

LAPORAN AKHIR



**PENGARUH ALGINAT SEBAGAI *EDIBLE COATING*
TERHADAP KUALITAS BUAH POTONG KLIMAKTERIK:
KAJIAN PUSTAKA**

Hermawan Seftiono, S.Si, M.Si [0319098605]

UNIVERSITAS TRILOGI

2023

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	
<i>Edible Coating</i>	2
Alginat	4
Buah Klimakterik	7
METODOLOGI	
Waktu dan Tempat	9
Metode Penelitian	9
Jenis dan Sumber Data	10
Teknik Pengumpulan Data	11
HASIL DAN PEMBAHASAN	
Analisis Fisik	11
Susut Bobot	11
Tekstur	14
Warna	16
Analisis Kimia	19
pH	19
Total Padatan Terlarut	20
Titrasi Asam	22
Analisis Mikrobiologi	24
<i>Total Plate Count</i> (TPC)	24
Kapang dan Khamir	26
Evaluasi Sensori	28
KESIMPULAN DAN SARAN	
Kesimpulan	30
Saran	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik bahan alami penyusun <i>edible coating</i>	3
Tabel 2 Spesifikasi jurnal	10
Tabel 3 Perhitungan susut bobot	13
Tabel 4 Perhitungan tekstur pada <i>hardness</i>	15
Tabel 5 Perubahan nilai °hue	17
Tabel 6 Perubahan pH	19
Tabel 7 Perubahan total padatan terlarut	21
Tabel 8 Perhitungan titrasi asam	23
Tabel 9 Hasil analisis TPC	24
Tabel 10 Hasil analisis kapang dan khamir	27
Tabel 11 Perhitungan skor sensori	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur kimia alginat	5
Gambar 2 Proses respirasi buah klimakterik	8
Gambar 3 Reaksi kimia respirasi	9
Gambar 4 Grafik perubahan susut bobot buah apel potong	13
Gambar 5 Grafik perubahan tekstur buah apel potong	16
Gambar 6 Grafik perubahan warna buah pepaya potong pada diagram °hue	18
Gambar 7 Grafik perubahan warna buah pepaya potong	18
Gambar 8 Grafik perubahan pH buah aprikot potong	20
Gambar 9 Grafik perubahan total padatan terlarut buah pepaya potong	22
Gambar 10 Grafik perubahan titrasi asam buah kiwi potong	23
Gambar 11 Grafik perubahan TPC buah melon kuning potong	26
Gambar 12 Grafik perubahan kapang dan khamir buah semangka potong	28
Gambar 13 Grafik perubahan skor sensori buah jambu potong	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil analisis susut bobot	40
Lampiran 2 Hasil analisis tekstur	42
Lampiran 3 Perubahan nilai L^* pada buah	44
Lampiran 4 Perubahan nilai a^* pada buah	45
Lampiran 5 Perubahan nilai b^* pada buah	46
Lampiran 6 Perubahan nilai b/a pada buah	47
Lampiran 7 Perubahan nilai $^{\circ}\text{hue}$ pada buah	48
Lampiran 8 Perhitungan nilai $^{\circ}\text{hue}$ pada buah potong	49
Lampiran 9 Hasil analisis pH	50
Lampiran 10 Hasil analisis total padatan terlarut	51
Lampiran 11 Hasil analisis titrasi asam	53
Lampiran 12 Hasil analisis <i>total plate count</i>	54
Lampiran 13 Hasil analisis kapang dan khamir	55
Lampiran 14 Hasil analisis skor sensori	56
Lampiran 15 Hasil pengecekan plagiarisme	57

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Buah potong merupakan buah segar yang sudah melalui tahap pencucian, pengupasan, pemotongan, pengemasan, dan penyimpanan pada suhu dingin (Koh *et al.* 2017). Buah potong merupakan sumber vitamin C, vitamin A, mineral, karbohidrat, dan serat dalam menunjang pola gizi seimbang (Roiana *et al.* 2012). Buah potong memiliki sifat yang mudah rusak (*perishable*) (Darmajana *et al.* 2017). Hal tersebut disebabkan buah masih melakukan respirasi akibatnya terjadi perubahan fisik dan sensori seperti perubahan warna, aroma, tekstur/kekerasan, dan *flavor* (Rochman 2007). Metode penyimpanan pelapisan buah potong dengan *edible coating* merupakan salah satu cara untuk mempertahankan umur simpan dan mempertahankan mutu buah (Nisah & Barat 2019).

Edible coating merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dikonsumsi, memiliki kemampuan sebagai *barrier* agar tidak kehilangan kelembaban, *permeable* terhadap gas-gas tertentu, dan mampu mengatur migrasi komponen larut air yang menyebabkan perubahan pigmen (Budiman 2011). Pemanfaatan *edible coating* sebagai pelapis pada buah-buahan bertujuan untuk mengurangi hilangnya aroma, memperlambat transfer gas berupa uap air, memperlambat perubahan warna selama penyimpanan, dan mempertahankan kelembaban (Nisah & Barat 2019).

Alginat merupakan polisakarida alami yang umumnya terdapat pada dinding sel dari seluruh alga coklat (*Phaeophyceae*). Terdapat tiga sifat utama kegunaan alginat yaitu membentuk film, larut dalam air, dan meningkatkan viskositas larutan (McHugh 2003). Hasil penelitian Chiabrando & Giovanna (2016) menunjukkan bahwa perlakuan *edible coating* dari sodium alginat dapat mempertahankan kualitas karakteristik buah nektarin dengan mengurangi tingkat respirasi, mencegah pelunakan jaringan, mempertahankan kandungan asam, total padatan terlarut selama penyimpanan, dan efektif dalam mengontrol aktivitas *browning* terkait enzim dibanding *edible coating* dari kitosan.

Alginat sangat cocok sebagai bahan *coating* karena merupakan senyawa polisakarida dan memenuhi kriteria sebagai *edible coating*. Kriteria tersebut yaitu

mampu menahan perpindahan uap air dan oksigen sebagai *coating* yang dapat dilapiskan pada pangan, aman dikonsumsi, dan tidak mempengaruhi perubahan pada sifat makanan. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *edible coating* kombinasi asam malat dan 2% alginat dapat mempertahankan umur simpan melon buah potong hingga 10 hari dibandingkan tanpa perlakuan yang hanya mencapai 4 hari (Raybaudi-Massilia *et al.* 2008).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *edible coating* alginat pada parameter analisis fisik, kimia, mikrobiologi, dan evaluasi sensori buah potong klimakterik serta memperoleh konsentrasi terbaik alginat dari studi literatur.

TINJAUAN PUSTAKA

Edible Coating

Edible coating merupakan lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dikonsumsi, dibentuk diatas komponen makanan yang berfungsi sebagai penghambat transfer massa (kelembaban, lemak, oksigen, dan zat terlarut) atau bahan makanan untuk meningkatkan penanganan makanan (Harris 2001). Produk pangan yang akan diaplikasikan *edible coating* adalah produk pangan yang memiliki masa simpan rendah seperti daging, ikan, buah-buahan, sayur-sayuran, dan keju (Widyani & Suciati 2008). *Edible coating* juga dapat memperbaiki penampilan produk, sebagai pertukaran gas dari produk ke lingkungan, dan antimikroba (Winarti *et al.* 2012).

Edible coating digunakan sebagai *barrier* dengan contoh *edible coating* yang terbuat dari *zein* (protein jagung) untuk produk seperti permen dan coklat (Paramawati 2001). Komponen *edible coating* terdiri atas tiga bentuk yaitu hidrokoloid, lipid, dan komposit (campuran hidrokoloid dan lipid). Hidrokoloid yang digunakan berupa turunan selulosa (metil selulosa, karboksil metil selulosa, hidroksi propil metil selulosa), protein, *gum*, dan polisakarida lainnya. Protein

dapat diperoleh dari kedelai, protein jagung, kolagen, keratin, protein susu, dan protein ikan. Lipid yang umum digunakan dalam pembuatan *edible coating* diantaranya lilin, asam lemak, monogliserida, gliserol, dan *bees wax* (Donhowe & Fennema 2001). Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya (William 2003). Berikut karakteristik masing-masing bahan penyusun *edible coating* beserta contoh polimer pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik bahan alami penyusun *edible coating*

Bahan	Kelebihan	Kekurangan	Polimer
Polisakarida	-Memperpanjang umur simpan buah dan sayur tanpa membentuk kondisi anaerob -Bahan pangan yang dilapisi secara signifikan dapat mengurangi dehidrasi, perubahan warna, dan ketengikan	-Kurang baik dalam mengatur imigrasi uap air	Selulosa, kitin, kitosan, pektin, alginat, pati, gum, dan karagenan.
Lipid	-Memberikan penampilan mengkilap pada makanan -Bersifat <i>barier</i> terhadap kelembaban -Memiliki sifat mekanis yang diinginkan dan meningkatkan sifat struktural dari produk	-Bentuk murninya untuk pelapis masih terbatas	Lilin, asam lemak, parafin, asetil gliserida, dan bahan berbasis kakao
Protein	-<i>Barrier</i> yang baik terhadap aroma, minyak, dan O₂ -Efektif pada kondisi kelembaban relatif yang rendah.	-Sangat dipengaruhi oleh perubahan pH produk	Zein, gelatin, gluten gandum, kolagen, dan whey protein.

Sumber: (Hassan *et al.* 2018; Raghav *et al.* 2016; Prasetyaningrum *et al.* 2010; Donhowe & Fennema 2001)

Beberapa metode yang dapat diaplikasikan dalam pembuatan *edible coating* diantaranya metode pencelupan, penyemprotan, atau penuangan. Metode pencelupan dilakukan dengan cara bahan pangan dicelupkan pada *edible coating*.

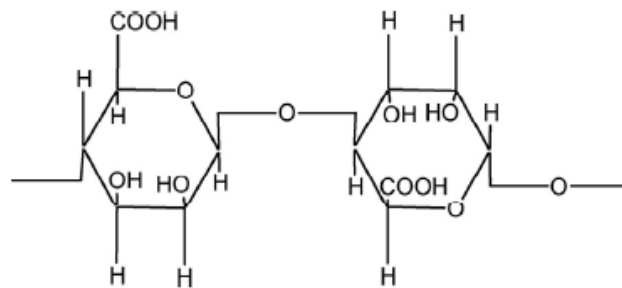
Metode penyemprotan dilakukan dengan cara bahan pangan disemprotkan *edible coating* pada satu sisinya sehingga hasil lebih seragam dan praktis daripada metode pencelupan. Metode penuangan dilakukan dengan cara *edible coating* dituang ke bahan yang akan dilapisi. Teknik tersebut menghasilkan tekstur halus pada bahan pangan dan memiliki permukaan yang datar (Julianti & Nurminah 2006).

Terdapat beberapa penelitian mengenai pengaplikasian *edible coating* pada produk pangan yang dilakukan oleh Miskiyah *et al.* (2009) yaitu aplikasi *edible coating* berbasis pati sagu sebanyak 1 bagian dari persiapan pati sagu yang dicampur dengan akuades, CMC 1.0%, gliserol 10%, minyak bunga matahari 0.025% dengan penambahan minyak serai 0.4% dapat memperpanjang masa simpan paprika sampai 3 hingga 7 hari jika ditaruh pada suhu 8 °C dan dari sisi organoleptik dapat diterima oleh konsumen. Penelitian lainnya oleh Budiman (2011) menyatakan bahwa pelapisan *edible coating* pati singkong dengan konsentrasi 3%, CMC 0.4% dan gliserol 5% dengan lama pencelupan 60 detik dapat mempertahankan umur simpan buah pisang *Cavendish* 2 hari lebih lama dibandingkan tanpa pelapisan. Penelitian oleh Fauziati *et al.* (2016) menunjukkan pemanfaatan stearin kelapa sawit sebagai *edible coating* pada buah jeruk bahwa pengkombinasian stearin dengan gelatin dapat mempertahankan kandungan vitamin C dan antioksidan hingga 12 hari lamanya serta memiliki susut bobot sebesar 0.1%.

Alginat

Alginat adalah polisakarida yang memiliki sifat fungsional antara lain sebagai *thickening*, penstabil, penghasil gel, pembentuk *film*, dan penstabil emulsi (Dhanapal *et al.* 2012). Alginat terdapat pada semua jenis alga coklat (*Phaeophyta*) yang merupakan komponen utama penyusun dinding sel. Dinding sel alginat coklat terdiri atas garam-garam kalsium, dan kalium alginat (Rasyid 2005). Alginat memiliki senyawa pembentuk *film* yang menarik karena biodegradabel (proses penguraian bahan organik oleh enzim yang dihasilkan organisme hidup), biokompatibel (kemampuan suatu bahan untuk beradaptasi dengan lingkungan), tidak beracun, dan murah (Vu dan Won 2013).

