

KARAKTERISASI KOMPOSIT *EDIBLE FILM* BUAH KOLANG-KALING (*Arenga Pinnata*) DAN LILIN LEBAH (*Beeswax*)

[Characterization of Composite Edible Film Derived from Palm Fruit
(*Arenga pinnata*) and Beeswax]

Budi Santoso

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662
Telp. (0711) 580664 Fax. (0711) 580279
Email : Budi@474.telkom.net

Diterima 10 April 2006 / Disetujui 15 November 2006

ABSTRACT

The objective of this research was to study of the characteristics of edible film after addition of different concentrations of kolang-kaling and beeswax. The research used of Factorial Block Randomized Design with two treatments and each treatment was replicated three times. The first treatment was concentrations of the kolang-kaling (5%, 10%, 15% and 20%), and the second treatment was concentrations of the beeswax (0%, 0,5%, 1%, and 1,5%). The parameters were water content, tensile strength, elongation percentage, thickness, and water vapor transmission rate. The result showed that the addition of different concentrations of kolang-kaling and beeswax significantly affected the water content, tensile strength, elongation percentage, thickness, and water vapor transmission rate. The thickness increased with the increasing concentrations of kolang-kaling and beeswax. The water vapor transmission rate, tensile strength, and elongation percentage were decreased. The tensile strength, elongation percentage, thickness, and water vapor transmission rate of edible film were 0,342 Kgf cm⁻², 52,5%, 0,025 mm and 53,439 gm²hari⁻¹ respectively. The best treatment was achieved by using concentration of kolang-kaling at 5% and concentration of beeswax at 1,5%.

Key words : *Edible film*, kolang-kaling, beeswax

PENDAHULUAN

Kualitas bahan makanan dapat menurun apabila terjadi interaksi antara makanan dan lingkungannya, sehingga makanan akan kehilangan cita rasa, mengalami ketengikan atau terkontaminasi mikroorganisme. Oleh karena itu makanan perlu dikemas agar kualitas dan umur simpannya dapat dipertahankan (Pranata et al., 2002). Jenis kemasan yang sudah banyak digunakan adalah plastik karena memiliki beberapa keunggulan antara lain ringan, kuat, dan ekonomis. Namun plastik juga memiliki kelemahan, yaitu bersifat *non biodegradable* sehingga dapat mencemari lingkungan. Selain itu transfer senyawa-senyawa dari kemasan plastik seperti hasil samping dari degradasi polimer, residu pelarut dan biopolimerisasi ke bahan pangan yang dikemas dapat terjadi sehingga menimbulkan resiko toksikologi dan *off flavour*. Oleh karena itu perlu dicari bahan kemasan lain yang memiliki sifat seperti plastik, bersifat *biodegradable* bahkan dapat dikonsumsi manusia (*edible*). *Edible film* merupakan alternatif untuk menggantikan plastik karena bersifat *biodegradable* sekaligus bertindak sebagai barrier untuk mengendalikan perpindahan uap air, O₂, CO₂, kehilangan volatile dan perpindahan lipid.

Edible film didefinisikan sebagai lapisan tipis yang melapisi bahan pangan, bersifat *biodegradable*,

aman dikonsumsi dan berfungsi sebagai bahan pengemas produk. *Edible film* dapat menghambat kerusakan-kerusakan sehingga umur simpan produk dapat lebih lama. Kemasan ini telah banyak digunakan pada buah, sayur siap saji, produk farmasi, manisan, daging, unggas, dan *seafood*.

Menurut McHught dan Krochta (1994), bahan utama pembentuk *edible film* adalah biopolimer seperti protein, karbohidrat, lipid dan campurannya. Sumber protein yang dapat digunakan untuk bahan baku *edible film* adalah jagung, gandum, kacang kedele, gelatin, kolagen dan sumber protein lainnya seperti ikan, telur, dan serum (Gennadios et al., 1994). Sumber karbohidrat yang biasa digunakan untuk bahan *edible film* adalah pati, alginat, selulosa dan derivatnya. Komponen protein dan karbohidrat dapat melekat dan mempunyai permeabilitas gas yang rendah tetapi tidak tahan terhadap difusi uap air. Sebaliknya lipid seperti lilin (*waxes*), asilgliserol, dan asam-asam lemak mempunyai daya penghalang yang efektif terhadap uap air.

Selanjutnya Kamper dan Fennema (1984), menyatakan bahwa film komposit dapat diformulasikan dengan mengkombinasikan kedua keunggulan masing-masing komponen sehingga dapat diperoleh karakteristik *edible film* yang baik. Menurut Krochta et al., (1994), jika yang diinginkan sifat hidrofobik maka lipid dapat memberikan kontribusinya untuk menahan

uap air, sedangkan komponen karbohidrat dan protein berperan untuk membentuk matriks yang lebih tahan.

Salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *edible film* adalah kolang-kaling. Menurut Mahmud dan Amrizal (1991), kolang-kaling mengandung pati sekitar 3,39 % dari berat buah, dengan demikian kolang-kaling dapat digunakan sebagai bahan baku *edible film* kategori hidrokoloid. Keunggulan dari kolang-kaling jika digunakan sebagai sumber bahan baku *edible film* adalah etersediaannya sepanjang tahun, mudah didapat, harga relatif murah dan secara ekonomis bernilai rendah karena kolang-kaling hanya dimanfaatkan pada bulan Ramadhan sebagai menu untuk berbuka puasa. Lilin lebah (*beeswax*) merupakan komponen lipid yang diperoleh dari ampas perasan madu yang dimasak dan kemudian disaring sehingga diperoleh lilin. Keunggulan lilin lebah sebagai bahan baku *edible film* adalah tergolong *food grade*, tersedia sepanjang tahun, penggunaan masih sangat terbatas, harga relatif murah, dan mudah diperoleh.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kombinasi kolang-kaling dan lilin lebah yang dapat membentuk *edible film* komposit dan mempelajari karakteristik *edible film* komposit.

