

Efek Perlakuan Cold Plasma terhadap Umur Simpan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)

Effect of Cold Plasma Treatment on Cayenne Pepper (*Capsicum frutescens* L.) Storage Period

Nurul Hanifah¹, Yohanes Aris Purwanto^{1*}, Anto Tri Sugiarto²

¹ Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia.

² Pusat Riset Mekatronika Cerdas, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia.

Email*): arispurwanto@apps.ipb.ac.id

Received:
23 June 2024

Revised:
30 August 2024

Accepted:
4 September 2024

Published:
29 September 2024

DOI:
10.29303/jrpb.v12i2.657

ISSN 2301-8119, e-ISSN
2443-1354

Available at
<http://jrpb.unram.ac.id/>

Abstract: Cayenne pepper is a perishable product. One of the damages that can cause spoilage in cayenne pepper is microorganisms. This study examines the quality change of cayenne pepper during storage. The research design employed in this study was a complete factorial randomized design with two factors: voltage levels, comprising 8,00, 9,20, and 10,40 kV, and treatment times of 20, 40, and 60 seconds. Cold plasma effectively reduced microorganisms and did not significantly affect weight loss and color value during storage. Plasma voltage levels significantly influenced hardness, total dissolved solids, and vitamin C content. The treatment with cold plasma at 9,20 kV for 40 seconds was considered the most effective in preserving chili quality. Cold plasma reduced weight loss and maintained chili color, hardness, total dissolved solids, and vitamin C content. The total plate count of cayenne pepper with cold plasma at 9,20 kV for 40 seconds is $6,55 \times 10^5$ colony/g. Cold plasma extended the shelf life of cayenne pepper for up to 12 days.

Keywords: cayenne pepper; cold plasma; shelf life; storage period

Abstrak: Cabai rawit merupakan produk yang mudah mengalami kerusakan setelah dipanen. Salah satu kerusakan yang dapat menyebabkan pembusukan pada cabai rawit adalah karena mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perubahan kualitas cabai rawit selama penyimpanan setelah perlakuan dengan *cold plasma*. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor yaitu level tegangan yang terdiri dari 8,00, 9,20 dan 10,40 kV dan waktu perlakuan 20, 40, dan 60 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cold plasma* terbukti efektif mengurangi mikroorganisme dan tidak berpengaruh signifikan terhadap penurunan berat badan dan nilai warna selama penyimpanan. Tingkat tegangan plasma secara signifikan mempengaruhi kekerasan, total padatan terlarut, dan kandungan vitamin C. Perlakuan dengan *cold plasma* pada 9,20 kV selama 40 detik dianggap paling efektif dalam mempertahankan kualitas cabai. Penggunaan *cold plasma* mampu mengurangi susut bobot, mempertahankan warna cabai, kekerasan, total padatan terlarut, dan kandungan vitamin C. Jumlah *total plate count* cabai rawit dengan cold plasma pada 9,20 kV selama 40 detik adalah $6,55 \times 10^5$ koloni/g. *Cold plasma* memperpanjang umur simpan cabai rawit hingga 12 hari.

Kata kunci: cabai rawit; cold plasma; umur simpan; masa simpan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Cabai rawit merupakan komoditas pertanian yang tidak dapat ditinggalkan oleh masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari. Permintaan cabai rawit diproyeksikan meningkat 2,65% per tahun pada 2017-2021, mencakup kebutuhan bibit, konsumsi, serta bahan baku industri (Sofiarani dan Ambarwati 2020). Konsumsi cabai rawit oleh sektor rumah tangga tahun 2021 mencapai 528,14 ribu ton, naik 10,25% dari tahun 2020 dan konsumsi cabai rawit dari sektor rumah tangga adalah 75,72% dari total konsumsi (BPS 2022). Kebutuhan cabai rawit untuk industri juga tinggi, sehingga ketersediaan dan mutu cabai rawit perlu diperhatikan.

Cabai merupakan produk hortikultura yang mudah mengalami kerusakan, karena proses metabolismenya terus berlangsung setelah dipanen, hal ini menyebabkan cabai tidak dapat disimpan untuk waktu yang lama karena telah mengalami pelayuan. Pada suhu ruang cabai rawit dapat bertahan 7 hari dan selanjutnya akan mengalami penurunan mutu (Tatengkeng *et al.* 2019). Salah satu penyebab pendeknya umur simpan cabai pada suhu ruang adalah adanya cendawan patogen. Salah satu penyakit akibat serangan patogen adalah kapang bulu yang disebabkan oleh *Botrytis cinerea* dan antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* spp yang dapat menyebabkan kehilangan hasil panen mencapai 50-100% pada saat musim hujan (Mariana *et al.*, 2021). Jika tidak ada penanganan pascapanen, maka cabai akan mengalami penurunan mutu, yaitu pembusukan yang ditandai dengan tekstur cabai yang lunak, perubahan warna cabai menjadi kecoklatan, dan pelayuan di tangkai cabai. Akibatnya dapat menurunkan minat konsumen karena perubahan visual yang terjadi.

Pencucian dengan air keran tidak efektif menghilangkan patogen dari buah dan sayur (Puligundla *et al.*, 2018). Selain itu pasca pencucian yang tidak sempurna dapat membuat produk menjadi lembab dan mendukung perkembangan patogen. Oleh karena itu, diperlukan teknologi tepat untuk memperpanjang umur simpan cabai rawit sambil menjaga kualitasnya. Metode termal seperti *blanching* atau pasteurisasi efektif untuk sterilisasi tetapi dapat mengubah sifat dan kandungan produk (Scholtz *et al.*, 2015). Selain itu penggunaan fungisida sintetik, seperti tiabendazol (TBZ), imazalil, atau benomil hanya dapat digunakan dalam jumlah terbatas, karena dapat menimbulkan polusi lingkungan, berpengaruh terhadap kesehatan manusia, dan dapat menimbulkan resistensi patogen terhadap fungisida (Mari *et al.* 2014).

Teknologi plasma nontermal pada tekanan atmosfer atau *Cold Plasma* merupakan salah satu teknologi yang aman diterapkan pada produk segar seperti buah dan sayuran serta produk makanan olahan tanpa merusak kandungan dan fisik secara berlebihan. Beberapa jenis plasma ini adalah *Corona Discharge* (CD), *Dielectric Barrier Discharges* (DBD), *atmospheric pressure plasma jet*, dan *micro hollow cathode discharges* (Nehra *et al.* 2008). Plasma menghasilkan spesies reaktif seperti oksigen reaktif spesies (ROS), ozon (O_3), oksigen atom (O) dan superoksida anion (O_2^-); spesies nitrogen reaktif (RNS) termasuk nitrogen N_2 , atom nitrogen N dan oksida nitrat (NO). Serta partikel seperti radikal hidroksil (OH), hidrogen peroksida (H_2O_2) dan elektron UV (Mandal *et al.* 2018). Interaksi langsung spesies reaktif seperti O, O_2 , O_3 , OH•, NO, dan NO_2 serta radiasi ultraviolet (UV) yang dihasilkan plasma dengan membran sel mikroorganisme dapat memicu kerusakan komponen sel, membran, DNA dan protein dari mikroorganisme, dan hal ini dikaitkan untuk menjelaskan proses inaktivasi mikroba oleh plasma (Misra *et al.*, 2016).

