

Jurnal TEKNOLOGI & INDUSTRI PANGAN

Volume 28 Nomor 1 Tahun 2017



Publikasi Resmi

Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan
Indonesia (PATPI)

bekerjasama dengan

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Terakreditasi DIKTI
No. 80/DIKTI/Kep/2012
Berlaku mulai Des 2012 - Des 2017



Member of



Website: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip>



PENANGGUNG JAWAB

Rindit Pambayun, Prof Dr (Universitas Sriwijaya, Indonesia)
Ketua Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI)

Feri Kusnandar, Dr (Institut Pertanian Bogor, Indonesia)
Ketua Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, FATETA-IPB

PIMPINAN REDAKSI

Sukarno, Dr
(Institut Pertanian Bogor, Indonesia)

DEWAN REDAKSI

Ardiansyah, Dr
(Univ. Bakrie, Indonesia)
Anton Rahmadi, Dr
(Univ. Mulawarman, Indonesia)
C. Hanny Wijaya, Prof Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Dase Hunaefi, Dr-Ing
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Endang Y. Purwani, Dr
(Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian, Bogor, Indonesia)
Indah Epriliati, Dr
(Univ. Katolik Widya Mandala, Indonesia)
Indrawati Oey, Prof Dr
(Otago University, New Zealand)
Irwandi Jaswir, Prof Dr
(Int. Islamic University Malaysia, Malaysia)

Nancy Dewi Yuliana, Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Nyoman S. Antara, Prof Dr
(Univ. Udayana, Indonesia)
Ratih Dewanti-Hariyadi, Prof Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Retno Murwani, Prof.Dr
(Univ. Diponegoro, Indonesia)
Umar Santoso, Prof Dr
(Univ. Gajah Mada, Indonesia)
Winiati P. Rahayu, Prof Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Wei Zhang, Prof Dr
(Univ. Flinders, Australia)
Yonathan Asikin, Dr
(Univ. Tsukuba, Jepang)

REDAKSI PELAKSANA

Azis B. Sitanggang, Dr-Ing
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Feri Kusnandar, Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Harsi D. Kusumaningrum, Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)
Nurheni S. Palupi, Dr
(Ins. Pertanian Bogor, Indonesia)

ADMINISTRASI

Ifi Hidayah, A.Md

ALAMAT SEKRETARIAT REDAKSI

Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fateta-IPB, Bogor
Gedung PAU Lt. 2 Kampus IPB Darmaga Kotak Pos 220, Bogor 16002; Telp/Fax: (0251) 8626725;
E-mail: jurnaltip@yahoo.com/jurnaltip@gmail.com.

Jurnal Teknologi dan Industri Pangan (TIP) merupakan jurnal terakreditasi di Indonesia dan sering menjadi referensi bidang teknologi pangan. Jurnal TIP diterbitkan sejak tahun 1990 dengan nama Buletin Penelitian Ilmu dan Teknologi Pangan dan sejak tahun 2001 menjadi publikasi resmi Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) dengan nama Jurnal Teknologi dan Industri Pangan (JTIP) yang diterbitkan bekerjasama dengan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jurnal versi online dapat diakses melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip>, dengan nomor E-ISSN: 2087-751X.

Jurnal TIP terbit dua kali dalam setahun, yaitu bulan Juni dan Desember, mempublikasikan hasil-hasil penelitian dan komunikasi singkat dalam bidang ilmu dan teknologi pangan dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Perubahan penanggung jawab dan susunan redaksi telah dilakukan kembali pada Volume 28 Nomor 1 Tahun 2017 seiring dengan pergantian Pimpinan Redaksi Jurnal TIP untuk periode 2017-2020. Selain itu juga ditambahkan Editor Internasional sebagai langkah untuk Internasionalisasi Jurnal Teknologi dan Industri Pangan serta guna meningkatkan kinerja pengelolaan jurnal.

DAFTAR ISI

Hasil Penelitian

- 1 **MIKROENKAPSULASI PIGMEN DARI KUBIS MERAH: STUDI INTENSITAS WARNA DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN** [*Microencapsulation of Pigments from Red Cabbage: Color Strength and Antioxidant Activity*]
Diah Mustika Lukitasari, Renny Indrawati, Rosita Dwi Chandra, Heriyanto, dan Leenawaty Limantara
- 10 **MIKROENKAPSULASI MINYAK SAWIT MENTAH DENGAN PENYALUT MALTO-DEKSTRIN DAN ISOLAT PROTEIN KEDELAI** [*Microencapsulation of Crude Palm Oil Using Maltodextrin and Soy Protein Isolate*]
Reno Fitri Hasrini, Fransiska Rungkat Zakaria, Dede Robiatul Adawiyah, dan Irma Herawati Suparto
- 20 **PEMANFAATAN MINYAK ATSIRI KULIT BUAH HONJE SEBAGAI ANTIOKSIDAN PRODUK SOSIS AYAM** [*Utilization of Essential Oil from Honje Fruit Skin as Antioxidant for Chicken Sausage*]
Dede Sukandar, Anna Muawanah, Tarso Rudiana, dan Khilda Fithri Aryani
- 27 **SINTESIS NANOPARTIKEL EKSTRAK KULIT MANGGIS MERAH DAN KAJIAN SIFAT FUNGSIONAL PRODUK ENKAPSULASINYA** [*Nanoparticle of Red Mangosteen Peel Extract Synthesis and the Functional Characteristics of Its Encapsulated Products*]
Nurmalia Ningsih, Sedarnawati Yasni, dan Sri Yuliani
- 36 **OPTIMASI PEMBUATAN SOHUN UBI JALAR MENGGUNAKAN EKSTRUDER PEMASAK-PENCETAK** [*Optimization of Sweet Potato Vermicelli Production Using Cooking-Forming Extruder*]
Tjahja Muhandri, Subarna, Sutrisno Koswara, Budi Nurtama, Dimas Imam Ariefianto, dan Dewi Fatmala
- 46 **KRISTALINITAS DAN KEKERASAN BERAS ANALOG YANG DIHASILKAN DARI PROSES EKSTRUSI PANAS TEPUNG JAGUNG** [*Crystallinity and Hardness of Rice Analogue Produced from Corn Flour through Hot Extrusion Processes*]
Faleh Setia Budi, Purwiyatno Hariyadi, Slamet Budijanto, dan Dahrul Syah
- 55 **AMBANG DETEKSI DAN PREFERENSI RASA UMAMI DALAM MODEL PANGAN** [*Detection and Preference Threshold of Umami Taste in Food Model*]
Dede R. Adawiyah dan Febby Setiawan

