

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 6, No. 2, Agustus 2018



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, dan mulai tahun ini berisi 15 naskah untuk setiap nomornya. Peningkatan jumlah naskah pada setiap nomornya ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota PERTETA tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam invited paper yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, review perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, technical paper hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta research methodology berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (online submission) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 2 Agustus 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Hasbi, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarmo, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Bambang Susilo, M.Sc.,Agr (Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Nauman Khalid (School of Food and Agricultural Sciences, University of Management and Technology (Pakistan)), Dr.Ir. Ridwan Rahmat. M.Agr (Badan Litbang Pertanian), Ir. Joko Pitoyo, M.Si (Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian), Dr.Ir. Rizal Alamsyah, M.Sc (Balai Besar Industri Agro), Dr.Ir. Ratnawati, M.Eng.,Sc (Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Rudiati Evi Masitoh, STP.,MDT (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr. Radi, STP.,M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Andri Prima Nugroho, STP.,M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Nursigit Bintoro, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Taufik Rizaldi, STP.,M.P (Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Sumatera Utara), Ir. Mimin Muhaemin, M.Eng.,Ph.D (Jurusan Teknologi Agroindustri, Universitas Padjadjaran), Dr. Siswoyo Soekarno, STP.,M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember), Dr. Alimuddin, ST.,MM.,MT (Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa), Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, STP.,M.Si (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember).

Technical Paper

**Studi Kinetika Degradasi Warna *Biodegradable Film* - Antosianin
Untuk Indikator Proses Termal**

*Study of Color Degradation Kinetics of Biodegradable film – Anthocyanin as Thermal
Processing Indicator*

Rozi Satria Utama, Program Studi Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: satriabkl12@gmail.com

Nugraha Edhi Suyatma, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: nugrahaedhi@yahoo.com

Nancy Dewi Yulliana, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: juliana.luthfia@gmail.com

Abstract

Anthocyanins from different sources have been reported for its potential as thermal process indicator. This research aimed in particular to study the color degradation kinetics of anthocyanin from Roselle and in general to provide alternative natural indicator for thermal process. Roselle's anthocyanin extract was incorporated into 3 biodegradable films (i.e agar, pectin, PVA). Thermal degradation kinetics of anthocyanin's color (ΔE and Chroma) in biodegradable film was studied at selected temperatures (80°C, 90°C, and 100°C). The color change was observed at minute 0, 30, 60 and 120 by computer vision method. The results showed that anthocyanin incorporated into PVA film had the highest value of activation energy (E_a), while anthocyanin incorporated into pectin film had the smallest value of E_a . Lower value of E_a indicating that the anthocyanin chroma is easily degraded at low temperature. Higher value of E_a indicating that it needs higher energy or higher temperature to degrade the color. The results of this study showed that anthocyanin in PVA film can be selected as indicator for high temperature thermal process (e.g. sterilization), while anthocyanin in pectin film can be used in lower temperature thermal process (e.g. pasteurization).

Keywords: Anthocyanin, color degradation, roselle, thermal process indicator

Abstrak

Potensi antosianin dari berbagai sumber sebagai indikator proses termal alami telah banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan mempelajari kinetika degradasi warna film-antosianin serta menentukan kombinasi biodegradable film-antosianin terbaik sebagai alternatif indikator proses termal. Pengamatan kinetik ini dilakukan pada suhu 80°C, 90°C, dan 100°C dan parameter degradasi warna yang diukur adalah ΔE dan Chroma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antosianin pada film PVA mempunyai nilai energi aktivasi (E_a) paling besar, sedangkan antosianin pada film pektin mempunyai nilai E_a paling kecil. Nilai E_a degradasi warna antosianin yang kecil pada film pektin menunjukkan bahwa degradasi warna sudah dapat berjalan pada suhu yang rendah. Sedangkan nilai E_a degradasi warna antosianin yang lebih besar pada film PVA menunjukkan bahwa antosianin pada film tersebut merupakan yang paling sensitif terhadap perubahan suhu dan paling signifikan perubahan warnanya. Namun perubahan warna yang signifikan pada antosianin pada film PVA membutuhkan suhu yang lebih tinggi sehingga lebih tepat untuk digunakan sebagai indikator pada proses termal dengan suhu yang tinggi (misalnya sterilisasi), sedangkan antosianin pada film pektin dapat digunakan pada proses termal dengan suhu yang lebih rendah (misalnya pasteurisasi).

Kata Kunci: Indikator proses termal, kinetika antosianin, degradasi warna

Diterima: 5 Desember 2017; Disetujui: 27 Februari 2018

Latar Belakang

Label indikator pada industri pengalengan telah banyak digunakan di berbagai negara. Namun di Indonesia penggunaan label indikator masih terkendala pada harga yang mahal karena produk tersebut harus diimpor dari negara lain. Permasalahan ini harus segera dicarikan solusinya mengingat pentingnya peranan indikator untuk menghindari kesalahan penanganan dan kelalaian pekerja, serta menjamin proses sterilisasi pada kaleng telah dilakukan dengan semestinya. Oleh karena itu perlu adanya produksi label indikator dalam negeri dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam yang tersedia. Pengembangan label cerdas sebagai indikator proses termal dapat dilakukan dengan memanfaatkan pigmen-pigmen alami yang terdapat pada tumbuhan. Wulandari (2016) melaporkan bahwa dari beberapa pigmen alami yaitu klorofil, kurkumin, dan antosianin, yang paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai label indikator proses termal adalah pigmen antosianin karena sensitifitas pigmen ini terhadap perubahan suhu.

