

Artikel Review: Potensial Teknologi Plasma Dingin Dalam Industri Makanan

Review Article: *The Potential of Cold Plasma Technology in the Food Industry*

Jesicca Ananty Nurul Setiadi

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

*Korespondensi dengan penulis (jesiccaans25@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. eISSN 2597-9892. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Abstrak

Plasma dingin adalah teknologi non-termal yang muncul untuk peningkatan keamanan pada pangan. Plasma dingin dihasilkan ketika sumber energi listrik diterapkan ke gas menghasilkan beberapa spesies reaktif seperti foton ultraviolet, partikel bermuatan, spesies nitrogen, oksigen, dan hydrogen reaktif untuk menonaktifkan mikroba pencemar pada daging, unggas, buah-buahan, dan sayuran. Aplikasi utama plasma dingin pada industri pangan yaitu sebagai dekontaminasi pangan dan peningkatan mutu terhadap ketahanan pangan. Plasma dingin telah terbukti efektif untuk inaktivasi berbagai patogen dan organisme pembusuk tanpa mempengaruhi kualitas makanan. Tujuan review artikel ini untuk menyoroati aplikasi potensial pada plasma dingin dalam industri makanan menyoroati penelitian saat ini dan tren di bidang ini.

Kata kunci: industri makanan, ketahanan pangan, plasma dingin.

Abstract

Cold plasma is an emerging non-thermal technology for increased food safety. Cold plasma is generated when a source of electrical energy is applied to the gas generating several reactive species such as ultraviolet photons, charged particles, reactive nitrogen, oxygen, and hydrogen species to inactivate microbial contaminants in meat, poultry, fruits, and vegetables. The main application of cold plasma in the food industry is as food decontamination and quality improvement for food security. Cold plasma has been shown to be effective for the inactivation of various pathogens and spoilage organisms without affecting food quality. The purpose of this review article is to highlight the potential applications of chilled plasma in the food industry highlighting current research and trends in this area.

Keywords : cold plasma, food industry, food security.

Pendahuluan

Plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Langmuir dan Tonks mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi lucutan listrik atau percampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Kemudian definisinya diperluas untuk mendefinisikan keadaan materi dimana sejumlah besar atom secara elektrik bermuatan atau terionisasi. Jika ditinjau dari temperaturnya, plasma terbagi menjadi tiga jenis yaitu plasma panas, plasma dingin, dan plasma termik. Plasma dingin menghasilkan spesies reaktif seperti molekul yang terbentuk, partikel reaktif, radikal bebas, UV reaktif, elemen reaktif N₂, O₂, dan H₂ baik dalam keadaan setimbang atau tidak setimbang (Hertwig *et al.*, 2018).

Plasma dingin merupakan teknologi baru yang banyak menarik perhatian ilmuwan dari seluruh dunia. Awalnya, plasma dingin dikembangkan untuk memperbaiki sifat pencetakan dan adhesi dari polimer. Namun, dalam beberapa dekade terakhir ini aplikasinya menjadi sangat luas hingga ke industri makanan. Plasma dingin di industri makanan berfungsi untuk menonaktifkan mikroorganisme sehingga meningkatkan keamanan pada makanan. Sebagai contoh yaitu pada makanan segar menimbulkan tantangan untuk menyediakan makanan yang aman dengan pengolahan yang minimal. Keamanan pada makanan adalah salah satu masalah kesehatan utama di dunia secara luas menurut laporan yang diterbitkan tentang terjadinya kontaminan makanan seperti logam berat (Shahsavani *et al.*, 2017).

Plasma dingin pada teknologi pemrosesan makanan non termal baru menggunakan gas reaktif dan energik untuk menonaktifkan mikroba kontaminan pada daging, unggas, buah-buahan, dan sayuran. Metode sanitasi fleksibel ini menggunakan listrik dan gas pembawa, seperti udara, oksigen, nitrogen atau helium, dan agen kimia antimikroba yang tidak dibutuhkan. Plasma dingin membunuh patogen makanan. Cara plasma dingin menonaktifkan patogen dalam makanan dengan menggunakan tiga mode aksi. Mode pertama adalah interaksi antara senyawa kimia molekul reaktif, radikal, dan partikel bermuatan positif atau negatif dan mikroba. Mode berikutnya adalah penghancuran membrane mikroorganisme dan fungsi sel strukturan oleh radiasi UV. Mode terakhir adalah pemecahan asam deoksiribonukleat (DNA) target oleh radiasi ultraviolet (UV) yang dipancarkan oleh rekombinasi spesies plasma (Moisan *et al.*, 2002).