Alginat terdiri atas asam β -D-mannuronat dan asam α -L-guluronat dalam berbagai derajat, pengaturan, dan berat molekul. Pembentukan alginat terjadi ketika ion multivalen atau divalen (Ca^{2+}) berinteraksi secara aktif dengan blok residu asam guluronat dari dua rantai berbeda (Braccini *et al.* 2001; Stabler *et al.* 2001). Karakteristik fisik gel alginat sangat tergantung pada komposisi kimianya yaitu proporsi residu asam guluronat (G) dengan residu asam mannuronat (M), panjang blok G, dan berat molekul keseluruhan polimer (Stabler *et al.* 2001). Berikut struktur kimia alginat terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Struktur kimia alginat (Agulhon *et al.* 2012)

Alginat secara komersial diperoleh dari hasil ekstraksi alga coklat yang sebagian besar dari *Macrocystis pyrfera*, *Laminaria hyperbore*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria digitata*, *Ecklonia maxima*, *Laminaria japonica*, *Durvillaea antarctica* dan *Lessonia nigrescens*. Komposisi alginat dari ganggang laut tidak sama variasinya tergantung pada kondisi pertumbuhannya, musim, dan ketidaksamaan ini tergantung pada sifat dari tumbuhan tersebut (Bernd 2009).

Prinsip dari ekstraksi dari rumput laut agar menghasilkan alginat adalah dengan memasak rumput laut dalam suasana basa dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH . Larutan alginat kasar yang didapat kemudian ditambahkan dengan asam mineral kuat sehingga membentuk endapan asam alginat. Proses pemurnian produk meliputi beberapa proses seperti penjernihan, pemucatan, dan pengendapan kalsium alginat. Produk akhir yang dihasilkan berupa garam alginat yang dapat larut air terutama dalam bentuk natrium alginat (Haerunnisa 2008).

Sifat fisik alginat berbentuk serat atau tepung, berwarna putih hingga kekuningan, kadar abu tinggi yang disebabkan adanya unsur natrium, dan hampir tidak berbau. Selain itu sifat kimia dari alginat ialah memiliki kadar air tinggi

karena pengaruh garam yang bersifat higroskopis dan bergantung pada lingkungan dan kelembaban relatif (Yunizal 2004).

Sifat kimia pada bagian kelarutan alginat tidak larut pada eter, kloroform, dan asam dengan pH kurang dari 3 tetapi larut dalam air dan mengental serta tidak larut dalam alkohol. Bagian pembentukan gel, alginat yang larut dalam air dapat membentuk gel pada larutan asam karena adanya kation logam polivalen seperti ion kalsium. Penggantian kation Na^+ lebih dari 35% dengan kation Ca^{2+} akan menghentikan pergeseran molekul dan terbentuk struktur gel yang stabil. Viskositas dari larutan alginat dipengaruhi oleh pH, bobot molekul, konsentrasi, suhu dan adanya kation logam polivalen. Semakin tinggi konsentrasi atau bobot molekul maka semakin tinggi viskositas alginat. Viskositas akan menurun dengan suhu pemanasan $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, meningkat lagi bila didinginkan kembali, pemanasan lebih lanjut dapat menyebabkan terjadinya depolimerisasi (Subaryono *et al.* 2009).

Alginat dalam bidang pangan, digunakan sebagai pengental dalam pembuatan saus dan penstabil pada pembuatan es krim serta berpotensi sebagai *edible coating* pada buah, ikan, daging dan makanan lain untuk pengawetan (McHugh 2003). *Edible coating* dari alginat tahan terhadap minyak dan lemak namun memiliki kemampuan penghalang kelembaban yang rendah. Walaupun begitu, lapisan gel alginat dapat mengurangi hilangnya kelembaban secara signifikan setelah perlakuan *coating*. Lapisan alginat memiliki kemampuan penghalang oksigen yang baik, dapat menghambat oksidasi lemak dari makanan, serta memperbaiki flavor dan tekstur (Pradana *et al.* 2017).

Berdasarkan hasil penelitian Maman *et al.* (2006) formulasi *edible coating* berbahan campuran alginat 5% dan pektin disertai penambahan asam stearat 0.25% merupakan bahan terbaik sebagai pelapis pada buah salak. Penelitian lain oleh Anshar & Wahab (2013) ekstrak natrium alginat dapat digunakan sebagai pelapis dalam menghambat pembusukan dan pematangan buah mangga dengan daya hambat maksimum pelapisan diperoleh daya simpan rata-rata selama 17 hari pada konsentrasi optimum yaitu 25 ppm.

Buah Klimakterik

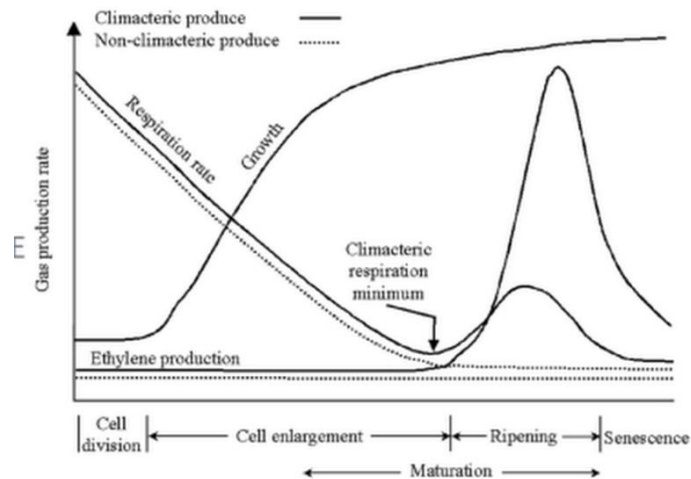
Buah dengan respirasi klimakterik adalah buah dengan meningkatnya produksi CO₂ selama proses pemasakan (*ripening*) buah dan meningkatnya produksi etilen. Meningkatnya produksi etilen disebabkan buah yang matang lebih cepat. Kecepatan matangnya buah dapat mempengaruhi umur simpan buah serta perubahan tekstur, citarasa, dan warna. Umur simpan pada buah juga dipengaruhi oleh faktor prapanen dan pascapanen (Taris *et al.* 2015). Faktor prapanen sangat mempengaruhi kualitas buah dan kualitas produk pascapanen dipengaruhi perkembangan awal pertumbuhan dan teknologi pasca panen (Hewett 2006).

Buah potong klimakterik merupakan buah segar yang sudah melalui tahap pembersihan, pengupasan, pencucian, pemotongan, dan pengirisan (Opara & Ani 2010). Kelebihan dari buah potong adalah konsumen dapat melihat secara langsung kondisi bagian dalam produk sehingga menawarkan mutu yang lebih terjamin, bahkan konsumen dapat membeli beberapa jenis buah dalam satu kemasan sehingga memenuhi selera sekaligus menghemat pengeluaran (Hasbullah 2006). Kelemahan dari buah potong adalah lebih mudah rusak terhadap perubahan fisikokimia dan mikrobiologi (Parreidt *et al.* 2019). Perubahan tersebut meliputi peningkatan respirasi, peningkatan pertumbuhan mikroorganisme, produksi etilen, perubahan warna, dan perubahan *flavor* (Baldwin 2007).

Klimakterik adalah suatu pola perubahan respirasi mendadak yang berlangsung dengan aktivitas sendiri bagi buah-buah tertentu dan waktu terjadinya perubahan biologis diawali dengan proses pembentukan etilen (Sudjatha *et al.* 2017). Etilen merupakan hormon yang aktif dalam proses pematangan. Etilen disebut sebagai hormon karena dihasilkan oleh tanaman, unsur hara dapat ditranslokasikan dari jaringan tua tanaman ke jaringan muda apabila jaringan muda mengalami kekurangan hara pada jaringan tanaman, dan merupakan senyawa organik (Pujimulyani 2009).

Berdasarkan Gambar 2 laju respirasi tertinggi terjadi pada fase pembelahan sel. Hal ini dikarenakan ketika sel melakukan pembelahan, dibutuhkan energi sangat besar dan sumber energi tersebut dari proses respirasi. Seiring dengan pertumbuhan buah maka laju respirasi semakin menurun sampai pada awal pemasakan buah. Memasuki fase pematangan, buah klimakterik terjadi

peningkatan dalam jumlah besar terhadap produksi etilen maupun laju respirasi (Rao *et al.* 2011). Kemudian terjadi fase kelayuan yaitu suatu periode dari proses anabolisme (sintesis) menuju proses katabolisme (degradasi), selanjutnya akan terjadi proses penuaan dan akhirnya jaringan mati (Sudjatha *et al.* 2017)

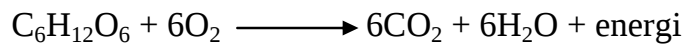


Gambar 2 Proses laju respirasi buah klimakterik (Sudjatha *et al.* 2017)

Buah yang berada di pohon akan melangsungkan proses hidupnya dengan cara proses respirasi, ternyata setelah buah dipetik (panen) juga masih melakukan proses respirasi (Budiman 2011). Penanganan pascapanen buah yang matang akan mengalami perubahan fisik dan kimia setelah buah dipetik (panen) yang ternyata masih melangsungkan proses respirasi. Respirasi adalah perombakan senyawa kompleks yang terdapat pada pati, gula dan asam organik menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti karbondioksida dan air yang dengan bersamaan memproduksi energi dan senyawa lain yang dapat digunakan sel untuk reaksi sintesis (Valero dan Maria 2010).

Secara keseluruhan proses metabolisme glukosa akan menghasilkan produk samping berupa karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Karbon dioksida dihasilkan dari siklus asam sitrat sedangkan air (H_2O) dihasilkan dari proses rantai transport elektron. Setelah melalui proses metabolisme, energi kemudian akan dihasilkan dalam bentuk ATP dan kalor panas. ATP dan kalor panas inilah yang merupakan inti dari proses metabolisme energi (Campbell 2012). Proses glikolisis, siklus asam sitrat, dan proses rantai transport elektron, sel-sel yang terdapat di dalam tubuh akan mampu untuk menggunakan dan menyimpan energi yang dikandung dalam bahan makanan sebagai energi ATP (Novitasari 2017).

Secara umum, proses metabolisme secara aerobik akan mampu menghasilkan energi yang lebih besar daripada proses secara anaerobik. Proses metabolisme secara aerobik akan terbentuk sebanyak 36 buah ATP sedangkan proses anaerobik hanya akan menghasilkan 2 buah ATP (Irawan 2007). Berikut reaksi kimia dari proses respirasi terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3 Reaksi kimia respirasi (Novitasari 2017)

Laju respirasi adalah indeks untuk menentukan umur simpan buah-buahan setelah dipanen yang dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal antara lain ketersediaan oksigen dan karbondioksida, suhu, luka pada buah, penggunaan etilen, dan senyawa pengatur pertumbuhan. Faktor internal seperti ukuran produk, jenis jaringan, tingkat perkembangan organ, susunan kimia, dan pelapisan alami.

Budiman (2011) mengatakan bahwa awal perkembangan buah, kandungan pati meningkat dan setelah mencapai maksimum, semakin tua buah menandakan semakin menurunnya kandungan pati. Penurunan tersebut disebabkan oleh perubahan pati menjadi gula yang digunakan untuk aktivitas respirasi. Buah-buahan klimakterik terdiri atas apel, aprikot, alpukat, pisang, ara, mangga, pepaya, markisa, pir, tomat, sawo dan lainnya (Sudjata *et al.* 2017).

METODOLOGI

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian yang berupa seleksi jurnal, analisis data dan pembahasan data dilaksanakan di Universitas Trilogi, Jakarta dimulai dari bulan Oktober 2020 hingga Januari 2021.

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan bersifat kualitatif dan kuantitatif. Penelitian kualitatif yaitu penelitian yang hasilnya tidak berdasarkan prosedur statistik atau metode hitung lainnya. Penelitian kualitatif tidak melakukan uji hipotesis melalui

perhitungan angka tetapi mengembangkan konsep dan menghimpun fakta yang ada. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh alginat sebagai *edible coating* terhadap kualitas buah klimakterik. Penelitian kuantitatif pada penelitian ini adalah menghitung nilai °hue pada analisis warna dan menghitung skor sensori pada analisis evaluasi sensori.