Pemanfaatan antosianin sebagai bahan indikator pada kemasan cerdas telah banyak dilakukan. Pada beberapa penelitian sebelumnya, antosianin diinkorporasikan pada *biodegradable film* untuk membentuk kemasan cerdas, sebagaimana dilaporkan Yoshida *et al.* (2014) bahwa antosianin yang diinkorporasikan pada film chitosan dapat memonitor perubahan pH pada produk pangan. Perubahan pH akan menyebabkan perubahan warna pada antosianin. Pereira *et al.* (2014) melaporkan *biodegradable film*-antosianin dapat diaplikasikan sebagai *time-temperature integrator* (TTI) pada penyimpanan susu. Peningkatan suhu penyimpanan susu akan menimbulkan potensi kerusakan yang dapat merubah pH susu. Perubahan pH yang terjadi ini akan merubah warna antosianin pada TTI tersebut.

Selain mampu memonitor perubahan pH, *biodegradable film* - antosianin diperkirakan juga dapat memonitor perubahan suhu melalui perubahan warna. Hal ini dinilai berpotensi untuk menjadikan *biodegradable film*-antosianin sebagai indikator pada proses termal. Perlakuan suhu dan waktu yang berbeda diperkirakan akan membuat perubahan warna yang berbeda pula sehingga dapat diamati secara visual. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai hal ini. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi material *biodegradable film*-antosianin yang terbaik sebagai indikator pada proses termal, serta menentukan kinetika reaksi perubahan warna antosianin pada proses termal.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Desikator, *autoclave*, refrigerator, Penyaring vakum Buchi B-169, *magnet stirrer*, *water bath*, oven,

termometer, kamera, laptop, bunga rosela kering (*Hibiscus sabdariffa*), pektin, agar, *polyvinyl alcohol*, aquades, gliserol.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi Antosianin

Ekstraksi antosianin mengacu kepada metode Juniarka dkk (2011) yang dimodifikasi. Sebanyak 50g kelopak bunga rosela kering (*Hibiscus sabdariffa*) diblender dengan 500 ml pelarut air lalu dimaserasi selama 24 jam. Maserasi dilakukan didalam erlenmeyer yang ditutup dengan alumunium foil pada temperatur 25°C atau pada suhu kamar. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kain saring untuk diambil filtratnya. Filtrat yang didapatkan disaring kembali dengan menggunakan penyaring vakum Buchi B-169. Filtrat yang telah diperoleh disimpan pada refrigerator suhu 14°C-16°C sebelum digunakan. Filtrat yang sama digunakan untuk seluruh tahap penelitian ini.

Pembuatan Film Agar-Antosianin, Pektin-Antosianin, dan PVA-Antosianin

Pembuatan film-antosianin mengacu pada metode Yoshida *et al.* (2014) yang dimodifikasi. Sebanyak masing-masing 2 g polimer film (agar, atau pektin, atau PVA) dan 0.4 ml gliserol sebagai *plastisizer* dilarutkan dalam 100 ml aquades lalu dipanaskan sampai suhu 90°C sambil diaduk dengan menggunakan alat *magnetic stirrer*. Larutan film yang sudah homogen didinginkan hingga suhu 70°C, lalu ditambahkan ekstrak antosianin 5 ml dan diaduk hingga homogen. Masing-masing larutan film-antosianin kemudian dituangkan pada cawan plastik dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam. Setelah kering diperoleh film agar-antosianin, pektin-antosianin, dan PVA-antosianin. Film antosianin yang telah diperoleh langsung dipersiapkan untuk selanjutnya diuji pada uji kinetika degradasi warna.

Pengukuran Warna

Analisa warna menggunakan metode Wu dan Sun (2013) yaitu pengambilan gambar objek menggunakan kamera digital pada sebuah kotak hitam kemudian gambar ditransfer dan dianalisa pada komputer. Kotak hitam didesain tertutup dengan sumber pencahayaan berupa lampu didalamnya sehingga kondisi pengambilan gambar tetap sama dan tidak dipengaruhi oleh cahaya luar. Adapun Salah satu software yang paling potensial untuk digunakan adalah *adobe photoshop* sebagaimana yang telah dilakukan Yam & Papadakis (2004) pada pengukuran warna pizza.

Gambar film-antosianin yang telah diujikan pada proses termal diambil dengan menggunakan kamera digital lalu gambar tersebut ditransfer ke dalam komputer. Gambar dianalisa dengan program *Adobe photoshop CS3* untuk mendapatkan nilai L^* , a^* , b^* . Nilai L^* (*lightness*), a^* (*red-green*) dan b^* (*yellow-blue*) akan digunakan untuk mengevaluasi perubahan

wana yang terjadi akibat proses termal yang diberikan kepada label cerdas. Perbedaan total warna dan chroma film-antosianin pada sebelum dan setelah diberikan perlakuan akan dihitung menggunakan metode CIE (2004) sebagaimana pada persamaan 1 dan 2.