Komunikasi Singkat

- 62 **PENAMBAHAN GULA DAPAT MENINGKATKAN STABILITAS WARNA EKSTRAK ANTOSIANIN BUAH MURBEI HITAM YANG TERPAPAR CAHAYA FLUORESENS** [*Sugar Addition can Increase Color Stability of Anthocyanin Extract of Black Mulberry Fruit towards Fluorescent Light*]
Erlie Giovanni Soeroso, Lydia Ninan Lestariq, dan Yohanes Martono
- 70 **KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA DAN FUNGSIONAL PATI SAGU IHUR TERMODIFIKASI DENGAN HEAT MOISTURE TREATMENT** [*Physicochemical and Functional Characterization of Modified Ihur Sago Starch by Heat Moisture Treatment*]
Priscillia Picaully, Esau Damamain, dan Febby J. Polnaya
- 78 **KARAKTERISTIK KIMIAWI DARI DAGING KERANG TAHU, KERANG SALJU DAN KEONG MACAN** [*Chemical Characteristics of Meretrix meretrix, Pholas dactylus and Babylonia spirata Meat*]
Asadatun Abdullah, Nurjanah, Taufik Hidayat, dan Rizky Chairunisah
- 85 **ISOLASI DAN KARAKTERISASI *Staphylococcus aureus* DARI SUSU KAMBING DAN PRODUK OLAHANNYA** [*Isolation and Characterization Staphylococcus aureus from Goat Milk and Dairy Products*]
Widodo Suwito, Erna Winarti, Ari Widyastuti, Felisitas Kristiyanti, dan Andriani

Artikel-artikel yang dipublikasikan dalam Jurnal edisi ini telah ditelaah oleh tim Mitra Bebestari:

- Ambar Rukmini, Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Universita Widya Mataram-SAMARINDA*
Budi Rahardjo, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada-YOGYAKARTA*
Donald Siahaan, Dr, *Pusat Penelitian Kelapa Sawit-MEDAN*
Dwiyati Pujimulyani, Prof Dr, *Fakultas Agroindustri Universitas Mercu Buana-YOGYAKARTA*
Elisa Julianti, Dr, *Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera-MEDAN*
Emma Rochima, Dr, *Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjajaran-Bandung*
Filli Pratama, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya-MALANG*
Hanifah N. Lioe, Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor-BOGOR*
Nurhayati, Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember-JEMBER*
Nuri Andarwulan, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor-BOGOR*
Ridwan Thahir, Prof Dr, *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian-BOGOR*
Simon B. Widjarnako, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya-MALANG*
Slamet Budijanto, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor-BOGOR*
Sugiyono, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor-BOGOR*
Teti Estiasih, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya-MALANG*
Tien R. Muchthadi, Prof Dr, *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor-BOGOR*

MIKROENKAPSULASI PIGMEN DARI KUBIS MERAH: STUDI INTENSITAS WARNA DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

[*Microencapsulation of Pigments from Red Cabbage:
Color Strength and Antioxidant Activity*]

Diah Mustika Lukitasari¹⁾, Renny Indrawati^{1,2)*}, Rosita Dwi Chandra¹⁾, Heriyanto^{1,2)}, dan
Leenawaty Limantara^{1,3)}

¹⁾ Ma Chung Research Center for Photosynthetic Pigments (MRCPP), Universitas Ma Chung, Malang

²⁾ Jurusan Kimia, Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Universitas Ma Chung, Malang

³⁾ Center for Urban Studies, Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang

Diterima 21 November 2016 / Disetujui 27 April 2017

ABSTRACT

Utilization of artificial food colorants has obtained particular concern for long time consumption. Red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* forma *rubra* L.) was extracted to produce a candidate for natural food colorant through a one-step physical extraction and microencapsulation. The color strength was determined by measuring: (1) tinctorial strength, (2) color degradation kinetics at various pH, and (3) thermostability. Yield level and antioxidant activity were enclosed as supporting data. The results showed that extract of red cabbage exhibited vivid red until green color at various pH and was nearly stable at pH 2 and 3, meanwhile its thermostability was fairly good at pH 3, 4, 8, and 9. The encapsulated red cabbage extract produced high color intensity at pH 2 for red color and pH 9 for blue color with a yield level of 5.53%. It also showed antioxidant activity with IC_{50} value of 725.65 ± 0.086 ppm in methanol solvent and 258.25 ± 0.097 ppm in water-methanol solvent.

Keywords: antioxidant activity, food colorants, red cabbage, stability, tinctorial strength

ABSTRAK

Penggunaan pewarna sintesis pada makanan telah mendapat perhatian serius, terutama terkait efek samping jika dikonsumsi dalam jangka waktu yang lama. Kubis merah (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* forma *rubra* L.) berpotensi untuk diekstrak menjadi pewarna alami pangan melalui ekstraksi secara fisik dan dilanjutkan dengan mikroenkapsulasi. Adapun parameter yang diuji dalam penelitian ini yakni intensitas warna, degradasi warna terhadap variasi pH selama kurun waktu tertentu, dan degradasi warna terhadap perlakuan panas. Kadar rendemen dan aktivitas antioksidan merupakan data penunjang dari penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa enkapsulat pigmen kubis merah memberikan warna merah cerah hingga hijau pada beragam pH, dan cukup stabil pada pH 2 dan 3, sedangkan pengujian termostabilitas menunjukkan bahwa pigmen kubis merah cukup stabil pada pH 3, 4, 8, dan 9. Enkapsulat pigmen kubis merah menunjukkan intensitas warna tertinggi pada pH 2 ($2687,5 \pm 0,01\%$) untuk warna merah dan pH 9 ($2168,9 \pm 0,004\%$) untuk warna biru dengan rendemen 5,53%. Enkapsulat pigmen kubis merah menunjukkan aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} $725,65 \pm 0,09$ ppm dalam pelarut metanol dan $258,25 \pm 0,10$ ppm dalam pelarut air-metanol.

Kata kunci: aktivitas antioksidan, intensitas warna, kubis merah, pewarna makanan, stabilitas

PENDAHULUAN

Kubis merah merupakan sejenis sayuran pelengkap salad yang dapat memenuhi 61% kebutuhan vitamin K per hari, tinggi akan serat, dan mengandung gula alami yang dapat memberikan efek kesehatan bagi manusia (Dragichi *et al.*, 2013). Kubis merah mengandung vitamin A, B, C, dan E,

kalsium, kalium, fosfor, natrium, besi, sulfofaran, dan antosianin (Neelufar *et al.*, 2012). Antosianin yang terkandung dalam kubis merah berpotensi sebagai pewarna alami merah pada bahan pangan yang memiliki sisi positif sebagai antioksidan terhadap radikal bebas (Senja *et al.*, 2014). Antosianin merupakan pigmen yang tersusun dari flavonoid (antosianidin) dengan cincin aromatik pada cincin B, cincin siklik C6-C3-C6, dan gugus gula dengan posisi yang berbeda. Antosianin merupakan pigmen larut air yang terdapat di sel epidermis pada bunga

*Penulis Korespondensi:
E-mail: renny.indrawati@machung.ac.id

atau di sel mesofil pada daun. Jenis antosianin yang terkandung dalam kubis merah yakni *cyandinins* dengan gugus gula baik yang terasilasi dengan kafeat, ferulat, asam sinapat, dan p-koumarat maupun tidak (Hong dan Meng, 2015).