Penggunaan *cold plasma* yang kurang tepat dapat berdampak pada kualitas produk yang dihasilkan, seperti mempercepat *browning* pada seledri (Hildebrand *et al.*, 2001), menurunkan kekerasan dan meningkatkan pengerutan pada tomat (Lee *et al.*, 2018) dan blueberry (Ji *et al.* 2020), menurunkan nilai warna dan menurunkan kandungan seperti fenol dan antioksidan (Amini dan Ghoranneviss 2016), asam askorbat dan total padatan terlarut

blueberry (Ji *et al.*, 2020). Sehingga perlu ditentukan perlakuan yang tepat pada masing masing produk agar mutu yang dihasilkan tetap terjaga.

Penelitian penggunaan *cold plasma* pada bahan pangan seperti sayur dan buah segar masih sedikit dilakukan, terutama di Indonesia. Pada penelitian sebelumnya, penggunaan *cold plasma* selama 2 menit dapat mengurangi kontaminasi mikroba berupa bakteri aerobik, bakteri coliform, ragi dan kapang pada tomat dan mempertahankan sifat sensorik dan memperpanjang umur simpan tomat hingga 10-15 hari (Lee *et al.*, 2018). Sedangkan penggunaan plasma pada cabai telah dilakukan oleh (Zhang *et al.*, 2019) sebagai metode *pretreatment* pengeringan menggantikan metode *blanching* mampu meningkatkan laju pengeringan cabai. Namun pada penelitian tersebut digunakan jenis *plasma jet*, serta pengamatan mutu seperti warna, karotenoid, kapasitas antioksidan dan kadar air dinilai pada saat proses pengeringan dan setelah pengeringan sehingga bahan yang digunakan bukan cabai segar. Sejauh ini belum ada laporan penelitian mengenai penggunaan *cold plasma* pada cabai rawit segar. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh *cold plasma* terhadap kualitas mutu cabai rawit selama penyimpanan.

Tujuan

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh perlakuan *cold plasma* terhadap kualitas dan masa simpan cabai rawit. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan *cold plasma* pada tegangan dan lama waktu perlakuan yang berbeda terhadap tingkat reduksi mikroorganisme yang berpotensi menyebabkan kerusakan dan memperpendek umur simpan cabai rawit.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu reaktor plasma (PLASMAX model PL-01), dimmer (*AC Voltage Regulator*) (merk LINI-T, UT203+), voltmeter (merk Sanwa, CD771), *ozone gas detector* (merk Jingxun, JXBS-GAS), timbangan analitik (merk ADAM, PW 184), *penetrometer portable* (model G-Y4), *refractometer* (merk ATAGO, PAL- α) dan mortar alu, *colorimeter* (merk DIGILIFE, WR10), petridish, dan alat alat titrasi. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu cabai rawit yang diperoleh dari petani di Gabungan Kelompok Tani Multi Tani Jaya Giri, Cianjur Jawa Barat. Bahan yang digunakan lainnya adalah aquades, PDA, iodine 0,01 N dan indikator amilum.

Metode

Metode penelitian menggunakan *cold plasma* jenis *streamer corona discharge* dengan besar tegangan 8,00, 9,20 dan 10,40 kV pada waktu lama perlakuan (20, 40 dan 60 detik) dan kontrol (tanpa perlakuan). Dimana arus listrik masing masing tegangan adalah 0,34; 0,39 dan 0,43 A, sehingga daya yang dihasilkan pada masing masing tegangan yaitu 27,27; 35,99; dan 43,38 watt, didapatkan melalui persamaan (1).

$$P = V \times I \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

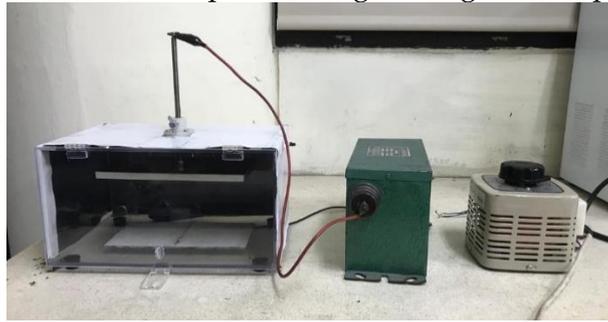
P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (V)

I = Arus listrik (A)

Persiapan alat plasma diawali dengan mempersiapkan alat reaktor plasma yang ditempatkan di permukaan yang rata, ketinggian elektroda diatur setinggi 3 cm dari permukaan objek. Selanjutnya menyambungkan kabel bermuatan positif dan negatif dari dimmer ke trafo. Trafo disambungkan menggunakan kabel positif dan negatif yang di salah

satu ujungnya diberikan penjepit untuk dijepitkan ke elektroda reaktor plasma dingin sebagai kutub negatif dan permukaan reaktor plasma dingin sebagai kutub positif (Gambar 1).



Gambar 1. Alat Plasma

Cabai dimasukkan di dalam *chamber* yang berisi alat plasma, selanjutnya diletakkan di antara kedua elektroda plasma sebelum plasma dinyalakan. Alat plasma dinyalakan sesuai dengan perlakuan yang dilakukan dengan memutar transformator. Cabai rawit yang sudah diberikan perlakuan kemudian disimpan suhu ruang 25°C. Proses perlakuan plasma dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pemberian Perlakuan *Cold Plasma*

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dua faktor. Faktor yang digunakan pada penelitian ini adalah besar *output* tegangan *cold plasma* dan lama waktu proses pemberian *cold plasma*. Pengamatan dilakukan pada parameter susut bobot, kekerasan, warna, total padatan terlarut, vitamin C, dan *total plate count*. *Total plate count* dilakukan untuk menduga mikroorganisme dengan cara menghaluskan cabai rawit (persamaan 1) dan kandungan vitamin C dilakukan dengan metode titrasi iodine (persamaan 2) dan. Selanjutnya, data yang diperoleh dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) menggunakan aplikasi SPSS ver. 24.

$$N = \frac{\Sigma C}{((1 \times n_1) + (0,1 \times n_2)) \times D} \dots \dots \dots (2)$$

Di mana:

- N = Jumlah koloni per ml/ per g produk
- ΣC = Jumlah seluruh koloni yang dihitung
- n_1 = Jumlah cawan pengenceran pertama
- n_2 = Jumlah cawan pengenceran kedua
- D = Pengenceran pertama yang dihitung

Parameter Pengamatan

Total Plate Count

Metode uji TPC (Khairunnisa *et al.*, 2023) adalah dengan menyiapkan media agar, mengoleskan sampel pada permukaan agar dalam petri, menginkubasi pada suhu yang

sesuai, menghitung koloni yang tumbuh, dan melaporkan hasil sebagai jumlah koloni per unit volume sampel menggunakan persamaan 3.

$$N = \text{Jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

N = Jumlah koloni per ml/ per g produk

Susut Bobot

Susut bobot berdasarkan metode Shah dan Hashmi (2020) diukur dengan selisih berat antara berat awal dan berat akhir dengan persamaan 4 :

$$S_b = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

S_b = Susut bobot (%)

w₀ = Bobot awal penyimpanan (gram)

w₁ = Bobot akhir penyimpanan (gram)

Kekerasan

Pengujian kekerasan diukur dengan menggunakan *penetrometer portable* GY-4 (Harianto *et al.*, 2020). Cabai yang diukur tingkat kekerasannya ditekan oleh probe dengan diameter 4 mm. Nilai tingkat kekerasan cabai akan terlihat pada alat dalam satuan kgf.

