

**PENGARUH SUHU PENYIMPANAN TERHADAP PERUBAHAN WARNA LABEL CERDAS
INDIKATOR WARNA DARI DAUN ERPA (*Aerva sanguinolenta*)**

***THE EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE ON THE ERPA LEAF (*Aerva sanguinolenta*)
COLOR INDICATOR SMART LABEL***

Rini Nofrida, Endang Warsiki*, dan Indah Yuliasih

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Kampus IPB Darmaga Bogor PO Box 220,16680
Email: endang.warsiki@gmail.com

ABSTRACT

Recently, food packaging has active and dynamic roles which allow it to interact with product and environment, as it is known as smart packaging. This packaging has been possible to monitor and communicate the quality of food packed by time/temperature indicators. A film as a label with color indicator has been developed in this research using chitosan-PVA (polyvinyl alcohol) with natural dyes of erpa leaves (*Aerva sanguinolenta*). Indicator film was stored in four different conditions in freezer ($-10\pm 2^{\circ}\text{C}$), cold ($3\pm 2^{\circ}\text{C}$), room temperature ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) and treatment of sun exposure to 40°C . The respon of film was investigated through color changing. The results showed that smart films stored in freezer has more color stable for 78 days with L value ranging from 41.10 to 44.04 (red to yellow). Film at cold temperature could maintain the red color-red yellow untill 7 days of storage and at the 8th day, it changed the color to yellow with L value more than 50. Further more, indicator films deposited at room temperature seemed that the changing of color occurred at less than one day from red to yellow where are storage at 40°C and solar exposure had caused the film indicator changed color faster, in 2 hours.

Keywords: smart label, color indicator, chitosan, polyvinyl alcohol, erpa leaf

ABSTRAK

Sekarang ini, kemasan pangan berperan aktif dan dinamis yang memungkinkan berinteraksi dengan produk dan lingkungan atau dikenal dengan kemasan cerdas. Label cerdas telah memungkinkan untuk memantau dan mengkomunikasikan informasi tentang kualitas makanan terkemas dengan bantuan indikator warna. Label cerdas indikator warna pada penelitian ini adalah film khitosan-PVA (polivinil alkohol) dengan pewarna alami daun erpa (*Aerva sanguinolenta*). Kemasan cerdas indikator warna disimpan pada empat kondisi penyimpanan, yaitu pada suhu beku ($(-10)\pm 2^{\circ}\text{C}$), dingin ($3\pm 2^{\circ}\text{C}$), ruang ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) dan perlakuan dengan paparan sinar matahari pada suhu 40°C . Kinerja film diamati dengan melihat perubahan warna label. Hasil penelitian menunjukkan bahwa film yang disimpan pada suhu 40°C dengan paparan cahaya, secara visual berubah warna dari merah ke kuning dalam waktu dua jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa film yang disimpan pada freezer memiliki warna lebih stabil selama 78 hari dengan nilai L berkisar 41,10- 44,04 (merah hingga kuning). Film pada suhu dingin dapat mempertahankan warna merah – kuning merah hingga penyimpanan selama 7 hari dan pada hari ke-8 berubah warna menjadi kuning. Untuk film indikator yang disimpan pada suhu ruang mengalami perubahan warna kurang dari satu hari dan warna berubah dari merah menjadi kuning dengan L di atas 50. Penyimpanan pada suhu 40°C dan diberi penyinaran matahari menyebabkan film indikator mengalami perubahan warna lebih cepat, yaitu pada jam ke-2 penyimpanan.

Kata kunci: label cerdas, indikator warna, khitosan, polivinil alkohol, daun erpa

PENDAHULUAN

Peran utama kemasan dalam industri makanan adalah pengawetan dan perlindungan produk dari kontaminasi eksternal, termasuk keamanan makanan, pemeliharaan kualitas, peningkatan masa simpan dan penundaan kedaluwarsa produk. Kemasan harus dapat melindungi makanan dari pengaruh lingkungan seperti cahaya, panas, oksigen, kelembaban, enzim, mikroorganisme, serangga, debu, emisi gas, tekanan, dan lain lain. Faktor-faktor ini menyebabkan kerusakan makanan dan minuman. Oleh karena itu

umur simpan produk dapat ditingkatkan dengan mengurangi resiko cemaran dari mikroba, reaksi biokimia, dan enzimatik melalui berbagai cara seperti mengontrol kelembaban dan suhu, menghilangkan/mengurangi oksigen, menambahkan bahan aditif kimia/pengawet, atau kombinasi dari hal-hal tersebut. Integrasi strategi yang tepat mulai dari produk, proses, kemasan, distribusi dan transportasi sangat penting untuk menghindari kerusakan produk.

Di era sekarang, kemasan berperan dinamis dan memungkinkan berinteraksi dengan produk dan lingkungan atau dikenal dengan kemasan cerdas.

Kemasan cerdas telah memungkinkan untuk memantau dan mengkomunikasikan informasi tentang kualitas makanan terkemas dengan bantuan indikator waktu/temperatur, identifikasi frekuensi radio, indikator kematangan, dan biosensor. Salah satu kemasan cerdas adalah TTI (*Time Temperature Indicators*) yaitu dapat menginformasikan jika terjadi kesalahan suhu selama penyimpanan produk. Pengembangan TTI sudah banyak dilakukan, diantaranya indikator warna untuk memantau fermentasi dan umur simpan kimchi (Hong dan Park, 2000; Kim *et al.*, 2012), dengan menggunakan perubahan pH sebagai sensor untuk perubahan warna pada kemasan produk tersebut. Penelitian mengenai kemasan aktif dan cerdas juga dilakukan oleh Vaikousi *et al.* (2008) untuk untuk memonitor kualitas mikrobial pada produk yang disimpan pada suhu dingin. Warsiki *et al.* (2010) meneliti kemasan antimikrobial dengan bahan aktif ekstrak bawang putih serta Warsiki dan Putri (2012) tentang label cerdas dengan indikator warna alami dan sintetik.

Penelitian mengenai TTI dengan kemasan indikator warna sangat perlu untuk dikembangkan lebih lanjut agar produk yang disimpan dapat diketahui kemungkinan adanya kesalahan suhu selama penyimpanan, terutama untuk produk segar dan produk rentan cahaya. Salah satu bahan yang potensial dikembangkan di Indonesia sebagai matrik pembawa warna pada TTI adalah khitosan, karena khitosan dapat membentuk film dan membran dengan baik. Film dengan bahan dasar khitosan mempunyai sifat yang kuat, elastis, fleksibel dan sulit untuk dirobek sebanding dengan polimer komersial dengan kekuatan sedang (Warsiki *et al.*, 2011).

