

FORMULASI ANTIFUNGAL KOMBINASI DARI EKSTRAK LIMBAH MANGGA DENGAN PENGAWET MAKANAN KOMERSIAL UNTUK PRESERVASI BUAH MANGGA

Ermi Sukasih dan Setyadjit

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu Bogor, Indonesia 16114
Email :ermi_sukasih@yahoo.co.uk

(Diterima 03-11-2016, Disetujui 26-04-2017)

ABSTRAK

Limbah hortikultura berpotensi untuk dijadikan bahan antifungal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak kulit mangga dengan pelarut etil asetat yang dievaporasi hingga menjadi ekstrak kental secara single mampu menghambat khamir *Rhodotorula sp.*, mencapai 31 mm zona dimana nilai ini lebih besar dari benomyl 500 ppm yang hanya 10 mm. Untuk memperluas spektrum daya hambat, perlu dilakukan formulasi dengan bahan lain. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan formulasi ekstrak biji atau kulit mangga dengan pengawet makanan komersial (natrium metabisulfit, kalium sorbat dan natrium benzoat) untuk menghasilkan pengawet yang berspektrum tinggi untuk preservasi buah mangga. Formulasi dilakukan melalui beberapa tahapan untuk menghasilkan konsentrasi dan perbandingan yang tepat. Formula antifungal terbaik berdasarkan uji *plate* adalah campuran dari ekstrak biji mangga : kalium sorbat 5% (75%:25%) dengan pengenceran 25%. Antifungal ini mampu menghambat kapang dan khamir perusak mangga sebagai berikut: *Rhodotorulla sp.* sebesar 47,2 mm, *Penicillium sp.* 41,3 mm, *Fusarium sp.* 43,6 mm dan *Aspergillus niger* sebesar 18,2 mm. Aplikasi pada buah mangga melalui penyemprotan menunjukkan hasil 0,2 skor kerusakan dan 2,7% susut bobot lebih baik dibanding kontrol pada penyimpanan hari ke-14 pada suhu 20°C±2°C

Kata kunci: formulasi, antifungal, limbah mangga, pengawet makanan, mangga.

Ermi Sukasih and Setyadjit. 2016. Formulation of Antifungal Combination from Mango By Product (Peel and Kernel) Extract with Commercial Food Preservatives to Extend Shelf life of Mangoes.

Horticultural waste has potential to be used as an antifungal agent. Previous research showed that mango peel extract with ethyl acetate solvent was evaporated until to concentrated extract as a single compound was able to inhibit *Rhodotorula sp.*, until 31 mm diameter zone where the value is greater than 500 ppm benomyl which was only 10 mm in diameter. It is necessary to formulate with other ingredients to broaden the spectrum of inhibition. The purpose of this study was to formulate between mango peel, kernel extract with some food preservative (sodium metabisulphite, potassium sorbate and sodium benzoate) to produce high-spectrum preservative for mango preservatives. Formulation was conducted through several stages to produce a formula. The best formula is the formula of antifungal mix between mango kernel extract and potassium sorbate 5% (75%: 25%) with a 25% dilution. This antifungal able to inhibit molds and yeast destroyer mango as follows: *Rhodotorulla sp.* for 47.2 mm diameters inhibition, 41.3 mm for *Penicillium sp.*, 43.6 mm for *Fusarium sp.* and 18.2 mm for *Aspergillus niger*. Application to fresh mangoes by spraying showed that parameter were 0.2 less on spoilage score and 2.7 % less on weight loss compare to control fruit on the 14th day of storage at 20°C ± 2°C temperature.

Keyword: formulation, antifungal, mango waste, food preservatives, mangoes.

PENDAHULUAN

Potensi ekspor buah mangga dari Indonesia lebih banyak diserap pasar dari negara-negara di Timur Tengah seperti Arab Saudi. Salah satu kendala utama ekspor hortikultura adalah produktivitas dan kualitas buah-buahan yang rendah, termasuk mutu mikrobiologi. Permintaan negara-negara Eropa terhadap buah-buahan tropis asal Indonesia sangat tinggi, namun, untuk memenuhi kebutuhan itu, selama ini eksportir harus mengeluarkan ongkos sangat mahal untuk mengirimkan buah via udara, sedangkan mangga Gedong gincu membutuhkan waktu total sepanjang tiga minggu dari panen sampai ke konsumen.¹

Dalam kegiatan ekspor, mangga dari Indonesia membutuhkan waktu sekitar 28-30 hari untuk sampai ke negara tujuan seperti Saudi Arabia dengan menggunakan kapal laut. Sedangkan daya tahan mangga tidak lebih dari 7 hari. Kerusakan buah mangga yang paling awal adalah serangan antraknosa, yang dapat menurunkan kualitas buah mangga secara signifikan. Hal ini tentunya dapat menyebabkan kerugian bagi eksportir dan petani mangga itu sendiri.

Beberapa teknologi preservasi buah mangga yang telah dikembangkan antara lain adalah: pengendalian dengan pelilinan 6% diikuti dengan penggunaan benomyl 1000 ppm dan *glossy agent* dengan konsentrasi 0,125% dapat mempertahankan kesegaran buah hingga mencapai minggu ke 4 dan dapat menurunkan serangan antracnose.² Saat ini fungisida kimia sintetis adalah yang paling banyak digunakan untuk mengontrol penyakit tanaman. Meskipun relatif efektif, banyak fungisida sintetis memiliki kelemahan utama seperti berkurangnya khasiat untuk jangka panjang karena perkembangan resistensi di patogen tanaman itu sendiri dan efek samping terhadap kesehatan manusia dan lingkungan³. Dalam kasus tertentu buah dan sayuran busuk di gudang dan unit penyimpanan dingin akibat kesalahan dalam penggunaan fungisida karena banyak jenis fungisida belum terdaftar dan dilarang penggunaannya. Oleh karena itu, tetap menjadi kebutuhan mendesak untuk menggali potensi fungisida berbahan dasar alami sebagai alternatif untuk pengendalian penyakit pada pascapanen⁴.

Limbah hortikultura tanaman termasuk buah-buahan masih memiliki potensi untuk dijadikan bahan anti browning, antimikroba, flavor, bahan pewarna, dan sebagai serat makanan. Senyawa antimikroba biasanya berupa minyak esensial dan di antara komponen-komponen minyak atsiri yang paling aktif adalah sejenis terpen. Selain minyak esensial ada juga senyawa polifenol serta asam sinamat dan asam caffeic⁵.

Limbah mangga yang berupa kulit dan biji belum dimanfaatkan untuk produk yang bernilai jual tinggi, pada hal kulit dapat dimanfaatkan sebagai bahan anti oksidan, sumber serat pangan, dan fenol. Kapasitas anti oksidan yang cukup besar juga dilaporkan pada ekstrak kulit⁶. Dengan pemberian tepung kulit mangga pada pembuatan biskuit maka kandungan polifenol ditingkatkan, serat pangan, serta sifat anti oksidan⁷. Dari studi yang membandingkan antara daging dan kulit mangga, kulit mangga memiliki kapasitas anti oksidan yang lebih besar, dan sumber fenol yang memiliki sifat anti kanker⁸.