METODOLOGI

Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian, dan Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada bulan Oktober 2005.

Bahan dan alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) aquadest, 2) CMC, 3) gliserol, 4) kolang-kaling, dan 5) lilin lebah. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) gelas ukur, 2) timbangan, 3) pisau, 4) baskom, 5) blender, 6) penyaring, 7) Magnetic stirrer, 8) oven, 9) inkubator, 10) cawan, 11) Penetrometer, 12) Colour Checker dan 13) Mikroskop Nikon FX 35.

Metode

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) dengan dua faktor yang terdiri dari empat taraf perlakuan. Tiap-tiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

Faktor I : Konsentrasi kolang-kaling (A) :

- A1 = 5 % (b/v)
- A2 = 10 % (b/v)
- A3 = 15 % (b/v)
- A4 = 20 % (b/v)

Faktor II : Konsentrasi Lilin lebah (B) :

- B2 = 0,5 % (b/v)
- B3 = 1,0 % (b/v)
- B4 = 1,5 % (b/v)

Parameter yang diamati adalah analisa kadar air, ketebalan, kuat tarik, persen perpanjangan, dan uji laju transmisi uap air, warna dan mikrostruktur.

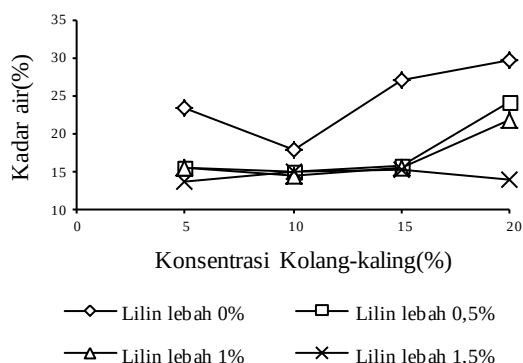
Cara kerja pada penelitian ini adalah :

1. Kolang-kaling dipotong dengan pisau dan selanjutnya diblender dengan penambahan air sebanyak 1:1 sehingga menjadi bubur buah.
2. Bubur buah yang terbentuk selanjutnya disaring dengan saringan ukuran 60 mesh untuk menghilangkan kotoran, kemudian hasil saringan dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi aquadest sebanyak 66,5 ml sampai 98 ml sesuai dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah sampai volume akhir larutan 110 ml lalu dipindahkan ke dalam gelas beaker kemudian dipanaskan pada suhu 70 °C selama 25 menit sambil diaduk dengan magnetic stirrer.
3. Setelah itu dilakukan penambahan gliserol sebanyak 1% (b/v) berfungsi sebagai plastisizer pertahankan selama 15 menit, selanjutnya ditambah CMC 1% (b/v) bertujuan untuk emulsifier antara bubur buah kolang kaling dengan lilin lebah. Suhu tetap dipertahankan 70°C dan diamkan selama 15 menit.
4. Kemudian lilin lebah dimasukkan dan pemanasan dilanjutkan pada suhu 80 °C selama 15 menit agar reaksi antar komponen pembentuk film dapat berlangsung dengan sempurna. Lalu larutan dituangkan ke dalam cawan sebanyak 20 ml.
5. Setelah itu dimasukkan ke dalam oven pengering selama 10-12 jam pada suhu 50 °C kemudian dimasukkan ke dalam desikator.
6. Setelah dingin, film kemudian diambil dan dimasukkan dalam wadah plastik tertutup dan diletakkan dalam stoples kedap udara.
7. Selanjutnya, pengamatan dilakukan yang meliputi kadar air, ketebalan, kuat tarik, persen perpanjangan, uji laju transmisi uap air, warna dan mikrostruktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kadar air *edible film* komposit berkisar 13,69% sampai 29,63%. Kadar air *edible film* komposit tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 0% dan kadar air terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% dan lilin lebah 1,5%. Rata-rata kadar air *edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap kadar air *edible film* komposit.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling, lilin lebah, dan interaksi kolang-kaling dan lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air *edible film* komposit.

Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Kadar air *edible film* komposit paling tinggi pada konsentrasi kolang-kaling 20% sebesar 22,32%. Pati banyak mengandung gugus hidroksil. Winarno (2002), menyatakan bahwa dalam molekul pati mengandung gugus hidroksil sangat besar, sehingga kemampuan menyerap air sangat besar.

Tabel 1. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap kadar air *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 10%	15,50a
Kolang-kaling 5%	16,97b
Kolang-kaling 15%	18,28c
Kolang-kaling 20%	22,32d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Kadar air *edible film* komposit paling rendah 14,38% dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 1,5%. Lilin lebah bersifat hidrofobik sehingga kemampuan lilin lebah mengikat air kecil. Menurut Girindra (1993), lilin tidak larut dalam air.

Tabel 2. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap kadar air *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Lilin lebah 1,5%	14,38a
Lilin lebah 1%	16,75b
Lilin lebah 0,5%	17,50c
Lilin lebah 0%	24,44d

Tabel 3. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah terhadap kadar air *edible film* komposit.