Jenis dan Sumber Data

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian adalah data jurnal. Didapatkan 25 jurnal secara *online* dengan rentang penerbitan tahun 2007 hingga 2020 yang membahas hasil dari pengaruh *edible coating* alginat pada kualitas buah potong klimakterik. *Keyword* yang digunakan dalam pencarian jurnal antara lain “*edible coating fruit*” dan “*coating alginate for fresh cut fruit*”. Jurnal yang dipilih merupakan jurnal terindeks Scopus. Berikut spesifikasi jurnal yang digunakan pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi jurnal

Referensi	Tahun	Studi	Buah
Olivas <i>et al.</i>	2007	1	Apel potong
Diaz <i>et al.</i>	2016	2	Apel potong
Moreira <i>et al.</i>	2015	3	Apel potong
Roble <i>et al.</i>	2011	4	Apel potong
Rao <i>et al.</i>	2014	5	Apel potong
Sarengaowa <i>et al.</i>	2019	6	Apel potong
Younas <i>et al.</i>	2014	7	Aprikot potong
Morsy & Rayan	2017	8	Aprikot potong
Rodriguez <i>et al.</i>	2017	9	Jambu biji potong
Kumar <i>et al.</i>	2017	10	Jambu biji potong
Nair <i>et al.</i>	2018	11	Jambu biji potong
Mastromatteo <i>et al.</i>	2011	12	Kiwi potong
Benitez <i>et al.</i>	2015	13	Kiwi potong
Chiabrando <i>et al.</i>	2019	14	Kiwi potong
Chiumarelli <i>et al.</i>	2011	15	Mangga potong
Roca <i>et al.</i>	2016	16	Mangga potong
Sanchez <i>et al.</i>	2013	17	Mangga potong
Koh <i>et al.</i>	2017	18	Melon kuning potong
Sarengaowa <i>et al.</i>	2019	19	Melon kuning potong
Parreidt <i>et al.</i>	2019	20	Melon kuning potong
Narsaiah <i>et al.</i>	2014	21	Pepaya potong
Silva <i>et al.</i>	2014	22	Pepaya potong
Tabassum <i>et al.</i>	2020	23	Pepaya potong
Sipahi	2012	24	Semangka potong
Sipahi <i>et al.</i>	2013	25	Semangka potong

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah studi pustaka. Studi pustaka adalah mempelajari studi terhadap buku-buku, literatur yang ada hubungannya dengan masalah yang dipecahkan. Hal ini untuk mendapatkan data sekunder yang diperoleh dari berbagai jurnal penelitian, literatur, dan buku. Data diseleksi dengan melihat spesifikasi bahan *edible coating*, perlakuan, dan bahan komoditas pangan. Data yang dikumpulkan digunakan untuk mendeskripsikan pengaruh alginat sebagai *edible coating* terhadap penurunan kualitas buah klimakterik. Pengumpulan dan pengkajian data dikategorikan menjadi analisis kimia, analisis fisik, analisis mikrobiologi, dan evaluasi sensori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Fisik

Analisis fisik dilakukan pada buah klimakterik yang sudah dilapisi *edible coating* alginat selama waktu penyimpanan tertentu. Analisis fisik yang dilakukan diantaranya susut bobot, tekstur, dan warna.

Susut Bobot

Susut bobot merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas buah setelah dipanen, hal ini disebabkan buah mengalami transpirasi (Soesanto 2006). Transpirasi merupakan aktivitas laju perpindahan uap air pada buah selama penyimpanan sehingga akan mengakibatkan penyusutan bobot yang dinyatakan dalam persentase (%) (Morsy & Rayan 2019). Proses transpirasi dipengaruhi oleh jenis, ukuran, bentuk, dan usia buah (Hegazy 2017).

Salah satu buah yang mudah mengalami proses transpirasi ialah buah apel (Diaz *et al.* 2016). Buah apel memiliki kadar air yang tinggi sehingga akan mudah mengalami penguapan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Semakin cepat lajunya proses transpirasi menyebabkan semakin tingginya penyusutan bobot buah apel potong. Selama penyimpanan, persentase susut bobot meningkat terutama perlakuan kontrol karena jaringan dalam buah terpapar dengan

lingkungan sehingga berdampak pada peningkatan kecepatan penguapan air. Penyusutan bobot pada buah tergantung pada beberapa faktor seperti perbedaan tekanan air antara jaringan buah serta atmosfer, suhu penyimpanan, dan kondisi kelembaban relatif (Purwanti *et al.* 2017; Bounocore *et al.* 2005).

Adanya perbedaan nilai awal susut bobot pada penelitian Roble *et al.* (2011) dibandingkan dengan penelitian Olivas *et al.* (2007), Diaz *et al.* (2016), dan Sarengaowa *et al.* (2019) disebabkan oleh perlakuan pemotongan buah apel yang berbeda, sedangkan perbedaan persentase susut bobot penelitian Olivas *et al.* (2007) dan penelitian Diaz *et al.* (2016) disebabkan oleh perbedaan kemasan yang digunakan. Perbedaan pemotongan mempengaruhi ukuran luas penampang buah, ukuran kecil membuat luas penampang jadi besar maka akan mempercepat proses respirasi (Pujimulyani 2009). Kemasan yang digunakan mempengaruhi permeabilitas uap air, permeabilitas yang rendah akan menekan laju keluar masuknya uap air (Johansyah *et al.* 2014).

Permeabilitas uap air yang rendah akan menjaga kelembaban dalam kemasan sehingga dapat mempertahankan keluarnya air dari permukaan apel potong dan dapat menekan terjadinya transpirasi (Lamona 2015). Kedua penelitian menggunakan jenis kemasan berbeda seperti pada penelitian Olivas *et al.* (2007) menggunakan polipropilen dengan permeabilitas $1.500 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ jam/cmHg}$ dan penelitian Diaz *et al.* (2016) menggunakan polietilen dengan permeabilitas $3.200 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ jam/cmHg}$ (Yustina *et al.* 2017). Hal ini menunjukkan bahwa penelitian Olivas *et al.* (2007) memiliki nilai permeabilitas uap air yang rendah. Semakin sedikit uap air yang dapat menembus suatu bahan kemasan, keawetan apel potong akan semakin lama (Waryat & Yosi 2020).

Penggunaan *coating* alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Diaz *et al.* (2016) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu 25.20% dibandingkan perlakuan kontrol dengan nilai susut bobot sebesar 31% pada hari ke-12. Penggunaan *coating* alginat 1.5% (ALG 1.5%) pada penelitian Olivas *et al.* (2007) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu 23% dibandingkan perlakuan kontrol dengan nilai susut bobot sebesar 24.50% pada hari ke-12 (Tabel 3). Hal ini menandakan bahwa alginat dapat mempertahankan bobot buah apel potong karena berperan dalam mencegah hilangnya kelembaban, melindungi kulit

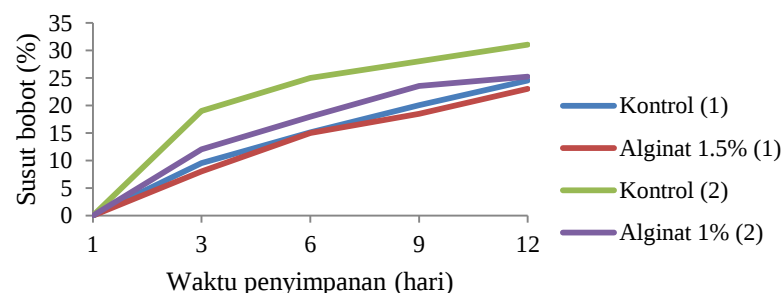
buah dari kerusakan mekanik, dan menghambat penyusutan pada buah (Olivas *et al.* 2007; Bounocore *et al.* 2005)

Tabel 3 Perhitungan susut bobot

Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
1 ^A	Apel potong	Olivas <i>et al.</i> (2007)		Kontrol	0 ^a	9.52 ^b	15.10 ^c	20.0 ^d	24.50 ^e
				ALG 1.5%	0 ^a	8.00 ^{ab}	15.00 ^b	18.5 ^c	23.00 ^d
2 ^A	Apel potong	Diaz <i>et al.</i> (2016)		Kontrol	0 ^a	19.00 ^b	25.00 ^c	28.0 ^d	31.00 ^e
				ALG 1%	0 ^a	12.03 ^{ab}	17.90 ^b	23.5 ^{bc}	25.20 ^d
4 ^A	Apel potong	Roble <i>et al.</i> (2011)	Susut bobot (%)	Kontrol	1.50 ^a	2.60 ^b	3.00 ^c	2.70 ^d	2.50 ^e
				ALG 1%	0.30 ^a	0.51 ^{ab}	0.50 ^b	0.30 ^{bc}	0.40 ^c
6 ^A	Apel potong	Sarengaowa <i>et al.</i> (2019)		Kontrol	0 ^a	1.30 ^b	2.30 ^c	3.00 ^d	3.80 ^e
				ALG 1%	0 ^a	0.50 ^{ab}	0.90 ^b	1.00 ^{bc}	1.50 ^c

Keterangan: (–) Tidak dianalisis, (^A) Uji lanjut Duncan, (^{a–e}) Berbeda nyata ($P < 0.05$)

Persentase susut bobot pada buah apel mengalami peningkatan seiring dengan tingkat kematangan buah dan lamanya waktu penyimpanan (Dewi *et al.* 2007). Alginat berperan efektif dalam mencegah hilangnya kelembaban dan melindungi buah dari kerusakan mekanik (Pujimulyani 2009; Olivas *et al.* 2007). Penggunaan alginat 1.5% pada penelitian Olivas *et al.* (2007) sebagai *edible coating* memiliki nilai susut bobot sebesar 23% dibandingkan perlakuan kontrol yang bernilai 24.50% selama penyimpanan (Gambar 4). Semakin tinggi konsentrasi alginat akan berpengaruh terhadap susut bobot dan mempertahankan nilai nutrisi buah apel potong. Konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan lapisan lebih tebal sehingga mengurangi hilangnya kelembaban.



Gambar 4 Grafik perubahan susut bobot pada buah apel potong (Diaz *et al.* 2016; Olivas *et al.* 2007)

Tekstur

Parameter tekstur merupakan indikator penting sebagai tolak ukur kesegaran buah dan umur simpan buah. Parameter *hardness* berkorelasi dengan terjadinya proses pematangan pada buah sehingga menyebabkan buah menjadi lunak dan sudah tidak segar saat penyimpanan (Darmajana *et al.* 2017). Rendahnya nilai *hardness* menunjukkan bahwa buah sudah mencapai puncak klimakteriknya yang ditandai dengan tingginya kadar senyawa CO₂ dan etilen (Narsaiah *et al.* 2014).

Buah apel cenderung memiliki kadar air tinggi dibandingkan buah lainnya dan akan mengalami proses transpirasi sehingga dapat mempengaruhi tekstur buah apel menjadi lebih mengkerut selama penyimpanan berlangsung (Syafutri *et al.* 2006). Perbedaan nilai awal pada nilai *hardness* dipengaruhi oleh kadar senyawa etilen, kadar air, dan komposisi penyusun dinding sel (selulosa, hemiselulosa, dan pektin) pada buah apel (Sipahi *et al.* 2013; Waghmare & Annapure 2013; Martin *et al.* 2007).

Perlakuan kontrol masing-masing studi mengalami penurunan selama penyimpanan, hal ini disebabkan meningkatnya kadar CO₂ dan etilen pada buah apel potong sehingga mengalami pelunakan dan pengerutan akibat terjadinya proses transpirasi (Pessarakli 2001). Penggunaan *coating* alginat 1.5% (ALG 1.5%) pada penelitian Moreira *et al.* (2015) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar 12.98 N dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu 10.04 N pada hari ke-12. Penggunaan *coating* alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Sarengaowa *et al.* (2019) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata di hari ke-12 yaitu 10.20 N dibanding perlakuan kontrol yaitu sebesar 8.00 N pada hari ke-12 (Tabel 4).

