparan yang disebabkan karena pandemi Covid-19 (FAO, 2022). Di samping itu, kerusakan produk hortikultura juga berdampak besar pada ekonomi, karena petani dan produsen menghadapi kerugian finansial yang signifikan akibat hilangnya produk mereka. Selain itu, sumber daya alam seperti air dan tanah digunakan untuk pertanian hortikultura, dan kerusakan produk yang signifikan juga berarti pemborosan sumber daya tersebut. Selain itu, dalam upaya melindungi lingkungan dan mengatasi perubahan iklim, berkurangnya pemborosan makanan dan sumber daya menjadi krusial.

Pengawetan produk hortikultura menggunakan teknologi ozon adalah pendekatan inovatif yang telah menjadi

sorotan dalam upaya memperpanjang umur simpan produk, mengurangi kerusakan akibat mikroorganisme patogen, serta menjaga kualitas dan kesegaran produk. Hortikultura, yang meliputi berbagai jenis buah, sayuran, dan tanaman hias, memiliki umur simpan yang terbatas dan sangat rentan terhadap serangan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus. Penggunaan teknologi ozon pada pengelolaan pasca panen tomat dapat menekan susut bobot pada buah tomat (Sari et al., 2021). Kerusakan yang terjadi selama penyimpanan dan transportasi dapat mengakibatkan pemborosan makanan yang signifikan, kerugian ekonomi, dan tekanan pada pasokan pangan.

Ozon (O_3) dalam konteks pengawetan produk hortikultura digunakan dalam bentuk gas untuk menghentikan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme patogen. Waktu terpapar ozon yang paling efektif dalam membunuh bakteri *Escherichia coli* adalah selama 20 menit karena tidak terdapat pertumbuhan koloni bakteri. (Ma'ruf et al., 2018). Dengan sifat oksidatifnya yang kuat, ozon efektif dalam membunuh berbagai jenis mikroorganisme penyebab kerusakan produk, menjadikannya alat yang efisien dan ramah lingkungan dalam melindungi produk hortikultura dari kerusakan selama penyimpanan.

Tulisan ini bertujuan untuk mencari dan memahami informasi terbaru tentang bagaimana ozon digunakan dalam pengawetan produk hortikultura dan apa saja tantangan yang timbul dalam pengaplikasiannya.

METODE

1. Desain

Desain tulisan ini menggunakan metode studi pustaka sebagai pendekatan utama untuk mengumpulkan data. Studi pustaka adalah suatu teknik yang memanfaatkan sumber-sumber data tertulis seperti buku, jurnal, laporan, dan dokumen elektronik lainnya untuk menjawab pertanyaan penelitian. Penelitian ini tidak melibatkan pengumpulan data primer melalui wawancara atau survei.

2. Identifikasi Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah buku-buku, jurnal ilmiah, laporan, dan dokumen elektronik seperti website dan database online. Sumber data ini dipilih berdasarkan relevansi dan kredibilitasnya terhadap topik penelitian.

3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Dalam memilih sumber data, peneliti menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi adalah kriteria yang digunakan untuk memilih sumber data yang relevan dengan topik penelitian. Sedangkan kriteria eksklusi adalah kriteria yang digunakan untuk mengecualikan sumber data yang tidak relevan atau tidak memiliki kredibilitas yang cukup. Kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Kriteria Inklusi:

- Sumber data yang berhubungan dengan topik penelitian.
- Sumber data yang dipublikasikan dalam periode 10 tahun terakhir.
- Sumber data yang berasal dari jurnal ilmiah dan publikasi resmi.

b. Kriteria Eksklusi:

- Sumber data yang tidak relevan dengan topik penelitian.
- Sumber data yang tidak memiliki kredibilitas yang cukup.
- Sumber data yang sudah usang atau tidak relevan dengan perkembangan terbaru di bidang penelitian.