Warna

Analisis warna cabai rawit menggunakan alat *colorimeter* untuk diukur koordinat warnanya (L*, a*, dan b*). Data nilai tadi diproses untuk mengetahui tingkat dominasi warna dengan Nilai °hue (Hutching, 1999). Monolopoulou *et al.* (2012) menyatakan kisaran sudut derajat Hue (°hue) yang mendekati 90° lebih mendekati warna kuning dan besar dari 90° lebih mendekati warna hijau. Persamaan sudut hue ditunjukkan pada Persamaan 5.

$$H^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut diukur menggunakan refraktometer. Dengan mengambil ekstrak cabai. Ekstrak tersebut ditetaskan ke atas prisma refraktometer Atago dan dicatat nilai total padatan terlarutnya dan hasilnya dalam satuan %Brix (AOAC 1995).

Vitamin C

Pengukuran kandungan vitamin C pada cabai rawit merah dilakukan dengan metode titrasi iodin (Khairunnisa *et al.* 2023) menggunakan persamaan 6 :

$$VC = \frac{V \times 0,88 \times FP}{W} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

VC = Vitamin C (mg/g)

V = Volume iodin yang terpakai (ml)

W = Berat bahan (g)

FP = Faktor Pengenceran, (FP=10)

Masa Simpan

Pengukuran masa simpan menurut (Ekman *et al.*, 2019) dibedakan menjadi 5 skala seperti tidak terdapat kerutan atau kerusakan (1), 1-15% permukaan cabai mengerut/rusak (2), 16-30% rusak sedang (3), 31-50% rusak cukup parah (4), dan >50% rusak parah (5). Titik kritis ada di skala 3. Menentukan titik kritis dilihat dari pengamatan visual pada hari hari saat pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cabai yang digunakan merupakan jenis Lokal Cipanas dengan umur panen 120 hari. Cabai rawit yang sudah diberikan perlakuan kemudian disimpan suhu ruang $25 \pm 0,82$ °C secara terbuka dengan alas wadah styrofoam. Pengukuran dilakukan dengan interval 2 hari sekali dimulai dari hari ke nol saat pengambilan dan pemberian perlakuan plasma.

Pengamatan visual cabai rawit dilakukan terhadap keadaan fisik cabai keseluruhan sampai keadaan fisik cabai tidak layak lagi secara visual (busuk dan bercendawan) yang ditandai dengan cabai mengeriput dan tangkai copot serta menghitam sekitar 40% dari jumlah sampel (Gambar 3).



Gambar 3. Penurunan kualitas pada sampel cabai selama penyimpanan (perlakuan 9,20 kV selama 40 detik)

Kerusakan sebagian sampel mengalami kebusukan gejala antraknosa terlihat dari hari ke 10 penyimpanan (Gambar 2). Pada hari penyimpanan ke 12 gejala tersebut menyebar hampir ke seluruh perlakuan sehingga pengamatan dihentikan pada hari ini.



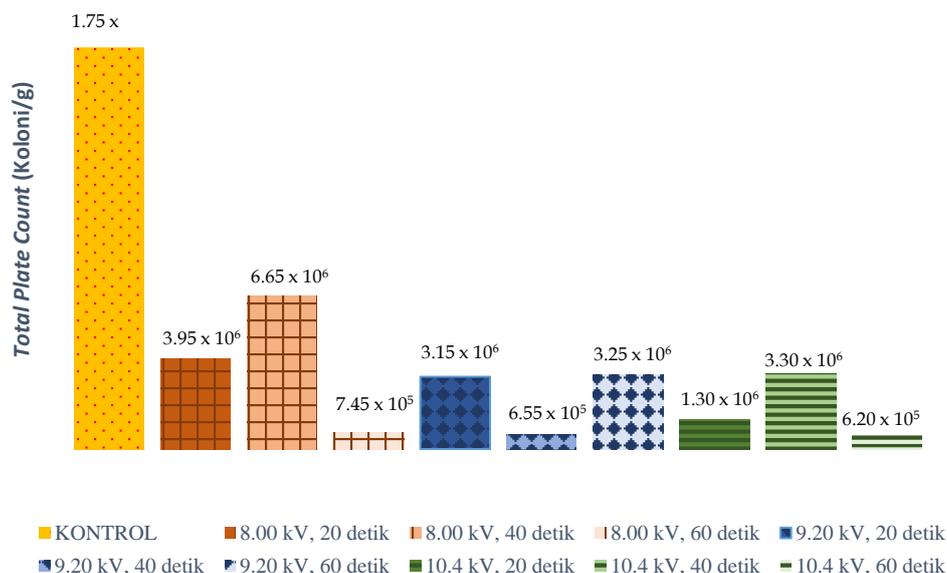
Gambar 4. Gejala kerusakan cabai akibat antraknosa pada cabai kontrol

Penelitian Ramdan *et al.* tahun 2019 menjelaskan ciri-ciri buah cabai yang mengalami antraknosa ditandai dengan bercak kecil agak mengkilap, sedikit terbenam, berair (basah), berwarna kuning kehitaman yang basah dan membesar dengan cepat. Pada hari ke 10 penyimpanan, gejala antraknosa disertai adanya fungi berwarna putih banyak terlihat di cabai, sehingga pada hari ini pengamatan pada cabai rawit dihentikan.

Total Plate Count (TPC)

Kerusakan pada cabai dapat berasal dari cara penanganan setelah panen dan aktivitas mikroorganisme seperti fungi yang dapat mengakibatkan kerusakan pada cabai. Cabai rawit dapat terinfeksi oleh mikroorganisme melalui luka setelah panen, bahkan mikroorganisme dapat menginfeksi produk saat masih di kebun tumbuh Bersama tanaman induknya yang

disebut dengan infeksi laten (Hongi *et al.*, 2015). Hasil pengujian TPC dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik pengaruh besar tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap kadar *total plate count*

Hasil pengujian mikroba pada cabai rawit didapatkan bahwa perlakuan plasma dapat menurunkan cemaran mikroba dibanding tanpa pemberian perlakuan plasma. Semua hasil perlakuan plasma menghasilkan total mikroba yang sesuai dengan ICMSF 1996 karena memiliki total berkisar 10^5 sampai 10^6 koloni/g. Nilai ini masih sesuai batas menurut BPOM tahun 2019 yaitu 5×10^5 koloni/g untuk jenis buah dan sayur beku dan 1×10^5 koloni/g untuk jenis buah dan sayur kering. Berdasarkan batas cemaran yang sudah ditetapkan oleh pemerintah bahwa perlakuan yang cukup memasuki kriteria terletak di perlakuan tegangan 8,00 kV selama 60 detik, tegangan 9,20 kV selama 40 detik dan tegangan 10,40 kV selama 60 detik karena berkisar 10^5 koloni/g.

Makin besar tegangan dan makin lama waktu pemberian plasma tidak serta merta dapat menurunkan nilai mikroba yang ada di cabai rawit merah. Hal ini juga sesuai dengan penelitian (Wu *et al.*, 2021) pada buah cerry dimana besar tegangan 60 kV dan 100 detik menghasilkan inaktivasi mikroba paling efektif dibanding besar tegangan dan waktu lainnya (40 dan 80 kV selama 60, 80, dan 140 detik). Menurutnya Fenomena ini mungkin disebabkan bahwa pada titik tertentu dalam proses sterilisasi dengan *cold plasma*, efisiensi untuk membunuh mikroba mencapai puncaknya. Setelah titik ini, menambah waktu pemrosesan tidak akan meningkatkan hasil sterilisasi. Phan *et al.* (2017) juga menjelaskan, selain dari jumlah mikroba awal dan komposisi gas plasma, karakteristik produk juga berpengaruh dalam efek antimikroba, seperti aktivitas air, tekstur, protein dan kandungan lemak, pH dan jenis produk yang diolah. Hal inilah yang mungkin terjadi pada penelitian ini. Hasil TPC ini digunakan sebagai pendukung utama dalam menetapkan perlakuan besar tegangan dan lama waktu pemberian plasma yang tepat pada cabai rawit dengan tetap mempertimbangkan parameter mutu lainnya yang dapat dipertahankan dan membandingkannya dengan tanpa pemberian plasma (kontrol).

