

# Plasma-Activated Water: Terobosan pada Industri Makanan

## *Plasma-Activated Water: A Breakthrough in the Food Industry*

Dian Nurita Eka Ningrum

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang

\*Korespondensi dengan penulis (diannuritaen@students.unnes.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 10 Oktober 2022 dan dinyatakan diterima tanggal 5 Agustus 2023. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui [www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tekpangan](http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tekpangan). eISSN 2597-9892. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

### Abstrak

Jumlah populasi penduduk dunia pada tahun 2050 diperkirakan mencapai 10 miliar, hal itu menunjukkan perlunya pendekatan inovatif untuk produksi dan pemrosesan pangan untuk memenuhi permintaan global akan asupan nutrisi. *Plasma Activated Water* (PAW) sangat aktif melawan berbagai macam bakteri, mudah digunakan, dan memiliki kemampuan untuk membunuh mikroorganisme yang tidak dapat dihancurkan oleh pelepasan plasma non-termal. Berbagai perangkat pembangkit PAW telah dikembangkan selama bertahun-tahun, tetapi hasil yang rendah dan biaya produksi yang tinggi sangat menghambat penerapan PAW untuk meningkatkan keamanan dan kualitas pangan. Oleh karena itu, upaya penelitian intensif harus segera difokuskan pada pengembangan dan penskalaan pendekatan produksi PAW berbiaya rendah untuk aplikasi komersial.

Kata kunci: industri makanan, makanan, *plasma activated water*.

### Abstract

*The world's population in 2050 estimated at 10 billion, demonstrates the need for innovative approaches to food production and supply to meet global demand for food intake. Plasma Activated (PAW) is highly active against a wide variety of bacteria, is easy to use, and has the ability to kill microorganisms that non-thermal plasmas cannot activate. A variety of PAW generating devices have been developed over the years, high yields and high production costs. Improve food safety and quality. Therefore, intensive research efforts should immediately focus on developing and producing low-cost PAW approaches for commercial applications.*

Keywords : food industry, food, *plasma activated water*.

### Pendahuluan

Permintaan konsumen saat ini untuk makanan bergizi dan berkualitas dengan sifat yang mirip dengan produk segar dan tanpa aditif mengarah pada pengembangan teknik pemrosesan dan pengawetan baru. Kesadaran konsumsi makanan sehat masyarakat Indonesia semakin meningkat, sekitar 90% masyarakat mulai mencoba konsumsi menu makanan sehat (Putra dan Alversia, 2023). Hal tersebut didukung oleh jumlah populasi penduduk dunia pada tahun 2050, diperkirakan mencapai 10 miliar, menunjukkan perlunya pendekatan inovatif untuk produksi dan pemrosesan pangan untuk memenuhi permintaan global akan asupan nutrisi (Thirumdas *et al.*, 2018). Selain itu, adanya tantangan global dalam memenuhi kebutuhan makanan karena populasi yang terus bertambah.

Untuk memastikan keamanan mikrobiologis dengan efek negatif minimal pada kualitas sensorik dan nutrisi yang dirawat makanan, banyak penelitian telah difokuskan pada teknologi non-termal seperti tekanan tinggi, *ultrasound*, dan teknologi plasma non-termal (Knorr *et al.*, 2011). Teknologi *High Pressure Processing* (HPP) merupakan metode pengolahan pangan non termal yang memanfaatkan penggunaan tekanan tinggi hingga 6000 atm. HPP dapat diaplikasikan pada proses produksi *strawberry puree*. Penerapan teknologi ini dapat memperpanjang masa simpan *strawberry puree* hingga 6 minggu. Kondisi lingkungan yang mendukung masa simpan ini adalah penyimpanannya suhu dingin (6°C). Penerapan HPP juga tidak mengubah karakteristik produk termasuk warna dari *puree strawberry* (Megananda dan Gandamastuti, 2023).

