

## Pengendalian Kontaminan Mikroba pada Sayuran Segar dengan Formula *Sanitizer* dari Natrium Hipoklorit dan Asam Asetat

### *Control of Microbial Contaminants in Fresh Vegetables with Sanitizer Formula of Sodium Hypochlorite and Acetic Acid*

Misgiyarta\*, Christina Winarti

Kelompok Riset Peningkatan Nilai Tambah Produk Pertanian, Pusat Riset Agroindustri, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Tangerang Selatan 15314, Indonesia

\*E-mail: misgiyarta@gmail.com

Diterima: 6 Januari 2023; Disetujui: 25 Maret 2023

---

#### ABSTRAK

Sayuran merupakan komoditas hortikultura sebagai sumber gizi. Masalah utama keamanan pangan sayuran adalah tingginya tingkat kontaminasi mikroba. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektifitas formula *sanitizer* menekan kontaminan mikroba pada sayuran segar dan aplikasi teknologi *sanitizer* efektif dan efisien di tingkat Sub Terminal Agribisnis (STA). Ada tiga formula *sanitizer* yang mengandung natrium hipoklorit : asam asetat; 1) 100ppm : 2 %, 2) 100 ppm : 1 %, 3). 100 ppm: 0,5 %. Jenis sayuran yang diuji adalah selada, wortel, dan tomat. Parameter yang diamati adalah tingkat kontaminasi *Escherichia coli*, *Salmonella*, mikroba total, tingkat kesukaan responden, dan tingkat residu *sanitizer*. Hasil penelitian menunjukkan formula *sanitizer* dengan kombinasi natrium hipoklorit 100 ppm dan asam asetat 2 % dengan lama perendaman 4 menit efektif menekan kontaminan mikroba, akan tetapi menyebabkan browning terutama pada wortel dan selada. Hasil modifikasi formula *sanitizer* dengan menurunkan konsentrasi asam asetat menjadi 1% dan 0,5 % masih efektif menghilangkan mikroba kontaminan; namun sifat fisik dan organoleptik sayuran masih baik. Sayuran yang telah disanitizer kadar total mikroba, *E. coli*, dan *Salmonella* dibawah ambang batas yang diizinkan untuk produk pangan yang dikonsumsi segar. Kadar residu klorin pada sayuran segar masih dibawah ambang batas residu klorin untuk air minum. Uji organoleptik sayuran yang telah disanitizer masih bisa diterima responden dengan skor 4 - 5 (agak suka sampai suka). Dengan demikian dipilih formula *sanitizer* dengan komposisi natrium hipoklorit 100 ppm dan asam setat 0,5 % untuk diaplikasikan di STA atau industri. Hasil penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan daya saing dan nilai tambah sayuran segar.

**Kata kunci:** asam asetat; kontaminan mikroba; natrium hipoklorit; *sanitizer*; sayuran segar.

---

#### ABSTRACT

*Vegetables are horticultural commodities as a source of nutrition. The main problem of vegetable food safety is the high level of microbial contamination. This study aimed to determine the effectiveness of the sanitizer formula in suppressing microbial contaminants in fresh vegetables at the Agribusiness Sub Terminal (AST) level. Three sanitizer formulas used were the ratio of sodium hypochlorite: acetic acid = 100 ppm: 2 %; 100 ppm: 1 %; and 100 ppm: 0.5 %. The types of vegetables tested were lettuce, carrots, and tomatoes. The parameters observed were the level of contaminants Escherichia coli, Salmonella, total microbes, the respondent's preference level, and the level of sanitizer residue. The results showed that the sanitizer formula with a combination of 100 ppm sodium hypochlorite and 2 % acetic acid with an immersion time of 4 minutes effectively suppressed microbial contaminants but caused browning, especially in carrots and lettuce. The results of modifying the sanitizer formula by reducing the concentration of acetic acid to 1% and 0.5 % are still effective in eliminating microbial contaminants; the physical and organoleptic properties of vegetables are still good. Vegetables sanitized have total levels of microbes, E. coli, and Salmonella below the permissible threshold for raw food products. The residual chlorine level in fresh vegetables is still below the residual chlorine threshold for drinking water. The organoleptic test of vegetables that have been sanitized is still acceptable, with a score of 4-5 (slightly like). Thus, a sanitizer formula with a composition of 100 ppm sodium hypochlorite and 0.5% acetic acid was chosen to be applied in the industry. The results of this study help increase the competitiveness and added value of fresh vegetables.*

**Keywords:** acetic acid; microbial contaminants; sodium hypochlorite; sanitizers; fresh vegetables.

#### PENDAHULUAN

Sayuran merupakan komoditi yang penting karena mempunyai nilai ekonomi tinggi dan kaya nutrisi. Nutrisi dari sayuran terutama vitamin, mineral dan serat yang penting bagi tubuh. Pengelolaan sayuran segar dapat sebagai sumber pendapatan, membuka kesempatan kerja, serta sumber devisa. Konsumsi sayuran dari tahun ke tahun cenderung meningkat sampai 26%. Dibalik potensinya yang

tinggi tersebut, terdapat masalah dalam produksi dan pemasaran sayuran yaitu aspek mutu dan keamanannya, khususnya terkait dengan kepedulian konsumen terhadap mutu dan kesehatan yang terus meningkat. Secara spesifik dapat disebutkan bahwa sayuran dan buah-buahan Indonesia umumnya mempunyai masalah dalam hal mutu yang tidak konsisten dan tingkat kontaminan yang cukup tinggi (Munarso *et al.* 2004). Penerapan teknologi produksi dan penanganan pascapanen yang seadanya,

mengakibatkan inkonsistensi mutu tersebut. Faktor penggunaan pupuk serta pestisida yang tidak proporsional telah membawa produk sayuran dan buah-buahan Indonesia pada status jaminan keamanan pangan yang rendah, dengan tingkat kontaminasi yang tinggi (Munarso *et al.* 2005).

Munculnya beberapa kasus mengenai keracunan makanan dan penyakit yang disebabkan mengkonsumsi buah-buahan maupun sayuran baik segar atau olahan mengindikasikan adanya kontaminan, baik pestisida, mikroba, dan logam berat yang ada di dalam bahan pangan tersebut. WHO mendefinisikan penyakit asal pangan (*food born disease*) sebagai penyakit yang umumnya bersifat infeksi atau racun yang disebabkan oleh senyawa yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan yang dicerna. Penyakit yang disebabkan oleh mikroba kontaminan dari sayuran segar sangat beragam. Kontaminan mikroba pada sayuran segar mendapat perhatian besar karena sering menyebabkan penyakit di banyak kasus dari berbagai belahan dunia (Mostafidi *et al.* 2020).