Penurunan tekstur pada buah disebabkan terdegradasinya lapisan dinding sel buah oleh enzim poligalakturonase akibat proses pemotongan buah (Syafutri *et al.* 2006). Peran enzim poligalakturonase adalah memutus ikatan komponen pektin sehingga terjadi degradasi dinding sel yang dapat mempengaruhi jaringan buah saat terjadi pelunakan (Garg *et al.* 2016; Qian *et al.* 2016). Selama proses pematangan dan perkembangan, tekanan turgor sel selalu berubah dan menyebabkan perubahan komposisi dinding sel yang menyebabkan buah menjadi

lunak (Roiyana *et al.* 2012). Hal ini menandakan bahwa alginat dapat mempertahankan tekstur buah dikarenakan berperan sebagai *barier* terhadap lingkungan berupa suhu dan kelembaban relatif saat penyimpanan sehingga menghambat proses transpirasi pada buah apel potong (Roiyana *et al.* 2012)

Tabel 4 Perubahan nilai *hardness*

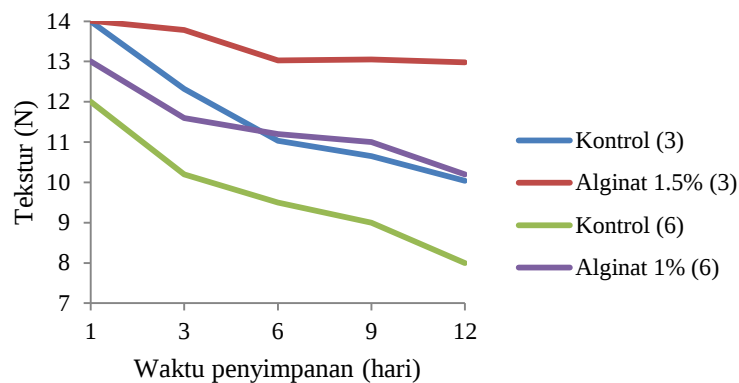
Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
2 ^B	Apel potong	Diaz <i>et al.</i> (2016)	Tekstur (N)	Kontrol	6.43 ^a	5.04 ^b	—	5.25 ^c	3.05 ^d
				ALG 2%	6.43 ^a	5.49 ^{ab}	—	5.19 ^b	4.54 ^c
3 ^A	Apel potong	Moreira <i>et al.</i> (2015)		Kontrol	14.00 ^a	12.32 ^b	11.03 ^c	10.65 ^d	10.04 ^e
		ALG 1.5%		14.01 ^a	13.78 ^{ab}	13.03 ^b	13.05 ^{bc}	12.98 ^c	
4 ^A	Apel potong	Roble <i>et al.</i> (2011)		Kontrol	27.80 ^a	26.04 ^b	25.90 ^c	24.40 ^d	23.80 ^e
				ALG 1%	29.80 ^a	28.20 ^{ab}	27.20 ^b	26.80 ^c	26.20 ^d
6 ^A	Apel potong	Sarengaowa <i>et al.</i> (2019)		Kontrol	12.00 ^a	10.20 ^b	9.50 ^c	9.00 ^d	8.00 ^e
				ALG 1%	13.00 ^a	11.60 ^{ab}	11.20 ^b	11.00 ^c	10.20 ^d

Keterangan: (—) Tidak dianalisis, (^A) Uji lanjut Duncan, (^b) Uji lanjut Tukey, (^{a-e}) Berbeda nyata (P < 0.05)

Pada penelitian Moreira *et al.* (2015) dan Sarengaowa *et al.* (2019) menggunakan alginat 1.5% mengatakan dapat mempertahankan nilai *hardness* paling baik terhadap perlakuan kontrol dibandingkan studi lainnya. Penelitian Moreira *et al.* (2015) menggunakan konsentrasi alginat yang lebih tinggi yaitu sebesar 1.5% dengan hasil yang berbeda nyata yaitu 12.98 N dibandingkan konsentrasi alginat 1% pada penelitian Sarengaowa *et al.* (2019) yaitu 10.20 N pada hari ke-12. Beberapa konsentrasi alginat yang digunakan 1%, 1.5%, dan 2% pada konsentrasi 1.5% lebih efektif dalam mempertahankan nilai *hardness* buah potong, sedangkan konsentrasi 2% dapat mempengaruhi permukaan buah menjadi kaku sehingga mudah pecah dan tidak dapat mempertahankan *hardness* buah (Voo *et al.* 2016).

Pola perubahan nilai *hardness* perlakuan kontrol menurun secara signifikan selama 12 hari penyimpanan. Penggunaan alginat 1.5% pada penelitian Moreira *et al.* (2015) dapat mempertahankan nilai *hardness* yang paling signifikan yaitu sebesar 12.98 N dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang mencapai 10.04 N selama penyimpanan (Gambar 5). *Coating* alginat bertindak sebagai *barier* buah terhadap lingkungan sekitar (suhu dan kelembaban relatif) sehingga

dapat menghambat terjadinya proses respirasi dan terdegradasinya sel dinding buah selama penyimpanan (Diaz *et al.* 2010).



Gambar 5 Grafik perubahan tekstur buah apel potong (Sarengaowa *et al.* 2019; Moreira *et al.* 2015)

Warna

Warna adalah parameter kualitas dalam menentukan titik kritis warna pada buah. Perubahan warna yang terjadi disebabkan oleh pecahnya kloroplas, kromoplas, serta perubahan pigmen alami pada buah (Yin *et al.* 2016). Pengukuran warna menggunakan alat kromameter dengan sistem warna L*, a*, dan b* kemudian dikonversi menjadi nilai °hue. Nilai L* menyatakan tingkat kecerahan, nilai a* menyatakan campuran kromatik hijau dan merah, dan nilai b* menyatakan campuran kromatik biru dan kuning (Pertiwi *et al.* 2016). Buah mangga dan pepaya memiliki pigmen alami berupa karotenoid yang menunjukkan warna mulai dari kuning, jingga, hingga merah (Novita *et al.* 2015; Davies 2000).

Buah mangga potong pada penelitian Chiumarelli *et al.* (2011), Roca *et al.* (2016), dan Sanchez *et al.* (2013) tidak menunjukkan adanya perubahan warna yaitu tetap berwarna kekuningan hingga akhir penyimpanan. Pola perubahan warna akan difokuskan pada buah pepaya potong yaitu pada penelitian Narsaiah *et al.* (2014) dan Tabassum *et al.* (2020) selama 12 hari penyimpanan. Penggunaan alginat 2% pada penelitian Narsaiah *et al.* (2014) dapat mempertahankan nilai °hue yaitu sebesar 53.29° dibandingkan dengan perlakuan kontrol sebesar 42.64° pada hari ke-12. Penggunaan alginat 2% pada penelitian Tabassum *et al.* (2020) juga diketahui dapat mempertahankan nilai °hue sebesar 56.51° dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 52.24° pada hari ke-12 (Tabel 5). *Coating* alginat

diketahui dapat mempertahankan nilai °hue dari buah pepaya potong karena alginat berperan sebagai *barier* terhadap suhu dan kelembaban sehingga menghambat proses pematangannya (Chiumarelli *et al.* 2011; Paramita 2010).

Tabel 5 Perubahan nilai °hue

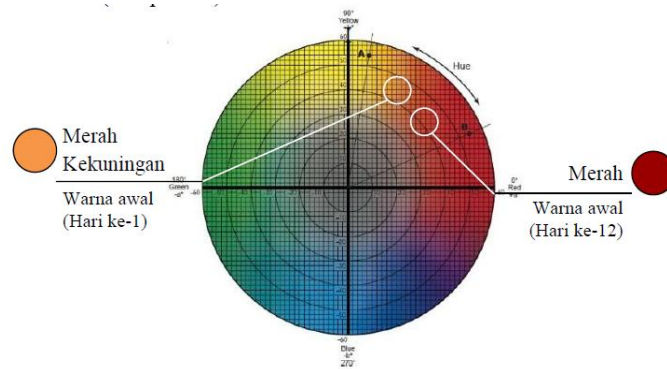
Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
15	Mangga potong	Chiumarelli <i>et al.</i> (2015)	°hue	Kontrol	77.39	–	75.83	75.24	–
				ALG 2%	77.78	–	75.78	75.43	–
16	Mangga potong	Roca <i>et al.</i> (2016)		Kontrol	93.30	97.15	93.70	95.24	–
				ALG 2%	94.81	97.01	94.74	92.94	–
17	Mangga potong	Sanchez <i>et al.</i> (2013)		Kontrol	86.80	86.10	84.20	83.20	83.00
				ALG 2%	87.60	89.00	86.80	85.00	86.00
21	Pepaya potong	Narsaiah <i>et al.</i> (2014)		Kontrol	–	52.88	48.52	44.44	42.64
				ALG 1%	–	53.50	51.14	46.69	44.44
				ALG 1.5%	–	55.44	52.67	51.14	50.22
				ALG 2%	–	54.49	55.44	53.70	53.29
23	Pepaya potong	Tabassum <i>et al.</i> (2020)		Kontrol	55.06	52.88	–	51.59	52.24
				ALG 2%	56.34	54.10	–	54.49	56.51

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

Penelitian Chiumarelli *et al.* (2011), Roca *et al.* (2016), dan Sanchez *et al.* (2013) dengan buah mangga potong tidak menunjukkan perubahan warna yaitu tetap berwarna kuning. Penelitian Narsaiah *et al.* (2014) dan Tabassum *et al.* (2020) menunjukkan perubahan warna mulai dari merah kekuningan menjadi merah selama penyimpanan (Gambar 6). Perlakuan kontrol pada penelitian Tabassum *et al.* (2020) menunjukkan warna merah kekuningan yang terbentuk atas nilai L* sebesar 23.92, nilai a* sebesar 14.97, dan nilai b* sebesar 31.95 kemudian berubah menjadi warna kemerahan yang terbentuk atas nilai L* sebesar 41.68, nilai a* sebesar 24.68, dan nilai b* sebesar 31.95 (Lampiran 5).

Perubahan warna pada buah pepaya potong disebabkan terjadinya peningkatan karotenoid selama penyimpanan. Salah satu jenis karotenoid utama pada buah pepaya dengan memberikan warna kemerahan ialah likopen. Perubahan pigmen klorofil sejalan dengan sintesis pigmen likopen sehingga warna buah menjadi kemerahan. Buah pepaya mensintesis likopen dalam jumlah banyak selama pemasakan yaitu mencapai 50% dari karotenoid total (Novita *et al.* 2015). Kandungan likopen dipengaruhi oleh proses pematangan dan jenis varietas buah

pepaya (Tabassum *et al.* 2020; Silva *et al.* 2014). Alginat menurunkan kecepatan respirasi sehingga menghambat pematangan dengan mengurangi produksi etilen dan karbondioksida sehingga likopen tidak cepat mengalami perubahan warna (Novita *et al.* 2015).



Gambar 6 Perubahan warna pepaya potong pada diagram °hue (Tabassum *et al.* 2020)

Penggunaan *coating* alginat 2% pada penelitian Tabassum *et al.* (2020) dapat mempertahankan warna kekuningan pada pepaya potong di hari ke-12 yaitu sebesar 56.51° dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang mencapai 52.24° (Gambar 7). Perubahan pengukuran warna dapat terlihat, terutama pada nilai L* dan a*. Alginat diketahui berperan dalam menghambat laju penurunan °hue sehingga dapat memperlambat perubahan warna, menunda pematangan buah karena tingkat respirasi rendah sehingga tidak terjadi reaksi enzimatik dan pencoklatan oksidatif (Brasil *et al.* 2012; Narsaiah *et al.* 2014).

Studi 23		
Perlakuan	Awal	Akhir
Kontrol		
	55.06°	52.24°
Alginat 2%		
	56.34°	56.51°

Gambar 7 Perubahan warna buah pepaya potong (Tabassum *et al.* 2020)

Analisis Kimia

Analisis kimia dilakukan pada buah klimakterik yang sudah dilapisi *edible coating* alginat selama waktu penyimpanan tertentu. Analisis kimia yang dilakukan diantaranya pH, total padatan terlarut, dan titrasi asam.

pH

Nilai pH merupakan indikator awal dalam mengevaluasi kualitas buah (Saftner *et al.* 2017). Nilai pH pada buah cenderung beragam, hal ini bergantung pada jenis buah dan tingkat pematangannya. Semakin rendah nilai pH menandakan tingginya tingkat kemasaman dari buah (Kumalasari *et al.* 2015).

Penelitian Younas *et al.* (2014) dengan *coating* alginat 2% (ALG 2%) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu nilai pH sebesar 4.49 dibandingkan perlakuan kontrol yaitu sebesar 5.22 di hari ke-12 selama penyimpanan. Penelitian Morsy & Rayan (2017) dengan *coating* alginat 2% (ALG 2%) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu nilai pH sebesar 4.32 dibandingkan dengan perlakuan kontrol nilai pH sebesar 4.96 di hari ke-12 penyimpanan (Tabel 6). Hal ini menandakan bahwa alginat dapat mempertahankan nilai pH dari buah aprikot, karena *coating* alginat dapat bertindak sebagai membran semipermeabel terhadap gas CO₂ dan O₂ yang dapat menunda pematangan (Ghasemnezhad *et al.* 2010).

Tabel 6 Pengukuran pH

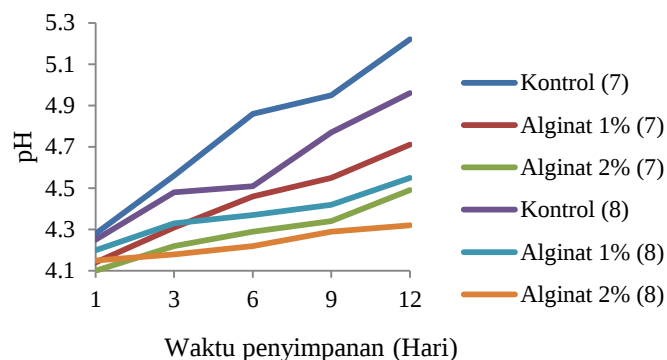
Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
7 ^A	Aprikot potong	Younas <i>et al.</i> (2014)	pH	Kontrol	4.28 ^a	4.56 ^b	4.86 ^c	4.95 ^d	5.22 ^e
				ALG 1%	4.14 ^a	4.31 ^{ab}	4.46 ^b	4.55 ^{bc}	4.71 ^c
				ALG 2%	4.10 ^a	4.22 ^{ab}	4.29 ^b	4.34 ^{bc}	4.49 ^c
8 ^A	Aprikot potong	Morsy & Rayan (2017)		Kontrol	4.25 ^a	4.48 ^b	4.51 ^c	4.77 ^d	4.96 ^e
				ALG 1%	4.20 ^a	4.33 ^{ab}	4.37 ^b	4.42 ^{bc}	4.55 ^c
				ALG 2%	4.15 ^a	4.18 ^{ab}	4.22 ^b	4.29 ^{bc}	4.32 ^c

Keterangan: (^A) Uji lanjut Duncan, (^{a-f}) Berbeda nyata (P < 0.05)

Perlakuan kontrol pada masing-masing studi cenderung mengalami peningkatan nilai pH yang dipengaruhi oleh penurunan asam organik seiring dengan meningkatnya kadar gula sederhana, hal ini disebabkan terjadinya proses pematangan pada buah aprikot (Alexandra & Nurlina 2014; Bhattarai & Gautam 2006). Peningkatan pH juga dapat disebabkan peningkatan laju respirasi akibat

proses pengupasan, pemotongan, dan aktivitas pengolahan minimal lainnya (Cofelice *et al.* 2019).