*Ultrasound treatment* merupakan pemanfaatan gelombang ultrasonik dalam proses produksi produk pangan. Dalam industri pangan *ultrasound treatment* dapat berfungsi untuk mengurangi kontaminasi pada produk, mengurangi cemaran logam berat, bermanfaat dalam proses pasteurisasi dan sterilisasi dan dapat digunakan dalam proses ekstraksi. Saat ini penggunaan *ultrasound treatment* dapat digunakan dalam proses produksi jus buah (Megananda dan Gandamastuti, 2023). Plasma nontermal adalah pendekatan yang relatif baru untuk inaktivasi mikroba yang mudah rusak. Peran plasma gas dalam inaktivasi mikroba pertama kali diselidiki pada tahun pada awal 1990-an yang bertujuan untuk menemukan teknik alternatif untuk sterilisasi bahan yang peka panas (Ma *et al.*, 2015). Salah satu bentuknya adalah PAW (*Plasma Activated Water*).

*Plasma Activated Water* (PAW) dikembangkan untuk mengatasi masalah ini. Penggunaan PAW, telah diakui secara luas sebagai metode alternatif untuk desinfeksi mikroba makanan (Thirumdas *et al.*, 2018). Bersifat ramah lingkungan dan hemat biaya, PAW menunjukkan aktivitas antibakteri yang luar biasa dan luas, menawarkan kemungkinan aplikasi baru di bidang makanan, pertanian, dan biomedis (Kaushik *et al.*, 2018). Penulisan ini berfokus kepada penerapan PAW pada Industri makanan, faktor-faktor yang mempengaruhi PAW serta kombinasinya pada teknologi. *Reactive Oxygen and Nitrogen species* (RONS) yang mengandung air yang diproduksi dari plasma disebut *Plasma-activated water* (PAW). PAW disiapkan melalui paparan dari plasma non-termal yang diproduksi dari lucutan korona arus searah (DC-positif) yang mendorong lucutan pulsa berulang. Aktivasi air dilakukan pada atmosfer udara bebas yang mengandung nitrogen, oksigen, karbondioksida, dan argon (Waskito *et al.*, 2022).

## Metode

Penelitian dalam artikel ini, penulis menggunakan pengembangan model ADDIE (*Analyse, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) yang dikembangkan oleh Dick and Carry pada tahun 1996. Model ADDIE umumnya digunakan karena model ADDIE level menggambarkan pendekatan sistematis untuk pengembangan intruksional (Sugihartini & Yudiana, 2018).

## Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengacu pada metode Supriyadi (2017). Metode pengumpulan data yang digunakan adalah studi pustaka yang merupakan usaha yang dilakukan penulis dalam menghimpun informasi yang ada sesuai dengan topik yang sedang diteliti. Berdasarkan hal tersebut di atas, pengumpulan data dalam studi dilakukan dengan meninjau beberapa jurnal, buku, dan dokumen (baik dalam bentuk cetak maupun elektronik).

## Metode Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah *content analysis* atau analisis isi yang mengacu pada metode Eriyanto (2015). Analisis isi adalah penelitian yang membahas secara mendalam isi suatu informasi baik cetak ataupun tertulis dalam suatu media massa. Analisis isi ditujukan untuk mengidentifikasi secara sistematis komunikasi yang tampak (*manifest*), dan dilakukan secara objektif, valid, reliabel dan dapat direplikasi.