Hasil penelitian Munarso *et al.* (2004 dan 2005) menunjukkan bahwa kontaminan mikroba pada sayuran segar di tingkat petani cukup tinggi pada kobis  $2,6 \times 10^6 - 8,0 \times 10^7$  CFU/g, tomat  $2,0 \times 10^5 - 2,6 \times 10^6$  CFU/g, dan wortel  $1,8 \times 10^6 - 1,2 \times 10^8$  CFU/g. Sedangkan pada selada berkisar antara  $3,63 \times 10^4 - 2,09 \times 10^7$  CFU/g, pada cabe merah berkisar antara  $5,04 \times 10^5 - 2,19 \times 10^7$  CFU/g, bawang merah antara  $4,77 \times 10^6 - 7,1 \times 10^7$  CFU/g. Dari ketiga jenis sayuran tersebut beberapa sampel yang diuji positif mengandung *E. coli*. Batas maksimum residu mikroba dalam pangan adalah  $10^3$  CFU/g. Kajian yang dilakukan Winarti dan Miskiyah (2010) menyimpulkan bahwa beberapa sayuran seperti kubis, tomat, wortel, cabai merah, bawang merah, dan selada yang berasal dari petani maupun yang ada di pasaran mengandung mikroba di atas ambang batas yang direkomendasikan Kementerian Pertanian.

Beberapa metode pengendalian kontaminan telah dilaporkan cukup efektif untuk menurunkan jumlah kontaminan mikroba. Salah satu metode yang sering digunakan untuk pengendalian kontaminan terutama pada sayuran dan buah-buahan adalah penggunaan *sanitizer* (Gomez-Lopez *et al.* 2013).

Salah satu metode yang sering digunakan dalam pengendalian kontaminan adalah penggunaan *sanitizer*. Beberapa penelitian tentang aplikasi *sanitizer* pada sayuran telah dilakukan di Indonesia pada skala laboratorium untuk sayur selada (Marlis, 2004), letus (Veys *et al.*, 2016), dan tauge (Wulandari, 2004). Pemilihan jenis *sanitizer* didasarkan pada kemudahan dalam penggunaan dan harga *sanitizer* yang digunakan. Pemilihan sodium hipoklorit sebagai *sanitizer* didasarkan pada beberapa pertimbangan baik dari segi daya bakterisidal, nilai ekonomis *sanitizer*, serta ketersediaan di pasar (Gomez-Lopez *et al.* 2013). Penggunaannya *sanitizer* di industri sayuran segar telah banyak dilakukan. Status GRAS (*Generally Recognized as Safe*) yang dimiliki asam asetat dan kemampuannya sebagai bakterisidal dan bakteriostatik merupakan pertimbangan penggunaannya bahan kimia ini sebagai *sanitizer*. Di beberapa negara mulai ada pembatasan penggunaan natrium hipoklorit, tetapi beberapa produk *sanitizer* masih banyak digunakan seperti untuk brasi (Coswosck *et al.* 2020) *sanitizer* untuk stroberi, mentimun dan daun roket (Thin van Nguyen, 2019), pada bayam (Nikharj dan Kaur, 2022), pada wortel, mentimun dan tomat (Tudela *et al.* 2019), pada beberapa jenis letus. Srinivashan *et al.* (2020) telah membuat modeling matematik untuk kinetika klorin selama pencucian sayuran minimal proses pada wortel, kol dan letus. Alternatif penggunaan *sanitizer* yang dianggap lebih aman adalah penggunaan asam asetat, asam perasetat,

ozon, hidrogen peroksida, dan asam laktat, atau dengan mengkombinasikan antara natrium hipoklorit dengan asam organik tersebut seperti asam asetat yang dilakukan dalam penelitian ini. Lee dan Huang (2019) membandingkan penggunaan natrium hipoklorit dengan asam perasetat terhadap residu desinfektan. Penggunaan kombinasi natrium hipoklorit dan asam asetat bertujuan untuk meningkatkan efektivitas natrium hipoklorit terhadap daya bunuh mikroba patogen, karena suasana asam akan memberikan efek pada pembentukan asam hipoklorit dari natrium hipoklorit yang merupakan agen bakterisidal lebih tinggi dibanding ion  $\text{Cl}_2$  dan  $\text{OCl}^-$ . Menurut FDA sebagian besar asam organik terdaftar *Generally Recognize as Safe (GRAS)* dan beberapa penelitian menunjukkan bahwa mereka memiliki kemanjuran yang lebih tinggi dari pada klorin (Wang *et al.* 2021). Penggunaan asam organik termasuk asam asetat efektif mendekontaminasi mikroba pada letus (Wang *et al.* 2019), selanjutnya Wang *et al.* (2021) melakukan penelitian bahwa asam asetat bisa menggantikan asam laktat untuk dekontaminasi *E. coli* pada sayur dan buah segar. Kombinasi antara asam asetat dengan natrium hipoklorit akan memberikan efek pH pada kisaran pH optimum dalam pembentukan asam hipoklorit. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektifitas formula *sanitizer* menekan kontaminan mikroba pada sayuran segar dan aplikasi teknologi *sanitizer* efektif dan efisien di tingkat Sub Terminal Agribisnis (STA).