Kubis merah mengandung antosianin yang menimbulkan perubahan warna pada suasana asam maupun basa bergantung pada jenis ikatan *quinoidal*, *flavilium*, *chalcone*, dan *pseudobase* (Lopes *et al.*, 2011). Antosianin dapat menjadi salah satu alternatif pewarna alami dalam bahan pangan dan obat-obatan (He *et al.*, 2010). Pewarna alami umumnya memiliki sifat tidak stabil terhadap pH, panas, maupun cahaya bergantung dari jenis pigmen dan sumbernya, sehingga dapat dibedakan dengan mudah dari pewarna sintetis. Xavier *et al.* (2008) menyatakan ekstraksi kubis merah dengan menggunakan larutan asam asetat (5, 10, dan 20% v/v) menunjukkan konsentrasi warna yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan *buffer McIlvaine* (pH 3, 4, dan 5) dan metanol (30, 40, dan 70% v/v). Chandrasekhar *et al.* (2012) menyatakan pula ekstraksi menggunakan *acidified ethanol* (50%, v/v) menunjukkan kandungan antosianin tertinggi dibandingkan menggunakan pelarut air, *acidified water*, metanol, *acidified methanol*, dan aseton. Ekstraksi kubis merah menggunakan pelarut organik memiliki warna pekat namun menimbulkan residu kimia (HCl) seperti yang dinyatakan oleh Gomathi *et al.* (2013) saat melakukan ekstraksi kubis merah menggunakan *acidified methanol*. Berdasarkan pertimbangan adanya resiko terdapat residu bahan kimia, maka perlu dikaji cara ekstraksi untuk mendapatkan ekstrak pekat antosianin tanpa menggunakan pelarut organik. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah ekstraksi fisik, yakni menggunakan air bebas dari kubis merah.

Tujuan umum penelitian ini yakni mendapatkan informasi tentang intensitas warna dan aktivitas antioksidan dari kapsul pigmen kubis merah. Adapun tujuan khusus dari penelitian ini yakni mendapatkan informasi mengenai kestabilan ekstrak kubis merah terhadap variasi pH dan panas, sehingga dapat menjadi referensi apabila kapsul pigmen diaplikasikan dalam produk pangan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kubis merah segar yang diperoleh dari Lai-Lai Market Buah. Maltodekstrin (MD) (Yishui Dadi Corn Developing Co., Ltd., China) dengan DE 10-12%.

Preparasi sampel

Kubis merah segar disortasi, dicuci dengan air bersih, ditiriskan kemudian ditimbang menggunakan *Electronic Kitchen Scale* (Kris Chef-EK9350H).

Kubis merah kemudian dipotong menggunakan pisau *stainless steel* (Kris Chef) menjadi beberapa bagian yang lebih kecil kemudian diekstrak menggunakan *slow juicer* HH-SBF11 (Hurom, USA, Inc.) tanpa penambahan air. Ekstrak yang diperoleh kemudian ditambahkan maltodekstrin sebanyak 5% (b/v) dan dibekukan semalam menggunakan *freezer* (Polytron, PT Sarana Kencana Mulya Kudus).

Kondisi pengeringan

Ekstrak yang telah dibekukan dalam *freezer* kemudian didinginkan dengan metode *freeze drying* (Labconco-FreeZone 2.5 L Benchtop) selama 48 jam dengan suhu -49°C dan tekanan 0,04 MPa. Enkapsulat pigmen kubis merah yang telah dikeringkan kemudian ditumbuk, dimasukkan ke dalam wadah plastik, kemudian di-*bubbling* dengan gas N₂ (PT. Samator Gas Industri, Indonesia).

Rendemen dan kadar air (*moisture analyzer*)

Prosedur pengujian rendemen adalah dengan menimbang sampel yang telah dicuci, kemudian menimbang berat ekstrak yang telah dikeringkan dengan metode *freeze drying* menggunakan timbangan analitik Sartorius BT224S (Osaka, Japan). Untuk menentukan kadar air, sampel ditimbang dan diukur dengan menggunakan *Moisture Tester* Shimadzu-MOC63U (Kyoto, Japan). Persentase kadar air dan rendemen dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% = \frac{\text{berat basah-berat kering}}{\text{berat basah}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Preparasi *buffer McIlvaine* (Modifikasi Molina *et al.*, 2014)

Pembuatan *buffer McIlvaine* mengacu pada Molina *et al.* (2014) dengan sedikit modifikasi pada proporsi asam sitrat dan Na₂HPO₄. Adapun pembuatan *buffer McIlvaine* yakni dengan melarutkan <2% asam sitrat (Lianyungang Chameleon Technology Co. Ltd, China), <2% Na₂HPO₄ (Lianyungang Chameleon Technology Co. Ltd, China), dan 0,02% sodium asida (Amresco Inc, USA) dalam akuades (Panadia Laboratory, Indonesia) yang telah disaring menggunakan *water purifier* (Thermo Scientific 7133-USA Ltd).

Analisis intensitas warna (Reyes dan Zevallos, 2007)

Enkapsulat pigmen kubis merah dilarutkan ke dalam akuades dengan konsentrasi 0,1% (b/v), dihomogenisasi menggunakan *magnetic stirrer* VELS SCIENTIFICA AMI4 (Leicestershire, England), kemudian dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer Shimadzu UV-1800 (Kyoto, Japan) pada panjang gelombang 200-900 nm dan ColorFlex EZ Hunter Associates Laboratory Inc. (Reston, USA)

pada panjang gelombang 400-700 nm. Persentase nilai intensitas warna dan nilai chroma dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Intensitas Warna} = \frac{\text{absorbansi maksimum}}{\text{berat sampel}} \times 100 \dots (2)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2} \dots (3)$$

Evaluasi stabilitas pigmen (Modifikasi Reyes dan Zevallos, 2007)

Stabilitas enkapsulat pigmen kubis merah ditentukan dengan menggunakan modifikasi metode Reyes dan Zevallos (2007) pada penggunaan *buffer McIlvaine*, volume ekstrak, konsentrasi ekstrak, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan dan variasi pH yang diuji. Ekstrak kubis merah konsentrasi 0,1% (b/v) dilarutkan pada *buffer McIlvaine* dengan rentang pH 2-11, kemudian disimpan pada *climate chamber* Memmert ICH110 (Schwabach, Germany) dengan suhu 20°C, RH 15,1% dalam kondisi gelap. Sampel diamati pada jam ke 0, 6, 12, 24, 48 dan 72 menggunakan ColorFlex dengan panjang gelombang 400–700 nm. Persentase nilai degradasi derajat warna dihitung menggunakan rumus:

% Degradasi =

$$\frac{(\text{nilai derajat warna awal} - \text{nilai derajat warna akhir})}{\text{nilai derajat warna awal}} \times 100 \dots (4)$$

Identifikasi adanya perubahan pada derajat warna ditentukan dengan menghitung nilai ΔE menggunakan rumus [5]. Adapun warna standar untuk menghitung nilai Δ berdasarkan warna enkapsulat pigmen kubis merah awal setelah dilarutkan dalam *buffer McIlvaine* sebelum mengalami masa penyimpanan.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots (5)$$

Evaluasi thermostabilitas pigmen (Modifikasi Reyes dan Zevallos, 2007)

Thermostabilitas enkapsulat pigmen kubis merah ditentukan dengan menggunakan modifikasi metode Reyes dan Zevallos (2007) pada penggunaan *buffer McIlvaine*, volume ekstrak, konsentrasi ekstrak, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan dan variasi pH yang diuji. Ekstrak kubis merah konsentrasi 0,1% (b/v) dilarutkan dalam *buffer McIlvaine* dengan rentang pH 2-11. Ekstrak yang telah dihomogenisasi menggunakan *magnetic stirrer* kemudian diinkubasi pada suhu 60°C selama 30 menit. Pengujian dilakukan menggunakan ColorFlex EZ dengan panjang gelombang 400-700 nm setelah ekstrak mendingin. Rumus persentase degradasi dapat dilihat pada subbab analisis stabilitas warna [4].