4. Proses Seleksi Sumber Data

Proses seleksi sumber data dilakukan dengan cara membaca abstrak dan judul dari setiap sumber data yang ditemukan. Sumber data yang relevan dengan topik penelitian dipilih dan dibaca secara keseluruhan. Setelah itu, sumber data yang dipilih dianalisis dan disintesis untuk mendapatkan informasi yang relevan dengan tujuan penelitian.

5. Analisis Data

Data yang diperoleh dari sumber-sumber studi pustaka dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif. Data yang relevan dengan tujuan penelitian dikelompokkan dan

disintesis menjadi suatu kesimpulan yang dapat menjawab pertanyaan penelitian.

6. Validitas dan Reliabilitas

Dalam penelitian ini, validitas dan reliabilitas diperoleh dari sumber data yang berasal dari jurnal ilmiah dan publikasi resmi. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kredibilitas yang tinggi dan telah melalui proses peer-review sehingga dapat dipercaya sebagai sumber data yang valid dan reliabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi ozon telah menjadi salah satu pendekatan inovatif yang penting dalam industri pengawetan produk hortikultura. Ozon (O_3), bentuk alotropis dari oksigen, adalah molekul gas yang memiliki sifat oksidatif yang kuat, yang menjadikannya alat yang efektif dalam memerangi mikroorganisme patogen, menghilangkan bau tidak diinginkan, dan memperpanjang umur simpan produk hortikultura. Mekanisme ozon dalam mengawetkan produk hortikultura didasarkan pada sifat oksidatif yang kuat dari ozon (O_3). Ozon bertindak sebagai agen oksidatif yang efektif dalam menghancurkan mikroorganisme patogen seperti bakteri, jamur, dan virus yang dapat merusak produk hortikultura. Konsentrasi ozon dari 0,3 hingga 0,9 mg/L dapat secara efektif membunuh berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri dan virus (Han et al., 2006). Ketika ozon dipaparkan pada produk hortikultura, ozon berinteraksi dengan komponen sel mikroorganisme melalui serangkaian reaksi oksidasi. Hal ini mengakibatkan kerusakan pada membran sel mikroorganisme, struktur genetik, dan enzim yang diperlukan untuk kelangsungan hidup mereka. Akibatnya, mikroorganisme patogen menjadi tidak aktif dan tidak dapat berkembang biak. Dengan mengurangi atau menghilangkan mikroorganisme patogen ini, ozon membantu memperpanjang umur simpan produk hortikultura dengan mengurangi risiko kerusakan dan pemborosan makanan. Penerapan ozonisasi pada dosis 0 ppm, 1,5 ppm, dan 3 ppm telah terbukti dapat meningkatkan umur simpan tomat (Sari et al., 2021). Selain itu, ozon juga dapat berperan

dalam detoksifikasi senyawa kimia berbahaya seperti pestisida atau zat berbahaya yang mungkin ada pada produk hortikultura, dengan merusak ikatan kimia dalam senyawa-senyawa tersebut dan mengubahnya menjadi senyawa yang lebih aman. Penerapan teknologi ozonisasi mampu menghilangkan residu pestisida, bakteri, dan logam berat yang melekat pada buah atau sayuran, menjadikannya aman untuk dikonsumsi (Sugiarto, 2007). Ini menjaga keamanan pangan produk dan melindungi konsumen dari paparan residu kimia berbahaya. Penggunaan pestisida memiliki potensi risiko terhadap kesehatan para petani dan konsumen (Yuantari et al., 2018). Selain itu, ozon juga membantu dalam penghilangan bau dan rasa tidak diinginkan yang dapat muncul akibat kerusakan mikroorganisme, sehingga menjaga karakteristik organoleptik produk. Ozon memiliki sifat deodoran, yang berarti bahwa ia dapat menghilangkan aroma yang disebabkan oleh senyawa organik dan mikroorganisme (Farizha et al., 2022). Dengan demikian, ozon berperan penting dalam pengawetan produk hortikultura dengan mengintegrasikan beberapa mekanisme, termasuk pengendalian mikroorganisme patogen, detoksifikasi senyawa berbahaya, dan pemeliharaan kualitas produk secara keseluruhan.

