

PENGARUH KONSENTRASI BERBAGAI MINYAK ATSIRI SEBAGAI ANTIMIKROORGANISME PADA PROSES PENCUCIAN BUAH JAMBU AIR (*Syzigium samarangense*) VARIETAS DALHARI

Rina Hastin Wahyuningsih¹, Nafi Ananda Utama², Indira Prabasari³, Chandra Kurnia Setiawan⁴

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRACT. *This study aimed to determine the right type and concentration of essential oils to inhibit microorganisms in the washing treatment on Java-apple fruit Dalhari variety. Research was conducted at the Post Harvest Laboratory of Muhammadiyah University of Yogyakarta from October to November 2018. The research method used was an experimental method arranged in a single-factor Complete Randomized Design (CRD) of various kinds of essential oils with 7 treatments. Observations made during the study were weight loss, texture, pH, total acid totalation, total dissolved solids and testing of Java-apple fruit microorganisms every three days for 15 days of storage. The results showed that the treatment of 0.1% betel essential oil and lemon 0.8% is the best treatment in inhibiting the growth of microorganisms, preventing the increase in weight loss and maintaining hardness in Java-apple Dalhari variety.*
Keywords: *Fruit washing, essential oil, Java-apple Dalhari Variety, antimicroorganisms.*

INTISARI. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis dan konsentrasi minyak atsiri yang tepat untuk menghambat mikroorganisme pada proses pencucian buah Jambu air varietas Dalhari. Penelitian telah dilakukan di Laboratorium Pasca Panen Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dari bulan Oktober hingga November 2018. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal berbagai macam minyak atsiri dengan 7 perlakuan. Pengamatan yang dilakukan berupa susut bobot, kekerasan, pH, total asam totiasi, total padatan terlarut dan uji mikroorganisme buah jambu setiap tiga hari sekali selama 15 hari penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perlakuan minyak atsiri sirih 0,1% dan lemon 0,8% merupakan perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme, mencegah kenaikan susut bobot dan mempertahankan kekerasan pada buah jambu air varietas Dalhari.

Kata kunci: Pencucian buah, minyak atsiri, jambu air Dalhari, antimikroorganisme.

I. PENDAHULUAN

Jambu air Varietas Dalhari merupakan plasma nutfah lokal unggulan Kabupaten Sleman yang memiliki banyak keunggulan, diantaranya yakni daging buahnya yang mengandung banyak air, manis, empuk, tebal dan memiliki biji yang lebih sedikit dibandingkan jambu air pada umumnya (Amalia, 2013). Namun, karena keunggulannya jambu air Dalhari menjadi sangat mudah sekali rusak akibat serangan mikroorganisme. Karakter jambu yang memiliki kulit buah yang tipis dan kadar gula yang tinggi menjadi tempat hidup ideal bagi mikroorganisme. Mikroorganisme terutama mikroorganisme pektinolitik mampu mendegradasi pektin pada dinding buah sehingga dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan keamanan buah untuk dikonsumsi (Jennylynd and Tipvanna 2010).

Selama ini perlakuan pasca panen ditingkat petani untuk mengurangi kerusakan jambu air akibat mikroorganisme hanya sebatas pada pencucian dengan air biasa. Padahal perbaikan pasca panen ditingkat petani sangat penting dilakukan sebagai langkah awal untuk mempertahankan kualitas jambu. Tingginya resiko kerusakan akibat mikroorganisme pada buah dan sayur, mengakibatkan beberapa produsen menggunakan senyawa kimia anorganik untuk pembersihan produk sayur dan buah. Salah satu diantaranya adalah klorin, klorin dioxide, dan hidrogen peroksida. Namun senyawa kimia anorganik tidak dianjurkan untuk pemakaian dalam jangka panjang karena akan menimbulkan residu dalam tubuh. Seperti salah satu penelitian lanjutan menemukan kemungkinan adanya asosiasi klorin dengan pembentukan senyawa karsinogenik terklorinasi dalam air sehingga penggunaan klorin dalam pengolahan makanan dipertanyakan untuk jangka panjang (Martin Diana, 2007). Oleh karena itulah diperlukan adanya pencarian bahan pencucian yang alami, aman digunakan dalam jangka waktu panjang serta dapat secara efektif dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Penelitian D.J. Fitzgerald., dkk., (2004) mengungkapkan bahwa vanillin berpengaruh terhadap penghambatan aktivitas bakteri. Hal tersebut dengan secara negatif mempengaruhi integritas membran sitoplasma, dengan hilangnya gradien ion, penghambat homeostasis dan penghambatan aktivitas pernafasan pada *E. coli*, *Lact. plantarum*, dan *L. innocua*.

Minyak atsiri kayu manis juga dikenal memiliki anti mikroorganisme yang baik. Sinamaldehyd yang merupakan senyawa utama minyak atsiri kayu manis dapat menghambat aktivitas dan pertumbuhan jamur dan antibakteri (Ardani dkk., 2010 dalam Fuki dkk., 2012).

Minyak daun sirih mengandung konstituen fitokimia-kimia penting seperti piperin, chavicol, hydroxychavicol, chevibetol, allylpyrocatechol, carvacrol, terpinene, cineole, cadinene, eugenol yang dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat menghambat jamur dan bakteri (Patel et al., 2012 dalam Ridhi dan Yogesh 2013).

Minyak atsiri cengkeh memiliki senyawa utama berupa eugenol sebesar 85,3% yang dapat menembus dinding sel dan sitoplasma sehingga dapat mengakibatkan kebocoran sel dan mengakibatkan kematian dari bakteri dan jamur (Shabnam Javed, 2012).

Minyak atsiri lemon memiliki senyawa limonene sebesar 88%-95% yang merupakan salah satu senyawa monoterpene yang dapat menempel di membran plasma mikroorganisme yang akan mengakibatkan hilangnya integritas membran dan transportasi proton, sehingga dapat menghambat perkembangan jamur dan bakteri (Laura Espina et.al. 2012).

Sejauh ini penelitian mengenai efek pencucian buah jambu air Dalhari dengan berbagai minyak atsiri sebagai anti mikroorganisme belum diketahui. Oleh karena itu perlu dilakukan

penelitian untuk mendapatkan jenis dan konsentrasi minyak atsiri yang tepat untuk menghambat mikroorganisme pada buah Jambu air var. Dalhari.

II. TATA CARA PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pasca Panen, Fakultas Pertanian UMY pada bulan Oktober-November 2018.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) Chromeleon (c) Dionex Version 7.2.8.10783, neraca analitik, *penetrometer*, *hand refraktometer*, pH meter, dan cawan petri.

2. Bahan

Minyak atsiri vanili, minyak atsiri kayu manis, minyak atsiri sirih, minyak atsiri cengkeh, minyak atsiri lemon, klorin, Aquades, indikator PP, NaOH, media PCA, media PDA.