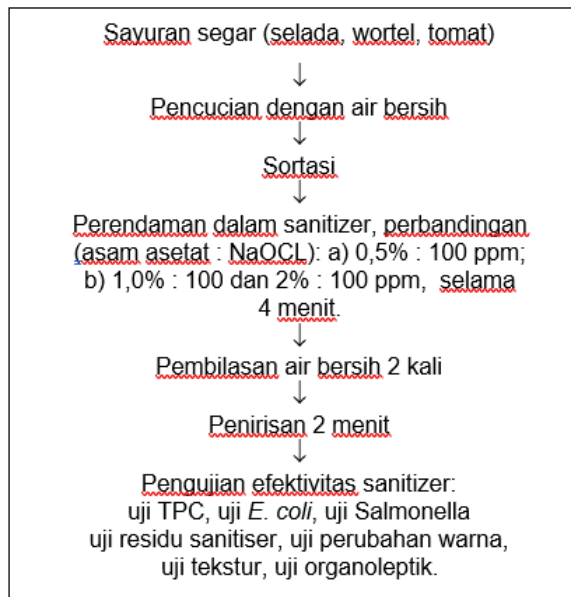
## METODOLOGI

### Formula Sanitizer

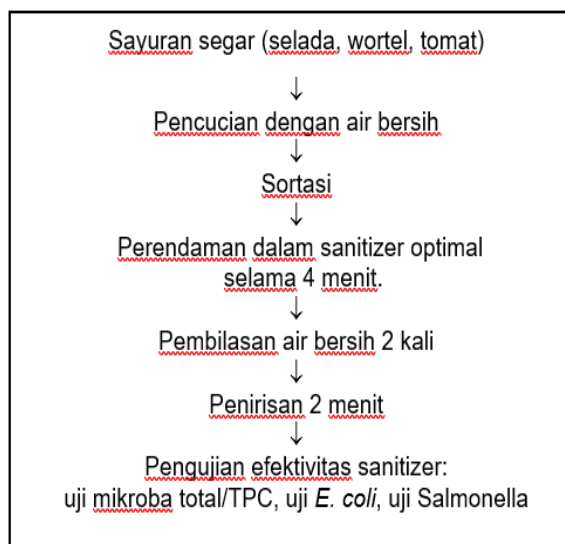
Pada penelitian formulasi *sanitizer* digunakan tiga jenis sayuran yaitu selada, wortel, dan tomat. Diperlukan masing-masing sayuran dengan bobot 2 kg untuk wortel dan tomat untuk tiap perlakuan, sedangkan untuk selada digunakan 0,5 kg. Perbandingan antara sayuran wortel dan tomat dengan larutan *sanitizer* = 1 : 5; perbandingan sayuran selada dengan *sanitizer* = 1 : 10. Ada tiga formula *sanitizer* yang diuji yaitu formula *sanitizer* berisi asam asetat dan natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) dengan perbandingan: a) 0,5% : 100 ppm; b) 1,0% : 100 ppm; dan c) 2,0 % : 100 ppm. Penelitian diulang sebanyak 3 kali. Parameter yang diamati untuk uji efektivitas *sanitizer* meliputi uji mikroba total/*Total Plate Count (TPC)* (AOAC, 2000), uji *E. Coli*, uji Salmonella, serta uji residu klorin dengan *chlorine test kit*. Pengamatan selama penyimpanan meliputi perubahan warna sayuran dengan kromameter dan tekstur sayuran dengan penetrometer. Sayuran yang diperlakukan dengan formula terpilih dilakukan uji organoleptik (Gambar 1).

### Aplikasi Formula Sanitizer Optimal di STA

Fokus penelitian adalah menguji efektivitas formula *sanitizer* optimal dan penerapan teknologi *sanitizer* untuk sayuran segar pada tingkat STA. Aplikasi *sanitizer* optimal yang diperoleh dilakukan di STA Pacet, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Dilakukan uji efektivitas *sanitizer* pada skala yang lebih besar pada sayuran daun (selada), sayuran umbi (wortel), dan sayuran buah (tomat). Peralatan yang dibutuhkan adalah bak *stainless steel* untuk pencucian dan pembilasan sayuran, keranjang *stainless steel* berlobang untuk perendaman, penirisan sayuran; pengaduk, dan peralatan lainnya. Satu kali pengujian digunakan 20 kg wortel dan tomat, serta 10 kg sayuran selada. Perbandingan antara sayuran (wortel atau tomat) dengan larutan *sanitizer* = 1 : 5 ; untuk selada dengan *sanitizer* = 1 : 10.



Gambar 1. Bagan alir formulasi sanitizer untuk sayuran segar



Gambar 2. Bagan alir uji efektivitas sanitizer optimal di tingkat STA/industri

Tabel 1. Rata-rata jumlah mikroba pada sayuran segar

| Sampel | Kadar Mikroba (CFU/g) |                        |                   |
|--------|-----------------------|------------------------|-------------------|
|        | TPC                   | <i>Eschericia coli</i> | <i>Salmonella</i> |
| Selada | $8,65 \times 10^7$    | $5,61 \times 10^5$     | 0                 |
| Wortel | $5,82 \times 10^7$    | $8,99 \times 10^5$     | 0                 |
| Tomat  | $7,43 \times 10^6$    | $7,91 \times 10^4$     | 0                 |

Sayuran segar dicuci dengan air bersih. Sayuran segar disortasi dari bagian yang rusak dan bagian yang tidak dimanfaatkan. Sayuran dimasukkan dalam keranjang, selanjutnya dimasukkan dalam bak perendam yang berisi larutan sanitizer, dengan perbandingan seperti tersebut di atas. Lama perendaman sayuran segar dalam larutan sanitizer 4 menit. Selama perendaman keranjang diangkat naik turun tiga kali agar mikroba bisa terlarut dalam larutan sanitizer. Keranjang sayuran diangkat dan ditiriskan selama 2 menit. Selanjutnya, keranjang sayuran dimasukkan ke dalam bak pembilasan berisi air bersih untuk membilas sisa-

sis sanitizer yang menempel pada sayuran. Selama proses pembilasan keranjang diangkat naik turun tiga kali untuk menghilangkan sisa sanitizer. Proses pembilasan dilakukan sebanyak 2 kali. Selesai pembilasan, keranjang diangkat dan ditiriskan selama 2 menit.

Produk sayuran segar yang sudah disanitasi kemudian ditempatkan pada wadah yang bersih. Diambil sampelnya untuk dianalisis tingkat kontaminan mikroba sebanyak kira 500 g secara acak dan ditempatkan dalam kemasan plastik. Dari setiap sampel dianalisis: populasi mikroba total/TPC, *E coli*, dan *Salmonella* (Gambar 2).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Jumlah Mikroba pada Sayuran Segar

Sayuran segar awal, tanpa perlakuan sanitizer diuji secara mikrobiologis untuk mengetahui populasi mikroba awal. Jumlah total mikroba pada sayuran yang belum mendapat perlakuan disajikan pada Tabel 1. Adanya mikroba pada sayuran segar dapat berasal dari lingkungan yang kurang higienis baik pada masa pra panen maupun pasca panen. Kadar total mikroba, *E. Coli*, dan *Salmonella* pada sampel sayuran segar yang diteliti diatas ambang batas aman yang diijinkan. Rata-rata total mikroba dalam sampel sayuran yang diuji pada selada, wortel, dan tomat berturut-turut adalah adalah  $8.65 \times 10^7$  CFU/g;  $5.82 \times 10^7$  CFU/g, dan  $7.43 \times 10^6$  CFU/g, sedangkan untuk *E. coli*  $5.61 \times 10^5$  CFU/g;  $8.99 \times 10^5$  CFU/g, dan  $7.91 \times 10^4$  CFU/g, dan populasi *Salmonella* sebagian besar sampel adalah 0 CFU/g. Dari sampel-sampel yang diuji ditemukan satu sampel selada dan satu sampel tomat mengandung *Salmonella* dengan kadar  $3.3 \times 10^6$  CFU/g dan  $3.7 \times 10^6$  CFU/g. Akan tetapi setelah perlakuan dengan sanitizer semua sampel tidak terdeteksi adanya kontaminan *Salmonella*.

Menurut ICMSF (*International commision on Microbiological Specification for Foods*, 1996) sayuran yang akan dimakan mentah mengandung *E. coli* kurang dari  $10^3$  CFU/g dan untuk total mikroba maksimal 3 sampel dari 5 sampel yang dianalisa boleh mengandung total mikroba  $10^5$ - $10^6$  CFU/g, sedangkan Ditjen POM (1989), mensyaratkan bahwa sayuran yang dimakan mentah maksimum mengandung *E. coli*  $10^2$  CFU/g dan tidak mengandung *Salmonella*. Setelah dilakukan pencucian terjadi penurunan kadar total mikroba dan *E. coli* tetapi tidak terlalu signifikan dan kadarnya masih di atas ambang batas yang diijinkan.