Dalam pembuatan TTI dengan indikator warna, maka diperlukan pewarna yang memiliki stabilitas tertentu yang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal seperti suhu penyimpanan dan paparan terhadap sinar matahari. Salah satu sumber pewarna tersebut adalah antosianin, yaitu pigmen yang bisa larut dalam air. Secara kimiawi, antosianin dapat dikelompokkan ke dalam flavonoid dan fenolik. Zat itu dapat ditemukan di berbagai tanaman yang ada di darat. Zat tersebut berperan dalam pemberian warna terhadap bunga atau bagian tanaman lain dari mulai merah, biru sampai ke ungu termasuk juga kuning dan tidak berwarna (seluruh warna kecuali hijau). Hanum (2000) mengemukakan suhu dan paparan cahaya matahari dapat menurunkan stabilitas warna dari antosianin selama penyimpanan. Daun erpa merupakan sumber warna antosianin yang baik untuk dikembangkan. Ini adalah tanaman semak yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Sejauh ini hanya digunakan sebagai tanaman hias dan obat tradisional yang pemanfaatannya belum tercatat secara sains.

Berdasarkan hal-hal tersebut, pengembangan kemasan cerdas dengan indikator warna untuk produk rentan suhu dan cahaya sangat menarik untuk dilaksanakan. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, perubahan indikator warna pada umumnya hanya didasarkan pada perubahan pH (Pacquit *et al.*, 2007; Warsiki dan Putri, 2012; Kuswandi *et al.*, 2012), sedangkan perubahan warna indikator karena perubahan suhu penyimpanan masih sangat sedikit.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

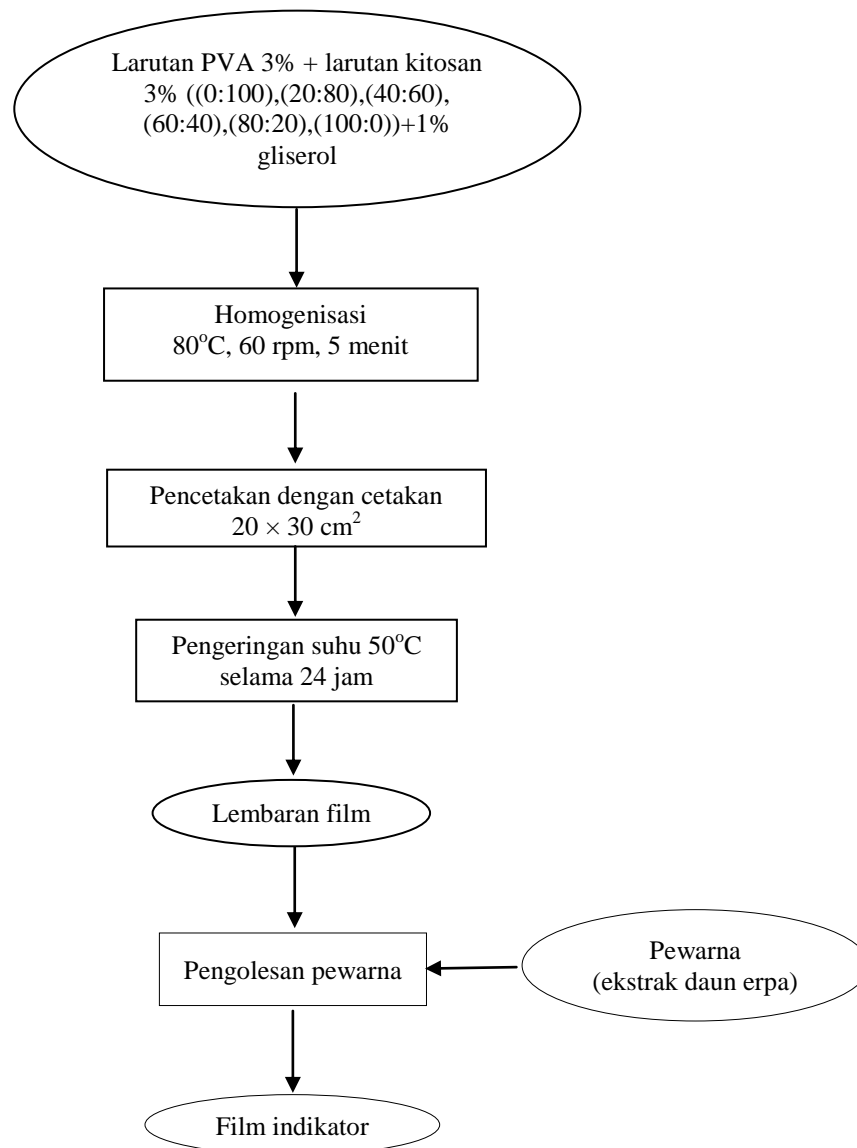
Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua macam yaitu bahan pewarna dan bahan untuk membuat film/kemasan. Bahan pewarna adalah ekstrak daun erpa segar (*Aerva sanguinolenta*). Bahan untuk pembuatan matrik film sekaligus pembawa bahan pewarna adalah khitosan dan polivinil alkohol (PVA).

Metode

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama ditujukan untuk pembuatan film indikator warna dari campuran khitosan dan polivinil alkohol (PVA) dengan bahan indikator warna dari ekstrak daun erpa. Tahap kedua dilakukan untuk mengetahui perubahan warna indikator pada berbagai suhu penyimpanan.

Pembuatan Label/Film Indikator Warna Daun Erpa (*Aerva sanguinolenta*)

Film indikator warna dibuat dengan menggunakan khitosan-asetat dan polivinil alkohol (PVA), penggunaan bahan tersebut didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Warsiki *et al.* (2011) yang dimodifikasi. Komposisi larutan yang digunakan yaitu dengan kombinasi larutan polivinil alkohol (PVA) 3% (b/v) dan larutan khitosan-asetat 3% (b/v) sebanyak 400 mL dengan presentase perbandingan (v/v) yaitu 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 dan 100:0. Campuran PVA-khitosan kemudian ditambahkan gliserol sebagai pemlastis sebesar 1% (v/v) dari volume larutan dan dihomogenisasi pada suhu 80°C dan kecepatan 60 rpm selama 5 menit. Setelah itu dilakukan pencetakan dengan cetakan kaca 20 × 30 cm, untuk selanjutnya dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam. Setelah film kering maka dilakukan pewarnaan dengan cara dioleskan di atas permukaan film sehingga didapatkan film terbaik dengan warna merah merata secara visual. Diagram alir pembuatan film/label disajikan pada Gambar 1. Film terbaik, selanjutnya dilakukan pengukuran sifat fisis mekanis film yang meliputi ketebalan, kekuatan tarik dan elongasi.