C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal berbagai macam minyak atsiri (minyak atsiri cengkeh, vanili, lemon, sirih dan kayu manis) dengan 7 perlakuan. Untuk pembandingan menggunakan kontrol positif (Klorin 200 ppm) dan kontrol negatif (air).

D. Cara Penelitian

1. Isolasi dan Karakterisasi Isolat Mikroorganisme Pembusukan Buah Jambu air Dalhari

Pada penelitian ini, mikroorganisme yang diidentifikasi diambil dari buah jambu air Dalhari yang langsung diambil dari kebun tanpa dicuci terlebih dahulu. Buah kemudian diisolasi pada media *Potato Dextrose Agar* untuk mendapatkan jamur dan yeast dan media *Plate Count Agar* untuk mendapatkan bakteri. Isolasi mikroorganisme terlebih dahulu dilakukan pada pengenceran 10^{-2} hingga 10^{-10} untuk mendapatkan pengenceran yang sesuai saat uji mikrobiologi ketika pengamatan. Setelah dilakukan isolasi, kemudian dikarakterisasi menjadi yeast, jamur dan bakteri. Setelah diidentifikasi, kemudian diperbanyak dan diidentifikasi morfologi bakteri, jamur dan yeast menggunakan mikroskop.

2. Uji Daya Hambat Minimum/ Minimum Inhibitory Concentration (MIC)

a. Metode *Paper disk*

Pada permukaan media PCA yang telah dituangi suspensi bakteri dan media PDA yang telah dituangi yeast dan jamur, kemudian diletakkan kertas cakram (*paper disk*) berdiameter

1,2 cm yang telah ditetesi masing-masing 0,1 ml larutan konsentrasi minyak atsiri yang telah ditentukan, kemudian diinkubasi selama 48 jam.

b. Metode *Pour plate*

Kultur mikroorganisme sebanyak 1 ml dituangkan pada petri, kemudian pada petri tersebut dituangi media agar (PCA dan PDA) dan diratakan dengan cara mengerak-gerakkan petri membentuk angka 8, kemudian diinkubasi selama 48 jam.

3. Aplikasi Pencucian Jambu Air Dalhari dengan berbagai konsentrasi Minyak Atsiri

a. Pemilihan Jambu air

Jambu air dipanen langsung dari petani Pedukuhan Jogotirto, Desa Krasakan, Kecamatan Berbah, Sleman.

b. Pembuatan larutan *sanitizer*

Minyak atsiri dengan konsentrasi yang ditentukan dari hasil uji MIC kemudian dicampur dengan tween 80 sebesar 10% dari konsentrasi minyak atsiri yang digunakan dan dicampur menggunakan mixer hingga membentuk mulsi (Ji Hoon dan Kyung Bin, 2018).

c. Proses Pencucian Jambu air Dalhari

Jambu air dicuci dan direndam dalam larutan minyak atsiri selama 3 menit dan perlakuan kontrol direndam dengan larutan natrium hipoklorit dengan konsentrasi 200 µl L⁻¹. Setelah dicuci, jambu air kemudian dikering anginkan (Brendan A.M., 2007).

d. Pengemasan

Jambu air yang telah dikering anginkan kemudian dikemas dengan sterofom dan *wrap*, kemudian disimpan dalam cooler bersuhu 15⁰ C.

4. Uji GC-MS

Menggunakan alat GC-MS Chromeleon (c) Dionex Version 7.2.8.10783.

E. Parameter yang Diamati

1. Susut Bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan untuk mengetahui perkembangan kadar air yang ada pada setiap buah. Susut bobot diukur setiap 3 hari sekali dengan cara menimbang buah. Rumus yang digunakan adalah:

$$\% \text{ susut bobot} = \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot akhir}}{\text{bobot awal}} \times 100\%$$

Wa : berat awal sebelum perlakuan

Wb : berat akhir setelah perlakuan

2. Tekstur Buah

Pengujian tekstur buah dilakukan untuk mengetahui tingkat perubahan turgor pada buah. Diukur dengan menggunakan alat penetrometer dengan diameter *probe cone* 6 mm.

Kekerasan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Uji kekerasan} = \frac{\text{gaya yang diberikan}}{\text{luas permukaan}}$$

3. Total Asam Titrasi

Total asam tertitrasi digunakan untuk mengukur asam pada larutan yang terdisosiasi dan tidak terdisosiasi dengan cara memasukkan sampel sebanyak 1 gram dan diencerkan menggunakan aquadest sebanyak 100 ml, diambil 10 ml dengan menambahkan indikator PP sebanyak 1-3 tetes kemudian dititrasi dengan NaOH 1 N sampai terjadi perubahan warna menjadi merah jambu secara stabil dan dilakukan setiap 3 hari sekali. Perhitungan dilakukan dengan rumus:

$$\text{Total asam titrasi} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{FP} \times \text{BE asam malat} \times 100\%}{\text{berat sampel (mg)}}$$

Keterangan :

ml NaOH 1 N = volume NaOH yang digunakan untuk penitrasi

N NaOH 1 N = normalitas NaOH yang digunakan untuk menitrasi

FP = faktor pengenceran

4. Total Padatan Terlarut

Uji total padatan terlarut ini diukur menggunakan alat *handrefraktometer*.

5. pH

Sampel dihancurkan lalu ditimbang sebanyak 1 gram. Sample kemudian ditambahkan 5 ml aquadest dan digojog sampai homogen. Setelah itu, elektroda dicelupkan ke dalam sample dan dibiarkan hingga diperoleh pembacaan pH yang stabil.

6. Uji Mikroorganisme

Uji mikrobiologi dilakukan dengan menghitung total mikrobia menggunakan metode *plate count* dengan cara *surface*.

F. Analisis Data

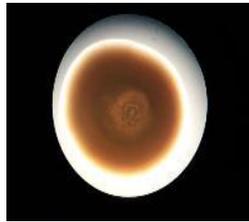
Data hasil pengamatan akan dianalisis dengan sidik ragam pada taraf kesalahan 5%. Jika terdapat beda nyata antar pengaruh perlakuan maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Mikroorganisme Pembusuk Jambu Air Dalhari

1. Bakteri

Tabel 1. Identifikasi Bakteri pada Buah Jambu air Dalhari



Gambar 1. (a) koloni bakteri (b) Koloni bakteri dengan perbesaran 40x

No.	Identifikasi	Bakteri
1.	Warna	Kuning
2.	Diameter	2 mm
3.	Bentuk Koloni	Circular
4.	Bentuk Tepi	Entire
5.	Struktur Dalam	Translucent
6.	Elevasi	Low convex
7.	Sifat Aerobisitas	Aerob
8.	Bentuk Sel	Coccus-streptococcus