Penelitian Morsy & Rayan (2017) dengan penggunaan alginat 2% sebagai *edible coating* dapat mempertahankan nilai pH buah aprikot yang paling signifikan yaitu nilai pH sebesar 4.32 dibandingkan perlakuan kontrol yang mencapai mencapai nilai pH sebesar 4.96 selama 12 hari penyimpanan (Gambar 8). Alginat dapat mempengaruhi atmosfer internal buah dengan menurunkan oksigen yang tersedia untuk mengurangi laju respirasi menyebabkan berkurangnya pelepasan karbondioksida pada produk, sehingga perlakuan *coating* alginat dapat mempertahankan kandungan asam organik dari buah (Sarengaowa *et al.* 2019; Moraes *et al.* 2012).



Gambar 8 Grafik perubahan pH buah aprikot potong (Morsy & Rayan 2017; Younas *et al.* 2014)

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut merupakan komponen terlarut berupa glukosa, fruktosa, dan sukrosa akan mengalami peningkatan selama proses pematangan buah yang dinyatakan dalam °Brix (Kader & Kitinoja 2002). Peningkatan total padatan terlarut disebabkan adanya akumulasi gula sebagai hasil degradasi pati (Mahadin 2015). Diketahui bahwa semakin tinggi nilai total padatan terlarut maka semakin besar pula kadar kemanisan buah (Mahadin 2015).

Adanya perbedaan nilai awal pada penelitian Narsaiah *et al.* (2014) dan Tabassum *et al.* (2020) dikarenakan variasi kualitatif dan kuantitatif kadar glukosa pada pepaya dipengaruhi oleh kultivar, genotip, dan tingkat pematangannya (Xi *et al.* 2017) (Tabel 7). Penggunaan *coating* alginat 2% (ALG 2%) pada penelitian Tabassum *et al.* (2020) menunjukkan hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol sebesar 12.63 °Brix pada hari ke-12. Penggunaan

coating alginat 2% (ALG 2%) pada penelitian Narsaiah *et al.* (2014) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol sebesar 5.50 °Brix pada hari ke-12. Hal ini menandakan bahwa alginat dapat mempertahankan nilai total padatan terlarut buah pepaya potong.

Tabel 7 Pengukuran total padatan terlarut

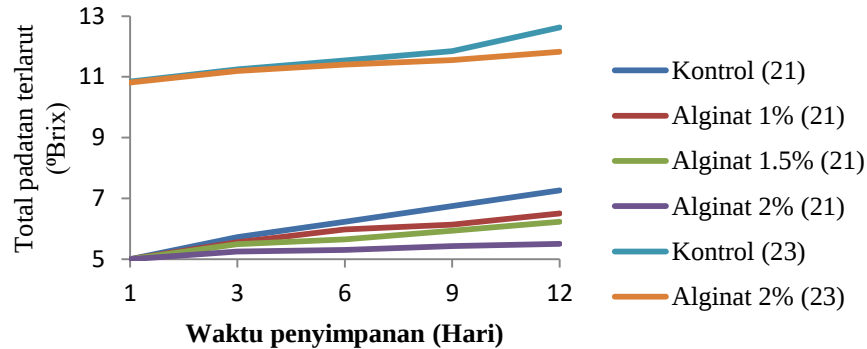
Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
21 ^A	Pepaya potong	Narsaiah <i>et al.</i> (2014)	Total padatan terlarut (°Brix)	Kontrol	5.00 ^a	5.72 ^b	6.23 ^c	6.75 ^d	7.26 ^e
				ALG 1%	5.00 ^a	5.56 ^{ab}	5.98 ^b	6.13 ^c	6.50 ^d
				ALG 1.5%	5.00 ^a	5.49 ^{ab}	5.65 ^b	5.93 ^{bc}	6.23 ^c
				ALG 2%	5.00 ^a	5.25 ^a	5.30 ^{ab}	5.43 ^{ab}	5.50 ^b
23 ^A	Pepaya potong	Tabassum <i>et al.</i> (2020)		Kontrol	10.85 ^a	11.25 ^b	11.54 ^c	11.85 ^c	12.63 ^d
				ALG 2%	10.81 ^a	11.19 ^{ab}	11.40 ^b	11.55 ^b	11.83 ^c

Keterangan: (^a) Uji lanjut Duncan, (^{a-e}) Berbeda nyata (P < 0.05)

Perlakuan kontrol pada penelitian Narsaiah *et al.* (2014) mengalami peningkatan nilai total padatan terlarut dari 5.00 menjadi 7.26 °Brix, serta penelitian Tabassum *et al.* (2020) dari 10.85 menjadi 12.63 °Brix selama 12 hari penyimpanan pada Gambar 9. Peningkatan disebabkan perubahan struktur dinding sel dan kerusakan karbohidrat kompleks menjadi gula sederhana yang berkolerasi dengan hidrolisis pati menjadi fruktosa, glukosa, dan sukrosa yang merupakan indeks penting proses pematangan pada buah pepaya potong (Fransiska *et al.* 2013). Perlakuan *coating* alginat dapat menunda pemanfaatan gula sebagai substrat pada proses respirasi dan mencegah proses transpirasi sehingga kadar air pada buah dapat dipertahankan. Kandungan air pada buah dapat mempengaruhi konsentrasi total gula pada pepaya, semakin tinggi kandungan air maka total gula rendah, sedangkan semakin rendah kandungan air maka total gula tinggi (Rathore *et al.* 2007).

Pola perubahan nilai total padatan terlarut mengalami peningkatan selama penyimpanan. Penggunaan alginat 2% pada penelitian Narsaiah *et al.* (2014) sebagai *edible coating* dapat mempertahankan nilai total padatan terlarut yang paling signifikan yaitu sebesar 5.50 °Brix dibandingkan perlakuan kontrol yang mencapai 7.26 °Brix selama 12 hari penyimpanan (Gambar 9). Bounocore *et al.* (2015) mengatakan bahwa *edible coating* dari alginat mampu membentuk lapisan yang baik sehingga oksigen terhalang masuk ke buah akibat proses respirasi dan

pematangan terhambat. Penggunaan *coating* alginat dapat mempertahankan total padatan terlarut sebagai indikasi proses pemasakan buah (Pratama & Agatha 2013).



Gambar 9 Grafik perubahan total padatan terlarut buah pepaya potong (Tabassum *et al.* 2020; Narsaiah *et al.* 2014)

Titration Asam

Perubahan total asam merupakan indikasi dari terjadinya proses pematangan pada buah. Kandungan asam organik seperti asam sitrat, malat dan asam organik lainnya akan terus mengalami penurunan selama penyimpanan sehingga diperlukan pengukuran titrasi asam yang dinyatakan dalam persen (%) (Kamaluddin & Handayani 2018).

Sebagian buah klimakterik memiliki kadar asam yang berbeda dengan pola metabolisme yang sama. Semakin rendah nilai titrasi asam menandakan bahwa proses pematangan buah yang semakin cepat (Lin *et al.* 2015; Nardoza *et al.* 2013; Osorio *et al.* 2013). Buah kiwi mengandung asam organik seperti asam malat, asam sitrat, dan asam kuinat (Latocha P. 2017; Mastromatteo *et al.* 2011).

Penggunaan alginat 2% (ALG 2%) pada penelitian Benitez *et al.* (2015) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu 0.69% dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 0.53% pada hari ke-12. Penggunaan alginat 2% (ALG 2%) pada penelitian Chiabrando *et al.* (2019) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu 0.68% dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 0.49% pada hari ke-12 (Tabel 8) Hal ini menandakan bahwa alginat dapat menghambat penurunan nilai titrasi asam.

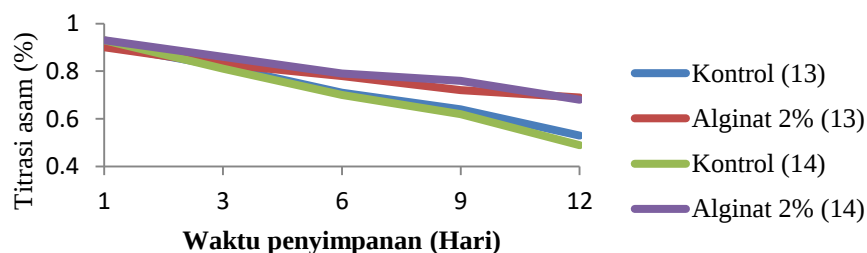
Tabel 8 Perhitungan titrasi asam

Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
13 ^B	Kiwi potong	Benitez <i>et al.</i> (2015)	Titrasi asam (%)	Kontrol	0.91 ^a	0.82 ^b	0.71 ^c	0.64 ^d	0.53 ^e
				ALG 2%	0.90 ^a	0.83 ^b	0.78 ^c	0.72 ^c	0.69 ^c
14 ^B	Kiwi potomg	Chiabrando <i>et al.</i> (2019)		Kontrol	0.93 ^a	0.81 ^b	0.70 ^c	0.62 ^d	0.49 ^e
				ALG 2%	0.93 ^a	0.86 ^{ab}	0.79 ^b	0.76 ^c	0.68 ^d

Keterangan: (^B) Uji lanjut Tukey, (^{a-e}) Berbeda nyata ($P < 0.05$)

Perlakuan kontrol pada penelitian Benitez *et al.* (2015) mengalami penurunan dari 0.91 menjadi 0.53%, sedangkan Chiabrando *et al.* (2019) mengalami penurunan nilai titrasi asam dari 0.93 menjadi 0.49% selama penyimpanan hal ini disebabkan pada buah klimakterik, jumlah asam organik akan menurun secara cepat selama penyimpanan karena terjadinya penggunaan asam organik yang terdapat dalam buah sebagai substrat untuk meningkatkan laju respirasi (Novita 2015; Novita *et al.* 2012).

Pola perubahan nilai titrasi asam pada buah kiwi potong mengalami penurunan selama penyimpanan. Penggunaan alginat 2% (ALG 2%) sebagai *edible coating* pada penelitian Chiabrando *et al.* (2019) dapat mempertahankan nilai titrasi asam yang paling signifikan yaitu sebesar 0.68% dibandingkan perlakuan kontrol yang mencapai 0.49% selama 12 hari penyimpanan (Gambar 10). Alginat dapat menghambat laju proses pematangan dan mempertahankan kandungan asam organik pada buah, hal ini membuktikan bahwa penambahan alginat dapat mempertahankan kesegaran buah kiwi dan memperpanjang umur simpannya (Chiabrando *et al.* 2016).



Gambar 10 Grafik perubahan titrasi asam buah kiwi potong (Chiabrando *et al.* 2019; Benitez *et al.* 2015)

Analisis Mikrobiologi

Analisis mikrobiologi yang dilakukan pada buah klimakterik yang sudah dilapisi *edible coating* alginat selama waktu penyimpanan tertentu diantaranya *total plate count* (TPC) serta kapang dan khamir.

Total Plate Count

Total plate count (TPC) merupakan salah satu parameter yang dapat mengindikasikan kerusakan pada berbagai komoditas pangan termasuk buah potong. Buah dapat terkontaminasi mikroorganisme akibat kontak dengan lingkungan saat proses panen atau pada saat pascapanen (Eni *et al.* 2010). Batas penerimaan mikroorganisme pada buah ialah nilai TPC sebesar $6.00 \log_{10}$ CFU/g (IFST 1999). Buah melon kuning diketahui memiliki kadar air yang tinggi sehingga memudahkan mikroorganisme untuk tumbuh selama penyimpanan (Sarengaowa *et al.* 2019; Koh *et al.* 2017).

Nilai awal TPC pada buah melon kuning potong berkisar 1 hingga $2.20 \log_{10}$ CFU/g, hal ini menandakan bahwa buah masih layak, karena berada dibawah batas penerimaan mikroorganisme. Penggunaan alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Sarengaowa *et al.* (2019) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar $6.99 \log_{10}$ CFU/g dibandingkan perlakuan kontrol yaitu sebesar $7.20 \log_{10}$ CFU/g pada hari ke-16. Penggunaan alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Koh *et al.* (2017) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar $6.00 \log_{10}$ dibandingkan perlakuan kontrol yaitu $8.90 \log_{10}$ CFU/g pada hari ke-16 (Tabel 9). Hal ini menandakan bahwa penggunaan alginat dapat menghambat aktivitas mikroorganisme.