Minat industri makanan dalam eksplorasi teknologi baru, seperti plasma dingin juga didorong oleh faktor konsumen. Faktor lain yang mendorong minat produsen makanan, pengolah, distributor, dan pengecer dalam mengeksplorasi teknologi plasma dingin meliputi: (1) potensi perpanjangan umur simpan produk dan lebih rendah limbah makanan konsumen; (2) retensi maksimum kualitas makanan dan proses makanan yang lebih rendah; (3) kebutuhan energi yang rendah; (4) biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah; (5) peningkatan keamanan kimia makanan, termasuk inaktivasi plasma dan penghilangan pestisida dan residu kimia; (6) teknologi hijau dan kelestarian lingkungan (Keener & Misra, 2016). Beragam sistem plasma dingin yang beroperasi pada tekanan atmosfer atau tekanan rendah ruang sedang dalam pengembangan (Niemira, 2012).

Metode

Berbagai cara untuk dapat memasok energi yang diperlukan untuk pembangkitan plasma ke gas netral. Salah satu kemungkinan untuk memasok energi panas, seperti dalam api dimana bahan kimia eksotermik reaksi molekul digunakan sebagai sumber energi utama. Selain itu, kompresi adiabatik gas juga mampu memanaskan gas hingga titik pembangkitan plasma (Trivedi *et al.*, 2016). Namun, metode yang paling umum digunakan untuk menghasilkan dan mempertahankan plasma suhu rendah untuk aplikasi teknologi dan teknis dengan menerapkan medan listrik ke gas netral (Conrads dan Schmidt, 2000).

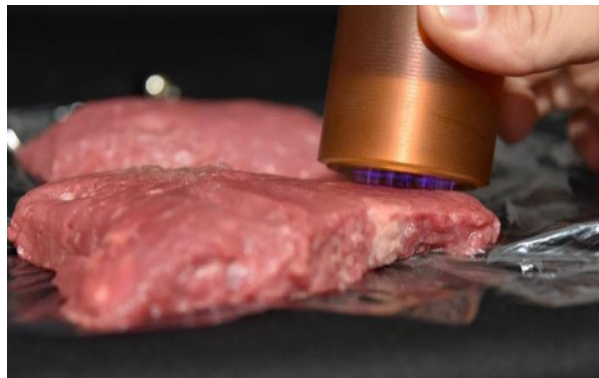
Hasil dan Pembahasan

Dekontaminasi merupakan proses mengurangi dan menetralkan zat pencemar atau racun. Sejak pertengahan tahun 1990-an untuk menilai efisiensi inaktivasi plasma atmosfer, maka dibutuhkan teknologi plasma dingin dalam dekontaminasi mikroorganisme (Pignata *et al.*, 2017). Aplikasi dari plasma dingin dapat digunakan untuk dekontaminasi produk dimana mikroorganisme berada di luar. Potensi aplikasi NTP dalam pangan telah diterapkan termasuk ke dalam dekontaminasi produk pertanian mentah, seperti apel, selada, almond, mangga, melon, telur, daging, dan keju. Terdapat satu studi pada *E. Coli* 12955 pengganti untuk salmonella diinokulasi ke almond (Conrads dan Schmidt, 2000).

Industri makanan untuk sesaat dihadapkan pada tantangan berat untuk memberikan produk makanan yang bergizi, aman, dan stabil dengan tujuan untuk mencegah kontaminasi mikroba. Biasanya pemrosesan termal digunakan untuk menghasilkan produk makanan yang aman dan juga stabil secara mikrobiologis. Namun, metode termal ini kurang disukai karena dapat mengurangi kualitas nutrisi dan sensorik makanan. Apalagi setelah makanan diedarkan ke luar, banyak masyarakat yang enggan untuk membeli produk makanan yang mengandung pengawet kimia. Hal ini menyebabkan munculnya teknologi dekontaminasi non-termal ringan seperti PEF, HPP, iridasi dan plasma non-termal (Chizoba Ekezie *et al.*, 2017).

Pada daging ayam mentah yang diuji, terdapat patogen seperti *Campylobacter* dan *Salmonella* yang mencemari 70% daging ayam mentah tersebut. Pada penelitian terbaru dari tim keamanan pangan di Universitas Drexel Pennsylvania memanfaatkan bantuan teknologi plasma suhu rendah untuk menghilangkan bakteri yang tidak diinginkan pada makanan, tetapi tidak merubah kualitas dan citra rasa dari makanan tersebut setelah terpapar oleh plasma dingin (Wang *et al.*, 2016).