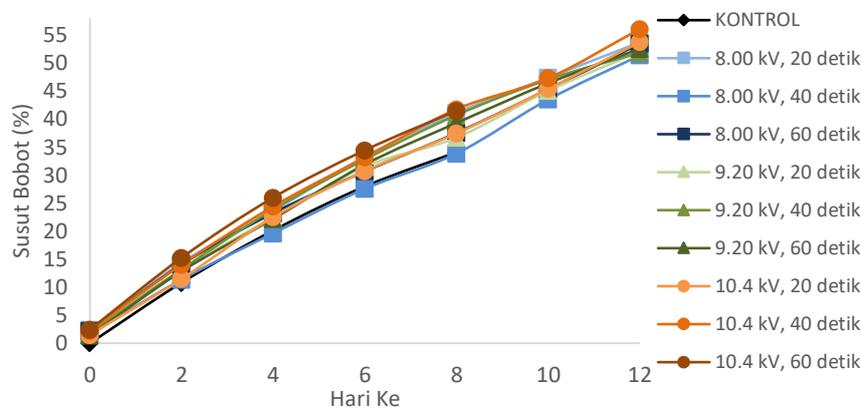
Susut Bobot

Susut bobot merupakan salah satu indikator penurunan mutu produk segar. Susut bobot cenderung semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu penyimpanan. Susut bobot dapat menyebabkan penurunan mutu dan kerusakan pada produk pertanian.

Hasil sidik ragam menunjukkan tidak terdapat pengaruh nyata tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap susut bobot cabai rawit ($p < 0,05$).

Hasil uji lanjut interaksi antar perlakuan tidak berbeda nyata hingga akhir penyimpanan pada cabai rawit kontrol. Hasil ini sesuai dengan penelitian Min *et al.* (2018) pada tomat hasil pemberian plasma dan tidak yang disimpan pada suhu 10°C dan 25°C dan penelitian Won *et al.* (2017) pada jeruk mandarin yang diberi perlakuan plasma dan tidak yang disimpan pada suhu ruang atau 25°C.

Cabai rawit tanpa pemberian plasma cenderung memiliki susut bobot terendah dari hari ke 0 sampai hari penyimpanan ke 8, namun pada hari ke 10, perlakuan kontrol telah rusak sehingga pengamatan berhenti. Hingga akhir penyimpanan susut bobot tertinggi adalah perlakuan 10.40 kV selama 40 detik yaitu 56,058%, karena pada perlakuan 10,40 kV selama 60 detik sampel cabai telah rusak di hari penyimpanan ke 10. Hasil pengujian susut bobot dapat dilihat pada Gambar 6.



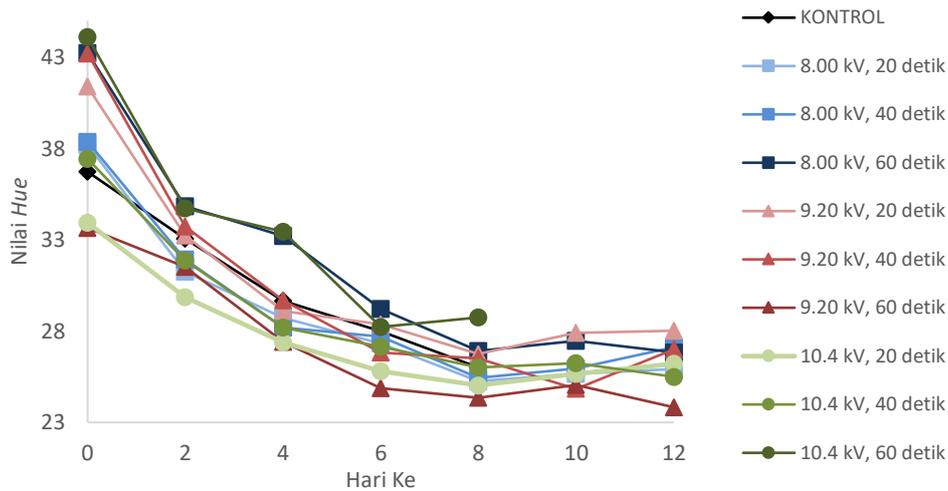
Gambar 6. Grafik pengaruh besar tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap susut bobot

Hasil uji lanjut interaksi antar perlakuan tidak berbeda nyata hingga akhir penyimpanan pada cabai rawit kontrol. Hasil ini sesuai dengan penelitian Min *et al.* (2018) pada tomat hasil pemberian plasma dan tidak yang disimpan pada suhu 10°C dan 25°C dan penelitian Won *et al.* (2017) pada jeruk mandarin yang diberi perlakuan plasma dan tidak yang disimpan pada suhu ruang atau 25°C bahwa interaksi antara besar tegangan dan lama waktu pemberian plasma tidak berbeda nyata terhadap susut bobot yang dihasilkan

Susut bobot yang semakin meningkat dapat disebabkan oleh proses pemberian *cold plasma* pada cabai rawit. Menurut penelitian Song *et al.* (2016) *etching* dapat terjadi selama perlakuan *cold plasma*, proses ini akan mengubah struktur permukaan biopolimer yang disebabkan oleh iradiasi UV dan spesies reaktif yang dihasilkan oleh plasma. Akibatnya dapat mengubah struktur permukaan cabai rawit sehingga difusi gas dan uap air melalui lapisan epidermis mengalami perubahan dan berakibat mengurangi bobot.

Warna

Nilai *Hue* merupakan nilai yang menunjukkan warna dominan (kromatik) dan dinyatakan dalam sudut. Semakin matang buah cabai, terjadi sintesis dan akumulasi pigmen karotenoid yang mengubah warna kulitnya dari kuning menjadi oranye, hingga merah (Hasanah dan Fatmawati 2022). Hasil pengujian warna dapat dilihat pada Gambar 7.