### Modifikasi Formula Sanitizer

Untuk mendapatkan formula sanitizer yang efektif dalam menghilangkan mikroba dan sekaligus mempertahankan kualitas sayuran secara fisik maupun organoleptik dalam hal citarasa, warna, kesegaran dan aroma yang baik perlu dilakukan optimasi formula sanitizer. Hasil penelitian terdahulu telah dihasilkan formula yang efektif untuk menginaktifkan mikroba total/TPC, *E. Coli*, dan *Salmonella*. Hal ini sejalan dengan disampaikan oleh Pan dan Nakano (2014), bahwa senyawa natrium hipoklorit mampu menekan pertumbuhan kontaminan mikroba, *E. Coli*, dan *Salmonella*. Akan tetapi dari hasil pengamatan diketahui bahwa sayuran yang telah diperlakukan dengan formula kombinasi natrium hipoklorit (NaOCl) 100 ppm dan asam asetat 2%, menyebabkan terjadinya perubahan warna menjadi kecoklatan (*browning*) dalam jangka waktu sekitar 4-5 jam terutama pada wortel dan selada, serta adanya aroma asam yang cukup mengganggu (Gambar 3).

Tabel 2. Rerata pH larutan *sanitizer* pada berbagai tingkat penambahan asam asetat

| No | Kombinasi Perlakuan                            | pH  |
|----|------------------------------------------------|-----|
| 1. | Natrium hipoklorit 100 ppm + asam asetat 2 %   | 3,0 |
| 2. | Natrium hipoklorit 100 ppm + asam asetat 1 %   | 5,3 |
| 3. | Natrium hipoklorit 100 ppm + asam asetat 0,5 % | 6,0 |



a



b



c

Gambar 3. Kenampakan wortel (a), selada (b), dan tomat pada perlakuan asam asetat 2% setelah 1 hari

Tabel 3. Rata-rata jumlah TPC dan *E. coli* sayuran sebelum dan sesudah perlakuan dengan *sanitizer* pada beberapa konsentrasi asam asetat dan natrium hipoklorit 100 ppm

| No. | Sampel | Konsentrasi Asam Asetat | Sebelum/Sesudah <i>Sanitizer</i> | TPC (CFU/g)        | <i>E. coli</i> (CFU/g) | Salmonella |
|-----|--------|-------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|------------|
| 1   | Selada | 2 %                     | sebelum                          | $2,3 \times 10^7$  | $1,71 \times 10^4$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $1,9 \times 10^5$  | < 10                   | 0          |
|     |        | 1 %                     | sebelum                          | $4,81 \times 10^5$ | $3,47 \times 10^3$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $4,36 \times 10^3$ | 10                     | 0          |
|     |        | 0,5 %                   | sebelum                          | $4,91 \times 10^5$ | $2,95 \times 10^4$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $1,53 \times 10^3$ | < 10                   | 0          |
| 2   | Wortel | 2 %                     | sebelum                          | $1,26 \times 10^7$ | $1,82 \times 10^4$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $8,04 \times 10^4$ | $1,8 \times 10^3$      | 0          |
|     |        | 1 %                     | sebelum                          | $1,13 \times 10^6$ | $1,37 \times 10^4$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $3,27 \times 10^4$ | 12                     | 0          |
|     |        | 0,5 %                   | sebelum                          | $2,12 \times 10^5$ | $3,7 \times 10^3$      | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $6,68 \times 10^3$ | $1 \times 10^2$        | 0          |
| 3   | Tomat  | 2 %                     | sebelum                          | $2,06 \times 10^5$ | $6,1 \times 10^1$      | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $4,3 \times 10^4$  | < 10                   | 0          |
|     |        | 1 %                     | sebelum                          | $2,07 \times 10^5$ | $1,88 \times 10^2$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $2,5 \times 10^4$  | 0                      | 0          |
|     |        | 0,5 %                   | sebelum                          | $8,05 \times 10^3$ | $2,32 \times 10^2$     | 0          |
|     |        |                         | sesudah                          | $1,11 \times 10^3$ | < 10                   | 0          |

Dari penelusuran literatur diketahui bahwa pada pH yang terlalu asam akan menghasilkan gas klorin yang cukup berbahaya bagi manusia bila terhirup dalam waktu lama, dan larutan tersebut korosif sehingga merusak peralatan (US FDA, 1998). Hasil pengukuran pH pada perlakuan dengan asam asetat 2% adalah sekitar 3,0 (Tabel 2).

Oleh karena itu dilakukan modifikasi formula *sanitizer* agar dihasilkan formula efektif terhadap mikroba dan tidak merubah mutu fisik dan organoleptik sayuran segar. Penelitian dilakukan dengan menurunkan penggunaan asam asetat, sehingga kadar asam asetat yang diamati adalah 2,0 %, 1,0 % dan 0,5 %, sedangkan kadar NaOCl tetap 100 ppm. Tabel 2 menunjukkan pH larutan *sanitizer* dengan berbagai penambahan asam asetat. Pengurangan konsentrasi asam asetat akan menaikkan pH larutan *sanitizer* karena natrium hipoklorit merupakan larutan yang bersifat basa dengan pH sekitar 8,5. Penurunan pH dilakukan sampai pH optimal

untuk pembentukan asam hipoklorit sebagai agensia yang paling efektif membunuh bakteri. Menurut White dalam Bartz (2001) pada pH 6,0 sebanyak 95 – 97% klorin bebas dalam bentuk asam hipoklorit (HOCl).

#### Analisis Jumlah Mikroba

Hasil pengujian penurunan jumlah mikroba pada sayuran sebelum dan setelah diperlakukan dengan *sanitizer* NaOCl 100 ppm dengan perlakuan penambahan asam asetat 2,0 %, 1,0 % dan 0,5 % dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel tersebut terlihat bahwa jumlah mikroba dalam sayuran setelah dilakukan sanitasi dengan NaOCl menurun cukup signifikan. Untuk mengetahui efektifitas *sanitizer* terhadap pengurangan jumlah mikroba dalam sayuran dapat dilihat dari penurunan mikroba sebelum dan sesudah dilakukan sanitasi dengan NaOCl (Tabel 3).

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pada wortel dan selada ketiga perlakuan konsentrasi asam asetat yang ditambahkan pada formula *sanitizer* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah total mikroba, sedangkan pada tomat berbeda nyata, dimana konsentrasi 0,5% memberikan nilai terkecil. Pengaruh perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan pencucian dengan larutan *sanitizer* berbeda signifikan terhadap jumlah total mikroba dibanding kontrol (pencucian dengan air). Dari Tabel 4 terlihat secara nyata terjadinya penurunan jumlah mikroba secara akibat perlakuan dengan *sanitizer*. Pengaruh pembilasan dibanding perendaman dengan *sanitizer* secara statistik tidak berbeda nyata pada tomat dan selada.

Dilihat dari jumlah total mikroba dan *E. coli* setelah perlakuan *sanitizer* (Tabel 4) mampu menekan pertumbuhan mikroba hingga dibawah standar yang ditetapkan menurut ICMS (*International Commision on Microbiological Spesification for Foods*, 1996) dan Ditjen POM (1989) yaitu total mikroba maksimal  $10^6$  CFU/g dan *E. coli* di bawah  $10^3$  CFU/g, sedang Salmonella tidak boleh ada. Walaupun setelah perlakuan *sanitizer* dan dibilas dengan air bersih sebagian sampel menunjukkan peningkatan kadar mikroba, hal itu disebabkan air yang digunakan untuk pembilasan adalah air PAM atau air dari sumber mata air. Dari hasil analisis kadar mikroba total dan *E. coli* pada air PAM berturut-turut adalah  $5,36 \times 10^5$ , serta 0 CFU/g.