Pengaplikasian teknologi ozon dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan merendam produk hortikultura menggunakan air yang tambahkan (dialirkan ozon) dan juga pengaplikasian dapat digunakan dengan cara mengalirkan ozon dengan tekanan udara untuk melewati produk hortikultura. Paparan ozon dalam air yang mengalir dapat secara efektif memusnahkan bakteri (Yudiastuti et al., 2022). Proses ozonisasi dengan penggunaan aliran ozon dalam bentuk gas dapat berdampak positif pada perubahan berat cabai, modifikasi kadar vitamin C, dan karakteristik organoleptik cabai (Sari et al., 2023).

Keuntungan lain dari teknologi ozon adalah pengurangan ketergantungan pada bahan kimia pengawet konvensional. Beberapa bahan pengawet kimia dapat meninggalkan residu pada produk dan

memiliki efek samping pada kesehatan manusia dan lingkungan. Penggunaan formalin atau Formaldehide sebagai bahan pengawet pada produk buah yang dikonsumsi oleh manusia dapat memiliki efek negatif yang berbahaya terhadap kesehatan tubuh (Zulfatiswada & Puspikawati, 2022). Umumnya untuk mengawetkan produk hortikultura, petani sering menyemprotkan fungisida dengan tujuan untuk mematikan jamur yang ada pada produk hortikulturnya. Penggunaan pestisida kimia oleh petani, pada tingkat yang berlebihan merupakan tanda yang mengindikasikan risiko serius yang berpotensi merugikan baik bagi ekosistem maupun kesehatan manusia (Ameriana, 2008). Teknologi ozon merupakan alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu yang berbahaya dan secara alami terurai menjadi oksigen. Ketika ozon digunakan pada makanan, tidak ada residu yang tersisa karena ozon terurai dengan cepat (Guzel-Seydim et al., 2004). Oleh karena itu, ozon membantu dalam mendukung upaya global untuk mengurangi dampak negatif produk kimia terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Meskipun teknologi ozon memiliki banyak manfaat, ada beberapa tantangan yang perlu dihadapi. Salah satu tantangan utama adalah pengaturan tingkat ozon yang tepat. Konsentrasi ozon yang terlalu tinggi dapat merusak produk hortikultura dan bahkan berpotensi merusak kesehatan manusia, sementara kadar ozon yang terlalu rendah mungkin tidak cukup efektif dalam pengendalian mikroorganisme. Konsentrasi ozon sebesar 6 ppm dapat mengakibatkan kerusakan pada lapisan kutikula dan/atau jaringan epidermis bawang putih (Liu et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan pemantauan dan pengendalian yang ketat terhadap sistem ozon. Dalam konteks lingkungan, ozon adalah senyawa yang tidak berbahaya dalam kadar yang tinggi. Namun, penggunaan ozon yang berlebihan dalam industri pengawetan produk hortikultura dapat berdampak negatif pada lingkungan, terutama jika terjadi pelepasan ozon berlebihan ke atmosfer. Kandungan ozon yang terlepas diudara dan belum terurai dapat berpotensi menyebabkan keracunan pada

manusia dan membunuh mikroorganisme non cendawan yang ada di lingkungan sekitar ozon di berikan. ozon dapat menyebabkan dampak kausal yang signifikan terhadap gangguan pernapasan pada bagian atas dan bawah. Selain itu, efek berbahaya ozon terhadap kesehatan manusia bervariasi tergantung pada jenis kelamin dan usia (Lu & Yao, 2023). Oleh karena itu, perusahaan dan petani perlu mematuhi pedoman penggunaan ozon yang aman dan ramah lingkungan untuk menghindari dampak negatif.