2. Jamur

Tabel 2. Identifikasi Jamur pada Buah Jambu air Dalhari



Gambar 2. (a) Koloni Jamur (b) Koloni jamur dengan perbesaran 40x

No.	Identifikasi	Jamur
1.	Warna	Putih keabu-abuan
2.	Diameter	1,5 mm
3.	Bentuk Koloni	Filamentous
4.	Bentuk Tepi	Ramose
5.	Struktur Dalam	Filamentous
6.	Elevasi	Effuse
7.	Sifat Aerobisitas	Aerob
8.	Bentuk Sel	Coccus-streptococcus

3. Yeast

Tabel 3. Identifikasi Yeast pada Buah Jambu air Dalhari



Gambar 3. (a) Koloni Yeast (b) Koloni yeast dengan perbesaran 40x

No.	Identifikasi	Jamur
1.	Warna	Putih keabu-abuan
2.	Diameter	1,5 mm
3.	Bentuk Koloni	Filamentous
4.	Bentuk Tepi	Ramose
5.	Struktur Dalam	Filamentous
6.	Elevasi	Effuse
7.	Sifat Aerobisitas	Aerob
8.	Bentuk Sel	Coccus-streptococcus

B. Uji Daya Hambat

Setelah dilakukan uji daya hambat minimum dengan metode *paper disk* dan *pour plate*, didapatkan konsentrasi minyak atsiri yang digunakan untuk aplikasi adalah minyak atsiri kayu manis 0,5%, minyak atsiri lemon 0,8%, minyak atsiri sirih 0,1 %, minyak atsiri vanili 0,6 % dan minyak atsiri cengkeh 0,7 %.

C. Uji mikroorganisme

Pada tabel 5 (lampiran) menunjukkan rerata hasil uji mikrobiologi pada jambu air Dalhari selama 15 hari penyimpanan, diketahui bahwa pada hari ke-0 dan hari ke-6 perlakuan pencucian buah dengan minyak atsiri kayu manis 0,5 %, sirih 0,1 %, vanili 0,6 % lemon 0,8 % dan cengkeh 0,7 % menghasilkan jumlah mikroorganisme yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol air biasa, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan klorin. Hal ini menandakan bahwa pemberian minyak atsiri memberikan pengaruh penghambatan pertumbuhan mikroorganisme yang ada pada jambu air Dalhari. Hal ini disebabkan karena perlakuan pencucian dengan sanitiser minyak atsiri mampu mengurangi populasi mikroorganisme yang ada pada awal penyimpanan. Oleh karena itu, pertumbuhan mikroorganisme pada awal penyimpanan dapat dihambat.

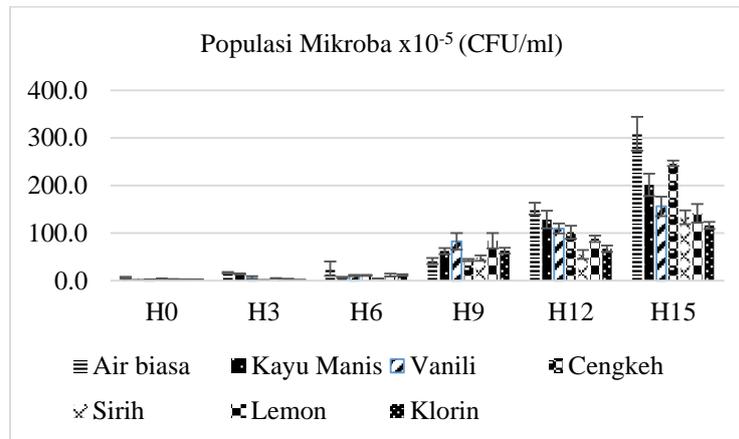
Pada hari ke 12 minyak atsiri sirih 0,1% menunjukkan hasil populasi mikroorganisme lebih rendah dibandingkan semua perlakuan namun tidak berbeda nyata dengan klorin. Pada hari ke 15 minyak atsiri sirih 0,1 % dan lemon 0,8 % menunjukkan hasil populasi mikroorganisme yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya namun tidak berbeda nyata dengan klorin.

Minyak atsiri sirih 0,1 % mengandung Chavicol 12,04%, chavibetol 7.82%, chavibetol asetat 7,73%, gamma-murolene 6,92%, Beta-Salinine 9,21 %, a-Pinene 3,50 %, camphene 4,73%, Caryophyllene 4,85%, 1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-4,94%, 4-Allyl-1,2-diacetoxybenzene 3,06%.

Minyak atsiri lemon 0,8% mengandung D-Limonene 52,6%, isoterpinolene 10,6%, I-Beta pinene 4,05%, Beta citral 3,5%, 2-Carene 3,86%, trans-Ascaridol glycol 2,2%.

Carvacrol, dan chavibetol, isomer eugenol, adalah komponen yang paling aktif melawan bakteri Gram-positif dan Gram-negatif (Friedman et al., 2002). Mekanisme kerja monoterpen (misalnya 1,8-cineole, pinene dan limonene), sesquiterpene (misalnya caryophyllene dan cadinene), fenilpropana (Chavibetol, eugenol, metil eugenol, chavicol, methyl chavicol) dan fenol (misalnya carvacrol) (Pauli, 2001) dalam minyak sirih harus serupa dengan terpen lain dan senyawa fenolik seperti yang ditunjukkan keterlibatannya dalam gangguan membran sitoplasma dan pembekuan kandungan sel. Sara A., et al. (2007). Mekanisme fenol sebagai

antibakteri adalah kemampuan merusak dinding sel, mengendapkan protein sel pada bakteri, dan sebagai racun dalam protoplasma (Linarti dkk., 2011) .



Gambar 4. Histogram Total Mikrobiologi pada Pencucian Buah Jambu Dalhari

Pada hari ke-0 hingga hari ke-6 pada semua perlakuan, pertumbuhan populasi mikroorganisme terlihat lambat dan tidak signifikan. Hal ini menandakan bahwa pertumbuhan mikroorganisme masih berada dalam fase lag. Fase lag merupakan fase dimana mikroorganisme masih menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru (Sucipto, 2009).