Dari ketiga konsentrasi asam asetat yang digunakan maka kombinasi yang direkomendasikan untuk diaplikasi di lapang adalah konsentrasi NaOCl 100 ppm dan asam asetat 0,5 %, dengan pertimbangan kadar total mikroba dan *E. coli* serta Salmonella sudah dibawah batas maksimum residu dan penampilan secara fisik dan organoleptik yang lebih baik dibandingkan konsentrasi asam asetat yang lebih tinggi. Untuk wortel, berhubung pada penggunaan konsentrasi 0,5% jumlah TPC dan *E. coli* nya cenderung lebih tinggi, maka konsentrasi bisa dinaikkan sampai 1 %. Tingginya residu mikroba setelah perlakuan *sanitizer* kemungkinan

disebabkan tingginya jumlah bakteri awal pada sayuran dan karena struktur kulit wortel yang tidak bisa dicuci bersih sehingga masih ada tanah yang mengandung mikroba. Menurut Suslow (2000), US FDA (1998) agar aktivitas asam hipoklorit optimum, pH larutan *sanitizer* harus diatur pada sekitar 6-7,5 karena pada pH tersebut sebagian besar klorin berada dalam bentuk asam hipoklorit (HOCl) yang mempunyai aktivitas tertinggi sebagai antimikroba. Pada pH tersebut korosifitasnya rendah dan pembentukan gas klorin ( $Cl_2$ ) yang iritatif dan berbahaya bagi kesehatan juga minimal. Pada perlakuan dengan asam asetat 0,5 % dihasilkan pH larutan rata-rata 6,0 (Tabel 2) yang sesuai untuk pembentukan asam hipoklorit sebagai agen yang paling efektif sebagai bakterisida secara optimal.

#### Analisis Residu Klorin

Kadar residu klorin pada sayuran yang sudah diperlakukan dengan *sanitizer* jauh di bawah standar kadar residu klorin yang diijinkan pada air minum baik pada perlakuan dengan penambahan asam asetat 2 %, 1 % maupun 0,5 % yaitu di bawah 5 ppm (BPOM, 1989). Pada hasil sebelumnya pada selada dan wortel masih terdeteksi adanya residu klorin dengan kadar yang relatif tinggi yaitu antara 0,4 – 2 ppm. Hal itu disebabkan pada pengukuran sebelumnya tidak dilakukan penirisan dengan baik sehingga masih banyak air yang menempel pada sayuran. Akan tetapi setelah dilakukan penirisan sempurna dan dikeringanginkan sampai tidak ada air yang menempel pada sayuran kemudian dilakukan pengukuran residu klorin ternyata sebagian besar tidak terdeteksi lagi seperti terlihat pada Tabel 4. Bahkan pengukuran dengan cara menghancurkan sayuran untuk mengetahui apakah klorin terserap pada sayuran ternyata memberikan hasil yang sama, yaitu klorin tidak terdeteksi. Ini menunjukkan bahwa penggunaan formula *sanitizer* ini aman diaplikasikan pada sayuran segar, ini sejalan dengan penelitian dari Lee dan Huang (2019).

Tabel 4. Rata-rata kadar residu klorin pada perlakuan penambahan asam asetat 0,5%; 1%; dan 2 %

| No | Jenis Sayuran | Kadar Klorin Bebas (ppm)<br>Penambahan Asam Asetat |       |       | Kadar Klorin Total (ppm)<br>Penambahan Asam Asetat |       |       |
|----|---------------|----------------------------------------------------|-------|-------|----------------------------------------------------|-------|-------|
|    |               | 0,5 %                                              | 1,0 % | 2,0 % | 0,5 %                                              | 1,0 % | 2,0 % |
| 1. | Selada        | 0                                                  | 0     | 0     | 0,01                                               | 0     | 0     |
| 2. | Wortel        | 0                                                  | 0     | 0     | 0                                                  | 0     | 0     |
| 3. | Tomat         | 0                                                  | 0     | 0     | 0                                                  | 0     | 0     |

Tabel 5. Nilai parameter warna pada daun selada pada awal dan akhir penyimpanan

| Konsentrasi Asam Asetat | Nilai Kecerahan (L) |                    | Nilai Kemerahan (a) |                     | Nilai Kekuningan (b) |                    |
|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Hari 1              | Hari 3             | Hari 1              | Hari 3              | Hari 1               | Hari 3             |
| 0 % (kontrol)           | 56,11 <sup>b</sup>  | 57,00 <sup>a</sup> | -19,50 <sup>a</sup> | -19,17 <sup>a</sup> | 38,04 <sup>a</sup>   | 38,32 <sup>a</sup> |
| 0,5 %                   | 55,88 <sup>b</sup>  | 57,85 <sup>a</sup> | -20,71 <sup>a</sup> | -18,77 <sup>a</sup> | 33,48 <sup>ab</sup>  | 37,01 <sup>a</sup> |
| 1,0 %                   | 55,92 <sup>b</sup>  | 58,17 <sup>a</sup> | -19,86 <sup>a</sup> | -19,35 <sup>a</sup> | 38,71 <sup>a</sup>   | 37,68 <sup>a</sup> |
| 2,0 %                   | 54,97 <sup>b</sup>  | 56,43 <sup>a</sup> | -19,71 <sup>a</sup> | -18,79 <sup>a</sup> | 37,00 <sup>a</sup>   | 35,08 <sup>b</sup> |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Tabel 6. Nilai parameter warna pada wortel pada awal dan akhir penyimpanan

| Konsentrasi Asam Asetat | Nilai Kecerahan (L) |                     | Nilai Kemerahan (a) |                    | Nilai Kekuningan (b) |                    |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                         | Hari 1              | Hari 4              | Hari 1              | Hari 4             | Hari 1               | Hari 4             |
| 0 % (kontrol)           | 53,53 <sup>ab</sup> | 47,26 <sup>bc</sup> | 16,09 <sup>b</sup>  | 15,46 <sup>b</sup> | 35,09 <sup>a</sup>   | 28,99 <sup>b</sup> |
| 0,5 %                   | 52,50 <sup>b</sup>  | 49,74 <sup>b</sup>  | 18,06 <sup>a</sup>  | 14,86 <sup>b</sup> | 40,34 <sup>a</sup>   | 30,48 <sup>b</sup> |
| 1,0 %                   | 53,95 <sup>a</sup>  | 47,01 <sup>c</sup>  | 16,40 <sup>ab</sup> | 12,73 <sup>c</sup> | 37,62 <sup>a</sup>   | 32,14 <sup>b</sup> |
| 2,0 %                   | 54,39 <sup>a</sup>  | 52,06 <sup>a</sup>  | 17,71 <sup>a</sup>  | 17,90 <sup>a</sup> | 33,89 <sup>b</sup>   | 25,98 <sup>c</sup> |