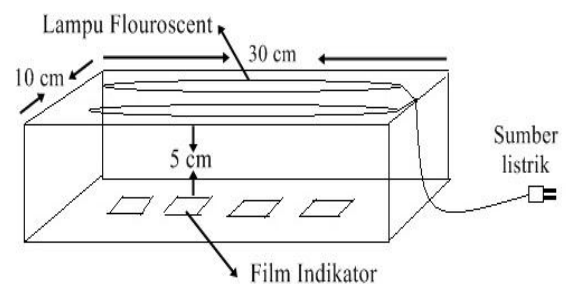


Gambar 1. Diagram alir pembuatan film/label indikator warna

Analisa Perubahan Warna Film Selama Penyimpanan

Tahap ini dititik beratkan pada pengujian respon indikator label/film terhadap berbagai suhu. Terdapat 4 (empat) perlakuan penyimpanan yang berbeda yaitu pada suhu dingin ($3 \pm 2^\circ\text{C}$), beku ($(-10) \pm 2^\circ\text{C}$) dan ruang ($25 \pm 3^\circ\text{C}$) serta perlakuan paparan cahaya matahari dengan suhu 40°C . Agar paparan cahaya konstan dan terus menerus, paparan cahaya matahari disimulasikan dengan paparan cahaya lampu *flouroscent* dengan jarak 6 cm dalam kotak berukuran $30 \times 10 \times 10$ cm dengan suhu 40°C dan RH 35-40% dengan intensitas cahaya 400 klx (kilo lux) yang diasumsikan sebagai panas cahaya matahari dan pada cahaya matahari langsung, selama 6 jam. Skema alat disajikan pada Gambar 2. Selain itu, terdapat 2 jenis sampel film yaitu film yang dibungkus/di-*seal* dengan selotip bening dan film yang tanpa dibungkus/di-*seal* dengan selotip bening.

Pembungkusan/*seal* dilakukan untuk melindungi label/film dari uap air yang dimungkinkan berpengaruh terhadap perubahan warna indikator.



Gambar 2. Skema alat simulasi paparan cahaya matahari

Selama penyimpanan, respon perubahan warna film diamati dan dikuantifikasi. Pengukuran warna dilakukan dengan menggunakan kromameter CR 200 keluaran Minolta. Pertama alat dikalibrasi dengan obyek standar merah dari CR 200. Kemudian contoh diletakkan dibawah sensor. Hasil pengukuran terhadap warna obyek dibaca pada layar yaitu Y, x dan y. Selanjutnya dihitung nilai L sebagai indikasi kecerahan (*lightness*) dan koordinat kromasiti a sebagai indikasi warna merah (+a) dan warna hijau (-a) dan sebagai warna kuning (+b) dan warna biru (-b).

Warna bahan diukur dalam unit L, a, b yang merupakan standar internasional, diadopsi oleh CIE (Commission Internationale d'Eclairage). Kecerahan atau *lightness* berkisar antara 0 dan 100 sedangkan parameter kromatik (a, b) berkisar antara -120 dan 120 (Jha, 2010). Skala warna CIE Lab adalah skala warna yang seragam. Dalam sebuah skala warna yang seragam, perbedaan antara titik-titik plot dalam ruang warna dapat disamakan untuk melihat perbedaan warna yang direncanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Label/Film Indikator Warna Terbaik

Pemilihan film terbaik didasarkan pada kemudahan dalam pewarnaan film dan kerataan penyebaran warna pada permukaan film. Pengamatan warna film pada tahap ini dilakukan secara visual. Formulasi pembuatan label/film yang terpilih adalah perbandingan PVA dan kitosan (60:40), perbandingan ini dipilih karena secara visual menghasilkan film dengan sifat fisik yang baik dibanding dengan perlakuan perbandingan lain. Formulasi film dengan perbandingan khitosan-PVA 100:0 dan (80:20) cenderung susah untuk menyerap pewarna yang dioleskan sehingga warna kurang merata. Sedangkan film dengan perbandingan (40:60), (20:80), dan (0:100) cepat menyerap warna sehingga film yang dihasilkan menjadi mudah sobek. Hal ini sesuai dengan penelitian Chen dan Yang (2007) dimana semakin tinggi jumlah kitosan yang digunakan dibanding dengan PVA akan meningkatkan laju transmisi uap air yang berhubungan dengan kerapatan rantai polimer film. Semakin tinggi nilai laju transmisi uap air maka bahan tersebut akan semakin mudah dilalui uap air dan air. Rantai polimer yang lurus dan sederhana memiliki tingkat kerapatan yang tinggi sehingga nilai laju transmisi oksigen rendah (Warsiki *et al.*, 2011).

Sifat Fisik dan Mekanis Film Indikator

Sifat fisis mekanis film berkaitan dengan proses pencetakan, jenis dan sifat bahan yang digunakan untuk membentuk film dan terutama sifat kohesi dari larutan bahan. Sifat kohesi bahan akan mempengaruhi kemampuan polimer, terutama ikatan

molekul antar rantai polimer. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisik film kemasan cerdas indikator warna

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji film
Ketebalan	mm	0,22
Kekuatan tarik	kgf/cm ²	42,67
Elongasi	%	78,06

Pada penelitian ini, volume larutan yang dituangkan ke dalam cetakan berukuran 20 × 30 yaitu 400 mL dengan cm, dan menghasilkan film yang belum diwarnai dengan ketebalan 0,26 mm dan 0,22 mm untuk film yang sudah diwarnai. Pembentukan lembaran film diawali dengan melemahnya jarak antar partikel yang saling berikatan dalam suatu cairan, sehingga setelah terjadi proses penguapan akan terbentuk lembaran (Buckmann *et al.*, 2002). Ketebalan film dipengaruhi oleh volume larutan film dan luas cetakan yang digunakan, semakin besar volume larutan film yang dimasukkan ke dalam cetakan dengan ukuran tertentu maka akan semakin tebal film yang dihasilkan. Ketebalan film juga dipengaruhi oleh kekentalan atau viskositas larutan film yang digunakan, semakin besar persentase padatan bahan baku dan *plasticizer* yang digunakan maka akan semakin meningkatkan ketebalan film yang dihasilkan. Proses pewarnaan menyebabkan ketebalan film yang dihasilkan sedikit turun, namun tidak begitu berbeda dengan ketebalan film yang belum diwarnai. Ketebalan akan berpengaruh terhadap kuat tarik dan persen pemanjangan film yang dihasilkan.