Penting juga untuk mempertimbangkan jenis produk hortikultura yang diawetkan. Beberapa produk mungkin lebih sensitif terhadap ozon daripada yang lain, sehingga perlu perhatian khusus dalam menentukan dosis ozon yang tepat. Memberikan ozon pada konsentrasi 1 ppm pada Buah Longkong dapat mengurangi kerusakan dan menghambat pertumbuhan mikroba, memungkinkan buah tersebut bertahan selama 12 hari dalam kondisi penyimpanan (Anchalee et al., 2015). Paparan ozon pada tingkat 0.5 ppm pada buah apel secara efektif menghambat pertumbuhan mikroba *P.expansum* dan memungkinkan apel tersebut tetap segar selama periode penyimpanan selama 2 bulan (Yaseen et al., 2015).

Secara keseluruhan, teknologi ozon adalah alat yang penting dalam pengawetan produk hortikultura. Ini membantu memperpanjang umur simpan produk, mengurangi risiko kontaminasi, menghilangkan bau yang tidak diinginkan, dan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia pengawet yang berpotensi merugikan. Namun, penggunaannya harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai pedoman untuk memastikan manfaat maksimal tanpa membahayakan manusia dan lingkungan.

KESIMPULAN

Teknologi ozon merupakan inovasi krusial dalam industri pengawetan produk hortikultura. Ozon (O_3) yang merupakan bentuk oksigen dengan sifat oksidatif yang kuat, terbukti sangat efektif dalam memerangi mikroorganisme patogen, menghilangkan aroma tak diinginkan, dan memperpanjang umur simpan produk hortikultura. Ozon mampu mengeliminasi bakteri, jamur, dan

virus yang merusak, menjaga kesegaran produk. Selain itu, ozon memiliki kemampuan untuk detoksifikasi senyawa berbahaya seperti pestisida. Penerapan teknologi ozon dapat dilakukan melalui metode perendaman atau pengaliran ozon pada produk hortikultura. Namun, penting untuk memantau dengan cermat konsentrasi ozon dan menjaga keamanan dalam penggunaannya.

Kesimpulan di deskripsikan secara kalimat, secara singkat dan padat yang berisi menjawab tujuan dan pertanyaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ameriana, M. (2008). Perilaku Petani Sayuran dalam Penggunaan Pestisida Kimia. *J. Hort*, 18(1), 95–106.
- Anchalee, S., Puengphan, C., Jongpanyalert, B., Pisuchpen, S., Rugkong, A., & Chanawirawan, S. (2015). Storage quality of longkong (*Lansium domesticum* Corr.) fruit as affected by ozonated water and sodium hypochlorite pretreatment. *Acta Horticulturae*, 1088, 201–206. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1088.30>
- Ansiska, P., Anggraini, S., Sari, I. M., Windari, E. H., & Oktoyoki, H. (2023). Isolasi Dan Identifikasi Jamur Patogen Buah Stroberi Selama Penyimpanan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 34–39. <https://doi.org/10.31186/jipi.25.1.34-39>
- Aqualdo, N., Eryati, & Indrawati, T. (2012). Penyeimbangan Lingkungan Akibat Pencemaran Karbon Yang Ditimbulkan Industri Warung Internet Di Kota Pekanbaru. *Jurnal Ekonomi*, 20(August), 1–11.
- Ardila, L., Rosanti, D., & Kartika, T. (2022). Karakteristik Morfologi Tanaman Buah di Desa Suka Damai Kecamatan Tungkal Jaya Kabupaten Musi Banyuasin. *Indobiosains*, 4(2), 36. <https://doi.org/10.31851/indobiosains.v4i2.6163>
- FAO. (2022). *UN Report: Global hunger numbers rose to as many as 828 million in 2021*. State of Food Security and Nutrition Report.