Tabel 7. Nilai parameter warna pada tomat pada awal dan akhir penyimpanan

| Konsentrasi Asam Asetat | Nilai Kecenderungan (L) |                    | Nilai Kemerahan (a) |                    | Nilai Kekuningan (b) |                     |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
|                         | Hari 1                  | Hari 6             | Hari 1              | Hari 6             | Hari 1               | Hari 6              |
| 0 % (kontrol)           | 45,65 <sup>a</sup>      | 42,09 <sup>b</sup> | 19,27 <sup>b</sup>  | 20,18 <sup>a</sup> | 30,89 <sup>ab</sup>  | 29,05 <sup>ab</sup> |
| 0,5 %                   | 43,19 <sup>a</sup>      | 41,16 <sup>b</sup> | 15,13 <sup>c</sup>  | 21,08 <sup>a</sup> | 27,76 <sup>ab</sup>  | 27,47 <sup>ab</sup> |
| 1,0 %                   | 42,33 <sup>a</sup>      | 40,77 <sup>b</sup> | 17,21 <sup>b</sup>  | 19,32 <sup>b</sup> | 15,87 <sup>b</sup>   | 18,85 <sup>b</sup>  |
| 2,0 %                   | 45,21 <sup>a</sup>      | 41,59 <sup>b</sup> | 15,87 <sup>bc</sup> | 18,85 <sup>b</sup> | 32,28 <sup>a</sup>   | 30,54 <sup>a</sup>  |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Tabel 8. Nilai kekerasan wortel selama penyimpanan pada berbagai penambahan asam asetat

| Hari ke | Nilai Kekerasan (Kg/s) pada penambahan konsentrasi asam asetat |                    |                    |                    |
|---------|----------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|         | 0%                                                             | 0,50%              | 1%                 | 2%                 |
| 1       | 34.50 <sup>b</sup>                                             | 32.40 <sup>c</sup> | 27.99 <sup>c</sup> | 29.41 <sup>c</sup> |
| 3       | 67.24 <sup>a</sup>                                             | 51.80 <sup>b</sup> | 51.90 <sup>b</sup> | 52.71 <sup>b</sup> |
| 5       | 66.79 <sup>a</sup>                                             | 65.43 <sup>a</sup> | 56.67 <sup>a</sup> | 56.05 <sup>a</sup> |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Tabel 9. Nilai kekerasan tomat selama penyimpanan pada berbagai penambahan asam asetat

| Hari ke | Nilai Kekerasan (Kg/s) pada penambahan konsentrasi asam asetat |                     |                     |                     |
|---------|----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|         | 0%                                                             | 0,50%               | 1%                  | 2%                  |
| 1       | 109.35 <sup>c</sup>                                            | 110.71 <sup>c</sup> | 192.40 <sup>b</sup> | 220.23 <sup>a</sup> |
| 3       | 115.03 <sup>c</sup>                                            | 133.95 <sup>c</sup> | 203.85 <sup>b</sup> | 227.78 <sup>a</sup> |
| 6       | 121.91 <sup>c</sup>                                            | 142.43 <sup>c</sup> | 232.44 <sup>a</sup> | 234.56 <sup>a</sup> |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Tabel 10. Rata-rata skor hasil uji organoleptis sayuran sebelum dan sesudah disanitizer dengan natrium hipoklorit 100 ppm dan asam asetat 0,5 %

| Kesukaan Terhadap | Selada      |             | Wortel      |             | Tomat       |             |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                   | Sebelum     | Sesudah     | Sebelum     | Sesudah     | Sebelum     | Sesudah     |
| Warna             | 4,00 ± 1,0  | 4,20 ± 0,94 | 4,80 ± 0,56 | 4,13 ± 1,06 | 4,67 ± 0,89 | 4,67 ± 0,62 |
| Aroma             | 4,00 ± 0,89 | 4,20 ± 1,08 | 4,60 ± 0,91 | 4,00 ± 0,93 | 4,27 ± 0,82 | 4,53 ± 0,92 |
| Rasa              | 3,67 ± 1,11 | 3,87 ± 0,83 | 4,80 ± 0,56 | 4,20 ± 1,01 | 4,27 ± 0,96 | 4,47 ± 0,64 |
| Kesegaran         | 3,93 ± 1,16 | 4,07 ± 1,03 | 4,80 ± 0,94 | 4,20 ± 0,67 | 4,07 ± 0,70 | 4,20 ± 1,01 |
| Tekstur           | 3,87 ± 1,24 | 4,40 ± 0,98 | 4,47 ± 1,06 | 4,53 ± 1,18 | 4,27 ± 0,96 | 4,33 ± 0,89 |
| Keseluruhan       | 4,27 ± 1,27 | 4,53 ± 1,18 | 4,93 ± 0,59 | 4,33 ± 0,89 | 4,53 ± 0,52 | 4,47 ± 0,64 |

Keterangan: skor 1 = amat sangat tidak suka; 2 = sangat tidak suka; 3 = tidak suka; 4 = agak suka; 5 = suka; 6 = sangat suka; 7 = amat sangat suka

### Perubahan Karakteristik Selama Penyimpanan

Kombinasi formula *sanitizer* yang dihasilkan diharapkan mempunyai efektifitas tinggi terhadap mikroba dengan sifat-sifat sensoris yang baik terutama dalam hal warna, aroma, dan tingkat kesegaran, sehingga dilakukan pengukuran perubahan warna dan kekerasan selama penyimpanan.

#### • Perubahan warna

Pada pengukuran warna dengan kromameter pada sayuran yang disimpan pada suhu ruangan menunjukkan terjadinya perubahan warna. Pada daun selada perubahan terutama terjadi pada nilai kemerahan (a) karena terjadi perubahan warna dari hijau menjadi hijau kekuningan, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata, pada daun selada nilai kecerahan (L), dan kekuningan (b) relatif tidak berubah. Pengaruh perlakuan konsentrasi asam asetat secara statistik tidak berbeda nyata, walaupun terdapat kecenderungan penurunan nilai L, a, dan b yang menurut kamus kromameter menjadi kekuningan. Namun setelah penyimpanan hingga hari keempat terjadi perubahan warna *browning* yang signifikan pada daun selada yang direndam *sanitizer* dengan konsentrasi asam asetat : natrium

hipoklorit = 2% : 100 ppm. Hal tersebut terjadi terutama bila terjadi luka mekanis pada daun akibat gesekan selama perlakuan.