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (1)$$

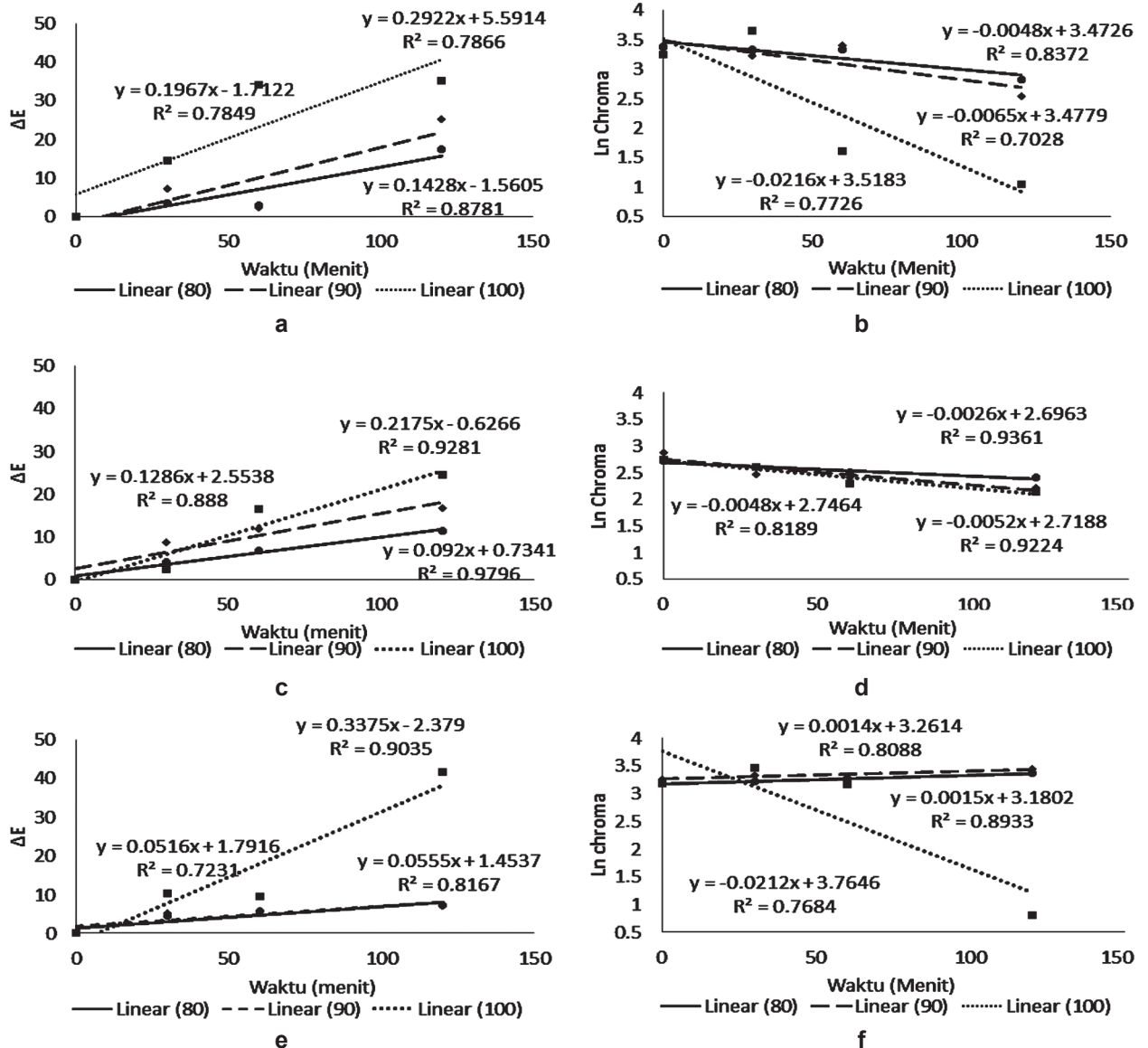
$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

Kinetika Perubahan Warna

Film-antosianin diuji dalam dua bentuk yaitu film-antosianin yang diuji langsung tanpa bantuan kertas stiker (film tanpa kertas stiker) dan film-antosianin yang ditempelkan pada kertas stiker menggunakan *double tape* (film dengan kertas stiker). Tujuan menguji film-antosianin dengan kertas stiker adalah untuk melihat kinetika perubahan warna antosianin dalam bentuk aplikasinya, karena film-antosianin ini akan

diaplikasikan dengan menggunakan bantuan kertas stiker supaya mudah ditempelkan pada keranjang retort dan tempat lainnya. Film-antosianin diuji dalam posisi yang berbeda yaitu film tanpa kertas stiker diuji dalam posisi horizontal karena keterbatasan film ini yang tidak dapat diuji dalam posisi vertikal, sedangkan film dengan kertas stiker diuji pada posisi vertikal sebagaimana aplikasi yang diharapkan.

Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Pengamatan kinetika perubahan warna menggunakan metode Arrhenius. Masing-masing sampel berukuran 3x3 cm terlebih dahulu difoto pada menit ke 0 untuk pengukuran warna pada menit ke 0, kemudian sampel diuji pada tiga suhu isothermal yaitu pada suhu 80, 90, dan 100°C di dalam *waterbath* selama 120 menit, dan perubahan warna diamati pada menit ke 30, 60 dan 120. Setelah tercapai waktu yang diinginkan, sampel dikeluarkan dari *waterbath* dan langsung difoto untuk diukur warnanya.



Gambar 1. Kurva regresi linier hubungan antara waktu pemanasan dengan perubahan ΔE dan degradasi chroma film tanpa stiker.