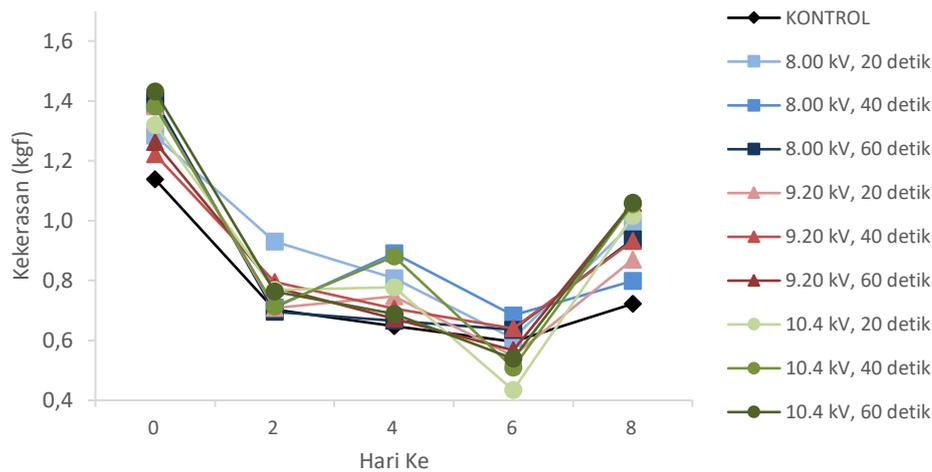
Gambar 7. Grafik pengaruh besar tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap nilai *hue*

Hasil analisis sidik ragam didapatkan bahwa hanya pada hari ke 4 dan 8 perlakuan plasma berpengaruh terhadap nilai warna cabai ($p > 0,05$). Hasil uji lanjut didapatkan bahwa pada hari ke 4 cabai rawit yang diberi perlakuan plasma berbeda tidak nyata dengan kontrol, namun pemberian perlakuan selama 60 detik dapat meningkatkan nilai *hue* dibanding waktu yang lain. Hal yang sama dilihat juga pada interaksi hari ke 4 dan 8 selama penyimpanan bahwa perlakuan tegangan 10,40 kV dengan waktu 60 detik memiliki nilai *hue* paling tinggi. Namun di akhir penyimpanan baik perlakuan tegangan, waktu maupun interaksi keduanya menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata.

Nilai warna *hue* yang dihasilkan oleh cabai rawit dengan perlakuan plasma tidak signifikan dibanding dengan kontrol selama penyimpanan dari awal perlakuan hingga akhir penyimpanan masih mendeskripsikan warna merah berdasarkan Hutching (1999). Hal ini sesuai dengan penelitian Zhang *et al.* (2019) pada cabai yang akan dibuat bubuk cabai dimana dinyatakan bahwa warna sampel tidak terpengaruh oleh proses plasma saat waktu perlakuan yang singkat (hingga 0,5 menit). Di sisi lain, jika waktu pemberian plasma yang lebih lama akan berdampak negatif pada warna cabai yang dihasilkan. Menurut Mao *et al.* (2021) hal ini disebabkan karena spesies reaktif yang disebabkan oleh plasma menghasilkan reaksi oksidatif atau nitrosatif yang dapat menyebabkan oksidasi atau mendegradasi pigmen, yang dapat menyebabkan perubahan pada warna permukaan.

Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu parameter penting yang berkaitan dengan kualitas dan penerimaan konsumen pada cabai. Pengukuran cabai rawit dilakukan pada dua titik yang berbeda yaitu pada bagian ujung dan pangkal. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik pengaruh besar tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap kekerasan

Hasil analisis sidik ragam terdapat pengaruh dari besar tegangan dan lama waktu pemberian plasma pada hari penyimpanan ke 4, 6 dan 8 ($p > 0,05$). Hasil uji lanjut didapatkan bahwa pada hari ke 4, waktu perlakuan selama 40 detik memiliki tingkat kekerasan tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lain termasuk kontrol. Selanjutnya pada hari ke 6, cabai rawit yang diberi perlakuan plasma tegangan 10,40 kV memiliki tingkat kekerasan paling rendah dari perlakuan lain dan berbeda nyata ($0,494 \pm 0,024$ kgf). Semakin besar tegangan dan makin lama pemberian waktu plasma maka tingkat peningkatan kerusakan semakin tinggi. (Pan *et al.* 2021) menjelaskan bahwa tegangan yang tinggi dan waktu pemaparan yang lama oleh plasma dapat merusak morfologi permukaan bahan karena suhu tinggi yang dihasilkan dalam proses pemberian plasma yang berlebihan. Nilai kekerasan tertinggi pada hari ke-8 terletak pada perlakuan tegangan 10,40 kV selama 60 detik yaitu sekitar $1,060 \pm 0,054$ kgf diikuti oleh besar tegangan yang sama dengan waktu 40 dan 20 detik, namun pada hari pengamatan selanjutnya sampel pada perlakuan ini rusak sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan lagi.

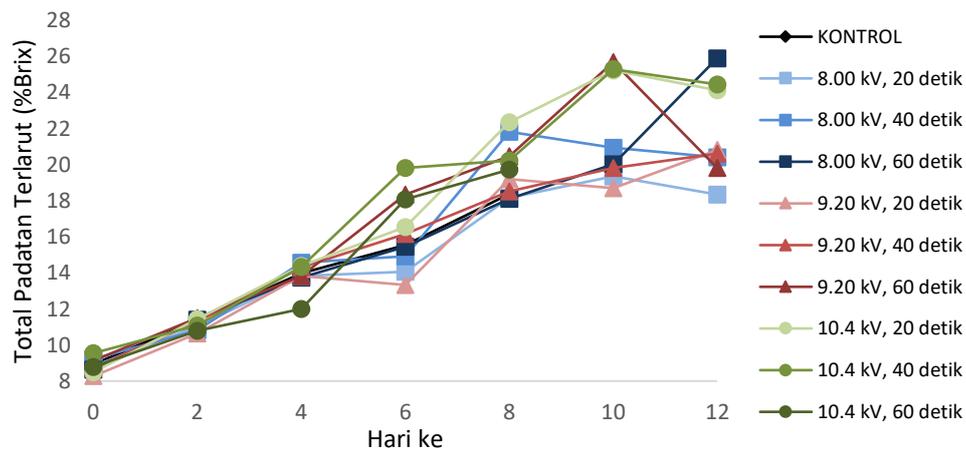
Pola penurunan tingkat kekerasan pada cabai rawit hingga hari ke-6 mengindikasikan terjadinya pelunakan pada cabai rawit. Pelunakan dapat terjadi akibat enzim, patogen dan respirasi pada bahan. Pan *et al.* (2021) menjelaskan bahwa beberapa enzim seperti poligalakturonase, selulase dan glikosidase dapat mendegradasi dinding sel dan penurunan pektin yang dapat mengakibatkan pelunakan buah.

Hari ke-8 penyimpanan terjadi pola kenaikan tingkat kekerasan pada hari pengamatan selanjutnya menandakan terjadi kekeringan pada cabai. Hal ini disebabkan kandungan air yang hilang membuat cabai menjadi layu dan keriput sehingga teksturnya menjadi keras. Hal ini dapat dijadikan indikasi batas penerimaan konsumen bahwa cabai rawit yang diberikan perlakuan plasma maupun tidak akan menjadi lunak hingga hari ke-6 penyimpanan dan pada hari ke-8 cabai akan mengalami pelayuan dan mengerut.

Perlakuan pemberian plasma memberikan pengaruh terhadap kekerasan pada cabai rawit. Menurut Ji *et al.* (2020) hal ini mungkin diakibatkan oleh bocornya sel-sel jaringan yang dihancurkan oleh zat aktif seperti ozon dan berbagai spesies reaktif dalam plasma. Hal ini juga dijelaskan pada penelitian Misra *et al.* (2014) bahwa ozon adalah salah satu spesies reaktif utama dalam plasma yang sangat penting dan dapat memberikan pengaruh salah satunya pada kekerasan sampel.