Nilai kuat tarik film yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 42,67 kgf/cm², jika dibandingkan dengan kuat tarik film dari bahan kitosan saja yaitu sebesar 3,409 – 4,569 N/mm² (Warsiki *et al.*, 2011). Hal ini disebabkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekul antara NH₃⁺ pada struktur khitosan dan OH⁻ pada polivinil alkohol, gugus amino (NH₂) pada khitosan telah diprotonasi menjadi NH₃⁺ dalam larutan asam asetat, dan gugus OH pada polivinil alkohol akan berikatan dengan NH₃⁺ membentuk ikatan hidrogen (Xu *et al.*, 2005; Wittaya, 2009).

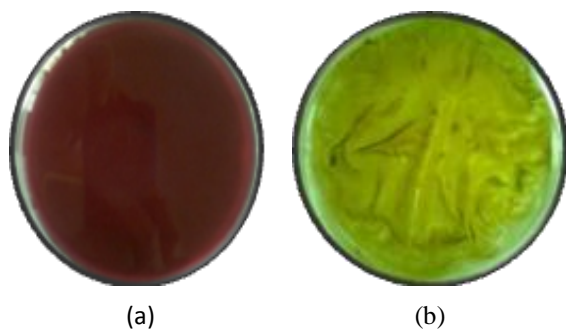
Elongasi atau persen pemanjangan film yang dihasilkan 78,06%, semakin besar nilai persen pemanjangan, maka akan semakin plastis film tersebut. Elongasi film yang dihasilkan lebih rendah daripada elongasi film kitosan dengan *plasticizer* gliserol yaitu 106,897% (Warsiki *at al.*, 2011), tetapi lebih tinggi dari elongasi film dengan *plasticizer* sorbitol yaitu 16,6% (Purwanti, 2010). Jika dibandingkan dengan film dari polimer lain, nilai elongasi juga lebih tinggi, yaitu elongasi film dari pati ubi jalar sebesar 9,00±2,70%, dengan pati ubi kayu sebesar 10,67±2,39%, dengan pati kentang sebesar 4,67±1,55%, dengan pati garut sebesar

4,33±1,55% dan dengan pati jagung sebesar 25,33±6,29% (Ardian, 2011).

Penambahan *plasticizer* yaitu gliserol mempengaruhi tingkat elastisitas film yang dihasilkan. Semakin banyak penambahan *plasticizer*, maka elastisitas film akan semakin tinggi. *Plasticizer* adalah bahan organik dengan bobot molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud memperlemah kekakuan suatu film. *Plasticizer* didefinisikan sebagai substansi non volatil yang mempunyai titik didih tinggi, yang jika ditambahkan ke senyawa lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik senyawa tersebut. Penambahan *plasticizer* akan menghindarkan film dari keretakan selama penanganan maupun penyimpanan yang dapat mengurangi sifat ketahanan film (Krochta, 2002). Gliserol adalah senyawa alkohol polihidrat dengan tiga buah gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol trivalen). Rumus kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$ dengan nilai densitas 1,23 g/cm³ dan titik didihnya 204°C, berbentuk cair, tidak berbau, transparan, higroskopis, dan dapat larut dalam air dan alkohol. Gliserol efektif digunakan sebagai *plasticizer* pada film hidrofilik. Penambahan gliserol dengan jumlah sedikit akan menghasilkan film yang lebih fleksibel dan halus, namun tidak terlalu menurunkan kuat tarik dari film yang dihasilkan.

Stabilitas Warna Film Terhadap Suhu

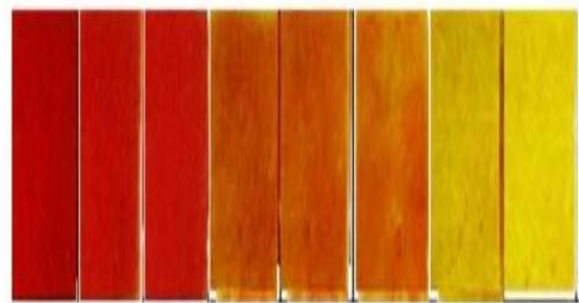
Pewarna daun erpa tidak memiliki stabilitas yang bagus khususnya pada perubahan suhu karena antosianin yang terdapat pada ekstrak pewarna daun erpa sangat rentan terhadap suhu tinggi. Hal inilah yang akan dimanfaatkan sebagai indikator dalam label cerdas untuk mendeteksi kerusakan produk yang sensitif terhadap suhu tinggi. Gambar 3 memperlihatkan perubahan warna saat proses pengeringan film pada suhu 50°C. Menurut literatur, secara umum stabilitas antosianin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu struktur dan konsentrasi antosianin, suhu, pH, oksigen, cahaya, enzim, asam askorbat, gula, sulfat dan sebagainya (Joshi dan Brimelow, 2002).



Gambar 3. Perubahan warna film (a) sebelum dikeringkan; (b) sesudah dikeringkan pada suhu 50°C

Perubahan Warna Film Selama Penyimpanan

Hasil uji yang dilakukan, warna film secara visual menunjukkan perubahan warna pada contoh film yaitu dari warna merah, merah kekuningan dan akhirnya kuning (Gambar 4). Setiap suhu penyimpanan mempunyai respon perubahan yang berbeda terutama pada jangka waktu perubahan warna terjadi. Warna merah awal menunjukkan tingginya kadar pigmen antosianin yang berbentuk kation flavium yang berwarna merah, namun kandungan pigmen ini dapat berubah selama penyimpanan. Perubahan ini dapat disebabkan oleh adanya oksigen, panas dan cahaya.