Dirks, Dobrynin, Fridman, Mukhin, dan Quinlan meneliti kemanjuran plasma dingin penghalang dielektrik dengan melepaskan dekontaminasi plasma mikroba di bagian dada ayam tanpa kulit dan juga tanpa tulang (Dirks *et al.*, 2012). Strain *Salmonella enterica* yang resisten terhadap antibiotik dan *Campylobacter* disuntikkan pada dada ayam tersebut kemudian diamati setelah 3 menit pemberian teknologi plasma. Terlihat penurunan komposisi mikroflora pada dada ayam. Namun, terdapat keterbatasan menggunakan sistem plasma dielektrik non termal pada unggas ketika diamati.



Gambar 1. Aplikasi plasma dingin dalam menghilangkan bakteri pada ayam mentah

Studi telah mengungkapkan bahwa aplikasi plasma dingin dapat dikombinasikan dengan pra perawatan *ultrasound*, dimana efek pra perawatan *ultrasound* yang digabungkan dengan DBD pada inaktivasi *L. monocytogenes* juga diselidiki (Cui *et al.*, 2018). Nanomaterials mungkin akan menjadi kandidat potensial untuk mengembangkan plasma dingin sebagai teknologi baru (Bermudez-Aguirre, 2019). Nanomaterial ini digunakan dalam aplikasi plasma untuk menonaktifkan virus dan menunjukkan potensi denaturasi protein. Dalam hal ini, nanomaterials dengan plasma dingin merupakan intervensi potensial untuk melawan penyakit menular, seperti penyakit coronavirus 2019 dan kemungkinan wabah lainnya di masa mendatang (Cui *et al.*, 2020). Plasma dingin dapat digabungkan dengan bahan berbasis nano lainnya, seperti nanofibers, nanopartikel dan nanoemulsi yang artinya dari kombinasi tersebut, plasma dingin dapat diaplikasikan pada bahan kemasan makanan untuk bahan antimikroba, antioksidan, dan anti jamur.

Plasma dingin juga terdapat pada industri pengemasan, baik pelabelan stoples selai, wadah kaca, penyegelan kemasan cair, dan lain-lain. *Pretreatment* dengan menggunakan plasma tekanan atmosfer memungkinkan untuk memproses berbagai bahan dan pelapis yang sangat tipis, contohnya produksi kemasan komposit. Selain itu, contoh aplikasi plasma yang paling umum digunakan dalam produk kemasan yaitu di bidang pelabelan. Pada stiker iklan, label informasi atau bukti kerusakan selalu ada syarat utama, seperti perekat tidak boleh rusak atau mengendur.

Oleh karena itu, untuk memastikan adhesi label tersebut perusahaan produsen makanan dan minuman lainnya memanfaatkan adanya teknologi plasma.

Selain pada studi fundamental, kita juga dapat mengenali modifikasi struktur makanan dan memberikan fungsi khusus untuk perawatan plasma dingin. Aplikasi plasma dingin tersebut memiliki manfaat yang besar untuk modifikasi struktur makanan. Modifikasi struktur ini meliputi: modifikasi properti makanan atau modulasi hidrofobitas makanan yang bertujuan untuk mengurangi rembesan minyak. Peningkatan hidrofobitas mengakibatkan banyaknya semprotan yang dilakukan untuk mengurangi rembesan pada penyebaran minyak. Kemudian modifikasi properti fungsional tujuannya untuk mengevaluasi dan memahami interaksi antara plasma dingin dan protein. Penonaktifan enzim menggunakan plasma dingin telah diakui secara luas (Pankaj *et al.*, 2014). Namun, aplikasi menarik lainnya belum dieskpolari yaitu pada bidang modifikasi protein makanan.

Sepuluh undang-undang federal dan 23 set undang-undang diterapkan oleh CFIA. Undang-undang tersebut mengatur tentang perlindungan dan kualitas makanan yang dijual di Canada. CFIA bekerja dengan mitranya dengan tujuan untuk menegakkan langkah-langkah keamanan pangan, mengelola bahaya dari makanan, keadaan darurat makanan, dan mendukung produksi sistem keamanan pangan serta mengendalikan penyakit untuk memastikan keamanan baik dari sektor pertanian, peternakan, akuakultur, dan produk perikanan berkualitas tinggi. Oleh karena itu, CFIA menjadikan teknologi plasma dari HPP, MWH, *ultraviolet light* (UV) untuk menjadi teknologi utama yang digunakan dan diharapkan selama lima tahun kedepan secara gobl. Dalam 10 tahun terakhir, plasma dingin PEF diprediksi lebih relevan di negara Eropa. Sementara itu, untuk teknologi plasma HPP, *microwave*, dan UV tetap lebih relevan di negara Amerika Utara (Varilla *et al.*, 2020).

Keunggulan dari plasma dingin pada teknologi pangan antara lain: (1) prosesnya kering; (2) mudah beradaptasi dengan makanan lingkungan manufaktur; (3) membutuhkan energi yang sangat sedikit; (4) spesies gas reaktif kembali ke gas asli dalam beberapa menit hingga beberapa jam; (5) memerlukan waktu yang singkat selama perawatan teknologi plasma.