Aplikasi Proses Termal

Kombinasi material terbaik biodegradable film-antosianin yang terbaik diaplikasikan pada proses sterilisasi dan pasteurisasi. Suhu sterilisasi yang digunakan adalah 121°C dan waktu isothermal selama 15 menit, sedangkan suhu pasteurisasi yang digunakan adalah 80°C selama 30 menit dan 60 menit.

Hasil dan Pembahasan

Kinetika Reaksi Degradasi Warna Film-Antosianin Tanpa Stiker

Total Perubahan Warna

Kinetika reaksi ΔE film agar-antosianin, pektin-antosianin, dan PVA-antosianin tanpa kertas stiker mengikuti reaksi ordo 0 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Moura et al. 2011, juga melaporkan bahwa kinetika reaksi ΔE antosianin pada jeli strawberry mengikuti ordo 0. Namun pada hasil penelitian lain kinetika reaksi ΔE pada larutan aqueos antosianin mengikuti ordo 1 (Yang et al. 2008; Reyes dan Cisnerros-Zevallos 2007). Perbedaan ini dapat disebabkan karena berbedanya materi pembawa antosianin yang diuji antara larutan aqueos dengan jelly. Antosianin yang diinkorporasikan pada polimer biodegradable mengalami reaksi perubahan warna total (ΔE) yang berbeda jika dibandingkan dengan larutan antosianin yang mengikuti reaksi ordo 1. Hal ini dapat disebabkan karena adanya interaksi dari antosianin terhadap polimer membentuk ikatan-ikatan pada gugus-gugus fungsinya sebagaimana interaksi antosianin dengan karbohidrat yang membentuk ikatan-ikatan ionik (Guan dan Zhong 2015; Nikkiah et al. 2007; Fernandes et al. 2014). Ikatan-ikatan yang terbentuk ini membuat antosianin lebih tahan terhadap panas dan tidak langsung mengalami degradasi sebagaimana pada larutan antosianin. Demikian pula halnya antosianin yang diinkorporasikan pada film agar dapat mengalami peningkatan stabilitas sehingga tidak mudah terdegradasi.

Nilai gradien garis linier pada tiap suhu pada masing-masing film merupakan nilai konstanta k yaitu nilai konstanta yang menunjukkan kecepatan reaksi pada masing-masing suhu tersebut. Nilai konstanta k perubahan total warna (ΔE) dan degradasi chroma pada semua film-antosianin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Ini menunjukkan bahwa kecepatan reaksi perubahan total warna (ΔE) dan degradasi chroma film-antosianin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Namun pada film PVA-antosianin, perubahan total warna (ΔE) menunjukkan bahwa film PVA-antosianin tanpa kertas stiker tidak begitu mengalami perubahan warna. Hal ini dikarenakan PVA mempunyai nilai swelling index yang rendah jika dibandingkan dengan film lain sehingga film ini tidak banyak menyerap uap panas air yang dapat merusak antosianin dengan cepat. Hasil penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa PVA dalam bentuk solid

dapat menstabilkan antosianin karena adanya ikatan hidrogen gugus hidroksil dari PVA dengan kation flavylum (Sakamoto et al. 2015).

Degradasi Chroma

Degradasi chroma film agar-antosianin, pektin-antosianin, PVA-antosianin tanpa kertas stiker mengikuti ordo 1. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kinetika degradasi chroma dari antosianin pada suhu tinggi (70-90°C) mengikuti reaksi ordo 1 (Cao et al. 2011; Yang et al. 2008; Reyes dan Cisnerros-Zevallos 2007). Degradasi warna antosianin disebabkan oleh adanya penurunan kadar antosianin pada perlakuan suhu tinggi. Korelasi antara penurunan nilai warna dan penurunan kadar antosianin tersebut dapat digambarkan melalui sebuah garis linier (Cao et al. 2011). Antosianin dari *Hibiscus sabdariffa* juga telah dilaporkan mengalami degradasi karena pengaruh peningkatan suhu mengikuti reaksi ordo 1 (Sinela et al. 2017). Dengan demikian penurunan nilai chroma film agar-antosianin yang mengikuti reaksi ordo 1 juga disimpulkan karena adanya penurunan kadar antosianin pada film yang mengalami kerusakan karena perlakuan panas.

Warna film pektin-antosianin berbeda dengan film agar-antosianin dan PVA-antosianin. Film pektin-antosianin berwarna ungu dan sedikit lebih gelap. Antosianin yang dimasukkan ke dalam larutan pektin pada awalnya berwarna merah, namun ketika dicampur dengan larutan pektin warna berubah menjadi ungu. Perubahan warna ini disebabkan karena pH larutan pektin-antosianin yang mendekati pH netral sekitar pH 6. Antosianin mengalami perubahan warna pada pH yang berbeda-beda dan umumnya pada pH 5-6 atau pH netral antosianin berwarna ungu (Wahyuningsih et al. 2017; Ananga et al. 2013). Pereira et al. (2015) juga melaporkan bahwa film chitosan/PVA yang diinkorporasikan antosianin juga mempunyai warna ungu pada pH 5-6.