Total Padatan Terlarut

Menurut Khandpur dan Gogate (2015) total padatan terlarut merupakan akumulasi kandungan nutrisi dari sayuran tersebut. Berdasarkan analisis sidik ragam, besar tegangan, waktu pemberian perlakuan dan interaksi keduanya memberikan pengaruh ($p>0,05$) terhadap total padatan terlarut pada cabai rawit merah pada hari ke 10 dan 12 selama penyimpanan. Hasil uji lanjut didapatkan pada hari ke 10 total padatan terlarut paling tinggi terletak pada perlakuan tegangan 9,20 kV selama 60 detik yaitu $25,7\pm 0,2\%$ Brix dan berbeda tidak nyata dengan 10 kV selama 20 dan 40 detik masing masing $25,2\pm 0,1$ dan $25,3\pm 0,1\%$ Brix. Serta terendah adalah perlakuan 9,20 kV selama 20 detik dengan $18,7\pm 0,1\%$ Brix. Namun berbeda pada hari ke 12 selama penyimpanan, perlakuan yang memiliki total padatan terlarut tertinggi terletak pada perlakuan tegangan 8,00 kV selama 60 detik yaitu $25,9\pm 0,1\%$ Brix dan terendah terletak pada perlakuan tegangan 8,00 kV selama 20 detik yaitu $18,3\pm 0,2\%$ Brix.



Gambar 9. Grafik pengaruh besar tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap nilai total padatan terlarut

Dilihat dari Gambar 9 nilai total padatan terlarut cabai rawit mengalami kenaikan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal ini sesuai dengan penelitian Anjayani dan Ambarwati (2021) bahwa buah cabai mengalami peningkatan total padatan terlarut selama penyimpanan dikarenakan meningkatkan kematangan buah sehingga proses metabolisme akibat laju respirasi tinggi dapat merombak karbohidrat kompleks menjadi lebih sederhana.

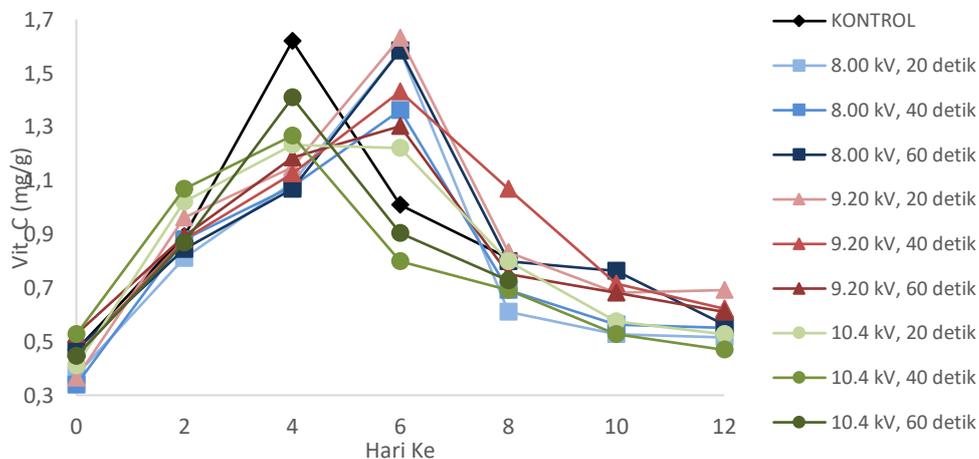
Penggunaan *cold plasma* dapat meningkatkan nilai total padatan terlarut cabai. Hasil ini sesuai dengan penelitian Wu *et al.* (2021) pada cerry dan Jia *et al.* (2022) pada tomat. Menurut Dong *cold plasma* menghasilkan ROS yang terus menerus terakumulasi. Akumulasi ROS ini mungkin untuk mendorong pembentukan gula pada produk. Di sisi lain menurut Wang *et al.* (2019) spesies reaktif seperti ROS dapat menyebabkan tingkat stress produk lebih tinggi. Dengan kata lain, ketika cabai terkena stres oksidatif yang lebih tinggi, seperti pada waktu perlakuan 60 detik, kandungan total padatan terlarut mungkin akan berkurang lebih cepat. Inilah sebabnya mengapa kandungan total padatan terlarut pada perlakuan 8,00 kV selama 60 detik lebih rendah dibandingkan dengan waktu perlakuan 20 detik pada besar tegangan yang sama di 8,00 kV.

Vitamin C

Vitamin C merupakan salah satu zat gizi yang terdapat pada cabai rawit. Hasil analisis sidik ragam didapatkan bahwa besar tegangan plasma berpengaruh terhadap kadar vitamin C cabai rawit merah pada hari penyimpanan ke 4 dan 6 ($p>0,05$). Waktu pemberian plasma berpengaruh juga terhadap kadar vitamin C cabai rawit merah pada hari ke 6 selama penyimpanan. Namun kombinasi antara besar tegangan dan waktu pemberian plasma tidak

memiliki pengaruh terhadap kadar vitamin C cabai rawit merah selama penyimpanan. Hasil ini sesuai dengan penelitian (Wu *et al.*, 2021) bahwa kombinasi besar tegangan dan lama waktu pemberian plasma tidak berkorelasi terhadap kadar vitamin C buah cherry selama penyimpanan. Namun tegangan yang tinggi dan waktu yang lebih lama masing masing memiliki pengaruh terhadap kadar vitamin C.

Hasil uji lanjut didapatkan bahwa pada hari ke 4 selama penyimpanan kadar vitamin C cabai rawit kontrol memiliki nilai paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan cabai yang diberi plasma yaitu $1,619 \pm 0,124$ mg/g. Namun pada hari ke 6 kadar vitamin C dari cabai kontrol dan cabai rawit dengan pemberian plasma 10,40 kV mengalami penurunan yang tidak berbeda nyata, namun keduanya berbeda nyata dengan perlakuan cabai rawit yang diberi perlakuan plasma dengan tegangan 8,00 dan 9,20 kV. Pada perlakuan ini kadar vitamin C pada cabai rawit masih mengalami kenaikan hingga masing masing mencapai $1,510 \pm 0,072$ mg/g dan $1,455 \pm 0,061$ mg/g pada perlakuan tegangan 8,00 dan 9,20 kV. Pada akhir penyimpanan perlakuan plasma dengan besar tegangan 10,40 kV memiliki kadar vitamin C paling rendah yaitu $0,499 \pm 0,055$ mg/g. Hasil pengujian vitamin C dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengaruh besar tegangan dan waktu pemberian plasma terhadap kadar vitamin C

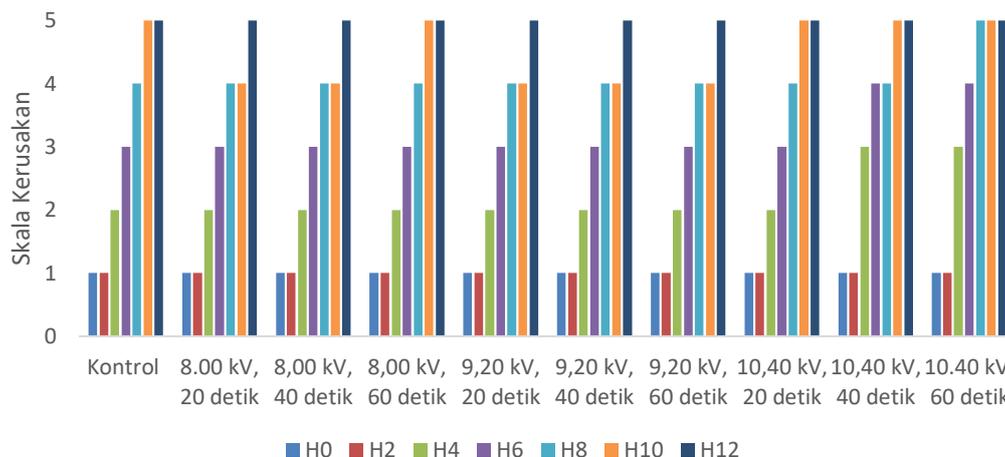
Kadar vitamin C meningkat pada awal penyimpanan sebelum kemudian mengalami penurunan hingga akhir penyimpanan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Umam (2017) bahwa cabai rawit merah akan mengalami peningkatan kadar vitamin C hingga puncak pada saat cabai rawit merah mengalami kematangan yang sempurna sebelum kemudian menurun hingga akhir penyimpanan ketika cabai mulai mengalami kerusakan. Pola kenaikan kadar vitamin C selama penyimpanan kemudian menurun hingga akhir penyimpanan akibat dari pemberian plasma juga sesuai dengan penelitian (Dong dan Yang 2019) pada blueberry.