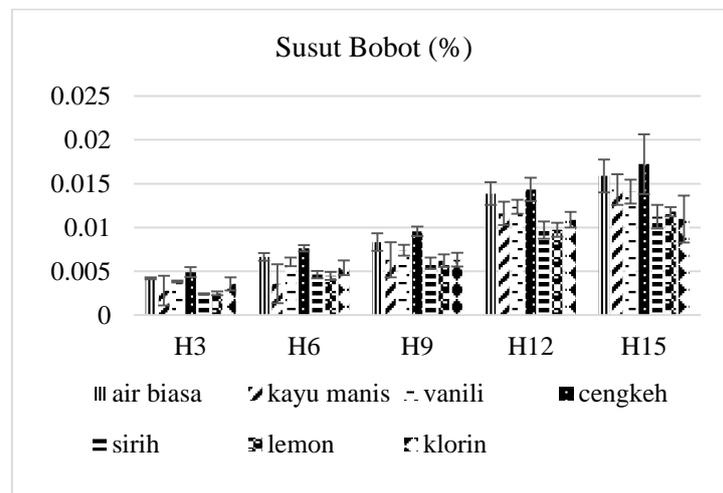
Pada hari ke-9 mikroorganisme pada perlakuan kontrol air biasa, cengkeh 0,7 % dan sirih 0,1 % masih berada pada fase lag, sedangkan kayu manis 0,5 %, vanili 0,6 % dan lemon 0,8 % sudah memasuki fase eksponensial. Fase eksponensial adalah fase dimana mikroorganisme sudah bisa beradaptasi dengan lingkungannya. Pada fase eksponensial ditandai dengan mikroorganisme yang mampu memperbanyak diri dengan cepat (Sucipto, 2009). Hal ini dapat dilihat dari grafik populasi mikroorganisme (gambar 4) yang meningkat cepat.

Pada hari ke-12 semua perlakuan telah memasuki fase eksponensial kecuali perlakuan minyak atsiri sirih 0,1 %. Perlakuan minyak atsiri sirih 0,1 % pada hari ke-12 masih berada di fase lag, karena minyak atsiri sirih 0,1 % mengandung senyawa fenolik seperti chavicol sebagai antibakteri melalui kemampuan merusak dinding sel, mengendapkan protein sel pada bakteri, dan sebagai racun dalam protoplasma. Pada hari ke 15 seluruh perlakuan sudah memasuki fase eksponensial. Pada 15 hari penyimpanan jambu air Dalhari, pertumbuhan mikroorganisme masih ada dalam tahap eksponensial dan belum memasuki fase stasioner dan fase kematian.

D. Susut Bobot

Berdasarkan hasil sidik ragam rerata susut bobot (lampiran 5) menunjukkan bahwa minyak atsiri lemon 0,8 % dan minyak atsiri sirih 0,1 % menunjukkan susut bobot terendah jambu air Dalhari selama penyimpanan, namun menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan klorin. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pencucian buah dengan beberapa minyak atsiri seperti lemon 0,8 % dan sirih 0,1 % mampu menghambat susut bobot pada buah

jambu air Dalhari. Penghambatan susut bobot pada perlakuan ini ditandai dengan adanya kemampuan penghambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh senyawa aktif yang terkandung dalam minyak atsiri lemon dan sirih. Hal ini disebabkan karena minyak atsiri lemon dan sirih menghasilkan berbagai senyawa aktif yang secara sinergis mampu menghambat populasi mikroorganisme (Jafri H, et.al. 2019).



Gambar 5. Histogram Susut bobot pada Pencucian Buah Jambu Dalhari

Dapat dilihat pada gambar 5, bahwa grafik susut bobot meningkat seiring dengan meningkatnya umur simpan buah jambu air Dalhari akibat proses respirasi dan transpirasi. Respirasi dan transpirasi merupakan salah satu bentuk metabolisme pada buah pasca panen yang mengakibatkan hilangnya air dan senyawa organik sehingga bobot produk menjadi berkurang. Proses respirasi dengan bantuan O₂ merombak molekul organik dalam jaringan buah menjadi CO₂, air dan energi dalam bentuk panas (Kader 1985). Panas yang dihasilkan dari proses respirasi dapat menyebabkan transpirasi dengan cara menimbulkan peningkatan suhu di dalam jaringan buah. Perbedaan suhu antara jaringan buah dan lingkungannya mengakibatkan terjadinya perpindahan uap air dari jaringan buah ke lingkungannya melalui pori-pori kulit buah (Krochta, 1994). Buah jambu air Dalhari memiliki kandungan air sebesar 86,5% sehingga penyebab utama susut bobot pada buah ini diakibatkan karena hilangnya air akibat proses transpirasi.

Laju respirasi maksimal adalah 25 mg CO₂/kg.jam untuk jambu Dalhari yang disimpan tanpa kemasan, sementara untuk jambu kemasan laju respirasi maksimal adalah 20 mg CO₂/kg.jam (Patria, 2013). Hal inilah yang menyebabkan susut bobot jambu cenderung rendah.

Minyak atsiri cengkeh 0,7 % menunjukkan susut bobot paling besar selama penyimpanan, namun pada hari ke-3, 9 dan 12 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan susut bobot perlakuan kontrol air biasa. Hal ini menandakan bahwa susut bobot dapat dipengaruhi

oleh jumlah populasi mikroorganisme, karena jumlah populasi mikroorganisme yang ada pada perlakuan air biasa dan minyak atsiri cengkeh 0,7 % itu menempati grafik teratas dari susut bobot.

Pada perlakuan cengkeh 0,7 % dimungkinkan membran dinding sel rusak akibat penetrasi senyawa hidrokarbon seperti eugenol dan chavibetol yang terkandung di dalam minyak atsiri cengkeh. Senyawa hidrokarbon dengan tingkat toksisitas yang tinggi mampu merusak dinding sel tanaman secara langsung dari tempat dia terkontak (Dallyn, 1953 dalam J.M. Baker 1970). Dinding sel yang rusak akan memudahkan mikroorganisme untuk menginfeksi bagian dalam buah. Hal inilah yang mengakibatkan infeksi mikroorganisme pada perlakuan cengkeh 0,7 % menjadi tinggi populasinya.

Peningkatan grafik susut bobot juga sejalan dengan grafik jumlah populasi mikroorganisme (gambar 4) yang masih terus meningkat. Hal ini menandakan bahwa jumlah populasi mikroorganismenya mempengaruhi kenaikan susut bobot. Pengaruh mikroorganismenya terhadap susut bobot diawali dengan meningkatnya etilen akibat serangan mikrobia dalam jaringan buah. Etilen merupakan salah satu hormon tanaman berbentuk gas yang dapat menginduksi permeabilitas membran mitokondria sehingga pergerakan ATP meningkat dan akibatnya laju respirasi meningkat (Salunkhe et al., (1991). Pada jaringan tanaman tahap sintesis etilen dari asam amino metionin merupakan perubahan dari S-adenosylmethionine menjadi 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) oleh enzim ACC synthase (ACS), ACC akan dikonversi menjadi etilen oleh enzim ACC oxidase (ACO). Saat terjadi perlukaan, terjadi akumulasi ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) disekitar jaringan tanaman yang terluka. Sehingga hal ini menjadi penyebab dimungkinkannya peningkatan produksi etilen saat jaringan terluka (Leendert et.al. 2006). Mekanisme pembentukan etilen dari mikroorganisme yang menginfeksi dapat melalui 2 faktor, yakni melalui siklus KMBA dan jalur 2-oxoglutarate (Fukuda et.al. 1993). Peningkatan kadar etilen dapat memicu peningkatan respirasi. Respirasi yang tinggi dapat memicu peningkatan susut bobot.