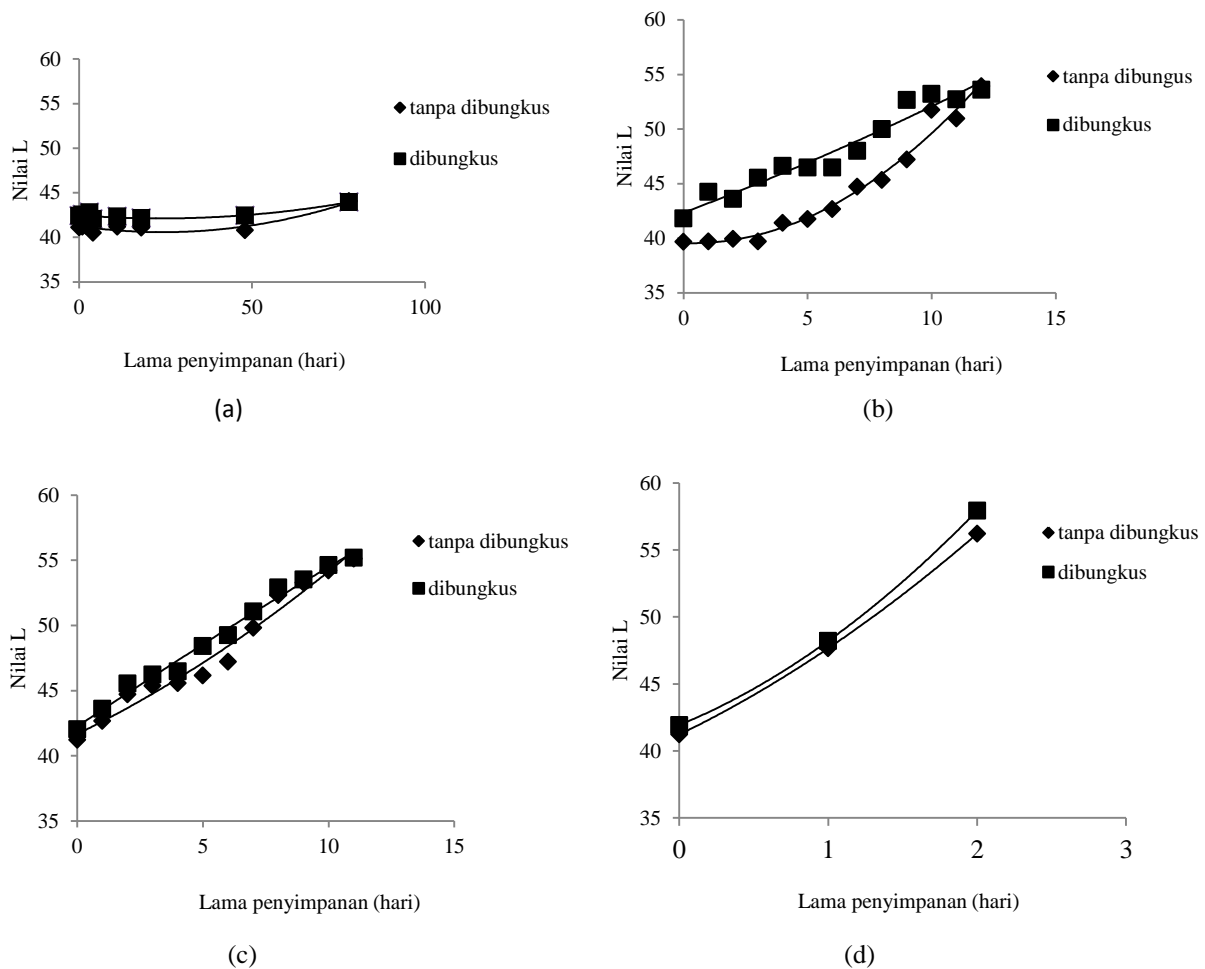


Gambar 4. Perubahan warna film indikator secara visual selama penyimpanan: (a) merah; (b) merah kekuningan dan (c) kuning

Untuk film yang disimpan pada suhu freezer $(-10) \pm 2^\circ\text{C}$ mengalami sedikit perubahan warna namun tetap berwarna merah hingga kuning merah secara visual setelah disimpan selama 78 hari. Untuk film yang disimpan pada suhu refrigerator $(3 \pm 2^\circ\text{C})$ secara visual film mulai berubah dari merah menjadi merah kekuningan pada hari ke-7 namun benar-benar berubah menjadi kuning pada hari ke 8. Film yang di simpan pada suhu ruang $(25 \pm 3^\circ\text{C})$, secara visual berubah dari warna merah menjadi kuning dalam waktu kurang dari satu hari sehingga dilakukan pengukuran per satu jam dan terjadi perubahan warna menjadi kuning setelah disimpan selama 10 jam. Film yang disimpan pada suhu 40°C dengan paparan cahaya, secara visual berubah warna dari merah menjadi kuning dalam waktu 2 jam. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa film kemasan cerdas indikator warna dengan pewarna daun erpa segar yang mengandung antosianin lebih stabil selama penyimpanan suhu rendah.

Nilai L

L Nilai merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kecerahan suatu sampel. Nilai L berkisar antara 0 dan 100. Semakin tinggi nilai L sampel maka bisa di artikan sampel tersebut memiliki warna yang semakin terang. Gambar 5 adalah nilai L film indikator pada masing-masing suhu penyimpanan.



Gambar 5. Hubungan lama penyimpanan terhadap nilai L pada suhu: (a) beku ((-10)±2°C); (b) dingin (3±2°C); (c) ruang (25±3°C), dan (d) luar yaitu 40°C dengan paparan cahaya

Untuk sampel yang disimpan pada beku terjadi sedikit peningkatan nilai L yaitu dari 41,10 pada hari ke-0 menjadi 44,04 pada hari ke-78 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 42,42 pada hari ke-0 menjadi 43,96 pada hari ke-78 untuk sampel yang dibungkus. Untuk sampel yang disimpan pada suhu dingin terjadi peningkatan nilai L dari 39,67 pada hari ke-0 menjadi 53,91 pada hari ke-12 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 41,81 pada hari ke-0 menjadi 53,59 pada hari ke-12 untuk sampel yang dibungkus. Pada penyimpanan suhu ruang, nilai L meningkat dari 41,22 pada jam ke-0 menjadi 55,12 pada jam ke-11 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 42,03 pada jam ke-0 menjadi 55,19 pada jam ke-11 untuk sampel yang dibungkus. Pada penyimpanan suhu 40°C dengan penyinaran cahaya matahari, nilai L meningkat dari 41,22 pada jam ke-0 menjadi 56,21 pada jam ke-2 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 41,93 pada jam ke-0 menjadi 57,93 pada jam ke-2 untuk sampel yang dibungkus.