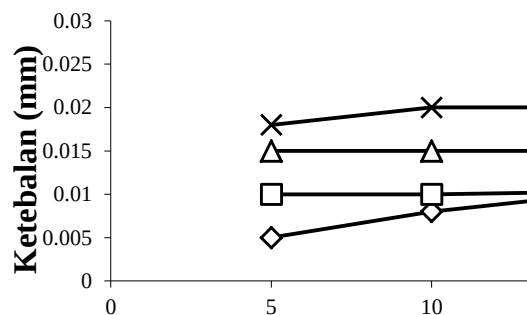
Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1,5%	13,69a
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 1,5%	13,82ab
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1%	14,41bc
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0,5%	14,85cd
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1,5%	14,85cd
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 1,5%	15,14de
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1%	15,35de
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 1%	15,43de
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0,5%	15,52e
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 0,5%	15,62e
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0%	17,89f
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 1%	21,83g
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0%	23,32h
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 0,5%	24,01i
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 0%	26,93j
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 0%	29,63k

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar air *edible film* komposit dengan perlakuan interaksi konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Pati bersifat hidrofilik karena mempunyai gugus hidroksil sehingga kandungan air dalam film besar dan lilin lebah bersifat hidrofobik karena lilin mempunyai asam lemak berantai karbon panjang dan tidak ada gugus polar sehingga kemampuan mengikat airnya kecil. Menurut Haris (1999), ikatan antara pati dan gliserol merupakan ikatan hidrogen yang bersifat hidrofilik.

Ketebalan

Ketebalan *edible film* komposit berkisar 0,005 mm sampai 0,025 mm. Ketebalan *edible film* komposit tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 1,5% dan ketebalan terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% dan lilin lebah 0%. Rata-rata ketebalan *edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap ketebalan *edible film* komposit.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling, lilin lebah dan interaksi kolang-kaling dan lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film* komposit.

Tabel 4 menunjukkan bahwa ketebalan *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20 % berbeda tidak nyata dengan perlakuan konsentrasi 15% tapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 20% akan menyebabkan total padatan (amilosa dan amilopektin) dalam *edible film* komposit juga semakin banyak, sehingga ketebalan *edible film* komposit juga akan bertambah. Kandungan amilosa pada kolang-kaling dapat mempengaruhi ketebalan karena amilosa mempunyai struktur yang lurus dengan kerapatan yang tinggi. Menurut Pranata et al., (2002), ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh jumlah padatan terlarut.

Tabel 4. Uji BNJ pengaruh konsentrasi Kolang-kaling terhadap ketebalan *Edible film* komposit

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%	0,012a
Kolang-kaling 10%	0,013a
Kolang-kaling 15 %	0,014ab
Kolang-kaling 20%	0,017b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Tabel 5 menunjukkan bahwa ketebalan *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Lilin lebah dapat membentuk jaringan kristal lilin lebah yang berbentuk orthorombik pada matriks *film* sehingga ketebalan *edible film* bertambah. Menurut Winarno (2002), bila suatu lemak didinginkan, hilangnya panas akan memperlambat gerakan molekul-molekul dalam lemak, sehingga jarak antara molekul-molekul lebih kecil. Jika jarak antara molekul tersebut mencapai $5\text{\AA}$, maka akan timbul gaya tarik-menarik antarmolekul yang disebut gaya Van der Waals. Akibat adanya gaya ini, radikal-radikal asam lemak dalam molekul lemak akan tersusun berjajar dan saling bertumpuk serta berikatan membentuk kristal.

Tabel 5. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap ketebalan *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Lilin lebah 0%	0,008a
Lilin lebah 0,5%	0,011a
Lilin lebah 1 %	0,017b
Lilin lebah 1,5%	0,021c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Tabel 6 menunjukkan bahwa ketebalan *edible film* komposit dengan interaksi perlakuan konsentrasi lilin lebah 20% dan lilin lebah 1,5% berbeda tidak nyata dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% dan lilin lebah 1,5%, konsentrasi kolang-kaling 10%, dan lilin

lebah 1,5%, konsentrasi kolang-kaling 15% dan lilin lebah 1,5% dan konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 1% tapi berbeda nyata perlakuan lainnya. Jumlah konsentrasi kolang-kaling yang bervariasi menyebabkan padatan dalam larutan pembentuk *edible film* komposit semakin banyak, sehingga *edible film* komposit yang dihasilkan semakin tebal. Lilin lebah juga dapat meningkatkan ketebalan *edible film* komposit karena lilin lebah dapat membentuk jaringan kristal lilin lebah yang berbentuk orthorombik pada matriks *film*.

Tabel 6. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap ketebalan *edible film* komposit

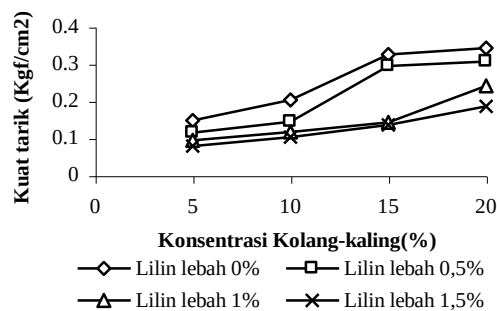
Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0%	0,005a
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0%	0,008ab
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 0%	0,008ab
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 0%	0,010abc
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0,5%	0,010abc
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0,5%	0,010abc
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 0,5%	0,010abc
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 0,5%	0,013abcd
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1%	0,015bcd
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1%	0,015bcd
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 1%	0,015bcd
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1,5%	0,018cde
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1,5%	0,020de
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 1,5%	0,020de
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 1%	0,020de
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 1,5%	0,025e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Kuat tarik