Tabel 9 Hasil analisis TPC

Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					0	4	8	12	16
18 ^B	Melon kuning potong	Koh <i>et al.</i> (2017)	TPC (log ₁₀ CFU/g)	Kontrol	1.00 ^a	6.00 ^b	7.01 ^c	8.00 ^d	8.90 ^e
19 ^A				ALG 1%	2.20 ^a	2.80 ^{ab}	5.00 ^b	5.20 ^c	6.00 ^d
	Melon kuning potong	Sarengaowa <i>et al.</i> (2019)		Kontrol	2.00 ^a	3.82 ^b	5.80 ^c	7.00 ^d	7.20 ^e
				ALG 1%	2.00 ^a	2.60 ^{ab}	5.01 ^b	6.05 ^c	6.99 ^d

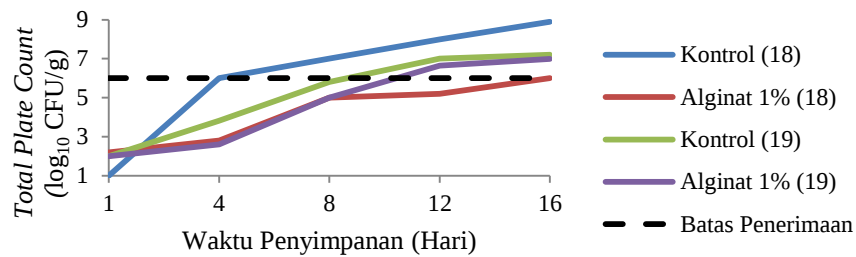
Keterangan: (^A) Uji lanjut Duncan , (^B) Uji lanjut Tukey, (^{a-d}) Berbeda nyata (P < 0.05)

Perlakuan kontrol pada penelitian Koh *et al.* (2017) dan penelitian Sarengaowa *et al.* (2019) melewati batas penerimaan di hari ke-4 hingga ke-8, hal ini disebabkan proses pematangan buah melon kuning berlangsung dengan cepat (Sudjatha 2017). Proses pematangan tersebut akan menghasilkan gula sederhana seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa yang kemudian menjadi substrat pertumbuhan mikroorganisme (Rojas *et al.* 2009). Keberadaan gula sederhana menyebabkan munculnya mikroorganisme sehingga mempercepat proses pembusukan buah (Tabassum *et al.* 2020; Verma *et al.* 2010).

Aktivitas mikroorganisme akan berlangsung dengan cepat dikarenakan didukung oleh kadar air melon kuning yang tinggi yaitu mencapai 92% (Khairi *et al.* 2017; Raybaudi *et al.* 2009). Mikroorganisme dominan yang menyebabkan kontaminasi ialah bakteri *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan kapang *Aspergillus niger* (Sarengaowa *et al.* 2017; Pitt & Hocking 2009). Perlakuan alginat 1% pada penelitian Sarengaowa *et al.* (2019) melewati penerimaan ambang batas di hari ke-12 yaitu 6.05 log₁₀ CFU/g selama 16 hari penyimpanan (Gambar 11). Menurut Munira *et al.* (2013) disebabkan lebih lamanya penyimpanan buah sebelum proses pemotongan, akibatnya dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri di dalam buah utuh. Olivas & Barbosa (2005) juga mengatakan kehadiran mikroorganisme pada buah potong hasil dari pencucian, pengupasan, dan pengirisan di bawah kondisi tidak higienis dengan kontaminasi yang datang dari peralatan dan material yang digunakan.

Pola perubahan nilai TPC perlakuan alginat 1% pada penelitian Koh *et al.* (2017) masih layak dikonsumsi karena tidak melewati batas penerimaan (6.00 log₁₀ CFU/g) selama penyimpanan. Penggunaan alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Koh *et al.* (2017) sebagai *edible coating* dapat menghambat terjadinya kontaminasi yang paling signifikan yaitu sebesar 6.00 log₁₀ CFU/g dibandingkan perlakuan kontrol yang mencapai 8.90 log₁₀ CFU/g di hari ke-8 hingga ke-16 selama penyimpanan. Hal ini disebabkan alginat mengandung gugus aktif yang berfungsi sebagai antibakteri dengan menghambat pertumbuhan terhadap bakteri (Afriani 2019). Ion hidroksil (OH⁻) berperan aktif menghambat pertumbuhan bakteri. Mekanisme penghambatannya berupa menghambat pembentukan dan merusak membran sitoplasma mikroorganisme sehingga menyebabkan keluarnya

material esensial intraseluler seperti nitrogen, air, dan karbon dari mikroorganisme (Prasetyo 2016).



Gambar 11 Grafik pertumbuhan TPC buah melon kuning potong (Sarengaowa *et al.* 2019; Koh *et al.* 2017)

Kapang dan Khamir

Analisis kapang dan khamir merupakan parameter mikrobiologi lainnya dalam menentukan umur simpan buah. Kapang merupakan mikroorganisme multiseluler yang umumnya tumbuh pada buah dengan suhu optimal sekitar 25 hingga 30 °C (Mursito 2003). Khamir merupakan mikroorganisme bersel tunggal yang dapat hidup di kondisi aerob dan anaerob (SNI 2019). Kapang dan khamir memerlukan faktor intrinsik dan ekstrinsik untuk tumbuh (Putri 2016).

Buah semangka termasuk ke dalam buah yang tinggi akan kadar air yaitu berkisar 91% hingga 92%, hal ini menyebabkan buah semangka menjadi mudah untuk ditumbuhi kapang dan khamir selama penyimpanan (Sipahi *et al.* 2013; Shan *et al.* 2007). Penggunaan *coating* alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Sipahi (2012) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar 1.83 log₁₀ CFU/g dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 6.30 log₁₀ CFU/g pada hari ke-16. Penggunaan alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Sipahi *et al.* (2013) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar 1.42 log₁₀ CFU/g dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 6.60 log₁₀ CFU/g pada hari ke-16 (Tabel 10). Hal ini menandakan bahwa perlakuan alginat berperan sebagai *barier* terhadap lingkungan sehingga dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas dari kapang dan khamir selama penyimpanan berlangsung.

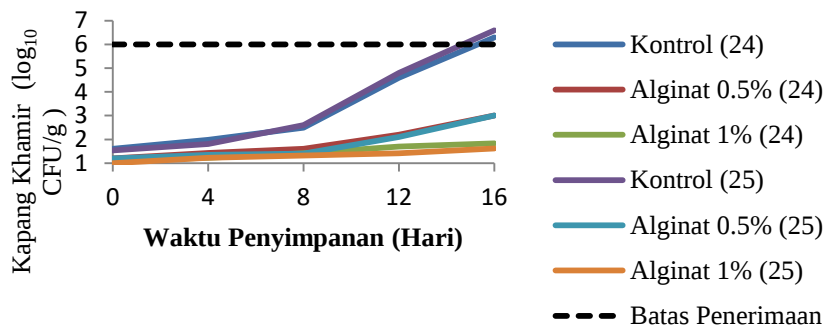
Tabel 10 Tabel perhitungan kapang dan khamir

Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					0	4	8	12	16
24 ^B	Semangka potong	Sipahi (2012)	Kapang dan khamir ($\log_{10}$ CFU/g)	Kontrol	1.60 ^a	1.98 ^b	2.50 ^c	4.60 ^d	6.30 ^e
				ALG 0.5%	1.20 ^a	1.43 ^{ab}	1.60 ^b	2.20 ^c	3.00 ^d
				ALG 1%	1.10 ^a	1.22 ^{ab}	1.41 ^b	1.70 ^{bc}	1.83 ^c
25 ^B	Semangka potong	Sipahi <i>et al.</i> (2013)	Kapang dan khamir ($\log_{10}$ CFU/g)	Kontrol	1.54 ^a	1.80 ^b	2.60 ^c	4.80 ^d	6.60 ^e
				ALG 0.5%	1.20 ^a	1.00 ^{ab}	1.40 ^b	2.10 ^c	3.00 ^d
				ALG 1%	1.00 ^a	1.00 ^{ab}	1.02 ^b	1.26 ^{bc}	1.42 ^c

Keterangan: (^B) Uji lanjut Tukey, (^{a-c}) Berbeda nyata ($P < 0.05$)

Perlakuan kontrol cenderung melewati batas penerimaan ($6.00 \log_{10}$ CFU/g) di hari ke-16 penyimpanan, hal ini disebabkan kadar air dari buah semangka yang cukup tinggi sehingga menjadi media pertumbuhan kapang dan khamir (Sipahi 2012). Keberadaan gula sederhana pada buah semangka potong juga mendukung pertumbuhan kapang *Rhizopus sp.* dan khamir *Fusarium sp.* sebagai substrat untuk metabolismenya (Sipahi *et al.* 2013; Latifah 2009).

Penggunaan alginat 1% (ALG 1%) pada penelitian Sipahi *et al.* (2013) sebagai *edible coating* dapat menghambat terjadinya kontaminasi kapang khamir yang paling signifikan yaitu sebesar $1.42 \log_{10}$ CFU/g dibandingkan perlakuan kontrol yang mencapai $6.60 \log_{10}$ CFU/g pada hari ke-16 selama penyimpanan (Gambar 12). Hal ini menunjukkan bahwa *coating* alginat dapat menghambat pertumbuhan kapang dan khamir serta memperpanjang umur simpan buah semangka potong. Mekanisme penghambatan oleh alginat ialah merusak dinding sel kapang dan khamir karena ion OH^- pada alginat dapat menghambat pertumbuhan terhadap kapang dan khamir sehingga terjadi lisis yang mengakibatkan keluarnya cairan dalam jumlah besar dan menyebabkan sel mengkerut kemudian mati (Afriani 2019; Asriani *et al.* 2007).



Gambar 12 Grafik pertumbuhan kapang dan khamir pada semangka potong (Sipahi *et al.* 2013; Sipahi 2012)

Evaluasi Sensori

Evaluasi sensori merupakan parameter yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan suatu bahan yang diujikan untuk dikonsumsi (Marpaung *et al.* 2015). Penilaian evaluasi sensori terdapat lima parameter diantaranya penampakan, aroma, tekstur, warna dan penerimaan keseluruhan oleh panelis terhadap sampel yang dilapisi *coating* dari alginat. Data uji hedonik diolah menjadi skor sensori berkisar dari 1 (sangat tidak suka) hingga 9 (sangat suka) dengan batas penerimaan sebesar 4 (Rodrigues *et al.* 2017).

Salah satu buah yang digunakan untuk evaluasi sensori uji hedonik ialah buah jambu biji yang dipotong. Buah jambu biji memiliki kriteria kesegaran diantaranya warna merah jambu yang mengkilap, tidak lunak, tidak pucat, rasa, dan aroma yang manis (Kumar *et al.* 2017).

Nilai awal skor sensori buah jambu masih sesuai dengan kriteria kesegarannya yang ditunjukkan skor berkisar 6 hingga 8 di hari ke-3 (Rodriguez *et al.* 2017). Penggunaan *coating* alginat 1.5% (ALG 1.5%) pada penelitian Kumar *et al.* (2017) menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar 6.73 dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 2.13 pada hari ke 12. Penggunaan *coating* alginat (ALG 2%) pada penelitian Rodriguez *et al.* (2017) juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata yaitu sebesar 7 dibandingkan perlakuan kontrol sebesar 3.10 pada hari ke 12 (Tabel 11). Hal ini menandakan bahwa *coating* alginat dapat mempertahankan karakteristik sensori buah jambu biji potong.

Tabel 11 Perhitungan skor sensori pada buah jambu biji potong

Studi	Buah	Referensi	Parameter	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
					1	3	6	9	12
9 ^B	Jambu biji potong	Rodriguez <i>et al.</i> (2017)	Skor sensori	Kontrol	–	8.00 ^a	7.20 ^b	6.00 ^c	3.10 ^d
				ALG 2%	–	8.20 ^a	7.90 ^b	7.20 ^{bc}	7.00 ^c
10 ^B	Jambu biji potong	Kumar <i>et al.</i> (2017)		Kontrol	–	6.53 ^a	6.48 ^b	4.21 ^c	2.13 ^d
				ALG 0.5%	–	7.76 ^a	7.53 ^b	7.41 ^{bc}	5.10 ^c
				ALG 1%	–	8.06 ^a	8.01 ^{ab}	7.97 ^b	6.37 ^{bc}
				ALG 1.5%	–	8.40 ^a	7.93 ^{ab}	7.83 ^{ab}	6.73 ^b

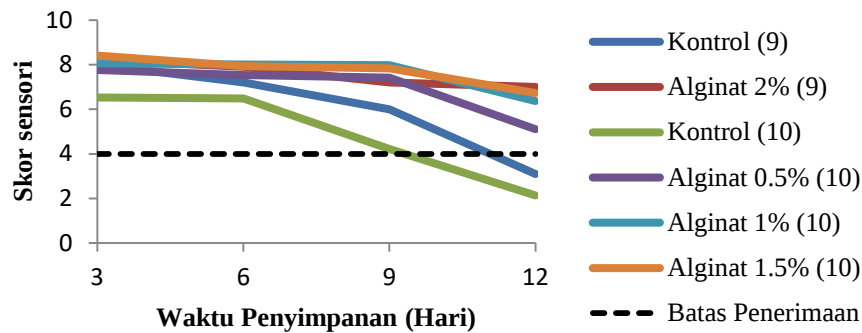
Keterangan: (–) Tidak dianalisis, (^B) Uji lanjut Tukey, (^{a–d}) Berbeda nyata ($P < 0.05$)

Perlakuan kontrol pada penelitian Rodriguez *et al.* (2017) melewati batas penerimaan skor sensori (4) di hari ke-9, sedangkan penelitian Kumar *et al.* (2017) melewati batas penerimaan di hari ke-12 sehingga menandakan bahwa buah jambu biji potong sudah tidak segar dan tidak layak untuk dikonsumsi (Gambar 13). Penurunan karakteristik sensori buah jambu biji potong ditandai dengan tekstur yang lunak, warna kuning kecoklatan, aroma, dan rasa seperti alkohol akibat meningkatnya laju respirasi dan produksi etilen saat pematangan pada buah jambu biji potong (Mulato 2015).