- <https://www.fao.org/newsroom/detail/un-report-global-hunger-SOFI-2022-FAO/en>
- Farizha, K. M., Legowo, A. M., & Pratama, Y. (2022). Aplikasi Teknologi Ozon Pada Bahan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 27–29. <https://doi.org/10.14710/jtp.2021.23616>
- Guzel-Seydim, Z. B., Greene, A. K., & Seydim, A. C. (2004). Use of ozone in the food industry. *Lwt*, 37(4), 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.014>
- Han, J. H., Soo Oh, B., Choi, S. Y., Kwon, B. C., Hyun Sohn, M., Kim, K. E., & Kang, J. W. (2006). Killing effect of ozone on house dust mites, the major indoor allergen of allergic disease. *Ozone: Science and Engineering*, 28(3), 191–196. <https://doi.org/10.1080/01919510600689679>
- Istiqomah, N., Mulyani, N. S., Mafruhah, I., & Ismoyowati, D. (2018). Analisis Pengembangan Klaster Hortikultura di Kabupaten Ngawi. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 16(1), 103–118.
- Liu, H., Xu, L., Yu, F., Tan, J., Cao, L., Xing, Y., Xu, Q., Yang, S., Liu, X., Yang, P., Yue, T., Wang, X., & Che, Z. (2021). Effects of different ozone treatments on the storage quality and stability of fresh peeled garlic. *RSC Advances*, 11(37), 22530–22543. <https://doi.org/10.1039/d1ra00433f>
- Lu, J., & Yao, L. (2023). Observational evidence for detrimental impact of inhaled ozone on human respiratory system. *BMC Public Health*, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15902-6>
- Ma'ruf, A., Dewi, S. S., & Wardoyo, F. A. (2018). Waktu Paparan Gas Ozon Terhadap Pertumbuhan Bakteri Escherichia coli. *Pendidikan, Sains, Dan Teknologi*, 1–5.
- Pitaloka, D. (2020). Hortikultura: Potensi, Pengembangan Dan Tantangan. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.33379/gtech.v1i1.260>
- Rozana, R., Perdana, D., & Sigiuro, O. N. (2021). Simulasi Transportasi Tomat Dan Perubahan Mutu Tomat Selama Penyimpanan. *Journal of Food Technology and Agroindustry*, 3(1), 13–20. <https://doi.org/10.24929/jfta.v3i1.1209>
- Sari, I. M., Prawanto, A., Sari, K. N., & Ansiska, P. (2023). Pengaruh Teknik Ozonisasi Dan Durasi Perlakuan Terhadap Kesegaran Produk Hortikultura Cabai (*Capsicum annum* L.). *Agroqua*, 21(1), 271–281.
- Sari, I. M., Prawanto, A., Sari, K. N., Hartawan, W., & Ansiska, P. (2021). Aplikasi Ozonisasi Dalam Upaya Pengawetan Produk Hortikultura Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Lansium*, 3(1), 1–7.
- Sugiarto, T. A. (2007). *Mengatasi Limbah tanpa Masalah: Penerapan Teknologi Plasma Untuk Lingkungan*. Eco-Plasma Indonesia.
- Wanis A., Qomariyah, R., & Lesmayati, S. (2021). Peran Teknologi Pascapanen dalam Menjamin Keamanan Produk Hortikultura. *Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Ke-45 UNS Tahun 2021*, 5(1), 47–57.
- Yaseen, T., Ricelli, A., Turan, B., Albanese, P., & D'Onghia, A. (2015). Ozone for post-harvest treatment of apple fruits. *Phytopathologia Mediterranea*, 54, 94–103. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-14478
- Yuantari, M., Widianarko, B., & Henna, S. (2018). Analisis Risiko Paparan Pestisida Terhadap Kesehatan Petani. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 43–47.
- Yudiasuti, S. O., Rizza Wijaya, & Marcello Syahputra. (2022). Efektivitas Reduksi Total Bakteri Pada Edamame (*Glycin Max* (L) Merrill) Hasil Pengolahan Minimal Dengan Ozon. *Juremi: Jurnal Riset Ekonomi*, 2(3), 321–330. <https://doi.org/10.53625/juremi.v2i3.3311>
- Zulfatiswada, A., & Puspikawati, S. I. (2022). Uji Kandungan Zat Pengawet Formalin pada Buah Impor di Pasar Tradisional Kabupaten Gresik Analysis of Formaldehyde Preservatives in Imported Fruits from Traditional Markets in Gresik. *Media Gizi Kesmas (MGK)*,

11(02), 508–513.