## Hasil dan Pembahasan

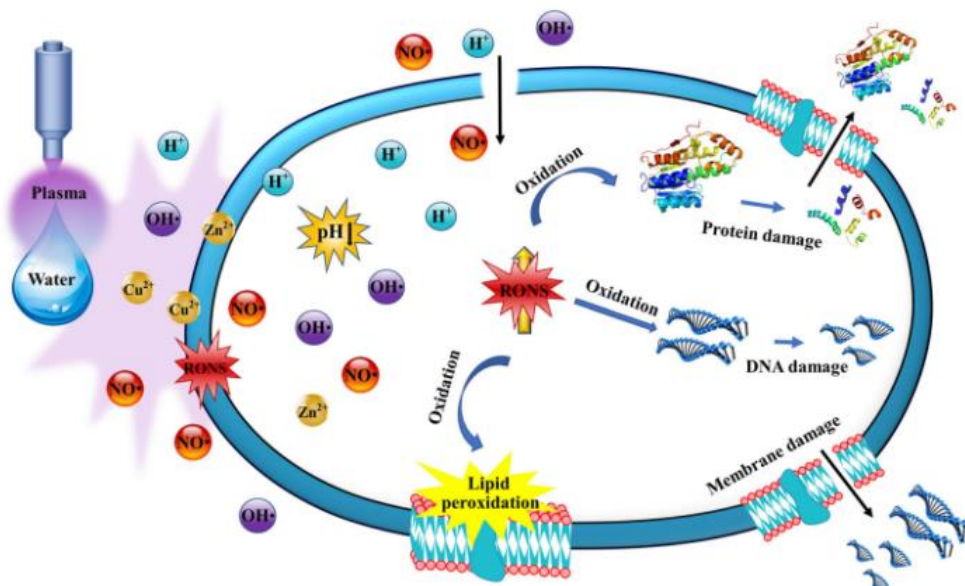
### Analisis Permasalahan

Kebutuhan akan pangan yang semakin meningkat tentunya dibutuhkan teknologi untuk memproduksi dan memproses pangan dengan baik untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat. Kontaminasi mikroba pada makanan, ancaman yang semakin serius terhadap kesehatan masyarakat global, dapat terjadi pada semua tahap pengolahan makanan (Amit *et al.*, 2017). PAW (*Plasma Activated Water*) merupakan transfer unik reaktivitas kimia dan energi dari plasma gas ke air terjadi tanpa bahan kimia lain, tetapi mampu menghasilkan produk bioaktivitas spektrum luas transien (Kostya (ken) Ostrikov *et al.*, 2020). Penelitian terbaru telah melaporkan bahwa PAW juga dapat secara efisien menonaktifkan berbagai mikroorganisme (Kamgang-Youbi *et al.*, 2009).

### Deskripsi PAW

Umumnya, PAW terutama diproduksi berdasarkan atmosfer plasma dingin (ACP). Jet plasma, pelepasan busur meluncur, pelepasan penghalang dielektrik (DBD), dan pelepasan mikro permukaan (SMD) adalah sumber plasma yang paling umum digunakan untuk menghasilkan PAW (Xiang *et al.*, 2022). *Plasma Activated Water* (PAW) sangat aktif melawan berbagai macam bakteri, mudah digunakan, dan memiliki kemampuan untuk membunuh mikroorganisme yang tidak dapat dihancurkan oleh pelepasan plasma non-termal (Kamgang-Youbi *et al.*, 2009).

### PAW dalam Industri Makanan



Gambar 1. Mekanisme PAW  
Sumber: (Xiang *et al.*, 2022)

Mekanisme yang terkait dengan inaktivasi mikroorganisme yang diinduksi PAW telah dibahas dalam beberapa penelitian (Gambar 1). Campuran kimia asam H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub>, menghasilkan pengurangan 2,5 log *Hafnia alvei* setelah 20 menit, yang menjelaskan 75% dari pengurangan logaritmik yang dicapai oleh PAW dan 99,99% dari jumlah bakteri yang mati. Data ini menunjukkan bahwa efek gabungan dari spesies kimia reaktif berumur panjang

dan kondisi asam terutama bertanggung jawab atas inaktivasi mikroba yang disebabkan oleh PAW (Naïtali *et al.*, 2010).

Secara keseluruhan, penyelidikan baru-baru ini tentang mekanisme antibakteri PAW terutama berfokus pada struktur seluler, metabolisme, dan fungsi fisiologis galur yang diuji. Namun, efek PAW pada ekspresi gen mikroba dan sintesis protein tidak sepenuhnya dipahami. Oleh karena itu, menerapkan PAW untuk meningkatkan keamanan pangan mikrobiologis memerlukan pemahaman yang lebih baik tentang peristiwa pensinyalan yang disebabkan oleh perlakuan PAW dalam sel mikroba. Penerapan PAW dalam industri makanan telah diselidiki dengan baik selama beberapa tahun terakhir, seperti pengawetan buah-buahan dan sayuran, dekontaminasi daging dan cangkang telur, pengurangan pestisida, dan pengawetan produk daging (Xiang *et al.*, 2022).