Evaluasi aktivitas antioksidan dan IC₅₀ (Modifikasi Dehbi et al., 2012)

Aktivitas antioksidan dan IC₅₀ pada enkapsulat pigmen kubis merah ditentukan dengan menggunakan modifikasi metode Dehbi et al. (2012) pada konsentrasi DPPH yang digunakan, volume sampel dan volume DPPH yang digunakan. Enkapsulat pigmen kubis merah dilarutkan dalam air hingga konsentrasi 1000 ppm, kemudian dilakukan seri pengenceran dengan menggunakan metanol (Merck Co & Inc, USA), diikuti dengan penambahan larutan DPPH 0,2 µM (Sigma Aldrich, Germany Ltd.). Sampel diinkubasi selama 30 menit, kemudian ditera pada panjang gelombang 517 nm. Persentase aktivitas antioksidan dan nilai IC₅₀ dihitung menggunakan rumus:

Aktivitas Antioksidan =

$$\frac{\text{blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{blanko}} \times 100\% \dots (6)$$

Untuk memperoleh nilai IC₅₀ melalui rumus [y = ax + b] dari % aktivitas antioksidan.....(7)

Nilai a dan b merupakan konstanta yang didapatkan dari persamaan garis lurus aktivitas antioksidan.

Analisa data

Data pengujian dianalisis secara statistik dengan menghitung nilai rata-rata dan *standart error* (SE) dengan Microsoft Office Excel 2013. Semua data yang diperoleh dalam bentuk nilai rerata dari pengujian duplo ± *standart error*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kadar air yang terkandung dalam kubis merah segar sebesar 89,62±0,34%, sedangkan kadar air enkapsulat pigmen kubis merah yang telah dikeringkan sebesar 12,57±1,84%. Asgar dan Musaddad, (2006) menyatakan kubis kering memiliki rentang kadar air berkisar antara 7,7-9,23%. Adapun faktor-faktor yang memengaruhi sifat higroskopis bahan yakni jenis bahan baku, kandungan gula yang terdapat dalam bahan, bahan penyalut, kelembaban udara, metode pengeringan dan penyimpanan. Enkapsulat pigmen kubis merah dikeringkan dengan menggunakan *freeze dryer* selama 48 jam. Metode ini digunakan untuk menghindari kerusakan pigmen saat menggunakan suhu tinggi, sehingga dapat mempertahankan warna saat diaplikasikan ke dalam bahan pangan. Pengeringan menggunakan *freeze dryer* dan penyimpanan dalam kondisi dingin dapat meningkatkan kapasitas higroskopis bahan saat akan diukur kadar airnya. Ribeiro et al. (2016) menyatakan kandungan gula dalam buah dan sayur

memicu tingginya kemampuan higroskopis serbuk karena gula memiliki interaksi yang kuat dengan molekul air. Yuliawaty dan Susanto. (2014) menyatakan penambahan maltodektrin dalam produk yang akan dikeringkan akan meningkatkan tingkat read-sorpsi air, yang dipicu oleh adanya gugus hidroksil pada maltodektrin.

Kubis merah segar pada berat awal 494 g dapat menghasilkan rendemen enkapsulat pigmen kubis merah sebesar 27,30 g (5,53%). Kubis merah diekstrak secara fisik dan tanpa penambahan air sehingga diperoleh ekstrak kental dengan kandungan air dari bahan. Ekstraksi tanpa penambahan air memiliki kelebihan yakni konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi dan tidak ada residu pelarut organik, namun ekstraksi dengan metode ini juga memiliki kelemahan yakni rendemen yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan ekstraksi yang menggunakan pelarut. Jumlah rendemen ekstraksi tanpa penambahan air sangat bergantung pada jumlah air bebas yang terdapat pada bahan, sebab pigmen yang terdapat pada celah sel dan fraksi air terikat baru dapat dibebaskan dengan metode kimiawi. Senja *et al.* (2014) menunjukkan kubis merah yang dimaserasi dengan etanol 96% kemudian dikeringkan dengan *freeze drying* memiliki rendemen sebesar 37,11%. Jenis pelarut, metode ekstraksi, suhu ekstraksi, kandungan bahan, dan tingkat kematangan bahan memengaruhi kadar rendemen ekstrak berdasarkan komponen dan senyawa fitokimia yang mampu terekstrak dari bahan baku selama proses ekstraksi (Senja *et al.*, 2014).

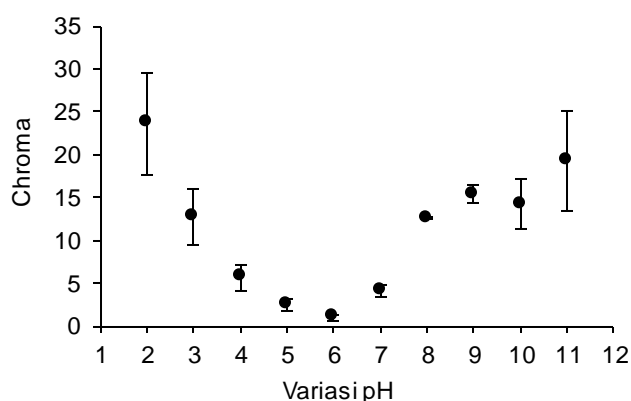
Kenampakan warna ekstrak kubis merah terhadap variasi pH

Pemberian *buffer McIlvaine* dengan rentang pH 2–11 terhadap enkapsulat pigmen kubis merah sebesar 0,1% menunjukkan perubahan warna yang cukup beragam (Gambar 1).



Gambar 1. Kenampakan enkapsulat pigmen kubis merah dalam *buffer McIlvaine* pH 2-11 (konsentrasi 0,1%) pada penyimpanan suhu 20°C, kondisi gelap

Enkapsulat pigmen kubis merah memberikan warna merah saat dilarutkan pada pH 2-4, memberikan warna ungu pucat mendekati transparan pada pH 5-7, memberikan warna biru pada pH 8-10, dan memberikan warna hijau pH 11. Kenampakan visual dari larutan enkapsulat pigmen kubis merah memudar seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Pada Gambar 2 menunjukkan nilai chroma pada enkapsulat pigmen kubis merah. Pada pH rendah menunjukkan intensitas warna tertinggi, intensitas menurun saat mendekati pH netral, kemudian kembali meningkat saat diberi pH basa. Kenampakan secara visual dari enkapsulat pigmen kubis merah sesuai dengan pernyataan Tanaka *et al.* (2008) dimana antosianin akan berwarna merah pada pH rendah (pH<3), berwarna pudar hingga transparan pada pH 3-6, serta berwarna biru pada pH basa (pH>6). Antosianin stabil pada pH rendah dalam bentuk kation *flavilium*, namun sangat tidak stabil pada pH basa (dalam bentuk *quinonoidal*) (Vargas dan Lopez, 2003). Reyes dan Zevallos (2007), menyatakan warna sampel dalam buffer pada pH basa berubah menjadi kuning setelah masa inkubasi selama 2-3 hari pada pH 3, dan penyimpanan suhu 25°C.