Potensi limbah (kulit dan biji) mangga sangat besar karena persentase limbah mencapai 35 – 40%. Bila produksi mangga di Indonesia pada tahun 2013 adalah 2.192.928 ton maka jumlah limbahnya akan mencapai 767.524,8 ton. Sementara itu pada tahun 2014 produksi mangga adalah 2.431.330 ton maka jumlah limbahnya mencapai 850.965,5 ton⁹.

Kandungan pengawet antifungal alami buah mangga yang telah dipelajari umumnya rendah untuk itu perlu ditingkatkan terlebih dahulu dengan merangsang buah mangga melalui penerapan asam salisilat. Asam salisilat umumnya digunakan untuk meningkatkan resistensi serangan penyakit. Bahan aktif yang diperkirakan untuk meningkatkan resistensi dari buah mangga adalah senyawa resorsinol, fenol dan antioksidan¹⁰.

Penelitian teknologi dan aplikasi preservatif dari limbah buah mangga skala laboratorium telah mulai dilakukan. Hasil yang terbaik adalah ekstraksi kulit dan biji menggunakan pelarut etil asetat teknis untuk mengekstrak senyawa aktif pada kulit mangga, sedangkan untuk mengekstrak biji mangga menggunakan pelarut akuades¹¹. Teknik ekstraksi dengan menggunakan rotary vakum evaporator pada suhu 60°C hingga diperoleh ekstrak kental. Melalui uji pada *plate*, ekstrak kulit mangga dengan pelarut etil asetat yang dievaporasi menjadi ekstrak kental, secara single mampu menghambat salah satu khamir yang menyebabkan kerusakan pada buah mangga yaitu *Rhodotorula sp.*, dengan daya hambat sebesar mencapai 31 mm zona dimana nilai ini lebih besar dari daya hambat oleh benomyl 500 ppm yang hanya menunjukkan daya hambat 10 mm¹². Untuk memperluas spektrum daya hambat terhadap jenis kapang perusak mangga yang lainnya perlu dilakukan formulasi dengan bahan lain seperti pengawet makanan komersial. Pengawet makanan seperti kalium sorbat, natrium benzoat, natrium metabisulfat sangat komersial, mudah diperoleh dan telah terbukti efektif untuk mengendalikan kapang/khamir dan bakteri perusak makanan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan formulasi ekstrak biji atau kulit mangga dengan pengawet makanan komersial (natrium metabisulfit, kalium sorbat dan natrium benzoat) untuk menghasilkan pengawet yang berspektrum tinggi untuk preservatif buah mangga.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Kulit dan biji mangga segar dari buah mangga cv. Danas diperoleh dari Gapoktan Angling Darma, Desa Krasak, Kecamatan Jatibarang, Indramayu. Bahan kimia yang digunakan adalah potato eestrose agar (Merck), NaCl (Merck), etil asetat (teknis), bahan pengawet makanan komersial meliputi: kalium sorbat (teknis), natrium benzoat (teknis), sodium metabisulfit (teknis) sodium bikarbonat (teknis) dan potassium karbonat (teknis). Peralatan yang digunakan adalah timbangan analitik, laminar air flow, autoklaf, rotary evaporator dan peralatan gelas.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei hingga September 2014 di laboratorium pengembangan dan laboratorium kimia dan fisika serta mikrobiologi BB-Pascapanen Pertanian Bogor.

Tahapan Penelitian

Validasi Ekstrak Limbah Mangga (Kulit dan Biji) Sebagai Biopreservative

Kulit dan biji mangga segar diekstrak dengan dua jenis pelarut (etil asetat teknis dan akuades) dengan perbandingan kulit mangga segar:akuades (1:10). Bahan dihancurkan dengan blender lalu dimaserasi selama 24 jam dalam keadaan tertutup agar tidak terjadi penguapan. Selanjutnya disaring dengan menggunakan kertas saring kasar¹³. Filtrat dievaporasi dengan rotary evaporator pada suhu 60°C hingga menjadi ekstrak kental dengan volume akhir mencapai 1/3 dari volume awal¹². Ekstrak kulit mangga diuji resorsinol¹⁴, total fenol¹⁵ dan daya hambat dengan metode sumur terhadap kapang perusak mangga.

Penyiapan Isolat Kapang Untuk Pengujian

Isolat kapang/khamir penyebab kerusakan pada buah mangga yang telah diisolasi kemudian dimurnikan dengan gores kuadran lalu disegarkan dengan agar miring, setelah berumur 7 hari spora dipanen dan siap

digunakan sebagai isolat pengujian. Sebelumnya isolat kapang telah di uji/identifikasi untuk memastikan jenisnya di Balai Besar Veteriner Cimanggu Bogor. Isolat kapang uji yang digunakan terdiri dari *Aspergillus niger* (A) *Fusarium solari* (B), *Penicillium sp.* (D) dan *Rhodotorula sp.* (G). Konsentrasi kapang yang diujikan dalam media pengujian sebesar 10^5 cfu/ml.

Formulasi Pengawet Campuran Dari Ekstrak Limbah Mangga Dengan Pengawet Makanan Komersial

Formulasi dilakukan dengan mencampur ekstrak kulit/ biji mangga dengan beberapa bahan pengawet makanan komersial. Terlebih dahulu dilakukan screening untuk mendapatkan daya hambat optimal terhadap kapang uji dari berbagai macam bahan pengawet makanan komersial meliputi: sodium bikarbonat, potassium karbonat, sodium metabisulfit, natrium benzoat dan kalium sorbat masing-masing pada konsentrasi 5% dengan metode sumur. Pengawet makanan komersial yang menunjukkan daya hambat diuji lebih lanjut dengan konsentrasi bertingkat, berturut-turut 0,156%; 0,312%; 0,625%; 1,25% dan 2,5%; konsentrasi ini dihitung dari larutan pengawet induk 5%. Tahapan selanjutnya adalah formulasi yaitu dengan mencampur masing-masing bahan pengawet tersebut dengan ekstrak kulit mangga atau biji mangga. Perbandingannya adalah (ekstrak kulit/biji mangga: pengawet komersial 5% = 75:25) yang ditetapkan sebagai formula induk. Dari formula induk dilakukan pengenceran menjadi 25%; 12,5%; dan 6,25% untuk dilihat daya hambatnya terhadap kapang dan khamir uji. Analisis statistik menggunakan Minitab untuk mengetahui signifikansi daya hambat yang ditunjukkan oleh beberapa kapang/khamir perusak buah mangga. Hasil terbaik ditentukan berdasarkan uji peringkat terhadap penghambatan terbesar oleh formula terhadap kapang uji.