Penerapan PAW untuk dekontaminasi produk pertanian diuraikan seperti penelitian sebelumnya, PAW dapat secara efektif menonaktifkan aerobik bakteri, ragi, dan jamur pada buah-buahan (seperti stroberi, *bayberry* Cina, dan anggur), sayuran (misalnya kacang hijau kecambah, bayam, dan selada), dan jamur yang dapat dimakan seperti sebagai jamur kancing, sehingga memperpanjang rak kehidupan bahan makanan dan mengurangi generasi sisa makanan. PAW juga digunakan untuk pengawetan buah segar, seperti pir (Chen *et al.*, 2017), dan buah kiwi (Zhao *et al.*, 2020).

#### *Kombinasi PAW dengan Teknologi yang Lain*

PAW menunjukkan aktivitas inaktivasi yang lebih rendah terhadap mikroorganisme dalam produk makanan dibandingkan dengan kultur murni, yang mungkin karena efek mengganggu dari konstituen makanan. Oleh karena itu, PAW telah digunakan dalam kombinasi dengan teknologi-lain, seperti panas ringan dan ultrasound untuk meningkatkan inaktivasi mikroba dengan aditif atau efek sinergis (Xiang *et al.*, 2022). Penerapan *ultrasound* dapat dilakukan pada proses pengemasan jus buah untuk memastikan bahwa jus aman dari cemaran. Proses *ultrasound* yang disarankan yaitu selama 12 menit karena dapat mempertahankan kandungan vitamin C, komponen fenol dan flavonoid pada jus buah (Megananda dan Gandamastuti, 2023).

#### *Prespektif untuk Masa Mendatang*

PAW harus dilakukan sebelum aplikasi praktisnya di berbagai bidang industri makanan, dan peraturan pedoman harus ditetapkan. Meskipun berbagai perangkat generasi PAW telah dikembangkan selama tahun, hasil yang rendah dan biaya produksi yang tinggi sangat menghambat penerapan PAW untuk meningkatkan keamanan dan kualitas produk makanan. Oleh karena itu, upaya penelitian yang intens harus segera fokus pada pengembangan dan peningkatan skala pendekatan produksi PAW berbiaya lebih rendah untuk komersialnya aplikasi. Mekanisme generasi spesies reaktif. PAW dianggap sebagai salah satu masa depan yang paling penting arah penelitian, yang berpotensi membantu meningkatkan kapasitas antimikroba PAW dengan mengoptimalkan plasma parameter proses untuk produksi PAW. Selain itu, mekanisme aktivitas antimikroba PAW harus lebih lanjut dijelaskan secara lebih rinci menggunakan teknologi multi-omics, seperti transkriptomik, proteomik, dan metabolomik. Secara keseluruhan, sebagai ramah lingkungan yang menjanjikan dan efektif agen antimikroba, PAW memberikan solusi potensial untuk meningkatkan keamanan dan kualitas produk makanan (Xiang *et al.*, 2022).

#### **Kesimpulan**

PAW perlu diimplementasikan sebelum dapat diterapkan secara praktis di berbagai bidang industri makanan, dan pedoman regulasi harus ditetapkan. Berbagai perangkat pembangkit PAW telah dikembangkan selama bertahun-tahun, tetapi hasil yang rendah dan biaya produksi yang tinggi sangat menghambat penerapan PAW untuk meningkatkan keamanan dan kualitas pangan. Oleh karena itu, upaya penelitian intensif harus segera fokus pada pengembangan dan penskalaan pendekatan produksi PAW berbiaya rendah untuk aplikasi komersial.