Kesimpulan

Plasma dingin memiliki beberapa potensial yang baik bagi industri makanan karena plasma dingin merupakan salah satu teknologi terbaru yang digunakan dalam makanan untuk inaktivasi mikroba yang tidak mengubah kualitas, cita rasa, dan bentuk pada makanan. Aplikasi potensial plasma dingin digunakan pada dekontaminasi makanan, pengemasan produk dan makanan, dan juga pada pertanian. Pada studi selanjutnya diharapkan lebih dilakukan penilaian aplikasi plasma dingin pada makanan dengan pemrosesan yang berbeda dan dilakukan uji yang spesifik terhadap hasil produk makanan dengan teknologi plasma tersebut.

Daftar Pustaka

- Bermudez-Aguirre, D. 2019. Advances in the inactivation of microorganisms and viruses in food and model systems using cold plasma. In *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation* (pp. 49–91). Elsevier.
- Chizoba Ekezie, F. G., Sun, D. W., & Cheng, J. H. 2017. A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 69, pp. 46–58). Elsevier Ltd.
- Conrads, H., & Schmidt, M. 2000. Plasma Sources Science and Technology Plasma generation and plasma sources Related content Plasma generation and plasma sources. In *Plasma Sources Sci. Technol* (Vol. 9).
- Cui, H., Bai, M., & Lin, L. 2018. Plasma-treated poly(ethylene oxide) nanofibers containing tea tree oil/beta-cyclodextrin inclusion complex for antibacterial packaging. *Carbohydrate Polymers*, 179, 360–369.
- Cui, H., Yang, X., Abdel-Samie, M. A., & Lin, L. 2020. Cold plasma treated phlorotannin/Momordica charantia polysaccharide nanofiber for active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 239.
- Dirks, B. P., Dobrynin, D., Fridman, G., Mukhin, Y., Fridman, A., & Quinlan, J. J. 2012. Treatment of raw poultry with nonthermal dielectric barrier discharge plasma to reduce campylobacter jejuni and salmonella enterica. *Journal of Food Protection*, 75(1): 22–28.
- Hertwig, C., Meneses, N., & Mathys, A. 2018. Cold atmospheric pressure plasma and low energy electron beam as alternative nonthermal decontamination technologies for dry food surfaces: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 77, pp. 131–142). Elsevier Ltd.
- Keener, K. M., & Misra, N. N. 2016. Future of Cold Plasma in Food Processing. In *Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications* (pp. 343–360). Elsevier.
- Moisan, M., Barbeau, J., Crevier, M.-C., Pelletier, J., Philip, N., & Saoudi, B. 2002. Plasma sterilization. Methods and mechanisms*. In *Pure Appl. Chem* (Vol. 74, Issue 3).
- Niemira, B. A. 2012. Cold plasma decontamination of foods *. *Annual Review of Food Science and Technology*. 3(1): 125–142.
- Pankaj, S. K., Bueno-Ferrer, C., Misra, N. N., O'Neill, L., Tiwari, B. K., Bourke, P., & Cullen, P. J. 2014. Physicochemical characterization of plasma-treated sodium caseinate film. *Food Research International*, 66, 438–444.

- Pignata, C., D'Angelo, D., Fea, E., & Gilli, G. 2017. A review on microbiological decontamination of fresh produce with nonthermal plasma. In *Journal of Applied Microbiology* (Vol. 122, Issue 6, pp. 1438–1455). Blackwell Publishing Ltd.
- Shahsavani, A., Fakhri, Y., Ferrante, M., Keramati, H., Zandsalimi, Y., Bay, A., Hosseini Pouya, S. R., Moradi, B., Bahmani, Z., & Mousavi Khaneghah, A. 2017. Risk assessment of heavy metals bioaccumulation: fished shrimps from the Persian Gulf. In *Toxin Reviews* (Vol. 36, Issue 4, pp. 322–330). Taylor and Francis Ltd.
- Trivedi, H., Mishra, R., Bhatia, S., Pal, R., & Visen, A. 2016. Cold Plasma: Emerging As the New Standard in Food Safety. In *Research Inventy: International Journal of Engineering And Science* (Vol. 6, Issue 2).
- Varilla, C., Marcone, M., & Annor, G. A. 2020. Potential of cold plasma technology in ensuring the safety of foods and agricultural produce: A review. In *Foods* (Vol. 9, Issue 10). MDPI AG.
- Wang, J., Zhuang, H., Hinton, A., & Zhang, J. 2016. Influence of in-package cold plasma treatment on microbiological shelf life and appearance of fresh chicken breast fillets. *Food Microbiology*, 60, 142–146.