Kinetika Reaksi Degradasi Warna Film-Antosianin dengan Stiker

Fenomena kinetika reaksi dengan kertas stiker sama halnya dengan film tanpa stiker yaitu total perubahan warna (ΔE) mengikuti reaksi ordo 0 dan degradasi chroma mengikuti ordo 1 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2. Namun nilai konstanta k pada film dengan kertas stiker lebih besar dibandingkan dengan film tanpa stiker. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan lebih cepat pada film dengan kertas stiker dibandingkan dengan film tanpa kertas stiker. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan posisi film ketika dipanaskan. Film dengan kertas stiker dipanaskan dalam posisi vertikal sesuai dengan aplikasi yang akan diterapkan. Sedangkan film tanpa kertas stiker diuji dalam posisi horizontal karena tidak dapat diuji pada posisi vertikal dan ditempatkan pada cawan petri supaya film masih dapat diamati ketika film luruh. Pada posisi vertikal film lebih banyak menerima

paparan uap air panas dibandingkan dengan posisi horizontal. Pada posisi vertikal apabila film terkena paparan uap air panas film akan luruh dan tidak dapat mengumpul pada satu titik sebagaimana halnya pada posisi horizontal sehingga film tidak dapat lagi berfungsi melindungi antosianin didalamnya.

Perbandingan Nilai Energi Aktifasi dan Pemilihan Film Yang Terbaik

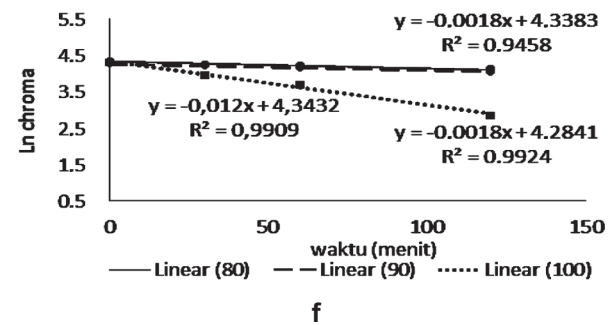
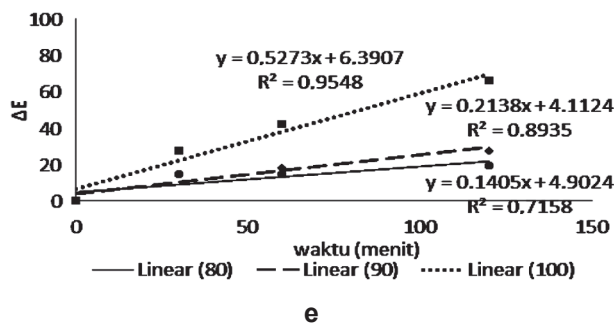
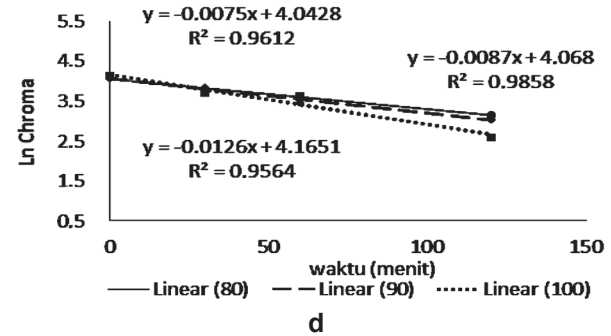
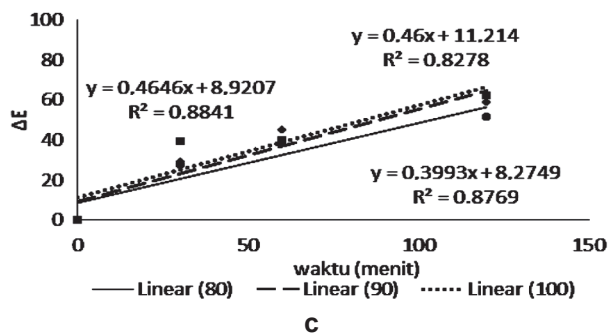
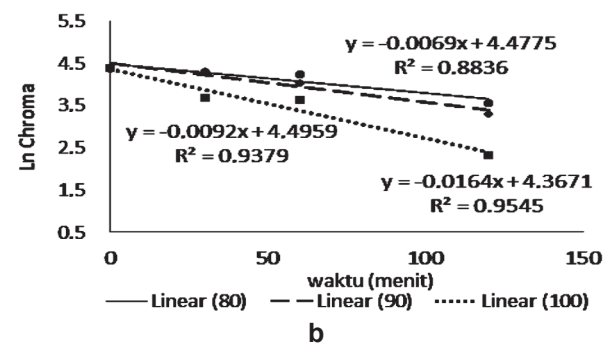
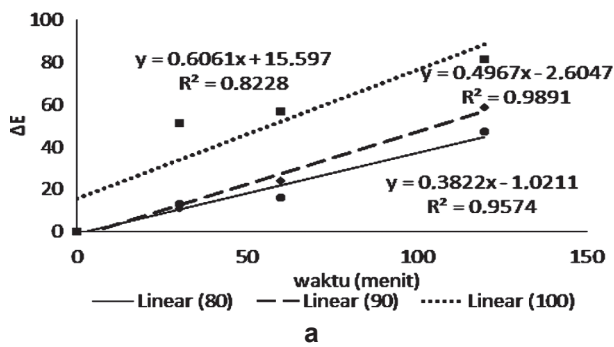
Pemilihan film-antosianin yang terbaik dipilih berdasarkan perbandingan energi aktivasi dan lebih ditekankan pada perbandingan energi aktivasi degradasi chroma. Chroma dipilih karena lebih dapat menggambarkan degradasi warna yang terjadi. Nilai chroma hanya menggunakan nilai a (merah-hijau) dan b (kuning-biru) dan tidak dipengaruhi oleh nilai *lightness* (cahaya). Nilai *lightness* dihindari karena menurut Wu dan Sun (2013) faktor pencahayaan merupakan salah satu kelemahan dalam pengukuran warna menggunakan metode komputer visual walaupun pada penelitian ini pencahayaan telah dirancang dalam kondisi yang tetap