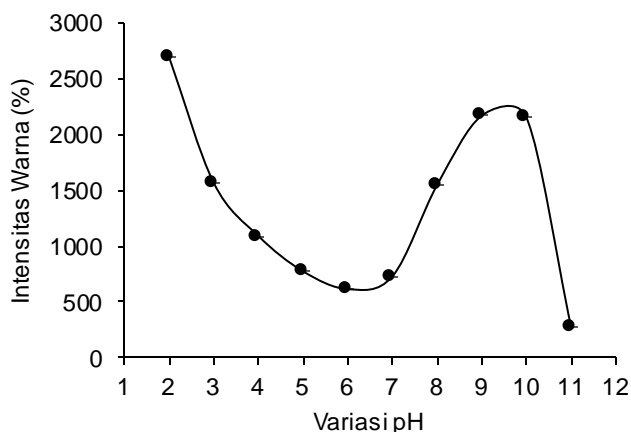


Gambar 2. Variasi nilai chroma enkapsulat pigmen kubis merah dalam *buffer McIlvaine* pH 2-11 (konsentrasi 0,01%) pada penyimpanan suhu 20°C kondisi gelap

Intensitas warna

Intensitas warna menunjukkan kekuatan warna saat warna yang terdapat dalam ekstrak diaplikasikan dalam produk. Variasi warna yang timbul saat enkapsulat pigmen kubis merah dilarutkan dalam *buffer McIlvaine* dengan rentang pH 2-11 juga menunjukkan perbedaan intensitas (Gambar 3). Enkapsulat pigmen kubis merah memiliki intensitas warna tertinggi pada kondisi asam dan basa yakni pH 2 ($2687,5 \pm 0,01\%$) dengan warna merah cerah dan pH 9 ($2168,9 \pm 0,004\%$) dengan warna biru cerah. Pada pH 10 juga menunjukkan warna biru namun tidak sekuat pH 9, intensitas warna pada pH 10 hanya mencapai $2152,8 \pm 0,004\%$. Intensitas warna terendah terdapat pada pH 11 dengan per-

sentase intensitas warna sebesar $278,94 \pm 0,004\%$. Perubahan warna pigmen antosianin pada kubis merah bergantung pada proporsi dan konsentrasi dari kation *flavilium* dan basa *quinoidal* hingga mencapai *equilibrium* (Xavier *et al.*, 2008).



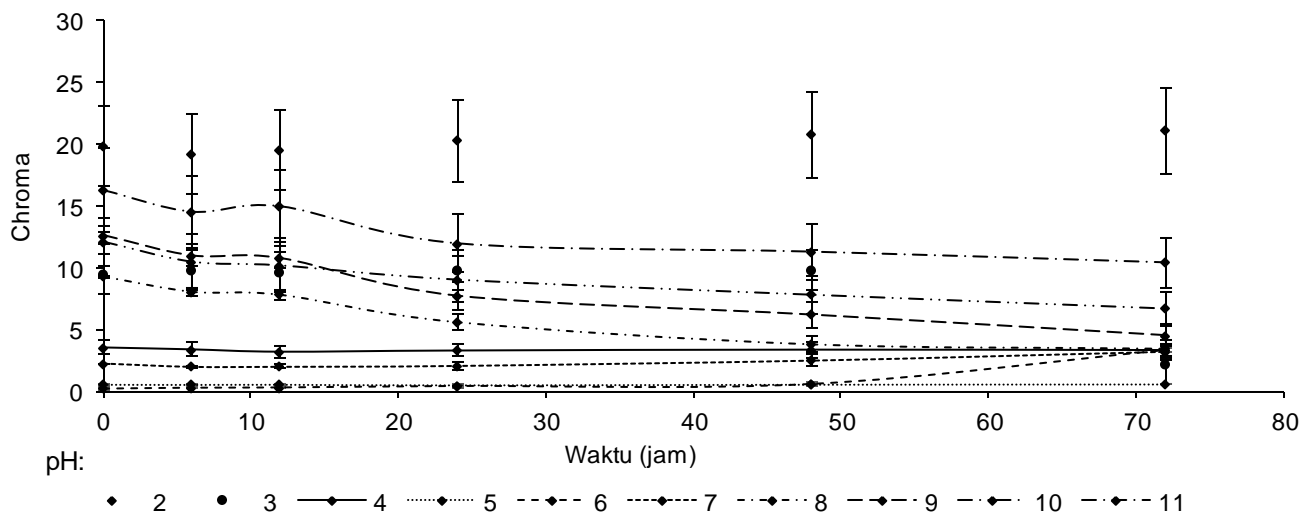
Gambar 3. Intensitas warna pada enkapsulat pigmen kubis merah

Stabilitas warna

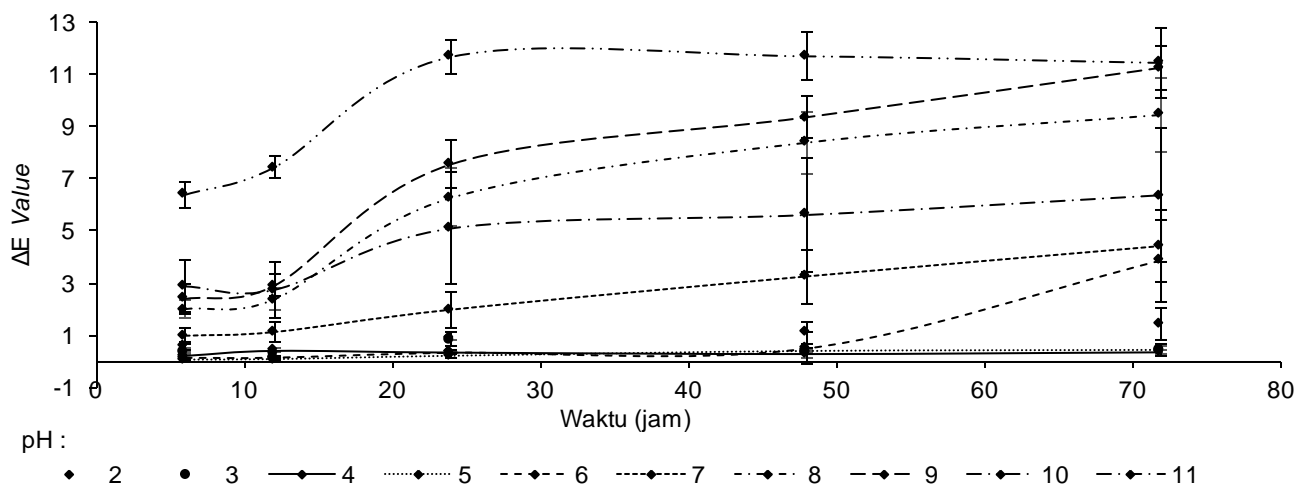
Persentase degradasi nilai L^* menunjukkan yang relatif stabil pada pH 2-6 dengan rentang degradasi nilai L^* sebesar $(-0,3)-0,6\%$; sedangkan pada pH 7-10 cenderung mengalami peningkatan warna dengan rentang $0,4-6,7\%$. Nilai negatif pada persentase degradasi nilai L^* menunjukkan enkapsulat pigmen kubis merah mengalami peningkatan warna menjadi lebih transparan dibandingkan dengan warna awal dari ekstrak tersebut. Bernstein dan Noreña (2015) menyatakan penambahan bahan mikroenkapsulasi seperti gum arab dan polidektrosa mampu menghambat reaksi *maillard* selama masa penyimpanan dan meningkatkan nilai L (tingkat kecerahan) melalui tampilan putih melalui dinding material dari sampel. Kestabilan enkapsulat pigmen kubis merah pada pH 2-3 dengan peningkatan derajat warna (nilai a^*) sebesar $2,7-7,4\%$ setelah penyimpanan selama 72 jam. Pada pH 5 mengalami sedikit peningkatan degradasi nilai a^* terutama pada jam ke-48 sebesar $32,3\%$, sedangkan pada pH basa (pH 8-11) menunjukkan pola yang sama pada degradasi nilai a^* dengan rentang $4,7-27,7\%$ pada kondisi awal sebelum penyimpanan menjadi $55,4-73,8\%$ setelah penyimpanan 72 jam. Pada pH 6 dan pH 7 enkapsulat pigmen kubis merah mengalami peningkatan nilai a^* yang ditunjukkan oleh nilai negatif dengan rentang $16-27\%$ pada kondisi awal sebelum penyimpanan menjadi $50-170\%$ setelah penyimpanan 72 jam. Ahmadiani *et al.* (2016) menyatakan degradasi pigmen minimal pada pH asam yakni pH 1 dan 2, kemudian meningkat hingga diatas 10% pada pH 6 hingga pH 8. Pada pH 2, 5, dan 6 menunjukkan peningkatan derajat warna pada nilai b^* . Pada pH 2 peningkatan cukup signifikan