Secara umum rata-rata nilai L sampel film setelah penyimpanan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum penyimpanan, berarti selama penyimpanan sampel menjadi semakin cerah atau nilai L meningkat. Hasil ini sejalan dengan

penelitian Hong dan Park (2000) dimana sebaliknya terjadi perubahan warna indikator *methyl red* dari orange menjadi merah sehingga menurunkan nilai L pada indikator. Semakin memudar warna sampel atau warna sampel mendekati putih, maka nilai L sampel akan semakin meningkat.

Data yang didapatkan menggambarkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan menyebabkan nilai L semakin cepat meningkat. Peningkatan nilai L disebabkan terjadinya proses degradasi antosianin akibat pengaruh suhu yang menyebabkan peningkatan nilai L. Adanya peningkatan nilai L dapat menunjukkan telah terjadi degradasi warna pada sampel.

Nilai a

Nilai a positif (+a) menunjukkan sampel memiliki derajat kemerahan, sedangkan nilai a negatif (-a) menunjukkan sampel memiliki derajat kehijauan. Antosianin merupakan pigmen yang cenderung memiliki nilai a positif. Nilai a pada film kemasan cerdas indikator warna yang dihasilkan berada pada kisaran nilai positif (+a) yang berarti film kemasan cerdas indikator warna berada pada kisaran warna merah. Untuk sampel yang disimpan

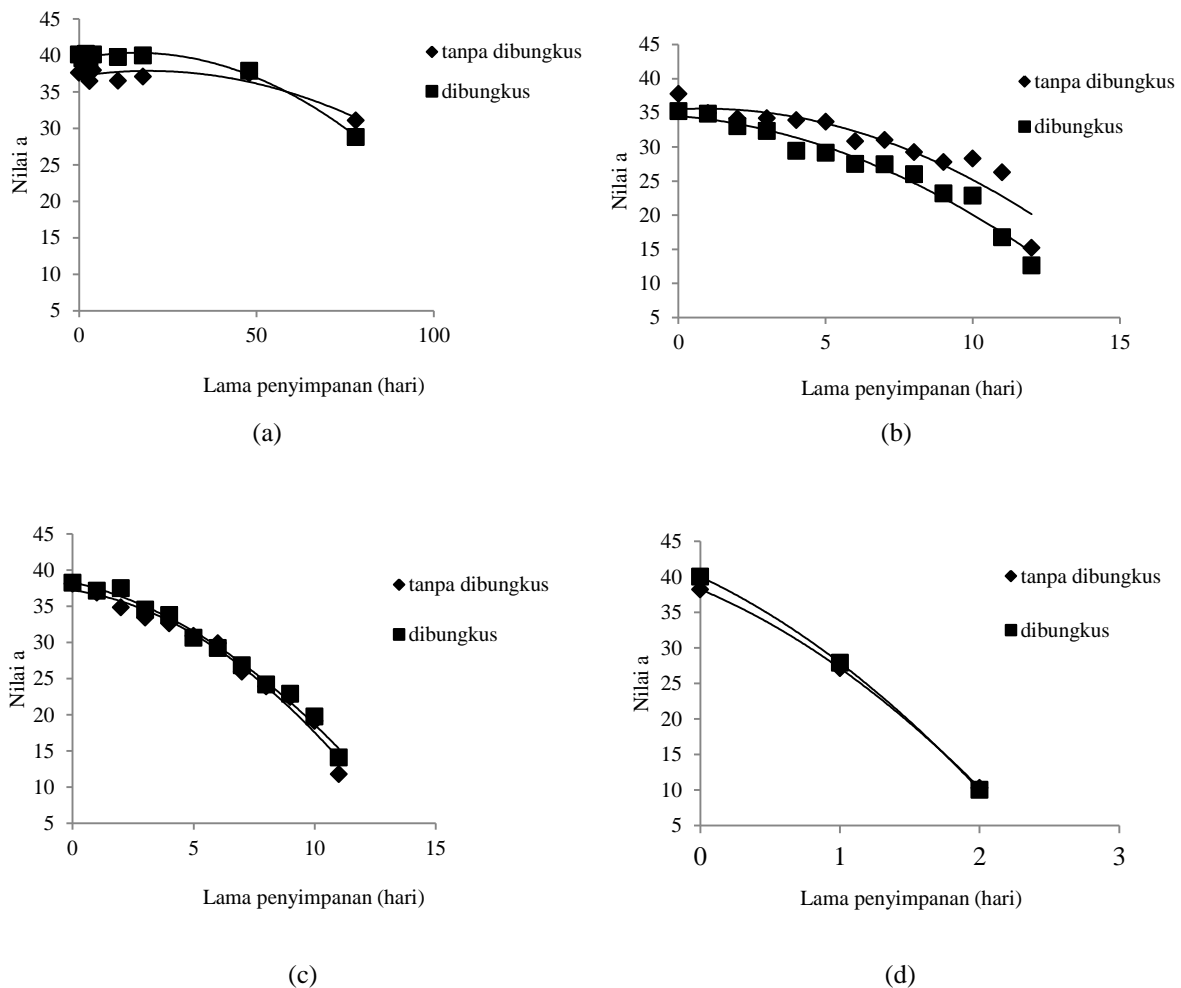
pada suhu ruang, nilai a turun dari 38,66 menjadi 10,74 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 39,89 menjadi 8,57 untuk sampel yang dibungkus. Untuk sampel yang disimpan pada suhu dingin terjadi penurunan nilai a dari 37,89 menjadi 15,18 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 36,04 menjadi 12,625 untuk sampel yang dibungkus. Pada penyimpanan suhu beku terjadi sedikit penurunan nilai a yaitu dari 37,62 menjadi 31,01 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 40,10 menjadi 28,785 untuk sampel yang dibungkus. Perubahan nilai a film indikator untuk masing-masing suhu penyimpanan terhadap perubahan nilai a terlihat pada Gambar 6.

Penurunan nilai a menunjukkan terjadinya penurunan derajat kemerahan sampel film yang juga berimplikasi pada perubahan warna film secara visualisasi dari merah menjadi kekuningan. Penurunan nilai a ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Warsiki dan Putri (2012), dimana juga terjadi penurunan nilai a pada label yang diletakkan di atas buah potong nanas dari merah menjadi merah

muda, sedangkan Hong dan Park (2000) menemukan terjadi kenaikan nilai a pada perubahan warna indikator *methyl red* dari orange menjadi merah.

Nilai a akan meningkat ketika warna sampel menjadi kemerahan dan akan menurun ketika warna sampel menjadi kekuningan. Peningkatan suhu dan lama penyimpanan menyebabkan penurunan derajat kemerahan sampel film. Derajat kemerahan (+a) pada suhu yang lebih rendah cenderung lebih lama bertahan dibandingkan dengan suhu yang lebih tinggi.