Pada wortel yang disimpan setelah 4 hari terjadi penurunan nilai L, a, maupun b, yang menunjukkan terjadinya perubahan warna yang cukup signifikan dari hasil perhitungan secara statistik seperti terlihat pada Tabel 6. Setelah penyimpanan, perbedaan konsentrasi asam asetat untuk nilai kemerahan dan kekuningan secara statistik berbeda, dimana nilai a cenderung meningkat dan nilai menurun terutama untuk konsentrasi 2 % karena terjadi *browning* sehingga warnanya menjadi kecoklatan. Hal itu sejalan dengan pengamatan secara visual (Gambar 4 b) bahwa wortel dengan perlakuan asam asetat 2 % memberikan warna kecoklatan yang paling mencolok dibanding perlakuan lain dan kontrol. Sedangkan pada tomat yang telah disimpan selama 6 hari relatif tidak berpengaruh terhadap warna, demikian juga perbedaan konsentrasi tidak berpengaruh perubahan warna (Tabel 7).





Gambar 4. Sayuran Selada, wortel, dan tomat yang telah disimpan pada suhu kamar selama 4 hari (dari kiri ke kanan masing-masing penambahan asam asetat konsentrasi 2 %, 1 %, 0,5 % dan 0 %

#### • Kekerasan

Nilai kekerasan wortel dan tomat selama penyimpanan berbeda nyata, makin lama disimpan cenderung makin keras yang ditunjukkan dengan nilai kekerasan semakin tinggi. Hal itu disebabkan penurunan kadar air pada sayuran sehingga menjadi lebih liat. Secara statistik terdapat perbedaan antara perlakuan lama penyimpanan maupun konsentrasi asam asetat. Pada wortel makin tinggi konsentrasi asam asetat nilai kekerasan semakin menurun (Tabel 8), sedangkan pada tomat makin meningkat. Makin tinggi konsentrasi asam asetat, tingkat kekerasan tomat cenderung meningkat (Tabel 9).

#### Uji Organoleptik Sayuran

Hasil uji organoleptik hanya pada perlakuan yang terpilih yaitu dengan penambahan asam asetat 0,5 % dapat dilihat pada Tabel 11. Uji organoleptik dilakukan dengan menggunakan 18 orang panelis semi terlatih di lingkungan Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian (BB. Pascapanen). Panelis diminta menguji tingkat kesukaan terhadap sayuran dari parameter: warna, aroma, rasa, kesegaran, dan kesukaan keseluruhan menggunakan skor antara 1 – 7 yaitu; 1 = amat sangat tidak suka; 2 = sangat tidak suka; 3 = tidak suka; 4 = agak suka; 5 = suka; 6 = sangat suka; 7 = amat sangat suka. Dari Tabel 10 terlihat bahwa terdapat kecenderungan peningkatan tingkat kesukaan pada selada dan tomat yang sudah disanitizer terhadap hampir semua parameter yang diuji yaitu: warna, aroma, rasa, kesegaran, tekstur, maupun kesukaan keseluruhan, kecuali kesukaan terhadap kesegaran dan keseluruhan tomat. Sedangkan pada wortel terjadi penurunan tingkat kesukaan pada hampir semua parameter, kecuali terhadap tekstur yang meningkat. Hal itu kemungkinan disebabkan pada wortel mulai terjadi perubahan mutu terutama warna, aroma, serta rasa akibat perlakuan dengan sanitizer.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan perendaman dan pencucian dengan larutan sanitizer tidak mempengaruhi penampilan dan flavor sayuran, bahkan meningkatkan kualitasnya secara organoleptik. Dari hasil uji statistik sebelum dan sesudah perlakuan sanitizer tidak berbeda nyata untuk semua parameter sensoris pada ketiga jenis sayuran. Hasil itu sesuai dengan penelitian Delaquis *et al.* (2003) yang menunjukkan bahwa pencucian selada dengan larutan mengandung klorin 100 ppm menurunkan aroma khas selada dibanding pencucian dengan air biasa.

Akan tetapi panelis tidak mencium adanya aroma klorin (*off-odours*) pada selada yang diuji.

#### Aplikasi Sanitizer di STA

Aplikasi formula sanitizer di tingkat STA dilakukan pada formula optimal. Hasil optimasi formula diketahui bahwa formula yang efektif terhadap mikroba tetapi tidak banyak merubah penampilan sayuran secara fisik dan organoleptik adalah kombinasi perlakuan natrium hipoklorit 100 ppm dan asam asetat 0,5%. Aplikasi formula dilakukan di STA Pacet, Kecamatan Cipanas. Peralatan yang digunakan merupakan modifikasi dari peralatan yang digunakan Lestari (2005) yang diperuntukkan pada skala industri kecil. Peralatan terdiri atas bak perendam terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran 75 cm x 75 cm x 50 cm yang mampu memuat 4 buah keranjang peniris berbahan *stainless steel* dengan ukuran 35 cm x 35 cm x 45 cm. Kapasitas bak perendam adalah 250 liter air. Bak perendam dilengkapi dengan roda sehingga dapat dipindahkan dengan mudah. Keranjang dibuat berbentuk kotak agar dapat memuat sayuran dalam jumlah yang lebih banyak terutama untuk sayuran berbentuk memanjang seperti wortel. Keranjang tersebut memiliki lubang-lubang kecil untuk mengalirkan air pada proses penirisan.

Kapasitas sayuran pada skala yang diperbesar menggunakan peralatan di atas adalah 40 kg sayuran untuk wortel dan tomat, serta 20 kg untuk selada. Penentuan skala dilakukan berdasarkan kemampuan seseorang untuk mengangkat beban yaitu sayuran yang terdapat dalam alat peniris yang terbuat dari *stainless steel* pada saat perlakuan perendaman dengan sanitizer di bak-bak perendam yang mampu menampung 4 keranjang peniris (Gambar 5). Oleh karena proses penanganan sayuran dilakukan secara manual maka peralatan yang dibutuhkan haruslah memperhatikan kemampuan pekerja untuk mengerjakannya. Hasil penelitian uji coba sanitizer yang dilakukan di STA Pacet disajikan pada Tabel 11.

Mutu sayuran segar setelah direndam dalam sanitizer menunjukkan kualitas yang baik, hal ini ditunjukkan pada hasil uji tingkat kontaminan pada sayuran segar baik tingkat populasi kontaminan mikroba total (TPC), tingkat kontaminasi *E. coli*, dan tingkat kontaminasi *Salmonella* (Tabel 11) dibawah batas maksimum kontaminan mikroba yang diperbolehkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan formula sanitizer dengan dosis natrium hipoklorit 100 ppm dan asam asetat 0,5% efektif dan efisien dalam mengendalikan kontaminan mikroba pada sayuran segar.

## KESIMPULAN

Formula *sanitizer* kombinasi natrium hipoklorit 100 ppm dan asam asetat 2 %, dengan lama perendaman 4 menit, memiliki efektifitas menekan kontaminan mikroba cukup tinggi, akan tetapi menyebabkan *browning* terutama pada wortel dan selada. Modifikasi formula *sanitizer* dengan menurunkan konsentrasi asam asetat menjadi 1 % dan 0,5 % masih efektif menekan mikroba kontaminan.