yakni sebesar $1,02\%$ pada kondisi awal sebelum penyimpanan menjadi $7,12\%$ setelah penyimpanan 72 jam. Peningkatan ini tidak sebesar pH 5 dan 6 yang memiliki rentang peningkatan derajat warna nilai b^* sebesar $39-48\%$ pada kondisi awal sebelum penyimpanan menjadi $308-499\%$ setelah penyimpanan 72 jam. Pada pH 8-9 menunjukkan degradasi nilai b^* yang cukup signifikan yang ditunjukkan dengan degradasi sebesar $25-29\%$ pada kondisi awal sebelum penyimpanan dan $122-126\%$ setelah penyimpanan 72 jam. Data penelitian enkapsulat pigmen kubis merah menunjukkan kesesuaian dengan penelitian Ahmadiani *et al.* (2014) dimana tingkat degradasi antosianin dalam pH netral hingga pH basa mencapai 53% setelah penyimpanan 6 jam di lemari pendingin.

Perubahan nilai L^* , a^* , dan b^* pada suhu 20°C selama masa penyimpanan 72 jam dapat ditunjukkan melalui perubahan nilai chroma pada Gambar 4. Nilai chroma pada pH 3-11 enkapsulat pigmen kubis merah cenderung mengalami penurunan, namun pada pH 5 dan pH 6 nilai chroma cenderung lebih stabil yang ditunjukkan dengan nilai chroma $0,2-0,5$ pada kondisi awal sebelum penyimpanan dan $0,5-3,3$ setelah penyimpanan selama 72 jam. Pekatnya warna merah pada pH 2 didukung oleh data chroma yang meningkat seiring lama waktu penyimpanan. Pada kondisi segar nilai chroma pada pH 2 mencapai $19,7$ setelah inkubasi 20°C selama 72 jam dalam kondisi gelap, nilai chroma enkapsulat pigmen kubis merah mencapai $21,1$. Ahmadiani *et al.* (2014) menyatakan nilai chroma pada pH asam cenderung lebih tinggi dengan menampilkan warna merah mudah pekat dan °hue mendekati 350° . Nilai chroma pada pH 11 cukup tinggi dibandingkan nilai chroma pada enkapsulat pigmen kubis merah dalam pH basa yang lain. Pada pH 11, nilai chroma pada kondisi awal sebelum penyimpanan sebesar $16,3$ kemudian menurun menjadi $10,4$ setelah penyimpanan selama 72 jam. Perubahan ΔE pada pH 2-6 sangat kecil, pada jam ke 6 rentang perubahan ΔE berkisar antara $0,06-0,58$ serta perubahan ΔE pH 2-6 setelah 72 jam hanya berkisar $0,34-3,87$ (Gambar 5). Habekost (2013) menyatakan jika nilai $\Delta E < 1$, perubahan warna tidak dapat dilihat langsung oleh mata, pada nilai ΔE 1-2 perubahan warna akan terlihat oleh mata yang terlatih, sedangkan nilai ΔE 2-3,5 atau diatasnya, maka perubahan warna dapat dilihat oleh mata tidak terlatih. Perubahan ΔE terlihat jelas pada pH 8-11, dengan rentang ΔE sebesar $2-6,4$ pada jam ke-6 kemudian mengalami peningkatan ΔE pada jam ke-72 dengan rentang ΔE sebesar $6,3-11,4$. Meskipun intensitas warna pada pH basa menunjukkan warna biru dan hijau yang kuat namun intensitas warna pada pH basa tersebut relatif tidak stabil.



Gambar 4. Perubahan nilai chroma enkapsulat pigmen kubis merah pada penyimpanan selama 72 jam, suhu 20°C, dalam *buffer McIlvaine* (pH 2-11)