Kuat tarik menunjukkan nilai maksimum gaya stress yang diproduksi saat dilakukan uji kuat tarik. Kuat tarik *edible film* berkisar $0,079 \text{ Kgfc} \cdot \text{cm}^{-2}$ sampai $0,342 \text{ Kgfc} \cdot \text{cm}^{-2}$. Kuat tarik *edible film* tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 0 % dan kuat tarik *edible film* terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5 % dan lilin lebah 1,5 %. Rata-rata kuat tarik *edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 7 menunjukkan bahwa kuat tarik *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Semakin banyak kolang-kaling yang digunakan sampai 20%, maka semakin rapat matriks *film* yang terbentuk dan ketebalan *edible film* juga meningkat, sehingga diperlukan gaya yang lebih besar untuk menarik *film* hingga putus. Menurut Pranata et al., (2002), peningkatan konsentrasi pati akan berpengaruh nyata terhadap peningkatan kuat tarik *film*.



Gambar 3. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap kuat tarik *edible film* komposit.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling, dan lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap kuat tarik *edible film* komposit.

Tabel 7. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap kuat tarik *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%	0,110a
Kolang-kaling 10%	0,230b
Kolang-kaling 15%	0,238c
Kolang-kaling 20 %	0,257d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Tabel 8 menunjukkan bahwa kuat tarik *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 5% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Lilin lebah dapat membentuk kristal orthorombik sehingga dapat menyebabkan *film* menjadi keruh (opak) dan lebih rapuh. Sehingga kondisi *film* yang rapuh, maka kekuatan tariknya akan menurun, dimana dengan gaya tarik yang lebih kecil telah mampu memutuskan *film*. Menurut Buckle et al., (1987), kristal lemak dari fase padat terpisah dan dengan tekanan menggunting atau memisah yang cocok, dapat bergerak sendiri lepas dari kristal lain.

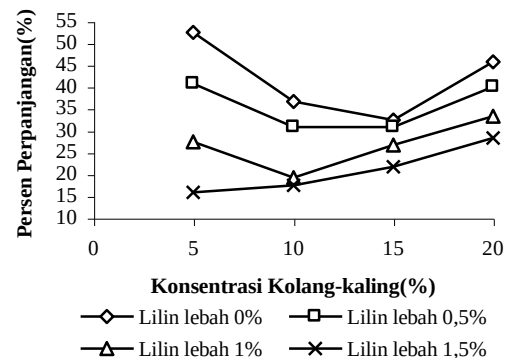
Tabel 8. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap kuat tarik *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Lilin lebah 1,5%	0,126a
Lilin lebah 1%	0,149b
Lilin lebah 0,5%	0,216c
Lilin lebah 0%	0,255d

Persen perpanjangan

Persen perpanjangan adalah persentase pertambahan panjang bahan materi *film* dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus. Persen perpanjangan *edible film* komposit berkisar 15,83% sampai 52,5%. Persen perpanjangan *edible film* komposit tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5 % dan lilin lebah 0 % dan persentase perpanjangan terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5 % dan lilin lebah 1,5 %.

Rata-rata persen perpanjangan *edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap persen perpanjangan *edible film* komposit.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling, lilin lebah, dan interaksi konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap persen perpanjangan *edible film* komposit kolang-kaling dan lilin lebah.

Tabel 9 menunjukkan bahwa persen perpanjangan *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20 % berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Persen perpanjangan pada konsentrasi kolang-kaling 10% dan 15% terjadi penurunan karena kemungkinan pada konsentrasi kolang-kaling 10% dan 15% kandungan amilosa di dalam *edible film* lebih besar dibandingkan amilopektin. Sedangkan pada konsentrasi kolang-kaling 20% terjadi peningkatan persen perpanjangan karena kandungan amilopektinnya lebih besar. Amilopektin mempunyai elastisitas yang tinggi sehingga mempengaruhi nilai persen perpanjangan. Menurut Krochta et al., (1994), amilosa memiliki sifat transparansi, kekuatan dan elastisitas yang rendah, tetapi tinggi kerapatannya. Sebaliknya amilopektin tinggi sifat transparansi, kekuatan dan elastisitasnya.

Tabel 9. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap persen perpanjangan *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 10%	26,0417a
Kolang-kaling 15%	27,9167a
Kolang-kaling 5%	34,1667b
Kolang-kaling 20 %	36,875c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Tabel 10 menunjukkan bahwa persen perpanjangan *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi lilin lebah sampai 1,5% dapat menurunkan persen perpanjangan

edible film karena lilin lebah memiliki efek anti *plasticizing* sehingga akan menyebabkan film keras, kaku, tidak fleksibel sehingga mudah patah. Menurut Buckle et al., (1987), kristal lemak dari fase padat terpisah dan dengan tekanan menggunting atau memisah yang cocok, dapat bergerak sendiri lepas dari kristal lain. Akibatnya persen perpanjangan film rendah.

Tabel 11 menunjukkan bahwa persen perpanjangan *edible film* komposit dengan perlakuan interaksi konsentrasi lilin lebah 0% dan konsentrasi kolang-kaling pada 20% berbeda tidak nyata dengan perlakuan interaksi kolang-kaling 5% dan lilin lebah 0% tapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kandungan amilosa dalam *edible film* komposit mempengaruhi persen perpanjangan karena amilosa memiliki sifat elastisitas yang rendah sehingga persen perpanjangan *edible film* komposit rendah. Persen perpanjangan *edible film* komposit tanpa menggunakan lilin lebah mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan persen perpanjangan *edible film* komposit dengan menggunakan lilin lebah karena lilin lebah memiliki efek anti *plasticizing*, sehingga akan menyebabkan film keras, kaku, tidak fleksibel sehingga mudah patah. Akibatnya persen perpanjangan film rendah.