Antosianin pada film pektin tanpa kertas stiker dan dengan kertas stiker sebagaimana terlihat pada Tabel

1 mempunyai energi aktivasi degradasi chroma yang paling kecil dibandingkan dengan antosianin pada film agar dan PVA. Energi aktivasi yang lebih kecil menunjukkan bahwa jumlah energi yang dibutuhkan untuk memulai reaksi degradasi chroma lebih sedikit dibandingkan dengan film yang lain. Hal ini berarti bahwa antosianin pada film pektin sudah mulai mengalami degradasi pada suhu yang lebih rendah.

Energi aktivasi degradasi chroma antosianin pada film pektin lebih kecil karena film ini tidak luruh dan tetap solid pada suhu 100°C sehingga antosianin tidak mengalami laju degradasi yang begitu drastis. Sedangkan film agar dan PVA pada suhu 100°C meluruh dan mencair sehingga matriks film tidak dapat lagi melindungi antosianin dari degradasi dan reaksi pun berjalan sangat cepat. Sifat film pektin yang tetap solid pada pemanasan suhu tinggi mempunyai keuntungan tersendiri yaitu perubahan warna akan lebih mudah untuk diamati.

Antosianin pada film PVA menunjukkan nilai E_a degradasi warna yang paling besar sehingga dapat dikatakan bahwa antosianin pada film tersebut lebih sensitif terhadap perubahan suhu. Kenaikan suhu meningkatkan laju degradasi yang drastis sehingga



Gambar 2. Kurva regresi linier hubungan antara waktu pemanasan dengan perubahan ΔE dan degradasi chroma film dengan kertas stiker.

Tabel 1. Nilai k dan Ea kinetika degradasi chroma film-antosianin

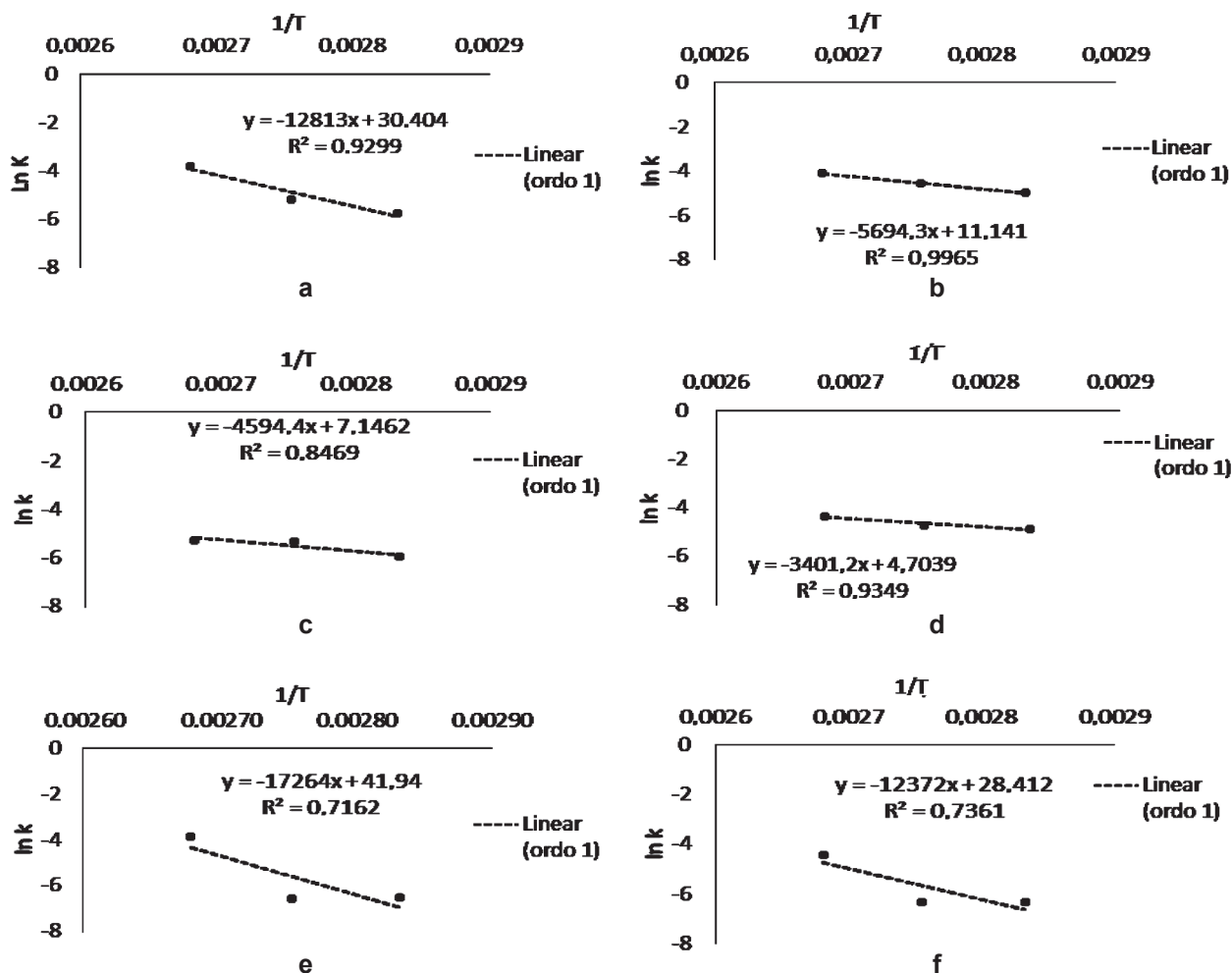
Parameter	Jenis Film	Nilai k x 10 ⁻³ (menit-1)			Nilai Ea (kJ/mol)
		Suhu 80°C	Suhu 90°C	Suhu 100°C	
Film Tanpa Kertas Stiker	Agar-antosianin	- 3.67 ± 0.45	- 5.63 ± 0.41	- 19.87 ± 4.31	91.384 ± 15.322b
Kertas Stiker	Pektin-antosianin	- 2.93 ± 0.35	-4.93 ± 0.15	- 6.03 ± 1.04	39.36 ± 9.972a
	PVA-antosianin	1.367 ± 0.15	1.23 ± 0.15	- 17.93 ± 2.89	139.25 ± 7.229c
Film Dengan Kertas Stiker	Agar-antosianin	-6.47 ± 0.513	-10.10 ± 0.819	-15.73 ± 1.155	48.67 ± 1.202b
Kertas Stiker	Pektin-antosianin	-7.27 ± 0.252	-8.37 ± 0.306	-12.03 ± 0.493	27.48 ± 1.167a
	PVA-antosianin	-1.6 ± 0.20	-1.8	-11.5 ± 0.46	76.60 ± 6.023c