Hasil uji statistik memperlihatkan bahwa untuk total mikroba dan *E. coli* pada sayuran yang telah direndam dalam *sanitizer* tidak terdapat perbedaan signifikan diantara ketiga konsentrasi asam asetat pada ketiga jenis sayuran yang diuji. Dengan demikian dipilih konsentrasi asam asetat 0,5 % untuk diaplikasikan di tingkat STA/industri. Hasil uji organoleptik, sayuran yang telah disanitizer diterima konsumen dengan nilai 4 - 5 (agak suka sampai suka), bahkan pada selada dan tomat nilai kesukaan lebih tinggi dibanding kontrol.

Penanganan sayuran segar dengan *sanitizer* di tingkat STA dapat dilaksanakan dengan menggunakan peralatan bak perendam dari stainless steel kapasitas 250 liter dan 4 buah keranjang peniris dengan kapasitas masing-masing 20 – 40 kg sayuran segar/keranjang. Hasil pengujian menunjukkan kadar kontaminan mikroba setelah perlakuan *sanitizer* di bawah batas maksimal kontaminan yang diizinkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Natural Toxins: Mycotoxins. 2000 AOAC International Washington, DC. P.1-53.
- Bartz, J.A. 2001. Chlorine concentration and the inoculation of tomato fruit in packinghouse dump tanks. *Plant Disease*. 85:885-889.
- Coswosck, K.H.C, M.A Giorgette, B.M. Lepaus, E.M.M da Silva, G.G.S Sena, M.C de Almeida Azevedo, J.F.B de Sao Jose. 2020. Impact of alternative *sanitizers* on the physicochemical quality, chlorophyll content and bioactive compounds of fresh vegetables. *Food Science and Technology (Campinas)* pp. 1-7 June 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.02320>
- Delasquis, P.J; L.R.Fukumoto; P.M.A. Toivonen and M.A. Cliff. 2004. Implications of wash water chlorination and temperature for the microbiological and sensory properties of fresh-cut iceberg lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 31(2004):81-91.
- Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan RI. 1989. Keputusan Ditjen POM RI No. 03725/B/SK/VII/1990 tanggal 10 Juli 1989 tentang Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Makanan. Depkes RI. Jakarta.
- Gómez-López V M., Marín A., Medina-Martínez A M., Gil M I., Allende A. 2013. Generation of trihalomethanes with chlorine-based *sanitizers* and impact on microbial, nutritional and sensory quality of baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*. Volume 85, November 20, Pages 210-217
- ICMSF. 1996. Microorganisms in Food 2. Sampling for Microbiological Analysis Principles and Specific Applications. 2nd edition. Chapman and Hall. Glasgow.
- Lee W. N., Huang C. H. 2019. Formation of disinfection byproducts in wash water and lettuce by washing with sodium hypochlorite and peracetic acid *sanitizers*. *Food Chemistry: X* 1 (2019) 100003.
- Lestari, V. 2005. Penggunaan sanitaiser berbasis hidrogen peroksida dan asam asetat untuk inaktivasi salmonella dalam selada pada skala industri kecil. Skripsi Fateta. IPB.
- Marlis, A. 2004. Efektifitas hydrogen peroksida dan asam asetat untuk inaktivasi Salmonella pada selada segar. Skripsi Fateta. IPB.
- Mostafidi M., Sanjabi M. R., Shirkhan F. 2020. A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. Volume 103, September, Pages 321-332.
- Munarso, S.J., Misgiyarta., R. Nurjanah., Murtiningsih., E. Mulyono., Suismono., Syaifullah., D. Amiyarsi., S. Nugraha dan S.I. Kailaku. 2004. Penelitian perilaku kontaminan pada komoditas sayuran. Laporan Akhir Penelitian 2004. BB. Litbang Pasacapanen Pertanian. Bogor.
- Munarso, S.J., Misgiyarta., Syaifullah., Murtiningsih., Miskiyah, W. Haliza., Suismono., E. Mulyono., S. Nugraha., D. Amiyarsi., R. Nurjanah., Widaningrum., P. Yuwono., S.I. Kailaku dan A. Budiyanto. 2005. Identifikasi kontaminan dan perbaikan mutu sayuran. Laporan Akhir Penelitian 2005. BB. Litbang Pasacapanen Pertanian. Bogor.
- Nikhanj P and G Kaur. 2022. Optimization of Disinfection Treatment for Shelf Life Extension of Fresh Cut Salad Vegetables. *Journal of Food Engineering and Technology* 2022; 11(1):1-12
- Pan X. dan Nakano H. 2014. Effects of chlorine-based antimicrobial treatments on the microbiological qualities of selected leafy vegetables and wash water. *Food Science and Technology Research*. doi:10.3136/fstr.20.765
- Srinivasan, P., Dehghan Abnavi, M., Sulak, A., Kothapalli, C. R., and Munther, D. (2020). Towards enhanced chlorine control: mathematical modeling for free chlorine kinetics during fresh-cut carrot, cabbage and lettuce washing. *Postharv. Biol. Technol.* 161:111092. doi: 10.1016/j.postharvbio.2019.111092
- Suslow, T. 2000. Postharvest handling for organic crops. *Organic Vegetables Production in California Series*. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7254 (<http://anrcatalog.ucdavis.edu>)
- Thi-Van Nguyen, Tom Ross, Hoang Van Chuyen. Evaluating the efficacy of three sanitizing agents for extending the shelf life of fresh-cut baby spinach: food safety and quality aspects [J]. *AIMS Agriculture and Food*, 2019, 4(2): 320-339. doi: 10.3934/agrfood.2019.2.320
- Tudela, J. A., López-Gálvez, F., Allende, A., Hernández, N., Andújar, S., Marín, A., et al. (2019). Operational limits of sodium hypochlorite for different fresh produce wash water based on microbial inactivation and disinfection by-products (DBPs). *Food Control* 104, 300–307. doi: 10.1016/j.foodcont.2019.05.005
- US Food and Drug Administration (USFDA). 1998. Guidance for industry. Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. US FDA. Washington, DC.
- Veys O, Elias SO, Sampers I, Tondo EC. 2016. Modeling the growth of Salmonella spp and Escherichia coli O157 on lettuce. 9th International Conference on Prediction Modelling in Food. *Procedia science*. (7): 168-172
- Winarti C dan Miskiyah. 2010. Status Kontaminan Pada Sayuran Dan Upaya Pengendaliannya Di Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 3(3):227–237.
- Wang J, Y Lei, Y Yu, L Yin, and Y Zhang. 2021. Use of Acetic Acid to Partially Replace Lactic Acid for Decontamination against Escherichia coli O157:H7 in



- Fresh Produce and Mechanism of Action Foods. 2021 Oct; 10(10): 2406.
- Wang J., Tao D., Wang S., Li C., Li Y., Zheng F., Wu Z. 2019. Disinfection of lettuce using organic acids: An ecological analysis using 16S rRNA sequencing. RSC Adv. 2019(9):17514–17520. doi: 10.1039/C9RA03290H.
- Wulandari, D.S. 2004. Efektifitas hydrogen peroksida dan asam asetat sebagai *sanitizer* dalam menginaktivasi Salmonella pada tauge segar. Skripsi Fateta. IPB.

Halaman ini sengaja dikosongkan