Aplikasi Formula Antifungal Pada Buah Mangga Skala Laboratorium

Formula terbaik dari jenis bahan pengawet komersial hasil uji pada tahapan sebelumnya dibuat range konsentrasi (12,5-50%) lalu diaplikasikan pada buah mangga cv. Gedong dan dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan penyemprotan). Deretan formula yang diuji berturut-turut adalah: 1) campuran ekstrak kulit mangga dengan kalium sorbat, pengenceran 50%, 2) campuran ekstrak kulit mangga dengan kalium sorbat, pengenceran 25%, 3) campuran ekstrak kulit mangga dengan kalium sorbat, pengenceran 12,5%, 4) campuran ekstrak biji mangga dengan kalium sorbat, pengenceran 50%, 5) campuran ekstrak biji mangga dengan kalium

sorbit, pengenceran 25% dan 6) campuran ekstrak biji mangga dengan kalium sorbat, pengenceran 12,5%. Aplikasi dilakukan dengan teknik penyemprotan. Buah mangga yang telah disemprot larutan formula kemudian dilakukan penyimpanan pada suhu 20±2°C untuk dilakukan pengamatan selang dua hari. Analisis dilakukan terhadap susut bobot, vitamin C, total padatan terlarut dan total asam serta pengamatan visual dilakukan terhadap skor kerusakan dengan skor adalah: 1= tidak ada, 2= mulai ada, 3= parah dan 4=sangat parah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Ekstrak Limbah Mangga (Kulit dan Biji) Sebagai Biopreservatif

Kapang dan khamir penyebab penyakit pascapanen pada buah dan sayur antara lain adalah *Alternaria solani* Sorauer, *Botrytis cinerea* Pers., *Fusarium sambucinum* Fuckel, *Pythium Sulcatum* dan *Rhizopus stolonifer*¹⁶. Kapang dan khamir penyebab kerusakan pada mangga yang telah berhasil di isolasi adalah *Fusarium solari*, *Rhodotorulla sp.*, *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp.* Hasil validasi terhadap daya hambat ekstrak kulit/biji mangga terhadap kapang/khamir menunjukkan hasil yang konsisten bila dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya seperti pada Tabel 1.

Daya hambat terbesar tetap pada khamir *Rhodotorulla sp.*, lalu *Fusarium sp.*, sedangkan untuk *Aspergillus niger* hanya menghasilkan daya hambat yang rendah yakni kurang dari 4 mm dan pada *Penicillium sp.* sama tidak menunjukkan daya hambat¹². Senyawa aktif yang diduga berperan sebagai antifungal adalah resorsinol dan fenol. Hasil analisis resorsinol dan total fenol terhadap ekstrak kulit dan biji mangga dengan dua jenis pelarut disajikan pada Tabel 2.

Rata-rata kadar resorsinol ekstrak kulit mangga lebih tinggi daripada biji mangga. Kulit mangga yang diekstrak dengan pelarut etil asetat memiliki kandungan resorsinol yang lebih tinggi daripada pelarut akuades. Hal sebaliknya terjadi pada ekstrak biji mangga, kandungan resorsinol lebih tinggi apabila biji mangga di ekstrak dengan pelarut akuades. Berbeda dengan total fenol, pada biji mangga lebih tinggi daripada kulit mangga, ekstraksi dengan pelarut etil asetat menghasilkan total fenol lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut akuades. Hal ini diduga karena kulit mangga mengandung hemiselulosa yang berikatan kuat sehingga diperlukan pelarut semipolar seperti etil asetat untuk mendegradasi jaringan kulit mangga, sementara pada biji mangga mengandung pektin yang larut dalam air¹⁷. Etil asetat merupakan pelarut semipolar yang mampu menarik senyawa-senyawa dengan rentang polaritas lebar dari polar hingga non polar¹⁸.

Resorsinol yang diperoleh lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh¹⁹ pada mangga Cv.Kensington, kulit mangga mengandung resorsinol hingga 123,7 µg/g untuk 5-n-heptadecenylresorcinol dan Cv. Keitt hingga 61,4 mg/g untuk heptadecenylresorcinol. Kultivar lainnya seperti Kent, R2E2, Nam Doc Mai, Calypso dan Madu Emas memiliki konsentrasi yang lebih rendah. Konsentrasi resorsinol dalam penelitian ini lebih tinggi karena resorsinol yang terukur adalah total resorsinol dan sampelnya merupakan ekstrak yang telah mengalami pemekatan. Konsentrasi resorsinol berhubungan dengan daya hambat terhadap kapang dan khamir. Mekanisme penghambatan dari senyawa fenolik adalah mampu merusak membran, merangsang dan meningkatkan konsentrasi dari peroksidase, menyebabkan komponen sel habis, kehilangan ketegaran dari dinding sel dan membuat miseliumnya hancur^{20,21,22}.

Tabel 1. Validasi daya hambat formula dari ekstrak limbah mangga

Table 1. Validation inhibitory effect on the formula made from mango waste extracts

| Kapang/khamir perusak buah mangga/ the mold causes spoiled in mangoes | Diameter penghambatan/ Inhibition zones (mm) | | | |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Hasil sebelumnya/Previous results | | Hasil saat ini/ Current results | |
| | Ekstrak kulit/ Peel extract | Ekstrak biji/ Kernel extract | Ekstrak kulit/ Peel extract | Ekstrak biji/ Kernel extract |
| <i>Fusarium solari</i> | 10,5 | 7,0 | 13,0 | 9,0 |
| <i>Rhodotorulla sp</i> | 31,0 | 25,0 | 35,0 | 35,0 |
| <i>Aspergillus niger</i> | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| <i>Penicillium sp</i> | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tabel 2. Rerata kadar resorsinol dan total fenol ekstrak kulit dan biji mangga

Table 2. The average of total phenol and resorcinol content from mango peel and mango kernel extract

| Sampel/Sample | Kadar resorsinol/resorcinol content (ppm) | Total fenol/phenol content (%) |
|---|---|--------------------------------|
| Kulit mangga + pelarut etil asetat teknis | 4.010±101 | 0,72±0,25 |
| Kulit mangga + pelarut akuades | 3.890±96 | 0,71±0,19 |
| Biji mangga + pelarut etil asetat teknis | 2.250±54 | 1,16±0,27 |
| Biji mangga + pelarut akuades | 3.320±87 | 1,08±0,17 |

Screening Pengawet Makanan Komersial Sebagai Bahan Campuran Formula

Screening terhadap lima jenis pengawet komersial seperti: sodium bikarbonat, potasium karbonat, sodium benzoat, kalium sorbat dan sodium metabisulfit dilakukan untuk mengetahui daya hambat secara umum terhadap kapang perusak mangga. Hasil daya hambatnya disajikan pada Tabel 3.

Formula preserfatif yang berasal dari pengawet makanan komersial (sodium benzoat, kalium sorbat dan sodium metabisulfit) pada konsentrasi masing-masing 5% mampu menghambat seluruh kapang perusak mangga, sementara potasium karbonat 5% dan sodium bikarbonat 5% tidak menunjukkan daya hambat. Bahan pengawet yang mempunyai daya hambat terhadap kapang perusak mangga selanjutnya dilakukan uji coba terhadap beberapa tingkatan konsentrasi. Daya hambat berbagai bahan pengawet pada beberapa tingkatan konsentrasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Daya hambat berbagai bahan pengawet terhadap kapang perusak mangga

Table 3. Inhibition of various preservatives to the mold causes spoiled in mangoes

| Jenis preservative/ preservatives | Type of <i>A. niger</i> | Kapang Perusak Mangga/ <i>the mold causes spoiled in mangoes</i> | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--|------------------------|--|
| | | <i>Fusarium sp.</i> | <i>Penicillium sp.</i> | |
| Sodium bikarbonat 5% | - | - | - | |
| Potasium karbonat 5% | - | - | - | |
| Sodium metabisulfit 5% | + | + | + | |

n=3 Keterangan/remarks: + : ada penghambatan/showed inhibition
- : tidak ada penghambatan/didn't show inhibition