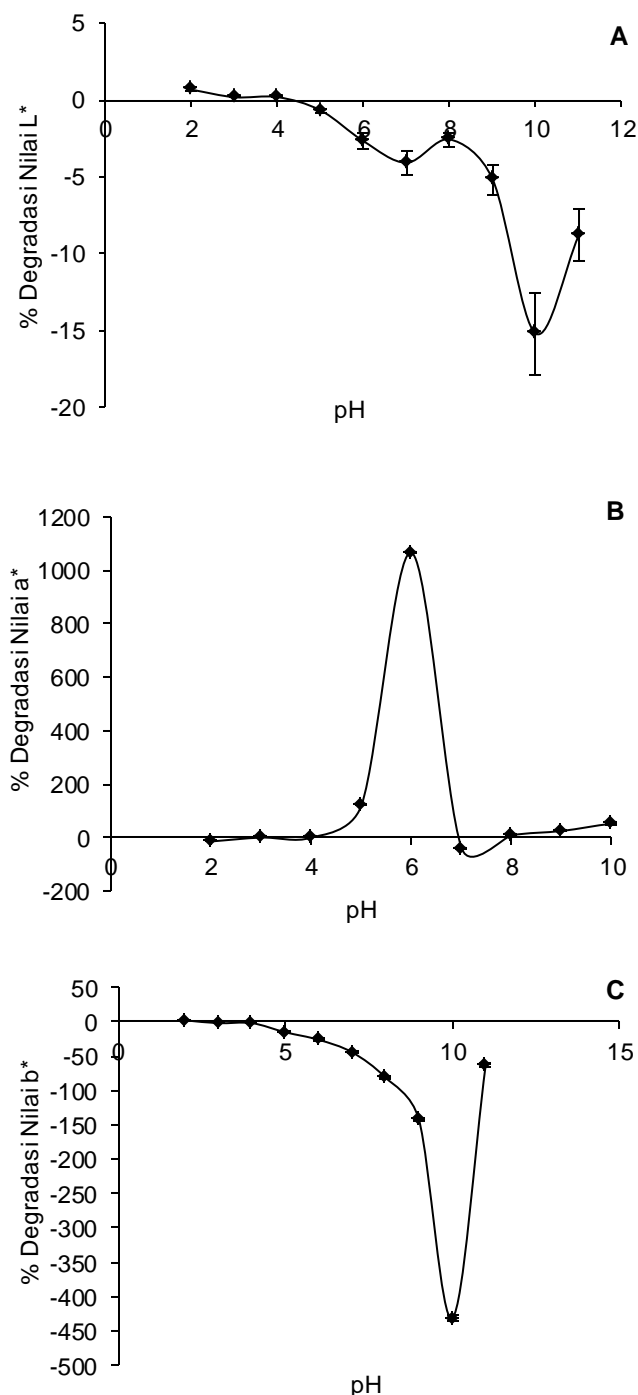
Gambar 5. Perubahan nilai ΔE enkapsulat pigmen kubis merah pada penyimpanan selama 72 jam, suhu 20°C, dalam *buffer McIlvaine* (pH 2-11)

Ketidakstabilan ini terlihat saat enkapsulat pigmen kubis merah ini dilarutkan ke dalam buffer dan diinkubasi selama 72 jam pada suhu 20°C kondisi gelap. Pada pH asam, perubahan ΔE tidak terlalu signifikan baik pada pewarna alami maupun pewarna sintetis (Ahmadiani *et al.*, 2014). Enkapsulat pigmen kubis merah dapat diaplikasikan ke dalam produk pangan baik dalam bentuk pH asam maupun pH basa. Aplikasi pemberian warna merah dari enkapsulat pigmen kubis merah dapat diterapkan pada minuman fermentasi (*yoghurt*), minuman berkarbonasi, dan minuman berenergi, sedangkan pemberian warna biru dan hijau dapat diterapkan pada produk minuman instan. Aplikasi dari enkapsulat pigmen kubis merah ke dalam produk pangan bergantung dari komposisi produk pangan tersebut, metode pengemasan dan penyimpanan.

Thermostabilitas warna

Enkapsulat pigmen kubis merah mengalami degradasi setelah dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit. Degradasi nilai L^* menunjukkan nilai negatif pada pH 5-11 yang menunjukkan peningkatan kecerahan sebesar 0,6-15,2% (Gambar 6A). Adanya perubahan suhu selama 30 menit memicu kerusakan yang lebih cepat dibandingkan pada suhu ruang, namun pada pH 2-4 warna merah pada enkapsulat pigmen kubis merah cenderung lebih stabil. Hal ini terlihat dari peningkatan warna merah pada pH 2 sebesar 13,9%, namun menunjukkan degradasi nilai a^* yang lebih rendah dibandingkan pH basa pada pH 3 dan pH 4 sebesar 0,7% dan 0,4%. Tingkat kemerahan (nilai a^*) juga mengalami degradasi selama perubahan suhu. Gambar 6B menunjukkan bahwa degradasi nilai a^* terbesar terlihat pada pH 5 dan pH 6 sebesar 121,2% dan 1065,9%.

Pada pH basa (pH 8-10) menunjukkan tingkat degradasi nilai b^* yang linier dengan rentang 8,9-64% (Gambar 6C). Nilai b^* menunjukkan peningkatan derajat warna setelah pemanasan 60°C, 30 menit dengan rentang 2,1-431,5% pada pH 3-11, namun pada pH 2 pemanasan 60°C memberikan efek degradasi nilai b^* sebesar 1,9%.



Gambar 6. Degradasi nilai L^* , a^* dan b^* pada uji thermostabilitas enkapsulat pigmen kubis merah suhu 60°C selama 30 menit dalam *buffer McIlvaine*

Peningkatan nilai b^* tertinggi didapatkan pada pH 10 sebesar 431,5%. Kerusakan derajat warna enkapsulat pigmen kubis merah ditinjau dari segi nilai L^* , a^* , dan b^* terjadi lebih cepat dibandingkan pada suhu 20°C. Hal ini sesuai dengan penelitian Maatsch *et al.* (2016) yang menyatakan degradasi antosianin terjadi lebih cepat saat diinkubasi pada kondisi thermal (80°C), kecuali pada bunga rosella yang cenderung lebih stabil dengan degradasi sebesar 15% selama 30 menit.

Tabel 1 menunjukkan perbedaan warna (ΔE) pada *buffer McIlvaine* dengan rentang 2-11 setelah diinkubasi pada suhu 60°C selama 30 menit. Pada Tabel 1 terlihat bahwa tingkat perubahan warna paling jelas dimulai dari pH 6 hingga pH 11 dengan rentang ΔE sebesar 4,2-27,4. Pada pH 10, menunjukkan perubahan warna yang cukup signifikan (ΔE 27,4), yakni dari warna biru kehijauan hingga menjadi warna kuning. Perubahan warna pada pH 2, 4, dan 5 hanya dapat dilihat oleh mata terlatih dengan nilai ΔE masing-masing sebesar 2,7; 1,4; dan 2,2, sedangkan pH 3 perubahan warnanya tidak dapat terlihat oleh mata terlatih dengan ΔE sebesar 0,3.

Tabel 1. Perubahan nilai ΔE enkapsulat pigmen kubis merah pada suhu 60°C selama 30 menit dalam *buffer McIlvaine* (pH 2-11)

pH	ΔE
2	2,74±0,72
3	0,30±0,09
4	1,45±0,42
5	2,21±0,61
6	4,28±1,13
7	5,48±1,16
8	5,05±0,72
9	10,44±1,13
10	27,45±2,51
11	16,06±0,61

Aktivitas antioksidan dan IC_{50}

Nilai IC_{50} enkapsulat pigmen kubis merah yang dilarutkan dalam metanol sebesar 725,65±0,09 ppm, sedangkan yang dilarutkan dalam air-metanol sebesar 258,25±0,10 ppm. Kubis merah yang dimaserasi menggunakan etanol-asam sitrat selama 3 hari kemudian dikeringkan dengan menggunakan *freeze drying* memiliki kadar IC_{50} sebesar 254,66 ppm (Senja *et al.*, 2014). Kelarutan bahan dalam air lebih tinggi dibandingkan dalam metanol, sehingga kandungan bioaktif dalam kubis merah lebih banyak terekstrak dalam pelarut air-metanol. Hal ini ditunjukkan melalui data aktivitas antioksidan yang lebih tinggi pada pelarut air-metanol dibandingkan dengan menggunakan metanol murni. Adapun faktor yang memengaruhi kadar IC_{50} suatu bahan yakni kepolaran pelarut, kepolaran bahan yang akan diuji, kandungan bahan yang akan diuji, penggunaan bahan penyalut, dan metode ekstraksi bahan

(Wahyuni dan Widjanarko, 2015; Putra *et al.*, 2013). Kubis merah mengandung vitamin (A, B, C, dan E), mineral (K, Ca, P, Na, dan Fe), sulfofaran, sianohidroksibutena, dan flavonoid (termasuk antosianin) yang dapat menunjang aktivitas antioksidan saat pengujian (Neelufar *et al.*, 2012).