Penurunan warna buah jambu biji potong menjadi kuning kecoklatan disebabkan hilangnya zat klorofil akibat degradasi struktur klorofil (Kumar *et al.* 2017). Pelunakan tekstur buah disebabkan terjadinya degradasi dinding sel dan komponen intraseluler kemudian dipercepat dengan aktivitas mikroorganisme (Kumar *et al.* 2017). Terbentuknya aroma dan rasa seperti alkohol pada buah jambu biji potong disebabkan terjadinya penguraian komponen organik buah seperti karbohidrat, asam organik, asam amino, dan protein menjadi ester, aldehida, alkohol, dan keton (Ali *et al.* 2011).

Pola perubahan skor sensori buah jambu biji potong mengalami peningkatan selama penyimpanan. Penggunaan alginat 2% (ALG 2%) pada penelitian Rodriguez *et al.* (2017) sebagai *edible coating* dapat mempertahankan karakteristik sensori paling signifikan yaitu sebesar 7 dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang mencapai skor sensori 3.10 selama 12 hari penyimpanan (Gambar 13). Alginat berperan dalam mempertahankan warna pada buah jambu

biji karena menghambat pematangan, degradasi klorofil, akumulasi antosianin, dan sintesis karotenoid (Kumar *et al.* 2017; Narsaiah *et al.* 2014).



Gambar 13 Grafik perubahan skor sensori buah jambu biji potong (Kumar *et al.* 2017; Rodriguez *et al.* 2017)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kemampuan alginat sebagai bahan penyusun pada *edible coating* dapat memperlambat laju respirasi, transpirasi, menunda pemanfaatan asam organik, menahan pertukaran gas O_2 , menghambat pertumbuhan bakteri, kapang dan khamir. Selain itu juga dapat mempertahankan karakteristik sensori pada buah potong jenis klimakterik, dan memperpanjang umur simpan hingga 12 hari pada suhu rendah, terutama pada buah potong apel, pepaya, aprikot, kiwi, melon kuning, semangka, dan jambu biji.

Alginat 1.5% berperan dalam parameter fisik terutama analisis susut bobot selama 12 hari penyimpanan dengan hasil sebesar 23% dan tekstur dengan hasil sebesar 12.98 N pada apel potong serta alginat 2% pada analisis warna dapat memperlambat perubahan warna pada pepaya potong sebesar 56.51° . Alginat 2% berperan dalam parameter kimia buah potong aprikot, pepaya dan kiwi dengan pH sebesar 4.32, total padatan terlarut sebesar 5.50°Brix , dan titrasi asam sebesar 0.68%. Alginat 2% dalam evaluasi sensori pada jambu biji potong dapat mempertahankan karakteristik sensori dengan skor 7. Analisis mikrobiologi alginat 1% pada TPC menghambat terjadinya kontaminasi sebesar $6.00 \log_{10}$ CFU/g pada buah melon kuning potong serta kapang dan khamir berperan dalam

menghambat pertumbuhan kapang dan khamir sebesar $1.42 \log_{10}$ CFU/g pada buah semangka potong selama 16 hari penyimpanan.

Saran

Kajian lebih lanjut diperlukan pengaplikasian *edible coating* alginat pada komoditas buah lokal Indonesia yang rentan mengalami kerusakan, sekaligus penambahan bahan aktif secara selektif agar pengaruh bahan yang dianalisis menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [SNI]. 2009. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan*. Jakarta (ID): SNI 7388.
- Afriani, Winda. Uji perbandingan aktivitas antibakteri serbuk alginat rumput laut coklat (*Sargassum sp.*) dengan variasi agen pengekstrak [skripsi]. Aceh (ID): Universitas Islam Negeri Ar-raniry Darussalam.
- Agulhon, Velina, Robitzer. 2012. Structure of alginate gels: interaction of diuronate units with divalent cations from density functional calculations. *Biomacromolecules*. 13: 1899–1907.
- Alexandra, Nurlina. 2014. Aplikasi *edible coating* dari pektin jeruk Songhi Pontianak (*Citrus nobilis* var *Microcarpa*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 3(4): 11–20.
- Ali, Muhammad, Sijam. 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya L.*) fruit during cold storage. *Food Chem*. 124(2): 620–626.
- Anshar, Wahab W. 2013. Ekstrak Na alginat sebagai *edible coating* terhadap proses pematangan buah mangga. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains dan Teknologi*. 4: 19 – 28
- Asriani, Betty, Sedarnawati. 2007. Mekanisme antibakteri metabolit *Lb. plantarum* kik dan monoasilgliserol minyak kelapa terhadap bakteri patogen pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 18(2): 126–133.
- Baldwin. 2007. *Surface treatments and edible coatings in food preservation*. New York (US): CRS Press.
- Benitez, Achaerandio, Pujola. 2015. Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh cut fruits: A case of study with kiwifruit slices. *LWT-Food Science and Technology*. 61: 184–193.
- Bernd HA. 2009. *Alginates: Biology and Applications*. London (GB): Springer Verlag Berlin Heidelberh.
- Bhattarai, Gautam. 2006. Effect of harvesting method and calcium on postharvest physiology of tomato. *Nepal Agric. Res. J.* 7: 37–41.
- Bounocore GG, Conte, Del. 2005. Use of a mathematical model to describe the barrier properties of edible film. *Journal of Food Science*. 70(2): 142–147.
- Braccini I, Perez. 2001. Molecular basis of Ca^{2+} induced gelation in alginates and pectins: The egg box model revisited. *Biomolecules*. 2(4): 1089–1096.
- Brasil, Gomes, Puerta. 2012. Polysaccharide based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh cut papaya. *Food Science and Technology*. 47: 39–45.
- Budiman. 2011. Aplikasi pati singkong sebagai bahan baku *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan pisang *Cavendish* (*Musa cavendishii*) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Campbell. 2012. *Biologi Jilid 1*. Jakarta (ID): Erlangga.
- Chiabrando V, Giovanna C. 2016. Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 28(3): 201– 207.

- Chiabrando, Giovanna. 2019. Effects of citrus essential oils incorporated in alginate coating on quality of fresh cut Jintao kiwifruit. *Journal of Food and Nutrition Research*. 58(2): 177–186.
- Chiumarelli, Ferrari, Hubinger. 2011. Fresh cut ‘Tommy Atkins’ mango pre treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 12: 381–387.
- Cofelice, Francesco, dan Fransesca. 2019. Quality control of fresh cut apples after coating application. *Foods*. 8(189): 1–11.
- Darmajana, Nok, Enny. 2017. Pengaruh pelapis dapat dimakan dari karagenan terhadap mutu melon potong dalam penyimpanan dingin. *Agritech*. 37(3): 280–287.
- Davies J. 2000. Tomatoes and Health. *Journal of Social Health*. 120(2): 81–82.
- Dewi WD, Nafi, Indira. 2007. Pengaruh pemberian minyak atsiri vanili dan kemangi dalam *edible coating* alginat sebagai antibakteri *fresh cut* Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) [skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Dhanapal A, Sasikala P, Rajamani L, Kavitha V, Yashimi G, Banu MS. 2012. Edible film for polysaccharides. *Food Science and Quality Management*. 3: 9–18.
- Diaz, Corral, Sepulveda. 2016. Alginate coatings containing high levels of isoleucine improve aromatic and standard quality in fresh cut apple. *Eur. J. Hortic. Sci.* 81(3): 175–184.
- Donhowe IG, Fennema, 2001. The effects of plastisizer on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methyl cellulose films. *J. Food Process and Pre serv.* 17: 247-257.
- Eni, Oluwawemitan, Oranusi. 2010. Microbial quality of fruits and vegetables sold in Sango Ota, Nigeria. *African Journal of Food Science*. 4(5): 291–296.
- Fauziati, Yuni A, Ageng P. 2016. Pemanfaatan stearin kelapa sawit sebagai *edible coating* pada buah jeruk. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 10(1): 64-69.
- Fransiska, Rofandi, Budianto. 2013. Karakteristik fisiologi manggis dalam penyimpanan atmosfer termodifikasi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2(1): 1–6.
- Garg, Singh, Kaur. 2016. Microbial pectinase: an ecofriendly tool of nature for industries. *3 Biotech*. 6(1): 1–13.
- Ghasemnezhad, Shiri, Sanavi. 2010. Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Casp. J. Environ. Sci.* 8(1): 25–33.
- Haerunnisa. 2008. Analisa kualitas dan formulasi alginat hasil ekstraksi *Sargassum filipendula* untuk pembuatan minuman suplemen serat dalam bentuk *effervescent* [skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Harris H. 2001. Kemungkinan penggunaan *edible film* dari pati tapioka untuk pengemas lempuk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 3(2): 99–106.

- Hassan B, Shahzad, Abdullah. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 109: 1095–1107.
- Hasbullah R. 2006. Teknologi pengolahan minimal. *Food Review*. 1(10): 40–45.
- Hegazy. 2017. The effect of edible coating on the quality attributes and shelf life of persimmon fruit. *Current Science International*. 6(4): 880–890.
- Hewett EW. 2006. An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products. *Int. J. Postharv. Technol. Innov.* 1(1): 4–15.
- Institute of Food Science and Technology. 1999. *Development and Use of Microbiological Criteria for Food*. United Kingdom (GBR): IFST.
- Irawan M. 2007. Glukosa dan metabolisme energi. *Poltron Sports Science & Performance Lab*. 1(6): 1–8.
- Johansyah, Erma, Endang. 2014. Pengaruh plastik pengemas LDPE, HDPE, dan PP terhadap penundaan kematangan buah tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 22(1): 46–57.
- Julianti E, Nurminah. 2006. *Buku Ajar Teknologi Pengemasan*. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Kader, Kitinaja. 2002. *Small Scale Postharvest Handling Practices: A Manual for Horticultural Crops (4th edition)*. California (US): Postharvest Horticulture Series.
- Kamaluddin, Handayani. 2018. Pengaruh perbedaan jenis hidrokoloid terhadap karakteristik *fruit leather* pepaya. *Edufortech*. 3(1): 24–32.
- Khairi AN, Falah AF, Pamungkas PA. 2017. Analisis mutu pascapanen melon (*Cucumis melo L.*) kultivar *glamour sakata* selama penyimpanan. *Journal Chemica*. 4(2): 47–52.
- Koh, Adzahan, Zainal. 2017. Application of edible coatings and repetitive pulsed light for shelf life extension of fresh cut cantaloupe. *Postharvest biology and technology*. 129: 64–78.
- Kumalasari, Ekafitri, Desnilasari. 2015. Pengaruh bahan penstabil dan perbandingan bubur buah terhadap mutu sari buah campuran pepaya nanas. *J.Hort*. 25(3): 266–276.
- Kumar, Singh, Kohli. 2017. Post harvest changes in functional and sensory properties of guava (*Psidium guajava* L. cv. Pant Prabhat) fruits as influenced by different edible coating treatments. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(6): 1109–1116.
- Latifah. 2009. Pengaruh *edible coating* ubi jalar putih (*Ipomoea batatas L.*) terhadap perubahan warna apel potong segar [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Latocha P. 2017. The nutritional and health benefits if kiwiberry (*Actinidia arguta*) – A review. *Plant Foods Human Nutrition*. 72: 325–334.
- Lamona. 2015. Pengaruh jenis kemasan dan penyimpanan suhu rendah terhadap perubahan kualitas cabai merah keriting segar. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 3(2): 145–142.
- Lin, Wang, Dong. 2015. Transcriptome and metabolome analysis of sugar and organic acid metabolism in ponkan fruit during maturation. *Gene*. 554: 64–74.