perubahan warna semakin terlihat. Namun sensitivitas tersebut lebih disebabkan oleh luruhnya/mencairnya film PVA ini. Sakamoto *et al.* (2015) telah melaporkan bahwa PVA dalam bentuk solid mampu melindungi antosianin dari degradasi sedangkan dalam bentuk larutan PVA tidak dapat meningkatkan stabilitas antosianin. Dengan demikian mencairnya/luruhnya film membuat laju degradasi antosianin meningkat drastis dan menyebabkan perubahan warna yang sangat signifikan.

Antosianin pada film pektin-antosianin bersifat mudah terdegradasi pada suhu yang lebih rendah dan kurang stabil karena pH film ini yang berada pada

pH mendekati netral. Oancea dan Draghici (2013) dan Wahyuningsih *et al.* (2017) melaporkan bahwa antosianin lebih stabil pada pH rendah dan kurang stabil pada pH yang semakin tinggi. Dengan demikian pH film sangat berpengaruh pada kestabilan warna film-antosianin.

Antosianin pada film pektin dapat mengalami perubahan pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan antosianin pada film yang lain. Oleh karena itu film ini dapat diaplikasikan pada proses termal yang menggunakan suhu yang lebih rendah seperti pada proses pasteurisasi. Sedangkan antosianin pada film PVA mengalami perubahan warna yang paling



Gambar 3. Hubungan regresi linier ln k degradasi chroma dengan 1/.

signifikan namun membutuhkan suhu yang lebih tinggi, sehingga lebih tepat diaplikasikan pada proses termal yang bersuhu tinggi seperti sterilisasi.

Aplikasi pada Proses Termal

Hasil uji coba aplikasi pada proses sterilisasi menunjukkan bahwa film PVA-antosianin mampu menjadi indikator yang baik karena perubahan warna yang terjadi sangat signifikan seperti terlihat pada Gambar 4. Perubahan film PVA-antosianin ini disebabkan oleh peluruhan film dan perubahan warna antosianin menjadi berwarna coklat karena adanya reaksi *browning* non enzimatis yang terjadi ketika antosianin dipanaskan pada suhu tinggi (Jimenez *et al.* 2010). Markakis *et al.* (1957) mengemukakan bahwa reaksi degradasi antosianin pada suhu tinggi terdiri dari dua tahapan yaitu dimulai dari hidrolisis ikatan glikosidik antosianin membentuk aglikon yang tidak stabil dan terbukanya ring flavilium menjadi struktur kalkon. Reaksi berikutnya adalah terbentuknya produk-produk *intermediate* yang selanjutnya dapat membentuk komponen-komponen polimer coklat.