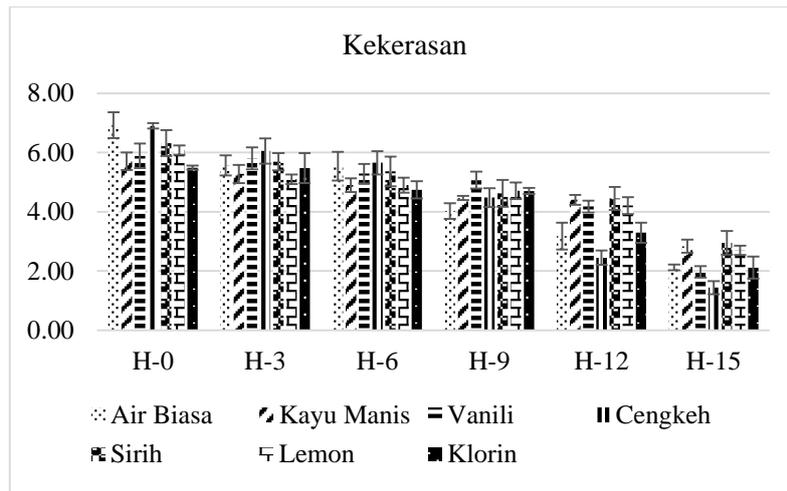
E. Kekerasan

Hasil analisis sidik ragam (lampiran 4) pada hari ke-12 dan ke-15 perlakuan minyak atsiri kayu manis 0,5 %, lemon 0,8 %, dan sirih 0,1 % menghasilkan kekerasan buah yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan air biasa dan klorin. Hal ini menandakan bahwa perlakuan minyak atsiri sirih 0,1 % dan lemon 0,8 % berpotensi untuk menjaga kekerasan buah agar tetap stabil. Penghambatan penurunan kekerasan pada perlakuan tersebut ditandai dengan adanya kemampuan penghambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh ketiga minyak atsiri

tersebut. Hal ini dapat dilihat dari total populasi mikroorganisme pada perlakuan minyak atsiri lemon 0,8 % dan minyak atsiri sirih 0,1 % yang rendah dibandingkan perlakuan lain.

Pada hari ke-12 hingga hari ke 15, perlakuan minyak atsiri cengkeh 0,7 % menghasilkan nilai kekerasan buah jambu air Dalhari yang paling rendah diantara semua perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah populasi mikroorganisme juga berpengaruh terhadap tingkat kekerasan buah. Merujuk pada data tingkat populasi mikroorganisme pada perlakuan cengkeh 0,7 % yang menghasilkan populasi mikroorganisme (gambar 4) paling tinggi kedua setelah air biasa. Hal ini diakibatkan karena dimungkinkan dinding sel buah pada perlakuan cengkeh 0,7 % mengalami kerusakan akibat adanya paparan minyak dengan kandungan hidrokarbon berkonsentrasi tinggi yang dapat merusak dinding sel buah, sehingga bagian dalam buah menjadi terpapar dengan udara luar dan akibatnya mikroorganisme yang akan menginfeksi buah semakin banyak. Mikroorganisme mampu menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat mendegradasi pektin pada dinding sel pada buah (Wagner R, 2012).

Mekanisme mikroorganisme dalam mendegradasi pektin dimulai saat mikroorganisme mulai menyerang zat pektin yang ada di jaringan tanaman. Serat pektin diserang pertama kali oleh mikroorganisme karena merupakan serat yang lebih mudah diakses oleh mikroorganisme dibandingkan serat lainnya dalam jaringan tanaman. Pektin terdiri dari komponen utama utama asam D-galakturonat yang terikat dengan α -1,4 glikosidik (Wagner R, 2012). Beberapa mikroorganisme mampu menghasilkan enzim-enzim yang mampu mendegradasi pektin yang ada dalam jaringan tanaman seperti enzim *poligalakturonase*, *pectin lyase*, *pectat lyase* yang memainkan peran penting dalam virulensi beberapa bakteri dan jamur. *Polygalacturonase* penting dalam virulensi beberapa jamur dan bakteri lain seperti *Agrobacterium tumefaciens*, *Claviceps purpurea*, *Aspergillus flavus*, *Ralstonia solanacearum*, dan *Alternaria citri* (Juge, 2006). *Pectat lyase* berperan pada sebagai enzim pektinolitik pada mikroorganisme *Aspergillus niger*, *Bacillus macerans*, *Bacillus subtilis*. *Pectin lyase* berperan sebagai enzim pektinolitik pada *Aspergillus giganteus*, *Penicillium italicum*, *Bacillus sp.* DT7. *Polygalacturonase* mengkatalisis hidrolisis -1,4-glikosik hubungan dalam asam poligalakturonat yang menghasilkan D-galakturonat. *Pectat lyase* melalui reaksi transeliminasi memotong hubungan glikosidik pada asam polygalacturonic membentuk produk tidak jenuh (-4,5-D-galacturonate). *Pectin lyase* mengkatalisis pembelahan acak pektin, pektin teresterifikasi tinggi, melalui transeliminasi hubungan glikosidik menghasilkan methyloligogalacturonates tak jenuh (Danielle, B. et.al. 2009). Terdegradasinya pektin akan menurunkan ikatan antar sel buah sehingga kekerasan buah secara otomatis akan menurun.



Gambar 6. Histogram Kekerasan pada Pencucian Buah Jambu Dalhari

Grafik kekerasan (gambar 6) pada semua perlakuan mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal ini terjadi karena beberapa faktor seperti terdegradasinya pektin, menurunnya tekanan turgor pada buah (Tong et.al, 1999) dan infeksi mikroorganisme (USDA, 2016). Penurunan kadar pektin terjadi karena protopektin tidak terlarut yang berada di lamella tengah dinding sel dirombak menjadi pektin terlarut kedalam cairan sel selama pematangan buah. Hal ini akibat kerja dari enzim polygalacturonases dan beberapa glikosidase, termasuk β -galactosidase, xyloglucanase, endotransglycosylase, dan selulase (Harker et al. 1997). Perombakan menjadi pektin terlarut ini mengakibatkan menurunnya daya ikat antara sel satu dengan lainnya sehingga kekerasan buah menjadi menurun.