Formulasi Antifungal Kombinasi Dari Ekstrak Limbah Mangga dengan Pengawet Makanan Komersial Untuk
Preservasi Buah Mangga (Ermi Sukasih *et al*)

Tabel 4. Daya hambat berbagai bahan pengawet terhadap mikroba perusak mangga pada beberapa tingkatan konsentrasi
Table 4. Inhibition of various preservatives to the mold causes spoiled on mangoes at several levels of concentration

| Natrium benzoat | Konsentrasi/Concentration (%) | | | | | | Daya hambat/ Inhibition zones (mm) | |
|------------------------|-------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------------------------------|----------|
| | 2,5 | 1,25 | | 0,625 | | 0,312 | 0,156 | |
| <i>A.niger</i> | 18,2±1,1 | 6,1±0,9 | | - | | - | - | |
| <i>Fusarium sp.</i> | 20,1±1,0 | 11,4±1,5 | | 6,5±0,6 | | - | - | |
| <i>Penicillium sp.</i> | Spektrum luas | sangat luas | Spektrum luas | sangat luas | Spektrum luas | sangat luas | 15,5±1,8 | 9,7±0,7 |
| Kalium sorbat | | | | | | | | |
| <i>A.niger</i> | 11,4±1,8 | 11,1±1,5 | | 7,2±0,7 | | - | - | |
| <i>Fusarium sp.</i> | 14,1±1,1 | 11,3±1,1 | | 5,4±0,5 | | - | - | |
| <i>Penicillium sp.</i> | Spektrum luas | sangat luas | Spektrum luas | sangat luas | Spektrum luas | sangat luas | Spektrum sangat luas | 10,5±1,2 |
| Sodium metabisulfit | | | | | | | | |
| <i>A.niger</i> | 13,2±1,7 | 8,4±1,0 | | - | | - | - | |
| <i>Fusarium sp.</i> | 14,8±1,8 | 5,7±0,3 | | 1,2±0,8 | | - | - | |
| <i>Penicillium sp.</i> | 28,3±2,0 | 14,2±1,5 | | 13,2±1,7 | | 11,3±1,5 | 4,2±0,5 | |

n=3

Keterangan/Remarks

- :negatif tidak ada penghambatan / negative means no inhibition

* :konsentrasi larutan pengawet komersial dihitung terhadap larutan induk sebesar 5%/ concentration of commercial preservatives were calculated against the 5% of main solution

Dari ketiga jenis kapang uji, *Penicillium sp.* yang menunjukkan daya penghambatan tertinggi disusul oleh *Fusarium sp.* dan *A. Niger* oleh ketiga jenis pengawet natrium benzoat, kalium sorbat dan sodium metabisulfit. Secara umum, semua jenis pengawet mampu menghambat semua jenis kapang uji, namun kalium sorbat menunjukkan efektifitas daya hambat yang paling baik. Konsentrasi penghambatan terhadap isolat kapang adalah pada batas konsentrasi di atas 0,625% untuk kalium sorbat, sedangkan natrium benzoat dan sodium metabisulfit pada konsentrasi di atas 1,25%.

Formulasi Pengawet Campuran Dari Ekstrak Limbah Mangga Dengan Pengawet Makanan Komersial

Pada penelitian ini dilakukan formulasi untuk memperbaiki spektrum penghambatan. Formulasi dengan mengkombinasikan pemakaian bahan alami dan pengawet komersial dapat meningkatkan spektrum penghambatan^{23,24}. Formulasi dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 75% ekstrak kulit/biji mangga dengan 25% larutan pengawet komersial masing-masing konsentrasi 5%. Daya hambat formulasi campuran antara ekstrak kulit/biji mangga dengan kalium sorbat pada beberapa konsentrasi pengenceran terhadap kapang dan khamir perusak mangga disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Daya hambat formulasi ekstrak (kulit /biji mangga : kalium sorbat 5%: 75%:25%) pada berbagai pengenceran
 Table 5. Inhibition of the extract formulation (mango peel/ mango kernel: potassium sorbate 5%: 75: 25%) at various concentrations
 (Ekstrak kulit mangga : kalium sorbat)/ (Mango peel extract: potassium sorbate)

| Isolat/Isolates | Konsentrasi / Daya hambat (mm) Concentration/Inhibition zones (mm) | | |
|--|---|-------------|-------------|
| | 25% | 12,5% | 6,25% |
| <i>A.niger</i> | 19,0±2,0 a | 13,7±1,1 a | 5,4± 0,5 a |
| <i>Fusarium sp.</i> | 35,4±2,3 b | 30,3±2,0 c | 25,2±1,2 d |
| <i>Penicillium sp.</i> | 38,5±1,9 c | 25,5±2,0 b | 19,1±1,8 c |
| <i>Rhodotorulla sp.</i> | 44,3±1,7 e | 36,2 ±1,9 e | 30,1±1,9 e |
| Ekstrak biji mangga : kalium sorbat/ (Mango kernel extract: potassium sorbate) | | | |
| <i>A.niger</i> | 18,2±1,2 a | 13,2±1,1 a | 5,7± 0,3 a |
| <i>Fusarium sp.</i> | 43,6±2,5 e | 25,7±1,3 b | 18,1±1,1 bc |
| <i>Penicillium sp.</i> | 41,3±2,2 d | 33,6±1,2 d | 16,4±1,2 b |
| <i>Rhodotorulla sp.</i> | 47,2±2,7 f | 41,3±2,3 f | 33,7±1,7 f |

n=3

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua konsentrasi menunjukkan daya hambat, makin tinggi konsentrasi formula pengawet, makin besar daya hambatnya baik pada formula campuran dengan kulit maupun biji mangga. Berdasarkan uji statistika dengan Minitab, perlakuan konsentrasi pengawet dan jenis kapang dinyatakan berbeda nyata dikarenakan nilai P kurang dari 0,05 dengan taraf nyata 0,05. Daya hambat tertinggi hingga diameter 47,2±2,7 mm adalah pada *Rhodotorulla sp.*, campuran ekstrak biji mangga pada konsentrasi 25%. Daya hambat campuran dengan biji menunjukkan pola yang konsisten, daya hambat tertinggi oleh khamir *Rhodotorulla sp.*, lalu *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.* dan terendah adalah *A.niger*, kecuali pada pengenceran 25%, daya hambat *Fusarium sp.* lebih tinggi daripada *Penicillium sp.* Sedangkan pada formula dengan campuran kulit menunjukkan pola yang kurang konsisten. Efek sinergisme dapat ditunjukkan karena bila hanya dengan ekstrak limbah mangga murni hanya mampu menghambat kapang dan khamir *Rhodotorulla*

sp. dan sedikit *Fusarium sp.*, sementara itu setelah diformulasi dengan kalium sorbat menunjukkan daya hambat terhadap kapang yang lain seperti *A.niger* dan *Penicillium sp.*

Hasil penelitian mengenai coating dengan CMC yang ditambahkan dengan asam sorbat menunjukkan daya hambat terhadap *Aspergillus parasiticus* sebesar 6,31±0,74 mm pada konsentrasi sorbat 4g/100 ml, pada konsentrasi yang sama menghambat *Aspergillus flavus* sebesar 6,94±0,37 mm pada kacang *pistachious*²⁵.