Vitamin C terdegradasi atau rusak karena proses oksidatif. Proses ini dirangsang oleh cahaya, oksigen, panas, peroksida dan enzim, seperti askorbat peroksidase atau peroksidase (Chitavhati *et al.* 2015). Vitamin C juga dinilai sangat sensitif terhadap panas. Hal hal inilah yang menjelaskan pada penelitian kali ini bahwa pada tegangan yang besar, yaitu 10,40 kV justru dapat menurunkan kadar vitamin C lebih cepat dibanding besar tegangan lainnya yaitu 8,00 dan 9,20 kV. Sehingga pemberian perlakuan plasma dengan besar tegangan dan waktu yang sesuai dapat menghambat kerusakan pada cabai rawit dilihat dari kemampuannya untuk mempertahankan kadar vitamin C selama penyimpanan.

Masa Simpan

Menurut hasil penelitian (Ekman *et al.*, 2019) bahwa masa simpan buah dan sayur dibedakan menjadi 5 skala seperti tidak terdapat kerutan atau kerusakan (1), 1-15%

permukaan cabai mengerut/rusak (2), 16-30% rusak sedang (3), 31-50% rusak cukup parah (4), dan >50% rusak parah (5). Dalam penelitian ini, titik layak komersial adalah skala 3.



Gambar 11. Grafik Skala Kerusakan Cabai Rawit Selama Penyimpanan

Hasil grafik skala kerusakan cabai rawit berada pada titik kritis di H4 dan H6. Dimana semua perlakuan kecuali perlakuan 10,40 kV selama 40 detik dan 60 detik stabil hingga umur simpan H6. Pan *et al.* (2021) menjelaskan bahwa tegangan yang tinggi dan waktu paparan yang lama oleh plasma dapat merusak morfologi permukaan bahan karena suhu tinggi yang dihasilkan dalam proses pemberian plasma yang berlebihan. Berdasarkan hasil observasi, titik kritis cabai terjadi pada hari ke-8 dan ke-10 pengamatan. Cabai rawit yang diberi perlakuan *cold plasma* dengan besar tegangan dan waktu yang tepat dapat bertahan hingga hari ke 12 dengan kerusakan yang paling minim.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pemberian plasma dapat mereduksi tegangan dan mengaktifasi mikroorganismenya pada cabai rawit segar sebanyak 10^1 sampai 10^2 koloni/g lebih rendah dibandingkan tanpa pemberian perlakuan plasma sejak sesaat setelah pemberian plasma dilakukan. Selama masa penyimpanan, kerusakan pada cabai rawit yang diberi perlakuan plasma berupa kering dan keriput terlihat jelas. Sedangkan pada cabai rawit tanpa plasma kerusakan dilihat karena adanya serangan *Colletotrichum sp.* yang menyebabkan gejala antraknosa. Plasma dengan tegangan 9,20 kV dengan waktu pemberian plasma 40 detik mampu menekan susut bobot cabai, mempertahankan warna cabai, kekerasan, total padatan terlarut, dan mampu mempertahankan kandungan vitamin, serta memiliki TPC yang rendah yaitu $6,55 \times 10^5$ koloni/g.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang rentang besar tegangan dan waktu pemberian perlakuan *cold plasma* yang paling tepat antara 9,20-10,40 kV selama 40-60 detik, dalam mereduksi mikroorganismenya pada cabai rawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pusat Riset Mekatronika Cerdas, BRIN atas dukungan fasilitas berupa alat plasma yang telah diberikan, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun. Pendanaan dilakukan secara mandiri sehingga dalam penelitian, pengumpulan, analisis data, penulisan artikel dan dalam keputusan mempublikasikan hasil penelitian ini dilakukan secara bersama dengan tim penulis.

DAFTAR REFERENSI

- Amini M, Ghoranneviss M. (2016). Effects of cold plasma treatment on antioxidants activity, phenolic contents and shelf life of fresh and dried walnut (*Juglans regia* L.) cultivars during storage. *LWT*. 73:178-184. DOI : 10.1016/j.lwt.2016.06.014.
- Anjayani D, Ambarwati E. (2021). Mutu dan Daya Simpan Buah Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) sebagai Tanggapan terhadap Berbagai Jenis Pupuk Hayati. *Vegetalika*. 10(3):159. DOI : 10.22146/veg.47817.
- AOAC. (1995). Official Method to Association of Official Analytical Chemistry. Washington DC.
- [BPOM] Badan Pengawasan Obat dan Makanan. (2019). Batas Maksimal Cemaran Mikroba Dalam Pangan Olahan Produk Fermentasi Sayuran. *Indones. Drug Food Control*.:1-48.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Produksi tanaman sayuran menurut provinsi dan jenis tanaman. Indonesia. Badan Pusat Statistik.
- Chitravathi K, Chauhan O P, Raju P S. (2015). Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food Packaging and Shelf Life*. 45: 1-9. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2015.02.001>.
- Dong X Y, Yang Y L. (2019). A Novel Approach to Enhance Blueberry Quality During Storage Using Cold Plasma at Atmospheric Air Pressure. *Food Bioproc Tech*. 12(8):1409-1421. DOI : 10.1007/s11947-019-02305-y.
- Ekman Jh, Goldwater A, Bayogan EV, Secretaria LB, Lacap At, Lubaton CS, Monterde VG, Benitez MM, Valida AD, Sudaria EE, Salabao AS, Rivera FC, Sudaria MM, Hinayon EP, Joyce DC, Anh ST, Mott K, Perkins M, Bhandari B. (2019). Improved Postharvest Management of Fruit and Vegetables in the Southern Philippines and Australia. Final Report ACIAR HORT 2012/098. *Australian Centre for International Agricultural Research*. 73p.
- Harianto H, Anggraini D, Astuti A, Adinegoro H. (2020). Uji Metode Pengkelasan Tingkat Kematangan Buah Mangga Berdasar Posisi Buah di dalam Air. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 37(1), 41-47. DOI : [https://dx.Doi.org/10.32765/wartaihp.v37i1.5295](https://dx.doi.org/10.32765/wartaihp.v37i1.5295).
- Hasanah N, Fatmawati S. (2022). Metabolit Sekunder, Metode Ekstraksi, dan Bioaktivitas Cabai (*Capsicum*). *Akta Kimia Indonesia*. 7(1):14. DOI : 10.12962/j25493736.v7i1.11239.
- Hildebrand P D, Song J, Forney C F, Renderos W E, Ryan D A J. (2001). Effects Of Corona Discharge On Decay Of Fruits And Vegetables. *Acta Hort*. 425-426.