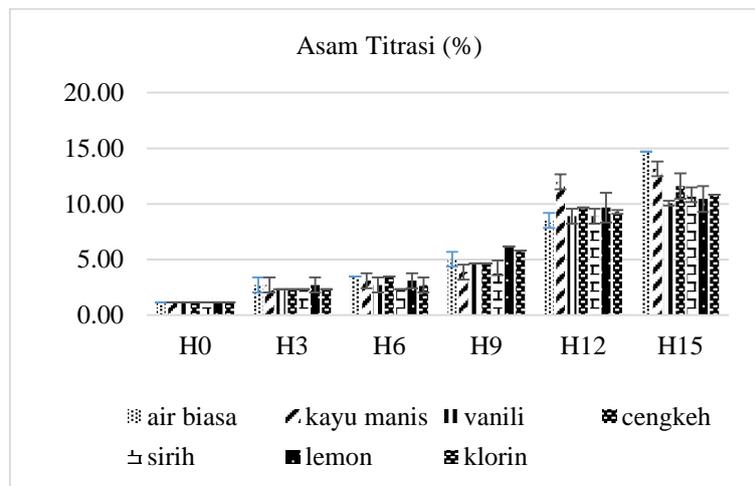
Penurunan grafik kekerasan juga sejalan dengan grafik susut bobot yang semakin meningkat. Jambu air Dalhari mengandung air sekitar 86,5% dalam jaringan buahnya. Transpirasi yang mengakibatkan berkurangnya kandungan air yang ada dalam buah juga turut serta menurunkan tingkat kekerasan pada buah. (Kader, 1985). Kehilangan air dapat menciptakan ruang antar sel sehingga sel melemah. Sel buah yang melemah mengakibatkan turgiditas buah menurun yang ditandai keriput pada buah (USDA, 2016). Hal ini secara otomatis akan menurunkan tingkat kekerasan buah. Hal ini merujuk pada data kekerasan buah pada hari ke-12 dan 15 dimana perlakuan minyak atsiri sirih 0,1% dan lemon 0,8% yang menghasilkan kekerasan tertinggi. Pada waktu yang bersamaan, data susut bobot pada hari ke-12 dan 15 juga menunjukkan susut bobot yang paling rendah pada perlakuan tersebut (gambar5).

F. Total Asam Titrasi

Rerata hasil total asam titrasi (lampiran 5) pada jambu air Dalhari. Pada hari ke 15, total asam titrasi tertinggi ada pada perlakuan air biasa. Perlakuan minyak atsiri sirih 0,1 %, lemon 0,8 %, vanili 0,6 % dan cengkeh 0,7 % menghasilkan total asam titrasi yang lebih rendah

dibandingkan perlakuan air biasa namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan klorin. Hal ini menandakan bahwa pemberian minyak atsiri berpengaruh dalam mempertahankan total asam titrasi tetap rendah pada buah jambu air Dalhari. Hal ini dikarenakan minyak atsiri mampu menghambat pertumbuhan mikroba dengan berbagai senyawa aktif di dalamnya. Sehingga pembentukan asam hasil proses fermentasi mikroorganisme menjadi lebih sedikit dan akibatnya total asam terhitung rendah.

Peningkatan grafik total asam titrasi yang berkaitan dengan peningkatan grafik total populasi mikroorganisme. Total Asam titrasi mulai meningkat pesat pada hari ke-9 dimana grafik total populasi mikroorganisme mulai meningkat pesat di hari ke-9. Keterkaitan antara peningkatan populasi mikroorganisme dengan kenaikan total asam tertitrasi dapat dilihat dari perlakuan air biasa di hari ke-15 yang menghasilkan total asam tertitrasi yang paling besar. Hal ini sejalan dengan jumlah mikroorganisme pada perlakuan air biasa (tabel 8) yang paling tinggi jumlahnya dibandingkan perlakuan lainnya. Diduga jenis mikroorganisme yang tumbuh pada perlakuan ini adalah jenis mikroorganisme anaerob seperti bakteri asam laktat yang dapat melakukan proses fermentasi asam laktat.



Gambar 7. Histogram Asam Titrasi pada Pencucian Buah Jambu Dalhari

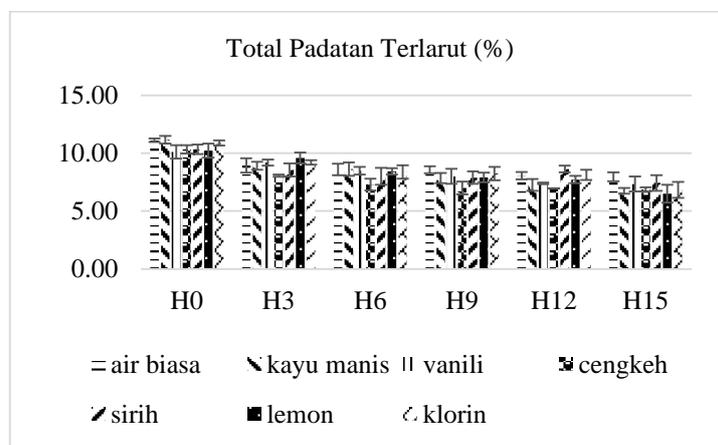
Asam laktat adalah produk umum akhir fermentasi. Beberapa organisme yang disebut bakteri asam laktat dapat membentuk laktat dalam jumlah besar. Mekanisme bakteri asam laktat dapat meningkatkan total asam titrasi diawali dengan adanya infeksi bakteri asam laktat yang menyerang buah. Mikroorganisme mampu menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik untuk mendegradasi dinding sel buah, sehingga mikroorganisme tersebut dapat masuk lebih jauh ke dalam buah dan menggunakan gula-gula sederhana di dalam buah untuk melakukan metabolisme (Wagner R, 2012). Mikroorganisme anaerob dapat merombak glukosa melalui

proses glikolisis menjadi berbagai senyawa-senyawa asam seperti asam malat, asam laktat, asetil KoA, atau asetaldehida (USDA, 2016).

Bakteri asam laktat dibagi menjadi homofermentatif dan heterofermentatif, sesuai dengan produk fermentasi mereka. Spesies homofermentatif menghasilkan produk akhir tunggal asam laktat, sedangkan heterofermentatif menghasilkan produk fermentasi lain seperti etanol dan karbon dioksida, bersama dengan laktat. Perbedaan ini disebabkan karena adanya perbedaan jalur oksidasi glukosa. Pada organisme homofermentatif asam piruvat diubah menjadi laktat akibat dari kerja enzim laktat dehidrogenase, yang mengkatalisis suatu stereospesifik menjadi L- or D-laktat, serta menghasilkan ATP sebanyak 2 mol per mol glukosa. Bakteri heterofermentatif tanpa aldolase tetapi mengandung fosfokolase. Glukosa 6-fosfat dioksidasi menjadi 6-fosfoglukonat dan kemudian didekarboksilasi menjadi ribulosa 5-fosfat. Setelah epimerisasi, xilulosa 5-fosfat dipecah oleh phosphoketolase menjadi asetil fosfat dan gliseraldehida 3-fosfat. Untuk mempertahankan keseimbangan redoks yang tepat, asetil-KoA yang berasal dari asetil fosfat direduksi menjadi etanol, dan gliseraldehida 3-fosfat diubah menjadi laktat (Volker, 2001). Akumulasi asam organik inilah yang menyebabkan grafik total asam tertitiasi terus meningkat.