Tabel 10. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap persen perpanjangan *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Lilin lebah 1,5%	20,833 a
Lilin lebah 1%	26,667b
Lilin lebah 0,5%	35,625c
Lilin lebah 0%	41,875d

Tabel 11. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah terhadap persen perpanjangan *Edible Film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1,5 %	15,83a
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1,5%	17,5a
Kolang-kaling 10%,Lilin lebah 1%	19,17a
Kolang-kaling 15%,Lilin lebah 1,5%	21,67ab
Kolang-kaling 15%,Lilin lebah 1%	26,67bc
Kolang-kaling 5%,Lilin lebah 1%	27,5bc
Kolang-kaling 20%,Lilin lebah 1,5%	28,33bc
Kolang-kaling 15%,Lilin lebah 0,5%	30,83cd
Kolang-kaling 10%,Lilin lebah 0,5%	30,83cd
Kolang-kaling 15%,Lilin lebah 0%	32,5cd
Kolang-kaling 20%,Lilin lebah 1%	33,33cde
Kolang-kaling 10%,Lilin lebah 0%	36,67de
Kolang-kaling 20%,Lilin lebah 0,5%	40efg
Kolang-kaling 5%,Lilin lebah 0,5%	40,83fg
Kolang-kaling 20%,Lilin lebah 0%	45,83gh
Kolang-kaling 5%,Lilin lebah 0%	52,5h

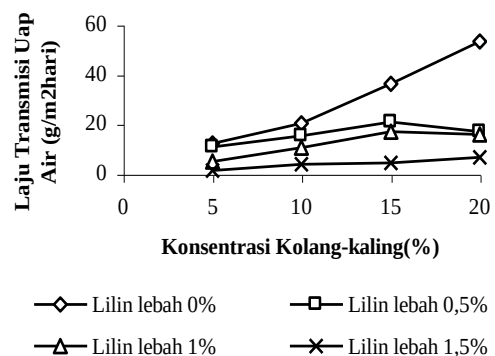
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air *edible film* komposit berkisar 1,433 gm²hari⁻¹ sampai 53,439 gm²hari⁻¹. Laju

transmisi uap air *edible film* komposit tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 0% dan laju transmisi uap air *edible film* komposit terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% dan lilin lebah 1,5 %. Rata-rata laju transmisi uap air *edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling, lilin lebah, dan interaksi konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap laju transmisi uap air *edible film* komposit.



Gambar 5. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap laju transmisi uap air *edible film* komposit.

Tabel 12. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap laju transmisi uap air *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%	7,40a
Kolang-kaling 10%	12,57b
Kolang-kaling 15 %	19,65c
Kolang-kaling 20%	23,25d

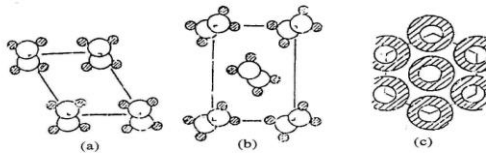
Tabel 12 menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20 % berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Kolang-kaling mengandung pati sebanyak 4,178%. Persentase amilosa sebesar 17,283% dari kadar pati. Persentase amilopektin dalam kolang-kaling lebih banyak dibandingkan dengan amilosa. Amilopektin mempunyai kerapatan yang rendah sehingga dapat mempengaruhi laju transmisi uap air.

Tabel 13 menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi lilin lebah sampai 1,5% dapat menurunkan laju transmisi uap air *edible film* komposit karena lilin mempunyai sifat hidrofobik yang kuat. Pada saat pengeringan, lilin lebah membentuk jaringan kristal yang bentuk orthorombik (Gambar 6) sehingga dapat berfungsi sebagai barier terhadap uap air (Haris, 1996).

Tabel 13. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap laju transmisi uap air *edible film* komposit

Perlakuan	Rerata
Lilin lebah 1,5%	4,14a
Lilin lebah 1 %	12,12b
Lilin lebah 0,5%	16,02c
Lilin lebah 0%	30,57d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).



Sumber: Fennema (1985).

Gambar 6. Gambar Bentuk kristal (a) susunan triklinik, (b) susunan orthorombik, dan (c) hexagonal

Tabel 14. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolangkaling dan konsentrasi lilin lebah terhadap laju transmisi uap air *edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1,5%	1,433a
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1,5%	3,938b
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 1,5%	4,501c
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1 %	5,031d
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 1,5%	6,703e
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1%	10,684f
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0,5%	10,790f
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0%	12,330g
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0,5%	15,372h
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 1 %	15,796i
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 1 %	16,987j
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 0,5%	17,070lj
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0%	20,280k
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 0,5%	20,853l
Kolang-kaling 15%, Lilin lebah 0%	36,246m
Kolang-kaling 20%, Lilin lebah 0%	53,439n

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($\alpha=0,05$).