- Mahadin. 2015. Aplikasi *edible coating* berbasis pati singkong untuk memperpanjang umur simpan buah naga terolah minimal [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Maman, Mala DM, Sutrisniati D. 2006. Formulasi alginat dan pektin sebagai bahan *edible coating* untuk salak (*Salacca edulis*) siap saji. *J.Agro Based Industry*. 23(1): 32–40.
- Marpaung, Susilo, Argo. 2015. Pengaruh penambahan konsentrasi CMC dan lama pencelupan pada proses *edible coating* terhadap sifat fisik Anggur Merah (*Vitis vinifera* L.). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(1): 67–73.
- Martin, Rico, Frias. 2007. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: A review. *Trends Food Sci. Tech*. 18: 210–218.
- Mastromatteo, Conte. 2011. Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Food Research International*. 44: 1224 –1230.
- McHugh. 2003. *A guide to the seaweed industry*. Roma (ITA): FAO Fisheries Technical.
- Miskiyah, Widaningrum, C Winarti. 2009. *Formulasi dan Aplikasi Edible Coating pada Paprika (Capsicum annum) untuk Meningkatkan Masa Simpan Minimal 10 Hari*. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Moraes, Cristiane, Maria. 2012. Conservation of William Pear using edible coating with alginate and carrageenan. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 32(4): 679 – 684.
- Moreira, Lucia, Olga. 2015. Effects of polysaccharide-based edible coating enriched with dietary fiber on quality attributes of fresh cut apples. *J Food Sci Technol*. 21(3): 1–10.
- Morsy NE, Rayan AM. 2019. Effect of different edible coatings on biochemical quality and shelf life of apricots (*Prunus armeniaca* L. cv Canino). *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13(8): 3173–3182.
- Mulato FY. 2015. Klasifikasi kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan menggunakan model fuzzy [skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Negeri Yogyakarta.
- Munira, Rosnah, Zaulia. 2013. Effect of postharvest of whole fruit on physicochemical and microbial changes of fresh cut cantaloupe. *International Food Research Journal*. 20(1): 501–508.
- Mursito B. 2003. *Ramuan Tradisional untuk Pelangsing Tubuh*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Nair, Alok, Charanjit. 2018. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*. 240: 245–252.
- Nardozza, Boldingh, Osorio. 2013. Metabolic analysis of kiwifruit berries from extreme genotypes reveals hallmarks for fruit starch metabolism. *J. Exp. Bot*. 64: 5049–5063

- Narsaiah, Wilson, Gokul. 2014. Effect of bacteriocin incorporated alginate coating on shelf life of minimally processed papaya (*Carica papaya L.*). *Postharvest Biology and Technology*. 100: 212–218.
- Nisah K, Barat YM. 2019. Efek *edible coating* pada kualitas alpukat (*Persea America Mill*) selama penyimpanan. *Amina: Aplikasi analisis kimia kuantitatif untuk pemantauan kadar obat (therapeutic drugs monitoring)*. 1(1): 11–17.
- Novita, Satriana, Martunis. 2012. Pengaruh pelapisan kitosan terhadap sifat fisik dan kimia tomat segar (*Lycopersicum pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 4(3): 1–8.
- Novita, Satriana, dan Etria. 2015. Kandungan likopen dan karotenoid buah Tomat pada berbagai tingkat kematangan: pengaruh pelapisan dengan kitosan dan penyimpanan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 7(1): 35–39.
- Novitasari R. 2017. *Proses Respirasi Seluler pada Tumbuhan*. Yogyakarta (ID): Universitas Negeri Yogyakarta.
- Olivas, Barbosa. 2005. Edible coating for fresh cut fruits. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 45: 657–670.
- Olivas, Mattinson, Barbosa. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples. *Postharvest Biology and Technology*. 45: 89–96.
- Opara, Ani. 2010. Antioxidant contents of pre packed fresh cut versus whole fruit and vegetables. *British Food Journal*. 112(8): 797–810.
- Osorio, Scossa, Fernie. 2013. Molecular regulation of fruit ripening. *Front. Plant Sci*. 4: 198.
- Paramawati R. 2001. Kajian fisik dan mekanik terhadap karakteristik film kemasan organik dari α -zein jagung [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Paramita O. 2010. Pengaruh membran terhadap perubahan pola respirasi, produksi etilen, dan jairngan buah Mangga (*Mangifera indica L*) varietas Gedong gincu pada berbagai suhu penyimpanan. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 2(1): 29–38.
- Parreidt, Martina, Isabell. 2019. The development of a uniform alginate based coating for cantaloupe and strawberries and the characterization of water barrier properties. *Foods*. 8: 1–21.
- Pertiwi, Hani. 2016. Ekstraksi fotosensitizer feofitin dari daun papaya (*Carica papaya L.*) dan aplikasinya sebagai fotodegradasi zat warna *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Negeri Semarang.
- Pessarakli M. 2001. *Handbook of Plant and Crop Physiology*. New York (US): Marcel Dekker.Inc.
- Pitt, Hocking. 2009. *Fungi and Food Spoilage*. New York (US): Springer-Verlag.
- Pradana BA, Nafi, Chandra. 2017. Pengaruh pemberian *edible coating* kombinasi alginat dan minyak atsiri daun sirih (*Piper betle L.*) pada umur simpan buah jambu air varietas Dalhari (*Syzygium samarangense*) [skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- Prasetyaningrum, A., N. Rokhati, D. N. Kinasih, F. D. N. Wardhani. 2010. Karakterisasi *bioactive edible film* dari komposit alginat dan lilin lebah sebagai bahan pengemas makanan *biodegradable*. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. 2:1411–4216.
- Prasetyo H T. 2016. Ekstrak daun cengkeh sebagai antibakteri pada sediaan sabun padat [skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Pratama, Agatha. 2013. *Penyimpanan Bebuahan Utuh*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pujimulyani D. 2009. *Teknologi Pengolahan Sayur-sayuran dan Buah-buahan*. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.
- Purwanti, Jamaluddin, Kadirman. 2017. Penguapan air dan penyusutan irisan ubi kayu selama proses pengeringan menggunakan mesin *cabinet dryer*. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 3: 127–136.
- Putri DP. 2016. Uji cemaran kapang, khamir dan bakteri *Staphylococcus aureus* pada simplisia jamu kunyit di Pasar Gede Surakarta [skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Qian, Zhang, Yan. 2016. Identification and expression analysis of polygalacturonase family members during peach fruit softening. *International Journal of Molecular Sciences*. 17(11): 1–17
- Raghav PK, Nidhi, Mitu. 2016. Edible coating of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Scientific Research and Modern Education*. 1(1): 2455 – 5630.
- Rao, Neeta, Khilana. 2011. Effect of postharvest treatments and storage temperature on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum L.*). *Scientia Horticulturae*. 132: 18–26.
- Rasyid A. 2005. Beberapa catatan tentang alginat. *Oseana*. 30(1): 9–14.
- Rathore, Tariq, Shehla. 2007. Effect of storage on physico chemical composition and sensory properties of mango (*Mangifera indica L.*) variety dosehari. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6(2): 143–148.
- Raybaudi-Massilia, Grau, Melgar. 2008. Comparative study on essential oils incorporated into an alginate based edible coating to assure the safety and quality of fresh cut fuji apples. *Journal of food protection*. 71(6): 1150–1161.
- Raybaudi, Rosa. 2009. Edible alginate based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf life and safety of fresh cut melon. *International Journal of Food Microbiology*. 121: 313 – 327.
- Roble, Nigel, Ronan. 2011. Alginate coating as carrier of oligofructose and inulin and to maintain the quality of fresh cut apples. *Journal of Food Science*. 76(1): 19–29.
- Roca, Soliva, Welti. 2016. Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh cut mango safety and quality. *Food Control*. 66: 190–197.
- Rochman. 2007. Kajian teknik pengemasan buah pepaya dan semangka terolah minimal selama penyimpanan dingin [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rodriguez, Silvaa. 2017. Physiology and postharvest conservation of Paluma guava under coatings using Jack fruit seed based starch. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 40(2): 1–8.

- Roiyana, Izzati, Prihastanti. 2012. Potensi dan efisiensi senyawa hidrokoloid nabati sebagai bahan penunda pematangan buah. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 20(2): 40–50.
- Rojas, Fortuny, Belloso. 2009. Edible coating to incorporate active ingredients to fresh cut fruits: a review. *Trends in Food Sci Technol*. 38: 438–447.
- Saftner, Luo, McEvoy. 2017. Quality Characteristics of fresh cut watermelon slices from non treated and 1–methylcyclopropene and/or ethylene treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 44: 71–79.
- Sanchez, Maria, Isabel. 2013. Influence of alginate based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh cut Kent mangoes. *Food Science and Technology*. 50: 240–246.
- Sarengaowa, Hu, Feng. 2017. Effect of thyme oil alginate based coating on quality and microbial safety of fresh cut apples. *J Sci Food Agric*. 98: 2302–2311.
- Sarengaowa, Hu, Feng. 2019. Thyme oil alginate based edible coatings inhibit growth of pathogenic microorganisms spoiling fesh cut cantaloupe. *Food Bioscience*. 32: 1–8.
- Shan, Cai, Brooks. 2007. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *Int. J. Food Microbiology*. 117: 112–119.
- Sipahi. 2012. Alginate based edible coating to enhance quality and extend shelf life of fresh cut watermelon [tesis]. Texas (TX): Texas A&M University.
- Sipahi, Perez, Moreira. 2013. Improved multilayered antimicrobial alginate based edible coating extends the shelf life of fresh cut watermelon. *Food Science and Technology*. 51: 9–15.
- Silva, Arauji, Lima. 2014. Identification of phenolic compound and evaluation of antioxidant and antimicrobial ptoperties of *Euphorbia tirucalli* L. *Antioxidants*. 3: 159–175.
- Soesanto, Tri. 2006. Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen. Yogyakarta (ID): Akademika.
- Stabler C, Wilks, Sambanis. 2001. The effects of alginate composition on encapsulated betaTC3 cells. *Biomaterials*. 22(11): 1301 – 1310.
- Subaryono, Peranginangin. 2009. Perbaikan viskositas alginat dari *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurens* menggunakan CaCO₃ dan Locust Bean Gum (LBG). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 4(2): 131–139.
- Sudjatha, Wisaniyasa. 2017. *Fisiologi dan Teknologi Pascapanen*. Bali (ID): Udayana University Press.
- Syafutri, Pratama, Saputra. 2006. Sifat fisik dan kimia buah mangga (*Mangifera indica* L) selama penyimpanan dengan berbagai metode pengemasan. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan*. 17(1): 1–11.
- Tabassum, Khan. 2020. Modified atmosphere packaging of fresh cut papaya using alginate based edible coating: quality evaluation and shelf life study. *Scientia Horticulturae*. 259: 1–9.
- Taris ML, Winarso, Ketty. 2015. Kriteria pemasakan buah Pepaya (*Carica papaya* L.) IPB Callina dari beberapa umur panen. *J. Hort Indonesia*. 6(3): 172 – 176.

- Valero, Maria. 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. New York (US): CRC Press.
- Verma, Upadhyay, Solomon. 2010. Functional analysis of sucrose phosphate syntase (SPS) and sucrose synthase (SS) in sugarcane cultivars. *Plant biology*. 13: 325–332.
- Voo, Chien, Aminul. 2016. Calcium alginate hyrogel beads with stiffness and extended dissolution behavior. *European Polymer Journal*. 75: 343–353.
- Vu CHT, Won K. 2013. Novel water resistant UV activated oxygen indicator for intelligent food packaging. *Food Chemistry*. 140(2): 52–56.
- Waghmare, Annapure. 2013. Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality fresh cut papaya. *Postharvest Biology and Technology*. 85(12): 147–153.
- Waryat, Yosi. 2020. Implementasi jenis kemasan untuk memperpanjang umur simpan sayuran pakcoy. *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(1): 33–45.
- Widyani R, Suciati. 2008. *Prinsip Pengawetan Pangan*. Cirebon (ID): Swagati Press.
- William JC. 2003. Progress in structural materials for aerospace systems. *Acta Materialia*. 51: 5775–5799.
- Winarti, Miskiyah, Widaningrum. 2012. Teknologi produksi dan aplikasi pengemas *edible* antimikroba berbasis pati. *J. Litbang Pert*. 31(3): 85–93.
- Xi, Zeng, Lu. 2017. Comparative analysis of three types of peaches: identification of the key individual characteristics flavor compounds by integrating consumer's acceptability with flavor quality. *Horticult. Plant J*. 3: 1–12.
- Younas, Butt, Pasha. 2014. Development of zinc fortified chitosan and alginate based coating for apricot. *Pak. J. Agri. Sci*. 51(4): 1033–1039.
- Yunizal. 2004. *Teknologi Pengolahan Alginat*. Jakarta (ID): Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan.
- Yustina, Diah, Gede. 2017. Studi pengaruh jenis kemasan dan ketebalan plastik karakteristik mutu rebung bambu tabah (*Gigantochloa nigrociliata* KURZ) kering. *Jurnal Pertanian*. 3(5): 1–10.