G. Total Padatan Terlarut

Rerata total padatan terlarut (lampiran 6) pada jambu air Dalhari. Pada hari ke-15, perlakuan minyak atsiri vanili 0,6 % dan sirih 0,1 % menghasilkan total padatan terlarut yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan air biasa dan klorin. Perlakuan minyak atsiri kayu manis 0,5 %, cengkeh 0,7 % dan lemon 0,8 % menghasilkan total padatan terlarut yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan air biasa, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan klorin. Hal ini menandakan bahwa pemberian minyak atsiri pada pencucian buah jambu air Dalhari tidak memberikan pengaruh terhadap perubahan total padatan terlarut yang ada pada jambu.



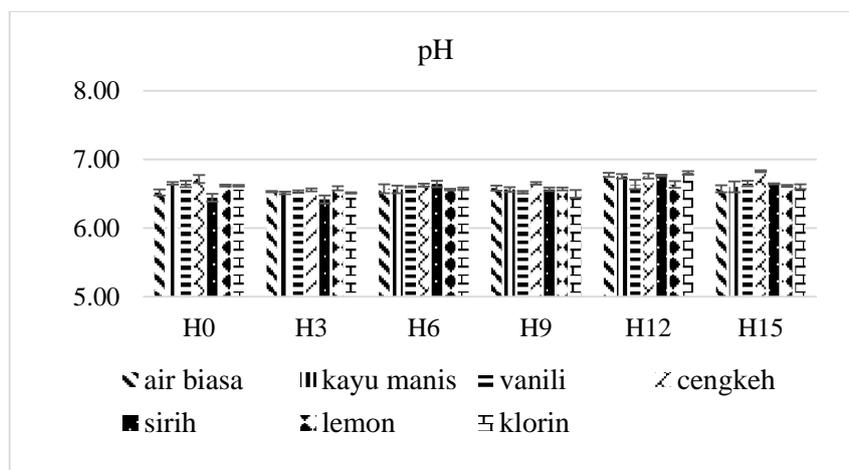
Gambar 8. Histogram Total Padatan Terlarut Buah Jambu Dalhari

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa grafik total padatan terlarut pada semua perlakuan selama penyimpanan mengalami penurunan. Penurunan total padatan terlarut dapat diakibatkan adanya proses respirasi dan fermentasi. Respirasi disebabkan karena terombaknya berbagai senyawa organik terlarut dalam air seperti glukosa, fruktosa, dan asam-asam organik untuk menghasilkan energi dalam proses metabolisme buah (USDA, 2016). Selain itu, keberadaan mikroorganisme dapat memicu peningkatan etilen dan berakhir pada tingginya respirasi tanaman. Semakin tinggi respirasi maka substrat respirasi seperti asam-asam organik dan gula-gula sederhana (glukosa, fruktosa, sukrosa) yang dirombak menjadi energi akan semakin banyak. Akibatnya total padatan terlarut menjadi menurun.

Penurunan total padatan terlarut juga dapat diakibatkan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme dapat secara langsung memecah glukosa dari buah untuk keberlangsungan hidup mikroorganisme tersebut. Glukosa merupakan substrat yang dibutuhkan mikroorganisme untuk berespirasi agar menghasilkan energi untuk hidup (Fardiaz, 1992). Semakin banyak mikroorganisme, maka semakin banyak gula-gula sederhana yang akan terombak sehingga total padatan terlarut menjadi menurun. Pengaruh penurunan total padatan terlarut akibat mikroorganisme dapat dilihat dari meningkatnya jumlah populasi mikroorganisme (gambar 4) selama penyimpanan.

H. pH

pH didefinisikan sebagai minus logaritma dari aktivitas ion hidrogen dalam larutan berpelarut air (IUPAC, 2014). Berdasarkan hasil rerata pH (lampiran 7) pada hari ke 12, perlakuan minyak atsiri vanili dan lemon menghasilkan pH terendah. Pada hari ke 15 pH tertinggi didapat pada perlakuan cengkeh.



Gambar 9. Histogram pH pada Pencucian Buah Jambu Dalhari

Berdasarkan hasil histogram nilai pH menunjukkan data nilai pH yang cenderung stabil selama penyimpanan. Hal ini menandakan bahwa pemberian minyak atsiri pada pencucian buah tidak berpengaruh pada perubahan pH produk. Terdapat sedikit peningkatan nilai pH pada hari ke-12 dan kembali menurun pada hari ke-15 (gambar 9). Peningkatan pH pada hari ke-12 terjadi karena semakin matangnya buah maka keasamannya akan menurun akibat proses respirasi. Asam-asam organik yang ada di dalam buah akan terombak menjadi gula-gula yang lebih sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Ion-ion H⁺ menjadi turun akibat dari adanya hidrolisis asam menjadi gula sederhana tersebut, sehingga nilai pH menjadi tinggi (Rachmayati, dkk., 2017).

Pada hari ke-15 terjadi penurunan pH. Hal ini disebabkan karena populasi mikroorganisme yang ada di hari ke-12 meningkat hingga dua kali lipat pada hari ke-15 (gambar 4). Diduga mikroorganisme yang tumbuh pada perlakuan ini adalah mikroorganisme anaerob, seperti bakteri asam laktat. Mikroorganisme anaerob mampu merombak glukosa yang ada pada jambu menjadi asam-asam organik seperti asam laktat dan etanol (Kader, 1985). Asam-asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme ini mampu menurunkan nilai pH. Sehingga perombakan asam organik akibat respirasi metabolisme pada jambu air Dalhari masih lebih lambat dibandingkan dengan pembentukan asam organik oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, nilai pH menurun di hari ke-15.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perlakuan minyak atsiri sirih 0,1 % dan lemon 0,8 % merupakan perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme, mencegah kenaikan susut bobot dan mempertahankan kekerasan pada jambu air var. Dalhari.

B. Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap jenis-jenis minyak atsiri lain yang dapat digunakan sebagai pencuci buah untuk menghambat mikroorganisme dengan lebih baik.
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai efek penggunaan essential oil sebagai pencuci buah dengan konsentrasi tinggi terhadap sifat fisikokimia yang ada pada buah.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, S. 2013. Perubahan Total Antioksidan Buah Jambu Air (*Syzigium Samarangense*) Varietas Dalhari Selama Pengemasan dan Penyimpanan Suhu 50⁰C. Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Skripsi. Yogyakarta.