Kombinasi juga dilakukan dengan asam benzoat untuk meningkatkan spektrum penghambatan. Berdasarkan hasil penelitian kombinasi antara bahan alami ekstrak jeruk dengan pengawet benzoat mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* pada jus nenas²⁶. Daya hambat formulasi campuran antara ekstrak kulit/biji mangga dengan sodium benzoat pada beberapa konsentrasi terhadap kapang dan khamir perusak mangga disajikan pada Tabel 6.

Formulasi Antifungal Kombinasi Dari Ekstrak Limbah Mangga dengan Pengawet Makanan Komersial Untuk
Preservasi Buah Mangga (Ermi Sukasih *et al*)

Tabel 6. Daya hambat formulasi ekstrak kulit dan (biji mangga :sodium benzoat 5%: 75:25%) pada berbagai pengenceran
Table 6. Inhibition of the extract formulation (mango peel/ mango kernel: Sodium Benzoate 5%: 75: 25%) at various concentrations
(Ekstrak kulit mangga : sodium benzoat)/ (Mango peel extract: sodium benzoate)

| Isolat/Isolates | Konsentrasi / Daya hambat (mm) Concentration/Inhibition zones (mm) | | |
|--|---|------------|------------|
| | 25% | 12,5% | 6,25% |
| A (<i>A.niger</i>) | 13,3±1,2 a | 0,0 a | 0,0 a |
| B (<i>Fusarium sp.</i>) | 28,2±2,3 c | 18,4±1,6 c | 10,3±1,4 c |
| D (<i>Penicillium sp.</i>) | 23,8±2,0 b | 11,5±1,0 b | 5,6 ±0,6 b |
| G (<i>Rhodotorulla sp.</i>) | 28,4±1,7 c | 18,6±0,9 e | 10,2±1,2 c |
| Ekstrak biji mangga : sodium benzoat / (Mango kernel extract: sodium benzoate) | | | |
| A (<i>A.niger</i>) | 25,4±2,2 b | 13,4±1,2 c | 0,0 a |
| B (<i>Fusarium sp.</i>) | 27,4±2,1 c | 27,2±1,8 f | 18,3±1,1 e |
| D (<i>Penicillium sp.</i>) | 38,2±2,3 d | 16,3±1,2 d | 13,3±1,3 d |
| G (<i>Rhodotorulla sp.</i>) | 43,2±2,6 e | 28,4±1,8 f | 18,2±1,6 e |

n=3

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua konsentrasi formula menunjukkan daya hambat, makin tinggi konsentrasi formula pengawet, makin besar daya hambatnya baik pada formula campuran dengan kulit maupun biji mangga. Berdasarkan uji statistika dengan Minitab, perlakuan konsentrasi pengawet dan jenis kapang dinyatakan berbeda nyata dikarenakan nilai P kurang dari 0,05 dengan taraf nyata 0,05. Daya hambat tertinggi hingga diameter 43,2±2,6 mm adalah pada *Rhodotorulla sp.*, campuran ekstrak biji mangga pada konsentrasi 25%. Formula hanya sedikit menghambat *A.niger*, baik dengan campuran kulit maupun biji mangga. Pada formula campuran kulit dengan sodium

benzoat dengan pengenceran 12,5% sudah tidak mampu menghambat *A.niger*. Daya hambat formula campuran biji/kulit mangga menunjukkan hambat tertinggi oleh *Rhodotorulla sp.* dan terendah adalah *A.niger* namun tidak menunjukkan kekonsistenan pada tingkatan pengenceran.

Pengawet makanan yang ketiga yang dikombinasikan dengan ekstrak biji dan kulit mangga adalah sodium metabisulfit. Daya hambat formulasi campuran antara ekstrak kulit/biji mangga dengan sodium metabisulfit pada beberapa konsentrasi terhadap kapang dan khamir perusak mangga disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Daya hambat formulasi ekstrak kulit /biji mangga :sodium metabisulfit 5%: 75:25%) pada berbagai pengenceran
Table 7. Inhibition of the extract formulation (mango peel/ mango kernel: sodium metabisulphite 5%: 75: 25%) at various concentrations
(Ekstrak kulit mangga : sodium metabisulfit)/ (Mango peel extract: sodium metabisulphite)

| Isolat/Isolates | Konsentrasi / Daya hambat (mm) Concentration/Inhibition zones (mm) | | |
|--|---|------------|-----------|
| | 25% | 12,5% | 6,25% |
| A (<i>A.niger</i>) | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a |
| B (<i>Fusarium sp.</i>) | 4,2± 0,5 b | 0,0 a | 0,0 a |
| D (<i>Penicillium sp.</i>) | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a |
| G (<i>Rhodotorulla sp.</i>) | 18,3±1,7d | 13,1±1,2b | 7,4±0,8 c |
| Ekstrak kulit mangga : sodium metabisulfit / (Mango peel extract: sodium metabisulphite) | | | |
| A (<i>A.niger</i>) | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a |
| B (<i>Fusarium sp.</i>) | 6,4±0,6 c | 0,0 a | 0,0 a |
| D (<i>Penicillium sp.</i>) | 6,4±0,5 c | 0,0 a | 0,0 a |
| G (<i>Rhodotorulla sp.</i>) | 21,5±2,1e | 13,2±1,1 b | 5,1±0,3 b |

n=3

Keterangan:tanda negatif berarti tidak ada penghambatan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua konsentrasi formula menunjukkan daya hambat, makin tinggi konsentrasi formula pengawet, makin besar daya hambatnya baik pada formula campuran dengan kulit maupun biji mangga. Berdasarkan uji statistika dengan Minitab, perlakuan konsentrasi pengawet dan jenis kapang dinyatakan berbeda nyata dikarenakan nilai P kurang dari 0,05 dengan taraf nyata 0,05. Daya hambat tertinggi sebesar 21,5±2,1 mm adalah pada *Rhodotorulla sp.*, campuran ekstrak biji mangga pada konsentrasi 25%. Formula ini tidak menghambat *A.niger*, baik dengan campran kulit maupun biji mangga, selain itu juga tidak menghambat *Penicillium sp.* pada formula campuran kulit. Diantara formulasi campuran dengan pengawet komersial, sodium metabisulfit menunjukkan zona hambat paling rendah, pada pengenceran 25% tidak menunjukkan zona hambat pada jenis kapang tertentu seperti *A.niger* (Tabel 6), hanya khamir *Rhodotorulla sp.* yang bisa dihambat pada pengenceran 25% dan di bawahnya.

Banyak penelitian menunjukkan bahwa sodium metabisulfit adalah salah satu garam yang mampu mengontrol penyakit pascapanen buah-buahan²⁷. Hasil penelitian dari Ehsan Arya Kolaeia²⁸, sodium metabisulfit menghambat seluruh mikroorganisme pembusuk pada wortel, pada 50 mM menghambat pembentukan spot pembusukan. Mekanismenya adalah melalui interaksi sulfur dioksida (SO₂) dengan protein dan enzim merusak dinding sel membentuk ikatan disulfida. Selain itu juga

berinteraksi dengan kofaktor, vitamin, asam nukleat dan lemak. Penemuan terakhir menyebutkan bahwa sodium metabisulfit merusak dinding sel pada *F. Sambucinum*²⁹, selain itu lipid peroksidase terlibat dalam peningkatan permeabilitas membran dari kapang³. Sodium metabisulfit juga memperlihatkan penghambatan yang besar terhadap *Fusarium solani* var. *Coeruleum*³⁰, mengurangi pertumbuhan miselia dan konidia *F. solani* var. *Coeruleum*²⁷.