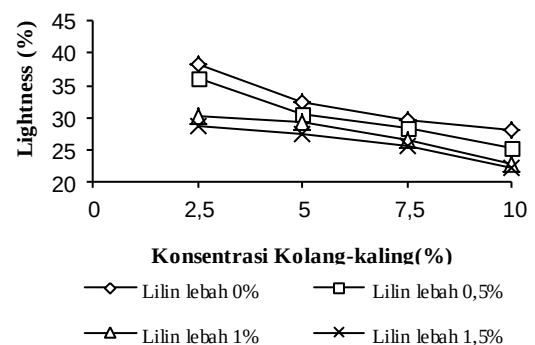
Tabel 14 menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% dan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Laju transmisi uap air terbesar terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 20% dan lilin lebah 0%. Kolang-kaling mengandung amilopektin lebih besar dibandingkan amilosa. Amilopektin mempunyai kerapatan yang rendah sehingga mempengaruhi laju transmisi uap air *edible film* komposit. Laju transmisi uap air terkecil terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% dan lilin lebah 1,5%. Lilin lebah dapat menurunkan laju transmisi uap air karena lilin mempunyai sifat hidrofobik yang kuat. Menurut Kamper dan fennema

(1984), lipid merupakan komponen yang paling efektif sebagai barrier terhadap uap air.

Warna

Lightness

Lightness adalah derajat kecerahan warna pada suatu produk pangan. *Lightness edible film* komposit berkisar 22,13% sampai 38,3%. *Lightness edible film* tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% dan lilin lebah 0%. Sedangkan perlakuan terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% dan lilin lebah 1,5%. Rata-rata *lightness edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap *lightness edible film* komposit.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling konsentrasi lilin lebah, dan interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap *lightness edible film* komposit.

Tabel 15 menunjukkan bahwa *lightness edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 10% dapat menurunkan *lightness edible film* komposit. *Lightness edible film* komposit berkaitan dengan ketebalan *edible film* komposit. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 10% akan menyebabkan total padatan (amilosa dan amilopektin) dalam *edible film* komposit juga semakin banyak. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan kerapatan yang tinggi sehingga mempengaruhi *lightness edible film* komposit

Tabel 15. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap *lightness edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,098)
Kolang-kaling 10%	24,533	a
Kolang-kaling 7,5%	27,600	b
Kolang-kaling 5%	29,942	c
Kolang-kaling 2,5%	33,317	d

Tabel 16. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap *lightness edible film* komposit

Perlakuan	Rerata	0,05(0,098)
Lilin lebah 1,5%	26,04	a
Lilin lebah 1%	27,18	b
Lilin lebah 0,5%	30,05	c
Lilin lebah 0%	32,112	d

Tabel 16 menunjukkan bahwa *lightness edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi lilin lebah sampai 1,5% dapat menurunkan *lightness edible film* komposit. Lilin lebah mempengaruhi warna gel yang terbentuk sehingga dapat mempengaruhi kecerahan warna dari *edible film* komposit. Menurut Haris (1999), lilin lebah akan memperkeruh gel yang terbentuk, sehingga kecerahan *film* akan menurun.

Tabel 17. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah terhadap *lightness edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,269)
Kolang-kaling 10 %, lilin lebah 1,5%	22.13	a
Kolang-kaling 10 %, lilin lebah 1%	22.73	b
Kolang-kaling 10 %, lilin lebah 0,5%	25.23	c
Kolang-kaling 7,5%, lilin lebah 1,5%	25.73	d
Kolang-kaling 7,5 %, lilin lebah 1%	26.53	e
Kolang-kaling 5 %, lilin lebah 1,5%	27.53	f
Kolang-kaling 10 %, lilin lebah 0%	28.03	g
Kolang-kaling 7,5 %, lilin lebah 0,5%	28.43	h
Kolang-kaling 2,5 %, lilin lebah 1,5%	28.77	i
Kolang-kaling 5 %, lilin lebah 15%	29.37	j
Kolang-kaling 7,5 %, lilin lebah 0 %	29.70	k
Kolang-kaling 2,5 %, lilin lebah 1%	30.10	l
Kolang-kaling 5%, lilin lebah 0,5%	30.43	m
Kolang-kaling 5 %, lilin lebah 0%	32.43	n
Kolang-kaling 2,5 %, lilin lebah 0,5%	36.10	o
Kolang-kaling 2,5 %, lilin lebah 0 %	38.30	p

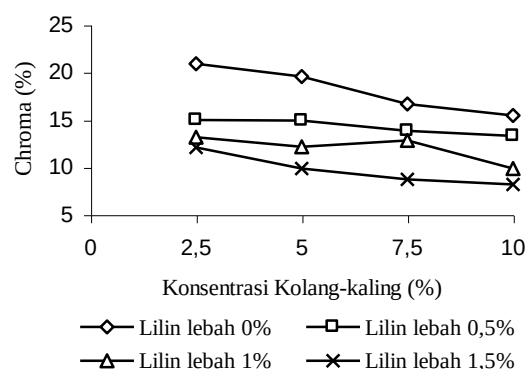
Tabel 17 menunjukkan bahwa *lightness edible film* komposit dengan interaksi perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% dan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi lilin lebah sampai 1,5% dapat menurunkan nilai *lightness edible film* komposit karena lilin lebah dapat memperkeruh gel yang terbentuk. Menurut Haris (1999), lilin lebah akan memperkeruh gel yang terbentuk, sehingga kecerahan *film* akan menurun. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 10% akan menyebabkan total padatan (amilosa dan amilopektin) dalam *edible film* komposit juga semakin banyak, sehingga ketebalan *edible film* komposit juga akan bertambah dan menyebabkan *lightness* dari *edible film* komposit menurun.