- Brendan, A.M., 2007. Relative Efficacy of Sodium Hypochlorite Wash Versus Irradiation To Inactivate *Escherichia coli* O157:H7 Internalized in Leaves of Romaine Lettuce and Baby Spinach. *Journal of Food Protection* 70 (11): 2526–2532.
- D.J. Fitzgerald, M. Stratford, M.J. Gasson, J. Ueckert, A. Bos, A. Narbad. 2004. Mode Of Antimicrobial Action Of Vanillin Against *Escherichia Coli*, *Lactobacillus plantarum* And *Listeria innocua*. 97 (1) : 104-113. Arjan Narbad, Food Safety Science Division, Institute of Food Research, Norwich Research Park, Colney Lane, Norwich, Norfolk, NR4 7UA, UK <http://doi/10.1111/j.13652672.2004.02275.x/full>.
- Danielle, B., et.al. 2009. Pectin and Pectinases: Production, Characterization and Industrial Application of Microbial Pectinolytic Enzymes. *The Open Biotechnology Journal* 3: 9-18. Diakses 26 Maret 2019.
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan I. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Friedman M., et.al. 2002. Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. *J. Food Prot.* 65: 1545-1560.
- Fuki Tri Yulianto, Lia Umi Khasanah, R. Baskara Katri Anandito. 2012. Pengaruh Ukuran Bahan Dan Metode Destilasi (Destilasi Air Dan Destilasi Uap-Air Terhadap Kualitas Minyak Atsiri Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Jurnal Teknosains Pangan*. 1(1) : 12. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret.
- Fukuda, H., et.al. 1993. Ethylene Production by Micro-organisms. *Advances in Microbial Physiology* Vol 35. ISBN: 0-12-027735-2. Kamamoto Institute of Technology. Japan.
- Harker, F.R., and I.C. Hallett. 1992. Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage. *HortScience* 27:1291-1294.
- IUPAC. 2014. pH. IUPAC Gold book. <http://goldbook.iupac.org>.
- Jennylynd B.J. and Tipvanna N. 2010. Processing of Fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok.1, 15, 25, 26p.
- J.M. Baker. 1970. The Effects Of Oils On Plants. *Environ. Pollut.* (1) pp. 27 ~A • Elsevier Publishing Company Lid, England.
- Jafri H., et.al., 2019. Chapter 9 - Prospects of Essential Oils in Kontrolling Pathogenic Biofilm. *New Look to Phytomedicine Advancements in Herbal Products as Novel Drug Leads* 2019, Pages 203-236. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814619-4.00009-4>.
- Ji-Hoon Kang and Kyung Bin Song. 2018. Inhibitory Effect of Plant Minyak atsiri Nanoemulsions Against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Salmonella typhimurium* on red mustard leaves. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 45: 447–454. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.019>.
- Juge N. 2006. Plant Protein Inhibitors of Cell Wall Degrading Enzymes. *Trends Plant Science* 11: 359-67. DOI:10.1016/j.tplants.2006.05.006.
- Krochta, J. M. 1994. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Departement of Food Science and Technology. Departement of Biological and Agricultural Engineering University of California. Davis, California, U.S.A
- Kader, A. A., 1985, Postharvest Biology and Technology : An Overview. In Kader, Adel A dkk., (Eds). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. <https://irrec.ifas.ufl.edu/postharvest>.
- Laura Espina et.al. 2012. Mechanism of Bacterial Inactivation by (+)-Limonene and Its Potential Use in Food Preservation Combined Processes. *PLoS One* 8(2): e56769. doi: 10.1371/journal.pone.0056769.

- Leendert C. *et.al.* 2006. Ethylene as a modulator of disease resistance in plants. *TRENDS in Plant Science* 11 (4). doi:10.1016/j.tplants.2006.02.005.
- Linarti R, Muslihah S, Nuri. Uji antiinflamasi ekstrak metanol daun sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) pada tikus putih. *ISJD*. 2011; 16(1): 34-42.
- Martin-Diana, A. *et al.* (2007) Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: a Review. *Trends in Food Technology*, 18 (7), pp.373-386. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.011>.
- Patria, GD. 2013. Perubahan sifat fisik da kimia jambu air (*Syzygium samarangense*) Vareitas Dalhari yang dikemas selama penyimpanan pada suhu 50 C. Skripsi. Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian. UGM.
- Pauli A. 2001. Antimicrobial properties of essential oil constituents. *Int. J. Aromatherapy* 11: 126-133.
- Ragaert, P. *et.al.* 2007. Role of Microbiological and Physiological Spoilage Mechanisms During Storage Of Minimally Processed Vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 44: 185–194. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.01.001. Diakses 16 Juli 2018.
- Rachmayati, dkk. 2017. Pengaruh Tingkat Kematangan Buah Belimbing (*Averrhoa carambola* L.) dan Proporsi Penambahan Gula Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia Dan Organoleptik Jelly Drink Mengandung Karaginan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol.5 No.1:49-60. FTP Universitas Brawijaya Malang.
- Riddhi M. Patel and Yogesh T. Jasrai. 2013. Evaluation Of Fungitoxic Potency Of *Piper Betel* L. (Mysore variety) Leaf Extracts Against Eleven Phytopathogenic Fungal Strains. *Cibtech Journal of Bio-Protocols* Vol. 2 (2) pp.21-28 . ISSN: 2319–3840 (Online). Gujarat University. India. <http://www.cibtech.org/cjbp.htm>.
- Salunkhe DK, Bolin HR, Reddy NR. 1991. Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. 2nd ed. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. USA.
- Sara A., *et.al.* 2007. Carvacrol Induces Heat Shock Protein 60 and Inhibits Synthesis of Flagellin in *Escherichia coli* O157:H7. *Applied And Environmental Microbiology* 73 (14): 4484–4490. doi:10.1128/AEM.00340-07.
- Shabnam Javed *et.al.* 2012. Comparative antimicrobial activity of clove and fennel essential oils against food borne pathogenic fungi and food spoilage bacteria. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(94) : 16065-16070. ISSN 1684–5315. DOI: 10.5897/AJB11.3058.
- Wagner R., 2012. Microbial Degradation of Lignocellulosic Biomass. DOI: 10.5772/54325.
- Tong *et.al.*, 1999. Comparison of Softening-related Changes during Storage of ‘Honeycrisp’ Apple, Its Parents, and ‘Delicious’. *J. A Mer. Soc. Hort. Sci.* 124(4):407–415.
- USDA. 2016. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook Number 66. Agricultural Research Service. Washington, DC. <http://www.ars.usda.gov/is/np/>. Diakses 19 Januari 2019.
- Volker, M., 2001. Bacterial Fermentation. *Encyclopedia Of Life Sciences*. Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0001415>.
- Yanti, H. 2010. Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II. Direktori UPI. Fakultas MIPA. Universitas Pendidikan Indonesia. <http://file.upi.edu/>.