- Hongi H N A, Ijong F, Mamuaja C. (2015). Komposisi Mikroba Beraosiasi dengan Tingkat Kepedasan dan Kesegaran Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*, 3(1), 35-43.
- Hutching J B. 1999. Food and Colour Appearance. Maryland (US) Aspen Publ. Inc
- ICMSF. 1996. Microorganisms in Food 2. Sampling for Microbiological Analysis Principles and Specific Applications. 2nd edition. Chapman and Hall. Glasgow.
- Jia S, Zhang N, Ji H, Zhang X, Dong C, Yu J, Yan S, Chen C, Liang L. (2022). Effects of Atmospheric Cold Plasma Treatment on the Storage Quality and Chlorophyll Metabolism of Postharvest Tomato. *Foods*. 11(24):1-13. DOI : 10.3390/foods11244088.
- Ji Y, Hu W, Liao J, Jiang A, Xiu Z, Gaowa S, Guan Y, Yang X, Feng K, Liu C. (2020). Effect of atmospheric cold plasma treatment on antioxidant activities and reactive oxygen species production in postharvest blueberries during storage. *J. Sci. Food Agric*. 100(15):5586-5595. DOI : 10.1002/jsfa.10611.
- Khairunnisa S, Yusmanizar Y, Putra B S. (2023). Kajian Lama Perendaman Kacang Buncis (*Phaseolus vulgaris*) Dalam Ozon dan Penyimpanan pada Suhu Rendah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(4). DOI : <https://DOI.org/10.17969/jimfp.v8i4.28575>.
- Khandpur P, Gogate P R. (2015) Effect of Novel Ultrasound Based Processing on the Nutrition Quality of Different Fruit and Vegetable Juices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27,125-136. DOI : 10.1016/j.ultsonch.2015.05.008
- Lee T, Puligundla P, Mok C. (2018). Intermittent corona discharge plasma jet for improving tomato quality. *Journal of Food Engineering*. 223: 168-174. DOI : 10.1016/j.jfoodeng.2017.11.004.
- Mandal R, Singh A, Pratap Singh A. (2018). Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*. 80 : 93-103. DOI : 10.1016/j.tifs.2018.07.014.
- Mao L, Mhaske P, Zing X, Kasapis S, Majzoobi M, Farahnaky A. (2021). Cold plasma: Microbial inactivation and effects on quality attributes of fresh and minimally processed fruits and Ready-To-Eat vegetables. *Trends Food Sci. Technol*. 116(January):146-175. DOI : 10.1016/j.tifs.2021.07.002.
- Mariana, Liestiany E, Cholis F, Adiyatama M, Afridha A, Hasbi N. (2021). Ketahanan Jamur *Colletotrichum* spp. Penyebab Antraknosa Buah Cabai Terhadap Fungisida Di Lahan Rawa. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah*. 6(2) : 1-7.
- Mari M, Francesc AD, Bertolini P. (2014). Control of fruit postharvest disease: old issues and innovative approaches. *Stewart Postharvest Rev*. 1:1. DOI : 2212/spr.2014.1.1.
- Min S C, Roh S H, Niemira B A, Boyd G, Sites J E, Fan X, Sokorai K, Jin T Z. (2018). In-package atmospheric cold plasma treatment of bulk grape tomatoes for microbiological safety and preservation. *Food Res. Int*. 108:378-386. DOI : 10.1016/j.foodres.2018.03.033.
- Misra N N, Moiseev T, Patil S, Pankaj S K, Bourke P, Mosnier J P, Keener K M, Cullen P J. (2014). Cold Plasma in Modified Atmospheres for Post-harvest Treatment of Strawberries. *Food Bioprocess Technol*. 7(10):3045-3054. DOI : 10.1007/s11947-014-1356-0.

- Misra N N, Schlüter O, Cullen P J. (2016). Plasma in Food and Agriculture. Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications. 1–16. DOI : 10.1016/B978-0-12-801365-6.00001-9.
- Monolopoulou H, Gregory L, George X. (2012). Active modified atmosphere packaging of fresh cut bell peppers: effect on quality indices. *Journal of Food Research*: Vol 1 No.3. Canadian Center of Science and Education. Canada.
- Nehra V, Kumar A, dan Dwivedi H K. (2008) Atmospheric non-thermal plasma sources. *International Journal of Engineering* (2) : 53-68.
- Pan Y W, Cheng J H, Sun D W. (2021). Inhibition of fruit softening by cold plasma treatments: affecting factors and applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 61(12):1935–1946. DOI : 10.1080/10408398.2020.1776210.
- Phan K T K, Phan H T, Brennan C S, Phimolsiripol Y. (2017). Nonthermal plasma for pesticide and microbial elimination on fruits and vegetables: an overview. *Int. J. Food Sci. Technol.* 52(10):2127–2137. DOI : 10.1111/ijfs.13509.
- Puligundla P, Lee T, Mok C. (2018). Effect of intermittent corona discharge plasma treatment for improving microbial quality and shelf life of kumquat (*Citrus japonica*) fruits. *LWT - Food Science and Technology*. 91 : 8–13. DOI : 10.1016/j.lwt.2018.01.019.
- Scholtz V, Pazlarova J, Souskova H, Khun J, Julak J. (2015). Nonthermal plasma - A tool for decontamination and disinfection. *Biotechnology Advances*. 33(6) : 1108–1119. DOI : 10.1016/j.biotechadv.2015.01.002.
- Shah S, Hashmi M S. (2020). Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 61(2), 279–289. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00224-7>.
- Ramdan E P, Arti I M, Risnawati. (2019). Identifikasi dan Uji Virulensi Penyakit Antraknosa Pada Pascapanen Buah Cabai. *J. Pertan. Presisi (Journal Precis. Agric.* 3(1):67–76. DOI : 10.35760/jpp.2019.v3i1.1976.
- Sofiarani F N, Ambarwati E. (2020). Pertumbuhan dan Hasil Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) pada Berbagai Komposisi Media Tanam dalam Skala Pot. *Vegetalika*. 9(1) : 292. DOI : 10.22146/veg.44996.
- Song A Y, Oh Y A, Roh S H, Kim J H, Min S C. (2016). Cold Oxygen Plasma Treatments for the Improvement of the Physicochemical and Biodegradable Properties of Polylactic Acid Films for Food Packaging. *J. Food Sci.* 81(1):E86–E96. DOI : 10.1111/1750-3841.13172.
- Tatengkeng M A. (2019). Kadar Vitamin C Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L) Hasil Ozonasi Selama Penyimpanan Suhu Ruang. *Pasundan Food Technology Journal*. 6(2) : 102. DOI : 10.23969/pftj.v6i2.1296.
- Umam K. (2017). Respon kualitas cabai rawit merah (*Capsicum frutescens* L) Terhadap suhu penyimpanan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

- Wang F, Zhang X, Yang Q, Zhao Q. (2019). Exogenous melatonin delays postharvest fruit senescence and maintains the quality of sweet cherries. *Food Chem.* 301(August):125311. DOI : 10.1016/j.foodchem.2019.125311.
- Won M Y, Lee S J, Min S C. (2017). Mandarin preservation by microwave-powered cold plasma treatment. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 39:25–32. DOI : 10.1016/j.ifset.2016.10.021.
- Wu X, Zhao W, Zeng X, Zhang Q A, Gao G, Song S. (2021). Effects of cold plasma treatment on cherry quality during storage. *Food Sci. Technol. Int.* 27(5):441–455. DOI : 10.1177/1082013220957134.
- Zhang X L, Zhong C S, Mujumdar A S, Yang X H, Deng L Z, Wang J, Xiao H W. (2019). Cold plasma pretreatment enhances drying kinetics and quality attributes of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Engineering.* 24 : 51–57. DOI : 10.1016/j.jfoodeng.2018.08,002.