Chroma

Chroma (C) menunjukkan intensitas warna *edible film* komposit yang berkaitan erat dengan

kejernihan dari warna yang dihasilkan. Pada penelitian ini nilai *chroma* dihasilkan berkisar antara 8,1% sampai 20,9%. *Chroma edible film* komposit tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% dan lilin lebah 0%. Sedangkan perlakuan terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% dan lilin lebah 1,5%. Rata-rata *chroma edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling konsentrasi lilin lebah, dan interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap *chroma edible film* komposit.

Gambar 8. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap *chroma edible film* komposit.

Tabel 18 menunjukkan bahwa *chroma edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 10% dapat menyebabkan semakin rapat matriks *film* yang terbentuk, sehingga persentase transmisi sinar dengan panjang gelombang tertentu yang dilewatkan *edible film* kecil. Menurut Pranata et al., (1994), semakin banyak pati yang digunakan, maka semakin rapat matriks *film* yang terbentuk.

Tabel 18. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap *chroma edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,093)
Kolang-kaling 10%	11,68	a
Kolang-kaling 7,5%	13	b
Kolang-kaling 5%	14,1	c
Kolang-kaling 2,5%	15,27	d

Tabel 19 menunjukkan bahwa *chroma edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Lilin lebah dapat membentuk kristal orthorombik yang dapat mempengaruhi kejernihan dari *edible film* komposit. Haris (1999) menyatakan bahwa lilin lebah dapat memperkeruh gel yang terbentuk, sehingga kejernihan *film* akan menurun.

Tabel 19. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap *chroma edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,093)
Lilin lebah 1,5%	9,7	a
Lilin lebah 1%	12,008	b
Lilin lebah 0,5%	14,225	c
Lilin lebah 0%	18,117	d

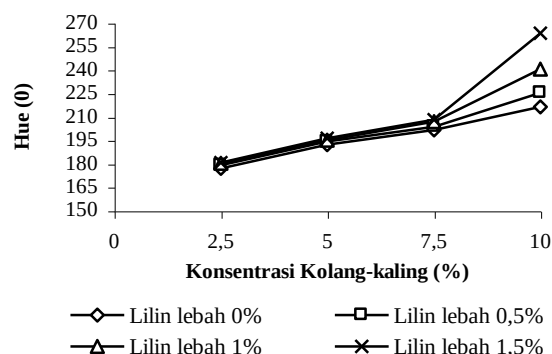
Tabel 20. menunjukkan bahwa *chroma edible film* komposit dengan interaksi perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% dan konsentrasi lilin lebah 0% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi lilin lebah sampai 1,5% dapat menurunkan nilai *chroma edible film* komposit karena lilin lebah dapat membentuk kristal sehingga kejernihan *edible film* menurun. Haris (1999) menyatakan bahwa lilin lebah dapat memperkeruh gel yang terbentuk, sehingga kejernihan *film* akan menurun. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 10% dapat menyebabkan semakin rapat matriks *film* yang terbentuk, sehingga persen transmisi sinar dengan panjang gelombang tertentu yang dilewatkan *edible film* komposit kecil

Tabel 20. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah terhadap *chroma edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,255)
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1,5%	8,13	a
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 1,5%	8,73	b
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1,5%	9,83	c
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1 %	9,87	c
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 1,5%	12,10	d
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1%	12,17	d
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 1%	12,83	e
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 1%	13,17	f
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0,5%	13,30	f
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 0,5%	13,80	g
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1%	14,87	h
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 0,5%	14,93	h
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0%	15,43	i
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 0%	16,63	j
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0%	19,53	k
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 0%	20,87	l

Hue

Hue adalah warna keseluruhan yang dominan pada suatu produk atau warna utama pada suatu produk pangan. *Hue* pada *edible film* komposit antara bening sampai putih kekuningan. Warna putih kekuningan terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% dan konsentrasi lilin lebah 0%. Sedangkan warna putih terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% dan konsentrasi lilin lebah 0%. Rata-rata *hue edible film* komposit dapat dilihat pada Gambar 12.

Gambar 12. Rata-rata pengaruh konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah terhadap *hue edible film* komposit.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi kolang-kaling konsentrasi lilin lebah, dan interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap *lightness edible film* komposit.

Tabel 21 menunjukkan bahwa *hue edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Warna *edible film* komposit yang dihasilkan antara bening sampai putih. *Hue edible film* komposit berkaitan dengan ketebalan *edible film* komposit. Semakin meningkatnya konsentrasi kolang-kaling sampai 10% dapat menambah total padatan dalam *edible film* sehingga ketebalan *edible film* bertambah dan menyebabkan *hue edible film* komposit meningkat.

Tabel 21. Uji BNJ pengaruh konsentrasi kolang-kaling terhadap *hue edible film* komposit

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,175)
Kolang-kaling 2,5%	179,35	a
Kolang-kaling 5%	194,47	b
Kolang-kaling 7,5%	205,04	c
Kolang-kaling 10%	236,43	d

Tabel 22. Uji BNJ pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap *hue edible film* komposit

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,175)
Lilin lebah 0%	196,77	a
Lilin lebah 0,5%	200,52	b
Lilin lebah 1%	205,75	c
Lilin lebah 1,5%	212,25	d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata.

Tabel 22 menunjukkan bahwa *hue edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi lilin lebah 1,5% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Warna kuning terdapat pada konsentrasi lilin lebah 1,5%. Lilin lebah dapat membentuk kristal yang dapat mempengaruhi *hue edible film* komposit. Haris (1999) menyatakan bahwa lilin lebah dapat memperkeruh gel

yang terbentuk, sehingga menambah warna keseluruhan film.