Penentuan Formulasi Terbaik

Penentuan formula terbaik melalui uji peringkat terhadap penghambatan formulasi ekstrak dengan khamir *Rhodotorulla Sp* dari masing-masing pengawet komersial (kalium sorbat, diperoleh hasil seperti pada Tabel 8. Khamir ini adalah yang dominan merusak buah mangga dibandingkan jenis kapang/khamir yang lainnya¹². Berdasarkan uji peringkat diperoleh hasil penghambatan terbaik adalah formula antifungal dari formulasi ekstrak biji mangga : kalium sorbat 5% (75%:25%), pengenceran 25% sebagai peringkat pertama dan ekstrak kulit mangga : kalium sorbat 5% (75%:25%), pengenceran 25% sebagai peringkat kedua. Selanjutnya formula tersebut dicoba diaplikasikan pada buah mangga segar dengan menambahkan konsentrasi di atas dan di bawah sebagai perlakuan pembandingan selain kontrol.

Tabel 8. Uji peringkat formulasi ekstrak terhadap khamir perusak mangga (*Rhodotorulla sp.*)

Table 8. Ranking test for the formulation extract to the yeast causes spoiled mango (*Rhodotorulla sp.*)

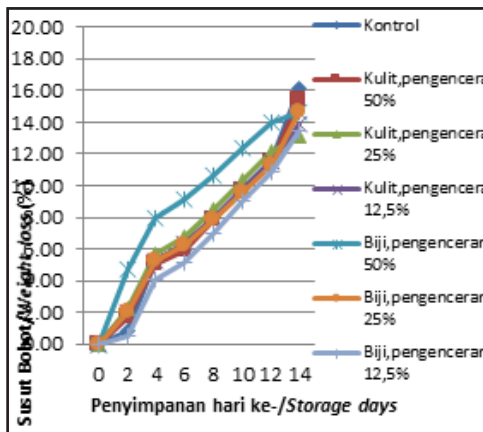
| Formula/Formulation | Daya hambat terhadap khamir <i>Rhodotorulla sp.</i> (mm)/ Inhibitory effect on <i>Rhodotorulla sp.</i> | Peringkat/ Ranking |
|--|--|--------------------|
| Ekstrak kulit mangga : kalium sorbat 5% (75%:25%), pengenceran 25%/Mango peel extract: potassium sorbate 5% (75%: 25%), dilution 25% | 44,3 | 2 |
| Ekstrak biji mangga : kalium sorbat 5% (75%:25%), pengenceran 25%/Mango kernel extract: potassium sorbate 5% (75%: 25%), dilution 25% | 47,2 | 1 |
| Ekstrak kulit mangga : natrium benzoat 5% (75%:25%), pengenceran 25%/ Mango peel extract: sodium benzoate 5% (75%: 25%), dilution 25% | 28,4 | 4 |
| Ekstrak biji mangga : natrium benzoat 5% (75%:25%), pengenceran 25%/ Mango kernel extract: sodium benzoate 5% (75%: 25%), dilution 25% | 43,2 | 3 |
| Ekstrak kulit mangga : natrium metabisulfit 5% (75%:25%), pengenceran 25%/ Mango peel extract: sodium metabisulphite 5% (75%: 25%), dilution 25% | 18,3 | 6 |
| Ekstrak biji mangga : natrium metabisulfit 5% (75%:25%), pengenceran 25%/Mango kernel extract: sodium metabisulphite 5% (75%: 25%), dilution 25% | 21,5 | 5 |

Aplikasi Formula Pada Buah Mangga Segar Skala laboratorium Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Selama Penyimpanan

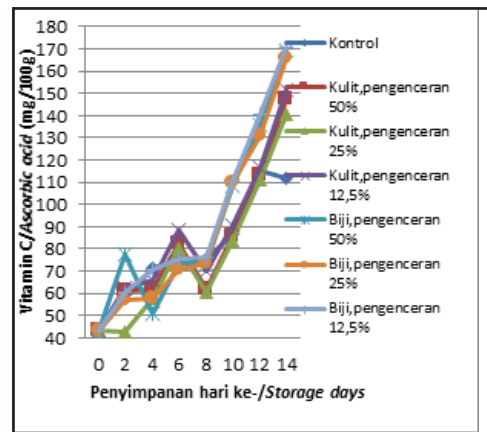
Susut Bobot

Gambar 1 menunjukkan bahwa persentase susut bobot tertinggi adalah kontrol yakni 16,15% pada 14 hari penyimpanan suhu 20°C±2°C, sedangkan terendah adalah formula antara ekstrak kulit dengan kalium sorbat pengenceran 25% yaitu 13,11%. Namun demikian ditinjau dari laju peningkatan susut bobot yang terbaik adalah pada perlakuan formula antara ekstrak biji dengan kalium sorbat pengenceran 12,5%. Semakin tinggi persentase susut bobot buah mangga maka kehilangan

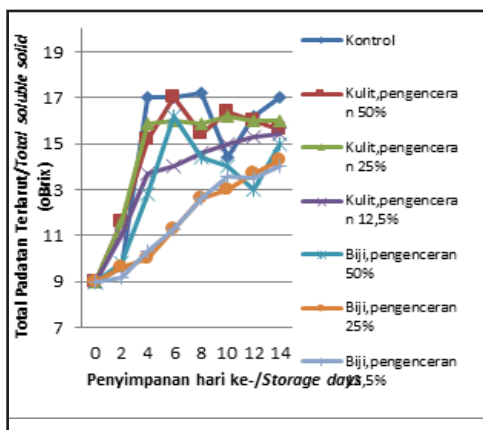
bobot akan semakin tinggi sehingga bobot buah mangga akan berkurang. Susut bobot selama penyimpanan sebagian besar disebabkan transpirasi dan sebagian kecil oleh respirasi yang merubah gula menjadi CO₂. Besarnya susut bobot yang terjadi sebanding dengan proses transpirasi dan respirasi. Respirasi yang terjadi pada buah-buahan dan sayuran merupakan proses biologis untuk menghasilkan energi dari proses pembakaran bahan-bahan organik dan penyerapan oksigen. Hasil dari proses biologis tersebut adalah keluarnya sisa-sisa pembakaran berupa gas dan air. Air, gas dan energi yang dihasilkan pada proses respirasi akan mengalami penguapan sehingga buah akan mengalami penyusutan bobot³¹.