Aplikasi pada proses pasteurisasi menunjukkan bahwa film pektin-antosianin juga berpotensi dijadikan sebagai indikator pasteurisasi karena terjadi perubahan warna yang signifikan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4. Antosianin pada film pektin sebelum dipasteurisasi dan setelah proses pasteurisasi selama 30 dan 60 menit warna film mengalami perubahan warna dengan nilai total perbedaan warna (ΔE) 40 dan 39. Nilai total perubahan warna (ΔE) pada indikator ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna yang cukup signifikan

Simpulan

Perubahan total warna (ΔE) antosianin pada film agar, pektin, dan PVA mengikuti reaksi ordo 0 pada film tanpa kertas stiker dan film dengan kertas stiker,

sedangkan degradasi chroma mengikuti reaksi ordo 1. Dari ketiga film tersebut, energi aktivasi degradasi chroma antosianin pada film pektin merupakan yang paling rendah sedangkan pada film PVA merupakan yang paling tinggi. Antosianin pada film PVA merupakan yang paling sensitif terhadap perubahan suhu pada range suhu 80-100°C sehingga dipilih sebagai indikator proses termal sterilisasi, sedangkan antosianin pada film pektin dapat mengalami perubahan pada suhu yang lebih rendah sehingga dapat diaplikasikan sebagai indikator proses termal pasteurisasi. Dari percobaan aplikasi film PVA-antosianin dan pektin-antosianin menunjukkan kemampuan indikator yang baik yaitu terjadi perubahan warna yang signifikan

Daftar Pustaka

- Ananga, A., V. Georgiev, J. Ochieng, B. Phills and V. Tsoleva. 2013. Production of anthocyanins in grape cell cultures: a potential source of raw material for pharmaceutical, food, and cosmetic industries in The Mediterranean Genetic Code – Grapevine and Olive, Chapter 11 p 247-287
- Cao, S.Q., L. Liu and S.Y. Pan. 2011. Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visual color of blood orange juice. *Agricultural Sciences in China* 10(12); 1992-1997
- [CIE] Commission Internationale De L'Eclairage. 2004. Technical report colorimetry – third edition. [Internet]. [diunduh Mar 12]. Tersedia pada: http://cie.mogi.bme.hu/cie_arch/kee/div1/tc148.pdf.
- Fernandes, A., G. Ivanova, N.F. Bras, N. Mateus, M.J. Ramos, M. Rangel and V. Freitas. 2014. Structural characterization of inclusion complexes between cyanidin-3-O-glucoside and β -cyclodextrin. *Carbohydrate Polymers*. 102: 269-277.
- Guan, Y. and Q. Zhong. 2015. The improved thermal stability of anthocyanins at pH 5,0 by gum arabic. *Food Science and Technology*. 64: 706-712.



Gambar 4. Aplikasi film-antosianin pada proses sterilisasi dan pasteurisasi.

- Jimenez, N., P. Bohuon, J. Lima, M. Dornier, F. Vaillant and A.M. Perez. 2010. Kinetics of anthocyanin degradation and browning in reconstituted blackberry juice treated at high temperatures (100-180°C). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58, 2314-2322.
- Juniarka, I.G.A., E. Lukitaningsih, S. Noegrohati. 2011. Analisis aktivitas antioksidan dan kandungan antosianin total ekstrak dan liposom kelopak bunga rosella (*hibiscus sabdariffa* l.). *Majalah Obat Tradisional*. 16(3): 115 – 123.
- Markakis, P., G.E. Livingstone and R.C. Fellers. 1957. Quantitative aspects of strawberry, pigment degradation. *Food Research*. 22: 117-130.
- Moura, S.C.S.R., P. Prati, F.Z. Vissotto, R.C.S.C. Ormenese and M.S. Rafacho. 2011. Color degradation kinetics in low-calorie strawberry and guava jellies. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 31(3): 758-764
- Nikkhah, E., M. Khayamy, R. Heidari and R. Jamee. 2007. Effect of Sugar Treatment on Stability of Anthocyanin Pigments in Berries. *Journal of Biological Sciences* 7(8): 1412-1417
- Oancea, S. And O. Draghici. 2013. pH and thermal stability of anthocyanin-based optimised extracts of romanian red onion cultivars. *Czech Journal of Food Science*. 31(3): 283-291
- Pereira, V.A., I.N.Q. Arruda and R. Stefani. 2015. Active chitosan/PVA films with anthocyanins from Brassica oleraceae (red cabbage) as time-temperature indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*. 43: 180-188.
- Reyes, L.F. and L. Cisnerros-Zevallos. 2007. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry* 100: 885-894
- Sakamoto, W., T. Kanehira, H. Hongou and K. Asano. 2015. Polyvinylalcohol stabilizes anthocyanins of red wine in the solid phase but not in the aqueous phase. *Advances in Biological Chemistry* 5 : 215-223
- Sinela, A., N. Rawat, C. Mertz, N. Achir, H. Fulcrand and M. Dornier. 2017. Anthocyanins degradation during storage of *Hibiscus sabdariffa* extract and evolution of its degradation products. *Food Chemistry* 214: 234-241.
- Wahyuningsih, S., L. Wulandari, M.W. Wartono, H. Munawaroh and A.H Ramelan. 2017. The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering* 193 012047.
- Wu, D. and D.W. Sun. 2013. Food Color Measurement using computer vision. Di dalam Kilcast D, Editor. *Instrumental Assesment of Food Sensory Quality*. Oxford (GB): Woodhead Publishing. hlm 165-194.
- Wulandari NA. 2016. Kinetika perubahan warna pigmen alami dan potensinya sebagai label indikator proses termal. (skripsi). Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Institut Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Yam, K.L. and S.E. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*. 61: 137-142.
- Yang, Z., Y. Han, Z. Gu, G. Fan and Z. Chen. 2008. Thermal degradation kinetics of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zea mays* L.) cob. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9: 341-347
- Yoshida, C.M.P., V.B.V Maciel, M.E.D Mendonca, T.T Franco. 2014. Chitosan biobased and intelligent films : monitoring pH variations. *Food Science and Technology*. 55: 83-89.