Tabel 23 menunjukkan bahwa *hue edible film* komposit dengan interaksi perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% dan konsentrasi lilin lebah 1,5% berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Peningkatan konsentrasi lilin lebah sampai 1,5% dapat meningkatkan nilai *hue edible film* komposit karena lilin lebah dapat membentuk kristal. Haris (1999) menyatakan bahwa lilin lebah dapat memperkeruh gel yang terbentuk, menambah warna keseluruhan film. Peningkatan *hue edible film* komposit dipengaruhi oleh ketebalan *edible film* komposit.

Tabel 23. Uji BNJ pengaruh interaksi konsentrasi kolang-kaling dan konsentrasi lilin lebah terhadap *hue edible film* komposit.

Perlakuan	Rerata	0,05 (0,211)
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 0%	177,10	a
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 0,5%	179,03	b
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 1%	180,50	c
Kolang-kaling 2,5%, Lilin lebah 1,5%	180,67	c
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0%	192,20	d
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 0,5%	194,17	e
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1%	195,03	f
Kolang-kaling 5%, Lilin lebah 1,5%	196,47	g
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 0 %	201,53	h
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 0,5 %	203,47	i
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 1%	206,83	j
Kolang-kaling 7,5%, Lilin lebah 1,5 %	208,33	k
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0%	216,23	l
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 0,5%	225,40	m
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1%	240,63	n
Kolang-kaling 10%, Lilin lebah 1,5%	263,43	o

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata.

Mikrostruktur

Mikrostruktur *edible film* komposit paling rata adalah *edible film* komposit dengan perlakuan konsentrasi kolang-kaling 2,5% dan lilin lebah 0% dan mikrostruktur *edible film* komposit sangat tidak rata adalah perlakuan konsentrasi kolang-kaling 10% dan lilin lebah 1,5%. Penambahan lilin lebah mempengaruhi mikrostruktur *edible film* komposit karena lilin lebah dapat membentuk kristal. Semakin meningkatnya konsentrasi lilin lebah sampai konsentrasi 1,5% maka mikrostruktur *edible film* komposit semakin tidak merata karena terjadi penumpukan kristal. Menurut Winarno (2002), bila suatu lemak didinginkan, hilangnya panas akan memperlambat gerakan molekul-molekul dalam lemak, sehingga jarak antara molekul-molekul lebih kecil. Jika jarak antara molekul tersebut mencapai $5\text{\AA}$, maka akan timbul gaya tarik-menarik antarmolekul yang disebut gaya Van der Waals. Akibat adanya gaya ini, radikal-radikal asam lemak dalam molekul lemak akan tersusun berjajar dan saling bertumpuk serta berikatan membentuk kristal.

Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 20% juga mempengaruhi mikrostruktur *edible film* komposit. Peningkatan konsentrasi kolang-kaling sampai 20% maka semakin banyak matriks film yang terbentuk dan semakin rapat mikrostruktur *edible film* komposit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Konsentrasi kolang-kaling dan lilin lebah berpengaruh nyata terhadap kadar air, ketebalan, persen perpanjangan, kuat tarik, laju transmisi uap air, warna dan mikrostruktur.

Perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan konsentrasi kolang-kaling 5% dan konsentrasi lilin lebah 1,5% karena *edible film* komposit yang dihasilkan mempunyai kadar air rendah, ketebalan rendah, dan laju transmisi uap air yang rendah.

Saran

Sebaiknya lilin lebah yang ditambahkan ke dalam larutan dalam keadaan cair sehingga mempermudah tercampurnya antara kolang kaling dan lilin lebah. Pada saat pencampuran CMC ke dalam larutan dilakukan pengadukan agar tidak terbentuk gumpalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Buckle, K.A, Edwards, R.A, G.H, Fleet dan Wootton , M. 1987. Ilmu Pangan *Diterjemahkan oleh* Hari Purnomo dan Adiono. UI Press, Jakarta.
- Gennadios, A., T.H, McHugh, C.L, Weller, dan Krochta, J.M. 1994. *Edible Coating and Film based on Proteins. Di dalam* Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O Nisperos Carriedo. *Edible Coating and Film to Improve Quality*. Technomic Publising Co. Inc, Lancaster Basel.
- Girindra, A. 1993. Biokimia 1. Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Haris, H. 1999. Kajian Teknik Formulasi Terhadap Karakteristik *Edible Film* dari Pati Ubi Kayu, Aren, dan Sagu Untuk Pengemas Produk Pangan Semi Basah. Disertasi Program Dokter Ilmu-ilmu Pertanian Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Kamper, S.L. dan O. Fennema. 1984. Water Vapor Permeability of an *Edible, Fatty Acid Bilayer Film*. Jurnal Food Science, 49 (6):1282-1485.
- Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O Nisperos Carriedo. 1994. *Edible Coating and Film to Improve Food Quality*. Technomic Publising Co. Inc, Pensylvania.

Mahmud, Z dan Amrizal, 1991. Palma Sebagai Bahan Pangan, Pakan dan Konservasi. Buletin Balitka, (14):106-113.

McHugh, T. H dan Krochta, J.M. 1994. Permeability Properties of *Edible Film*. Di dalam Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O Nisperos Carriedo. Edible Coating and Film to Improve Quality. Technomic Publising Co. Inc, Pensylvania.

Pranata, F.S., D.W. Marseno, dan Haryadi. 2002. Karakteristik Sifat-Sifat Fisik dan Mekanik Edible Film Pati Batang Aren (*Arenga pinnata Merr.*). Biota, (3):121-130.

Winarno, F.G. 2002. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka, Jakarta.