Peningkatan suhu penyimpanan mampu menstimulasi proses hidrolisis ikatan glikosidik antara gugus aglikon dan glikon pada struktur antosianin. Hidrolisis tersebut mampu menghasilkan gugus-gugus aglikon yang mudah mengalami transformasi struktural menjadi senyawa kalkon yang tidak berwarna. Penurunan nilai derajat kemerahan disebabkan peningkatan kecepatan reaksi transformasi struktural kation flavilum (berwarna merah) menjadi kalkon (tidak berwarna) (Viguera dan Bridle, 1999).



Gambar 6. Hubungan lama penyimpanan terhadap nilai a pada suhu: (a) beku ((-10)±2°C); (b) dingin (3±2°C); (c) ruang (25±3°C), dan (d) luar yaitu 40°C dengan paparan cahaya

Nilai b

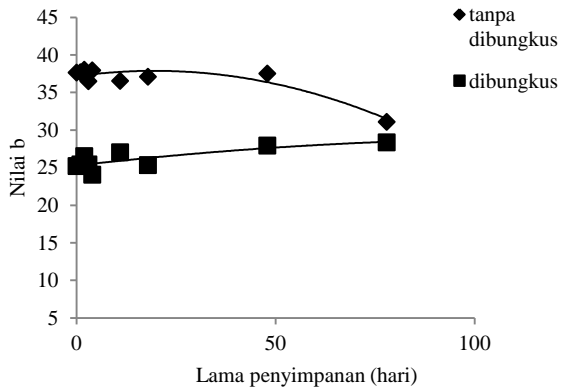
Nilai b merupakan nilai yang menunjukkan derajat kekuningan dan kebiruan suatu sampel. Nilai b positif (+b) menunjukkan sampel memiliki derajat kekuningan, sedangkan nilai b negatif (-b) menunjukkan sampel memiliki derajat kebiruan. Perubahan nilai b film indikator untuk masing-masing suhu penyimpanan terlihat pada Gambar 7.

Untuk sampel yang disimpan pada beku terjadi sedikit peningkatan nilai b yaitu dari 16,37 pada hari ke-0 menjadi 19,67 pada hari ke-78 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 25,19 pada hari ke-0 menjadi 28,35 pada hari ke-78 untuk sampel yang dibungkus. Untuk sampel yang disimpan pada suhu dingin terjadi peningkatan nilai b dari 12,42 pada hari ke-0 menjadi 37,605 pada hari ke-12 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 11,18 pada hari ke-0 menjadi 36,205 pada hari ke-12 untuk sampel yang dibungkus.

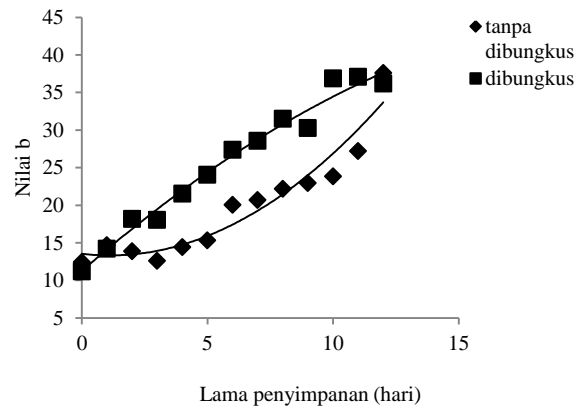
Pada penyimpanan suhu ruang, nilai b meningkat dari 11,37 pada jam ke-0 menjadi 35,79 pada jam ke-11 untuk sampel yang tidak dibungkus dan 11,91 pada jam ke-0 menjadi 36,095 pada jam ke-11 untuk sampel yang dibungkus. Sedangkan pada penyimpanan suhu 40°C dengan penyinaran cahaya matahari, nilai b meningkat dari 12,76 pada jam ke-0 menjadi 39,67 pada jam ke-2 untuk sampel

yang tidak dibungkus dan 12,83 pada jam ke-0 menjadi 40,01 pada jam ke-2 untuk sampel yang dibungkus. Secara umum rata-rata nilai b (derajat kekuningan) sampel film setelah penyimpanan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum penyimpanan. Perubahan warna film yang disebabkan karena degradasi antosianin menjadi senyawa kalkon dan turunannya yang tidak berwarna menyebabkan meningkatnya derajat kekuningan (+b) dari sampel terutama pada sampel yang disimpan pada suhu ruang dan luar dengan penyinaran sinar matahari.

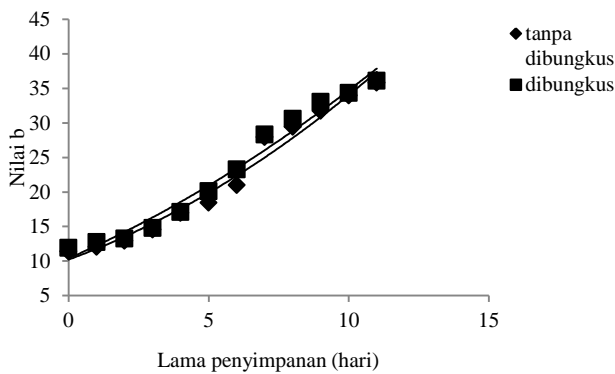
Untuk film dengan pewarna daun erpa sangat rentan terhadap cahaya matahari, terjadi perubahan warna dari merah ke kuning selama 2 jam terkena paparan cahaya matahari. Hal ini menunjukkan peningkatan suhu dan cahaya menyebabkan senyawa antosianin terdegradasi lebih cepat. Terakumulasinya senyawa karbinol yang kurang berwarna menjadikan nilai b meningkat. Senyawa karbinol akan terdegradasi menjadi senyawa kalkon yang tidak berwarna atau kekuningan jika suhu penyimpanan terus meningkat dan lama penyimpanan diperpanjang. Senyawa kalkon secara visual tidak berwarna dan dapat menyebabkan peningkatan nilai b positif (+b) atau derajat.