#### **Daftar Pustaka**

- Amit, S. K., M.M. Uddin, R. Rahman, S.M.R. Islam, M.S. Khan. 2017. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture and Food Security*. 6(1): 1–22. <https://doi.org/10.1186/S40066-017-0130-8/TABLES/21>
- Chen, T.P., T.L. Su, dan J. Liang. 2017. Plasma-activated solutions for bacteria and biofilm inactivation. *Current Bioactive Compounds*. 13(1): 59–65. <https://doi.org/10.2174/1573407212666160609082945>
- Eriyanto. 2015. Analisis Isi: Pengantar Metodologi untuk Penelitian Ilmu Komunikasi dan Ilmu Ilmu Sosial Lainnya. Eriyanto. Google Buku. In Google Buku. <https://books.google.co.id/books?id=bLoDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Kamgang-Youbi, G., J.M. Herry, T. Meylheuc, J.L. Brisset, M.N. Bellon-Fontaine, A. Doubla, dan M. Naïtali. 2009. Microbial inactivation using plasma-activated water obtained by gliding electric discharges. *Letters in Applied Microbiology*. 48(1): 13–18. <https://doi.org/10.1111/J.1472-765X.2008.02476.X>
- Kaushik, N. K., B. Ghimire, Y. Li, M. Adhikari, M. Veerana, N. Kaushik, N. Jha, B. Adhikari, S.J. Lee, K. Masur, T. von Woedtke, K.D. Weltmann, and E.H. Choi. 2018. Biological and medical applications of plasma-activated media, water and solutions. *Biological Chemistry*, 400(1): 39–62. <https://doi.org/10.1515/hsz-2018-0226>
- Knorr, D., A. Froehling, H. Jaeger, K. Reineke, O. Schlueter, dan K. Schoessler. 2011. Emerging Technologies in Food Processing. <http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev.Food.102308.124129>, 2, 203–235. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.FOOD.102308.124129>

- Kostya (ken), O., R. Zhou, P. Wang, Y. Xian, A. Mai-Prochnow, X. Lu, P.J. Cullen, K. Ostrikov, dan K. Bazaka. 2020. Plasma-activated water: generation, origin of reactive species and biological applications. in journal of physics d: applied physics (vol. 53, issue 30). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab81cf>
- Ma, R., G. Wang, Y. Tian, K. Wang, J. Zhang, dan J. Fang. 2015. Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce. *Journal of Hazardous Materials*, 300, 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.07.061>
- Megananda, R.C dan B. Gandamastuti. 2023. Potensi nutrasetikal buah *berry* dalam industri pangan: artikel *review*. In *Prosiding Seminar Nasional Prodi Farmasi*, Madiun: Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Madiun. Hal: 66 – 75.
- Naítali, M., G. Kamgang-Youbi, J.M. Herry, M.N. Bellon-Fontaine, dan J.L. Brisset. 2010. Combined effects of long-living chemical species during microbial inactivation using atmospheric plasma-treated water. *Applied and Environmental Microbiology*. 76(22): 7662–7664. <https://doi.org/10.1128/AEM.01615-10>
- Putra, F.R.D dan Y. Alversia. 2023. Loyalitas konsumen *plant-based meat alternatives*: pengaruh motivasi dan *subjective well-being*. *Jurnal Aplikasi Manajemen dan Bisnis*. 9(3): 930 – 942.
- Sugihartini, N dan K. Yudiana. 2018. Addie sebagai model pengembangan media instruksional edukatif (mie) mata kuliah kurikulum dan pengajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 15(2): 277–286. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v15i2.14892>
- Supriyadi, S. 2017. Community of practitioners: solusi alternatif berbagi pengetahuan antar pustakawan. *Lentera Pustaka: Jurnal Kajian Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan*. 2(2): 83. <https://doi.org/10.14710/lenpust.v2i2.13476>
- Thirumdas, R., A. Kothakota, U. Annapure, K. Siliveru, R. Blundell, R. Gatt, dan V.P. Valdramidis. 2018. Plasma activated water (PAW): Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 77). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.007>
- Waskito, A., H.I. Wahab, A. Lisdiana, dan M. Rozana. 2022. Potensi pembentukan asam nitrat dari penangkapan udara bebas melalui *plasma discharge*. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Bandung: Universitas Wahid Hasyim. Hal: 20 – 25.
- Xiang, Q., L. Fan, Y. Li, S. Dong, K. Li, dan Y. Bai. 2022. A review on recent advances in plasma-activated water for food safety: current applications and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8): 2250–2268. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1852173>
- Zhao, Y. M., S. Ojha, C.M. Burgess, D.W. Sun, dan B.K. Tiwari. 2020. Influence of various fish constituents on inactivation efficacy of plasma-activated water. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(6): 2630–2641. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14516>