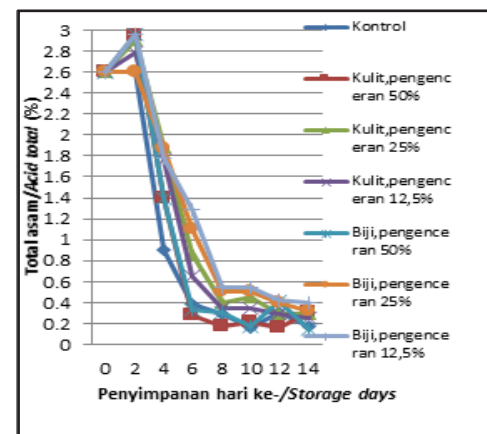
a. Susut Bobot/Weight loss



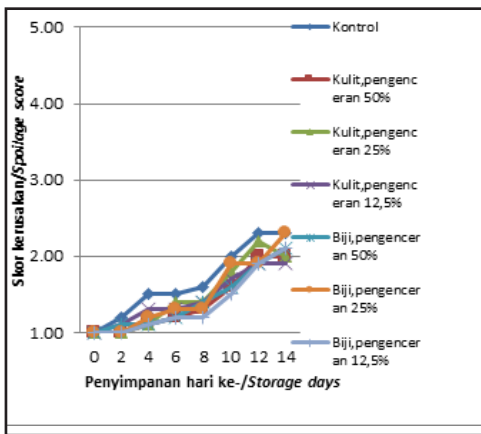
b. Vitamin C/Ascorbic acid



c. Total padatan terlarut/ Total soluble solid



d. Total asam/ acid total



e. Skor kerusakan/ *spoilage score*

Gambar 1. Hasil pengamatan terhadap karakteristik buah mangga cv. Gedong dengan berbagai perlakuan penyemprotan dengan formula antifungal selama penyimpanan.

Figure 1. The observation of the characteristics of mango cv. Gedong with various spraying treatment with antifungal formula during storage.

Vitamin C

Salah satu indikator kualitas terpenting pada buah segar adalah kandungan vitamin C. Vitamin terpenting yang dikandung oleh sayur dan buah adalah vitamin C dan lebih dari 90% kebutuhan manusia akan vitamin C disuplai dari buah dan sayur. Tidak ada perlakuan yang menunjukkan keekstriman karena pola grafik relatif sama. Hal ini karena buah mangga hanya diberi perlakuan luarnya saja yang tidak mengakibatkan terjadinya kerusakan vitamin C. Selama penyimpanan terjadi peningkatan vitamin C pada semua perlakuan. Di akhir penyimpanan, vitamin C tertinggi adalah 170,66 mg/100g pada perlakuan ekstrak biji dengan kalium sorbat 12,5%, sedangkan terendah adalah pada kontrol yaitu 111,6 mg/100g (Gambar 1). Kadar vitamin C berhubungan dengan tingkat kematangan dari buah mangga. Pengaturan temperatur setelah panen sangat penting untuk mempertahankan kandungan vitamin C pada buah-buahan. Kehilangan vitamin C akan sejalan dengan peningkatan temperatur, rendahnya RH, kerusakan fisik, chilling injury, panjangnya masa simpan dan tingginya tingkat CO₂³².

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut menunjukkan total gula yang terdapat pada buah mangga, selama penyimpanan, untuk buah klimaterik terjadi peningkatan kadar gula. Perlakuan kontrol cenderung mengalami laju

n=13

Keterangan skor/*Remarks score*

1. Belum ada/*no spoiled*
2. Mulai ada (0-10%)/ *starting spoiled (0-10%)*
3. Rusak (10-50%)/*spoiled (10-50%)*
4. Rusak lebih dari 50%/ *spoiled of more than 50%*
5. Rusak parah (50-100%)/ *badly damaged (50-100%)*

peningkatan total padatan terlarut tertinggi, sedangkan mangga dengan penyemprotan ekstrak biji dengan kalium sorbat pengenceran 12,5% serta 25% memiliki laju peningkatan total padatan terlarut terendah (grafik hampir berimpit pada Gambar 1). Nilai total padatan terlarut berhubungan dengan kematangan buah, dalam proses pematangan buah, maka nilai total padatan terlarut juga akan meningkat pula.

Peningkatan total padatan terlarut dalam buah mangga terjadi karena pemecahan komponen-komponen yang kompleks seperti polimer karbohidrat khususnya pati menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa. Senyawa-senyawa sederhana ini mudah larut dalam air. Penurunan total padatan terlarut dapat disebabkan oleh penggunaan gula-gula sederhana sebagai substrat pada proses respirasi.

Total Asam

Total asam dapat memberi gambaran keasaman dan perubahan mutu buah. Semakin tinggi total asam akan menyebabkan semakin tingginya derajat keasaman buah. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan penurunan total asam selama penyimpanan. Penurunan tertinggi dari total asam adalah pada perlakuan dengan ekstrak biji dengan kalium sorbat 12,5% yaitu 0,4%, sedangkan yang terendah adalah pada perlakuan ekstrak biji dengan kalium sorbat 50% yaitu 0,15% (Gambar 1). Buah klimaterik seperti mangga,

akan mengalami peningkatan kadar gula dan penurunan keasaman selama penyimpanan. Perubahan total asam dan pH disebabkan oleh adanya perubahan kandungan asam-asam organik yang terkandung di dalam produk. Menurut Sahari³³ perubahan total asam dan pH dapat dipengaruhi oleh faktor lama penyimpanan, reaksi enzimatis dan perubahan mikrobiologis.

Pengamatan Visual Skor Kerusakan

Semakin lama penyimpanan, skor kerusakan makin tinggi. Mangga tanpa perlakuan memiliki skor kerusakan yang tertinggi dibandingkan dengan buah mangga yang diberi perlakuan penyemprotan dengan biopreservatif. Di akhir penyimpanan, buah mangga kontrol dari 13 ulangan rata-rata mengalami kerusakan dengan skor 2,3 (mulai rusak hingga kerusakan 50%). Agak sulit membedakan skor antar perlakuan karena grafik yang ditunjukkan cenderung berimpit (Gambar 1). Namun penyemprotan dengan biji pada pengenceran 12,5% menunjukkan skor kerusakan yang paling rendah hingga penyimpanan hari ke-12, yakni pada skor 1,9 (belum ada kerusakan hingga kerusakan di bawah 10%) namun tidak pada penyimpanan hari ke 14. Semakin lama penyimpanan, buah mangga yang disimpan makin bertambah warna kuningnya. Saat proses pematangan buah, klorofil akan terdegradasi dan karotenoid akan semakin meningkat. Terdegradasinya klorofil akan memperkuat intensitas karotenoid sehingga semakin kuat intensitas warna merah kuning³⁴.

KESIMPULAN

Formulasi preservatif dengan mengkombinasikan antara ekstrak limbah mangga (kulit/biji) dengan pengawet makanan komersial mampu meningkatkan spektrum penghambatan pertumbuhan beberapa kapang dan khamir perusak buah mangga. Formula antifungal terbaik adalah kombinasi antara ekstrak biji mangga : kalium sorbat 5% (75%:25%) dengan pengenceran 25%. Antifungal ini mampu menghambat kapang dan khamir perusak mangga sebagai berikut: *Rhodotorulla sp.* sebesar 47,2 mm, *Penicillium sp.* 41,3 mm, *Fusarium sp.* 43,6 mm dan *A.niger* sebesar 18,2 mm .