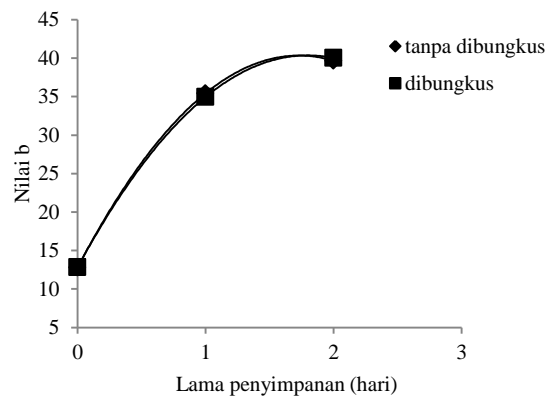
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 7. Hubungan lama penyimpanan terhadap nilai b pada suhu: (a) beku ((-10)±2°C); (b) dingin (3±2°C); (c) ruang (25±3°C), dan (d) luar yaitu 40°C dengan paparan cahaya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Film indikator warna dapat dibuat dari film PVA-khitosan dengan pewarna alami daun erpa yang mengandung pigmen antosianin. Lembaran film dibuat dengan kombinasi pencampuran antara khitosan dan PVA, perbandingan 60% PVA dan 40% khitosan (b/b). Pencetakan film dilakukan pada plat kaca berukuran $20 \times 30 \text{ cm}^2$ dengan volume bahan sebanyak 400 mL dan dikeringkan dengan suhu 50°C selama 24 jam.

Film indikator warna erpa yang mengandung antosianin mengalami perubahan warna selama penyimpanan. Peningkatan suhu dan cahaya menyebabkan senyawa antosianin terdegradasi lebih cepat, sehingga warna indikator berubah dari merah menjadi kuning. Secara umum peningkatan suhu penyimpanan, cahaya dan lama penyimpanan menyebabkan rata-rata nilai L (tingkat kecerahan) sampel film/label setelah penyimpanan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum penyimpanan, sampel menjadi semakin cerah dan terjadi penurunan derajat kemerahan sampel film. Rata-rata nilai derajat kemerahan (+a) sampel setelah penyimpanan lebih rendah dibandingkan dengan sebelum penyimpanan.

Peningkatan suhu penyimpanan, cahaya dan lama penyimpanan juga menyebabkan rata-rata nilai b (derajat kekuningan) sampel film setelah penyimpanan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum penyimpanan. Berdasarkan data yang didapatkan, dapat diketahui bahwa warna film ini lebih stabil atau tidak berubah pada suhu penyimpanan yang lebih rendah, yaitu pada suhu beku dan suhu dingin, dan sangat mudah berubah pada suhu penyimpanan ruang dan 40°C dengan peninaran matahari.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai aplikasi label indikator warna untuk produk sensitif suhu dan cahaya. Selain itu, pemodelan kinetika perubahan warna indikator label dan perubahan mutu produk selama penyimpanan juga perlu dikaji.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jendral Perguruan Tinggi (DIKTI) melalui Hibah Pasca Sarjana Tahun Anggaran 2012-2013.

DAFTAR PUSTAKA

Ardian FN. 2011. Pengaruh jenis pati terhadap kuat tarik dan persen pemanjangan plastik biodegradabel dengan metode *grafting*. <http://elibrary.ub.ac.id/handle/123456789/26342>. [13 Maret 2013].

- Buckmann AJP, Nabuurs T, dan Overbeek GC. 2002. *Self Crosslinking Polymeric Dispersants Used in Emulsion Polymerization*. Netherland: Springer.
- Chen CH dan Yang CH. 2007. Studies of chitosan I :P reparationand characterization of chitosan/polyvinyl alcohol blends film. *Polym Sci*. 105 : 1086-1092
- Hanum T. 2000. Ekstraksi dan stabilitas zat pewarna alam dari katul beras ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*). *Bul TIP* 11 (1) : 17 – 23.
- Hong SI dan Park WS. 2000. Use of color indicators as an active packaging system for evaluating kimchi fermentation. *J Food Eng*. 46 (1) :67-72.
- Jha SN. 2010. *Non Destructive Evaluation of Food Quality: Theory and Practice*. New York: Springer.
- Joshi P dan Brimelow CJB. 2002. Color measurement of food by color reflectance. Di dalam MacDougall (ed). *Color in food*. London. Blackie Academic Prof. P244-309.
- Kim MJ, Jung SW, Park HR, Lee SJ. 2012. Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid bacteria-based time-temperature integrators (TTI). *J Food Eng*. 113 (3): 471-478.
- Krochta JM. 2002. Protein as raw material for film and coating: definitions, current status, and opportunities. Di dalam : Gennadios A (ed). *Protein-Based Films and Coating*. Washington DC: CRC Press.
- Kuswandi B, Jayus R, Abdullah A, Ahmad M. 2012. A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. *J Food control*. 25 (1): 184-189.
- Pacquit A, Frisby J, Diamond D, Lau KT, Farrell A., Quilty, Diamond D. 2007. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *J Food Chem*. 102 (2) : 466-470.
- Purwanti A. 2010. Analisis kuat tarik dan elongasi plastik kitosan terplastisasi sorbitol. *J Teknol Pangan* 3 (2): 99 – 106.
- Vaikousi H, Biliaderis CG, dan Koutsoumanis KP. 2008. Development of a microbialtime/temperature indicator prototype for monitoring the microbiologicalquality of chilled foods. *Applied and Environ Microbiol*. 74 (10): 3242–3250.
- Viguera CG dan Bridle P. 1999. Influence of structure on Colour Stability of Anthocyanins and Flavylum Salts with Ascorbic Acid. *J Food Chem*. 64 (1): 21-26.
- Warsiki E, Sunarti TC dan Damanik R. 2010. Pengembangan kemasan antimikrobia (AM) untuk memperpanjang umur simpan produk pangan. *Prosiding Seminar Hasil - Hasil Penelitian IPB 2009, Buku 5 Bidang*

- Teknologi dan Rekayasa Pangan*, Bogor Indonesia, 22-23 Desember 2010.
- Warsiki E, Sunarti TC, dan Sianturi J. 2011. Evaluasi sifat fisis-mekanis dan permeabilitas film berbahan kitosan. *J Tek Ind Pert.* 21 (3) : 139-145.
- Warsiki E dan Putri CW. 2012. Pembuatan label/film indikator warna dengan pewarna alami dan sintetis. *E-Jurnal Agro Ind.* 1 (2): 82 – 87.
- Wittaya T. 2009. Microcomposite of rice starch film reinforced with microcrystalline cellulose palm pressed fiber. *Int Food Res J.* 16 (4) : 493 – 500.
- Xu XY, Kim KM, Hanna MA, Nag D. 2005. Chitosan-starch composite film: preparation and characterization. *J Indust Crops Prod.* 21(2) : 185-192.