Aplikasi formula preservatif pada buah mangga segar melalui teknik penyemprotan menunjukkan hasil 0,2 skor kerusakan dan 2,7% susut bobot lebih baik dibanding kontrol pada penyimpanan hari ke-14 pada suhu 20°C±2°C, namun efektifitasnya tidak sebesar efektifitas pada uji plate. Buah mangga yang disemprot dengan formula terbaik di akhir penyimpanan memiliki

skor kerusakan 2,1 (kerusakan maksimal 10%), susut bobot 13,43%, vitamin C 170,66 mg/100g, totas asam 0,4% dan TSS 14,0%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous. 2013 [Diunduh tanggal 19 November 2013]. Tersedia di <http://bisnis.tempo.co/read/news/2013/11/19/090530794/indonesia-akan-eksport-mangga-berpengawet-alami>.
2. Dewandari KT, Mulyawanti I, Setyabudi DA. Konsep SOP untuk penanganan pascapanen mangga cv.Gedong untuk tujuan ekspor. 2011.
3. Avis TJ, Michaud M, Tweddell RJ. Role of lipid composition and lipid peroxidation in the sensitivity of fungal plant pathogens to aluminum chloride and sodium metabisulfite. *Appl. Environ. Microbiol.* 2007;(73):2820–2824
4. Janisiewicz, WJ, Korsten L. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits. *Annual Review of Phytopathology.* 2002;(40): 411-441.
5. Ayala-Zavala JF, Vega-Vega V, Rosas-Domínguez C, Palafox-Carlos H, Villa-Rodríguez JA, Wasim Siddiqui MD, Dávila-Aviña JE, González-Aguilar GA. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International.* 2011;(44) :1866–1874.
6. Ajila CM, Naidu KA, Bhat SG, Prasada Rao UJS. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry.* 2007; (105):982- 988
7. Ajila CM, Leelavathi K, Prasada Rao UJS. Improvement of dietary fibre content and antioxidant properties in soft dough biscuits with incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science.* 2008; (48): 319-326.
8. Hana K, Jeong YM, Hyeonji K, Dong-Sun L, Moonjae CH, Young SK, Ashik MSK. Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L) flesh and peel. *Food Chemistry.* 2010;(121):429-436.
9. Anonymous, 2015. DKBM Indonesia. <http://suyatno.blog.undip.ac.id/files/2010/04/DKBM-Indonesia.pdf>
10. Setyadjit, Sukasih E, Amiarsi D. Potensi biomassa mangga sebagai sumber bahan pengawet alami. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian.* 2013; 1(9): 56-63.
11. Setyadjit, Sukasih E, Amiarsi D, Yuliyanti. Microbe profiles on the surface on mango (*Mangifera indica* L) cv.Arumanis treated by various anti microbes. *Proceedings International Conference on tropical horticulture.* 2013. Yogyakarta, 2-4 Oktober 2013
12. Sukasih E, Setyadjit, Amiarsi D. Antifungal Effect of Mango peel (*Mangifera indica* L) cv.Rucah Extract on Several Isolates of Mold and yeasts from Rotten Mango

- Peel. *J. Pascapanen Pertanian*. 2014; 11(2).
13. Hassan MK, Dann EK, Irving DE, Coates LM. Concentrations of constitutive alk(en)ylresorcinols in peel of commercial mango varieties and resistance to postharvest anthracnose. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2007; (71): 158–165
 14. Droby S, Prusky D, Jacoby B, Goldman A. Presence of antifungal compounds in the peel of mango fruits and their relation to latent infections of *Alternaria alternata*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 1986; (30):285-292.
 15. Marinova D, Ribarova F, Atanassova M. Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 2005;40(3):255-260.
 16. Anonymous. Primary Study on Antifungal Activity of the Mango Peel Extract. *Agricultural Science Paper*. 2013. <http://www.agrpaper.com/primary-study-on-antifungal-activity-of-the-mango-peel-extract.htm>
 17. Taofik. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Aktif Ekstrak Air Daun Paitan (*Thitonia Diversifolia*) Sebagai Bahan Insektisida Botani Untuk Pengendalian Hama Tungau Eriophyidae. *Alchemy* 2010; 2(1): 104-157.
 18. Tensiska M, Dan SON, Yudiastuti. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kasar Isoflavon dari Ampas Tahu. 2007. Laporan Penelitian.
 19. Hassana MK, Dannb EK, Irvinga DE, Coatesb LM. Concentrations of constitutive alk(en)ylresorcinols in peel of commercial mango varieties and resistance to postharvest anthracnose. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2007; 71:158–165.
 20. Lucini EI, Zunino MP, Lòpez ML, Zygadlo JA. Effect of monoterpenes on lipid composition and sclerotial development of *Sclerotium cepivorum* Berk. *J. of Phytopathology*. 2006;(154): 441-446.
 21. Sharma N, Tripathi A. Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogen. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2006;(22):587-593.
 22. Veldhuizen EJ, Tjeerdsma VB, Zweijtzer, JL, Burt SA, Haagsman, HP. Structural requirements for the antimicrobial activity of carvacrol. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 2006; (54):1874-1879.
 23. Bevilacqua, A, Corbo MR, Sinigaglia M. Inhibition of *Pichia membranifaciens* by homogenization and antimicrobials. *Food and Bioprocess Technology*. 2012; (5): 1061-1067.
 24. Lopez M, Alzamora ASM, Palou E. *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. *International Journal of Food Microbiology*. 2005;(99):119-128.
 25. Sara S, Babak G, Shiva G. Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios. *Food Science and Technology*. 2011; (44): 1133-1138
 26. Bevilacqua A, Campaniello D, Sinigaglia M, Ciccarone C, Carbo MR. Sodium-benzoate and citrus extract increase the effect of homogenization towards spores of *Fusarium oxysporum* in pineapple juice. *Food Control*; 2012; (28)199-204.
 27. Mecteau MR, Arul J, Tweddell RJ. Effect of different salts on the development of *Fusarium solani* var. *coeruleum*, a causal agent of potato dry rot. *Phytoprotection*. 2008; (89):1–6.
 28. Ehsan AK, Russell JT, Tyler J. Antifungal activity of sulfur-containing salts against the development of carrot cavity spot and potato dry rot. *Postharvest Biology and Technology*. 2012;(63): 55–59
 29. Avis TJ, Rioux D, Simard, M, Michaud M, Tweddell RJ. Ultrastructural alterations in *Fusarium sambucinum* and *Heterobasidion annosum* treated with aluminum chloride and sodium metabisulfite. *Phytopathology*. 2008;(99):167–175.
 30. Mills AAS, Platt HW, Hurta RAR. Effect of salt compounds on mycelial growth, sporulation and spore germination of various potato pathogens. *Postharvest Biol. Technol*. 2004;(34):341–350.
 31. Chien, PJ, Sheu F, Yang FH. Effect of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering* . 2007;(78): 225-229.
 32. Kader AA. 1992, *Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crop*, Publication 3311, Davis: University of California, USA
 33. Sahari MA, Mohsen BF, Zohreh HE. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *J. of Food Chemistry*. 2004;(86):357–363.
 34. Raffo A, Baiamonte I, Nardo N, Paoletti F. Internal quality and antioxidants content of cold-stored red sweet peppers as affected by polyethylene bag packaging and hot water treatment. *Eur. Food Res. Technology*. 2007; (225): 395-405.