KESIMPULAN

Enkapsulat pigmen kubis merah menunjukkan warna merah pada pH 2-4, warna ungu pucat mendekati transparan pada pH 5-7, warna biru pada pH 8-10, dan warna hijau pH 11 dengan aktivitas antioksidan sebesar $78 \pm 0,097\%$ dan nilai IC_{50} sebesar $258,25 \pm 0,10$ ppm. Ekstrak enkapsulat pigmen kubis merah memiliki kestabilan warna merah paling baik pada pH 2-3 dengan penyimpanan selama 72 jam dan suhu $20^{\circ}C$, sedangkan pada pH basa ekstrak enkapsulat pigmen kubis merah cenderung terdegradasi 50% setelah disimpan selama 12 jam pada suhu $20^{\circ}C$. Ekstrak enkapsulat pigmen kubis merah pada penyimpanan suhu $60^{\circ}C$ selama 30 menit menunjukkan kestabilan pada pH 2-4 meskipun terjadi degradasi warna yang lebih cepat dibandingkan dengan penyimpanan suhu $20^{\circ}C$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) melalui Program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional (SINAS) Nomor 272/SP2H/LT/DRPM/III/2016 tanggal 10 Maret 2016, dilanjutkan dengan Program Insinas Riset Pratama Individu (IRPI) tahun 2017 berdasarkan Surat Pengumuman tanggal 7 Maret 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadiani N, Robbins RJ, Collins TM, Giusti MM. 2014. Anthocyanins contents, profiles, and color characteristic of red cabbage extracts from different cultivars and maturity stage. *J Agr Food Chem* 62: 7524-7531. DOI: 10.1021/jf501991q.
- Ahmadiani N, Robbins RJ, Collins TM, Giusti MM. 2016. Molar absorptivity (ϵ) and spectral characteristics of cyanidin based anthocyanins from red cabbage. *Food Chem* 197: 900-906. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.032.
- Asgar A, Musaddad D. 2006. Optimalisasi cara, suhu, dan lama blanshing sebelum pengeringan kubis. *J Holtikultura* 16: 349-355. DOI: 10.21082/jhort.v16n4.2006.p%25p.
- Bernstein A, Noreña CPZ. 2015. Encapsulation of red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *rubra*) anthocyanins by spray drying using different encapsulating agents. *Braz Arch Biol Techn* 58: 944-952. DOI: 10.1590/S1516-89132015060226.
- Chandrasekhar J, Madhusudhan MC, Raghavarao KSMS. 2012. Extraction of anthocyanin from red cabbage and purification using adsorption. *Food Bioprod Process* 90: 615-623. DOI: 10.1016/j.fbp.2012.07.004.
- Dehbi F, Hasib A, Bouaziz M, Ouattmane A, Elbatal H, Jaouad A, Sayadi S. 2012. Effect of phenolic compounds and betalain pigments on the antioxidant capacity of moroccan prickly pear juices. *J Agronomic Biol Sci* 9: 2-7.
- Dragichi GA, Alexandra LM, Breica BA, Nica D, Alda S, Liana A, Gogoasa I, Gergen I, Maria BD. 2013. Red cabbage, millennium's functional food. *J Horti, Forestry, Biotechn* 174: 52-55.
- Gomathi P, Prameela R, Sanjeevakumar A. 2013. Antioxidant and free radical scavenging activity of anthocyanins from two forms of *Brassica oleracea*. *Int J Pharm Clin Res* 2: 1328-1332.
- Habekost M. 2013. Which color differencing equation should be used?. *International circular of graphic education and research* 6: 20-32. https://www.hdm-stuttgart.de/international_circle/circular/issues/13_01/ICJ_06_2013_02_069.pdf. [8 Desember 2016].
- He F, Mu L, Yan GL, Liang NN, Pan QH, Wang J, Reeves MJ, Duan CQ. 2010. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. *Molecules* 15: 9057-9091. DOI: 10.3390/molecules15129057.
- Hong Z, Meng Z. 2015. Microencapsulation of anthocyanins from red cabbage. *Int Food Res J* 22: 2327-2332.
- Lopes TJ, Yaginuma SR, Quadri MGN, Quadri MB. 2011. Evaluation of red cabbage anthocyanins after partial purification on clay. *Braz Arch Biol Techn* 54(6): 1349-1356. DOI: 10.1590/S1516-89132011000600022.
- Maatsch JM, Schweiggert RM, Carle R. 2016. Adulteration of anthocyanin- and betalain-based coloring foodstuff with the textile dye "reactive red 195" and its detection by spectrophotometric, chromatic, and HPLC-PDA-MS/MS analyses. *Food Control* 70: 333-338. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.06.012.
- Molina GA, Martínez ARH, Valadez MC, Hernández FG, Estevez M. 2014. Effect of tetraethyl orthosilicate (TEOS) on the light and temperature stability of a pigment from *Beta vulgaris* and its potential food industry app-

- lication. *Molecules* 19: 17985-18002. DOI: 10.3390/molecules191117985.
- Neelufar S, Alekhya T, Sudhakar K. 2012. Pharmacognostical and phytochemical evaluation of *Brassica oleracea* Linn var. *capitata* forma *rubra* (the red cabbage). *J Pharmaceut Biomed* 2: 43-46.
- Putra SDR, Purwijantiningsih LME, Pranata FS. 2013. Kualitas minuman serbuk instan kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* Linn.) dengan variasi maltodekstrin dan suhu pemanasan. <http://e-journal.uajy.ac.id/4369/1/JURNAL.pdf>. [12 Oktober 2016].
- Reyes LF, Zevallos LC. 2007. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extract of purple and red flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L). *Food Chem* 100: 885-894. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.11.002.
- Ribeiro LC, da Costa JMC, Afonso MRA. 2016. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20: 269-274. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p269-274.
- Senja RY, Issusilaningtyas E, Nugroho AK, Setyowati EP. 2014. Perbandingan metode ekstraksi dan variasi pelarut terhadap rendemen dan aktivitas antioksidan ekstrak kubis ungu (*Brassica oleracea* L. var, *capitata* f. *rubra*). *Trad Med J* 19: 43-48.
- Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya A. 2008. Biosynthesis of plants pigments: anthocyanins, betalains, and carotenoids. *Plant J* 54: 733-749. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2008.03447.x.
- Vargas FD, López OP. 2003. Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses. Chapter 8: Anthocyanins and Betalains. 167-220. CRC Press. Florida: USA.
- Wahyuni DT, Widjanarko SB. 2015. Pengaruh jenis pelarut dan lama ekstraksi terhadap ekstrak karotenoid labu kuning dengan metode gelombang ultrasonik. *J Pangan Agroind* 3: 390-401.
- Xavier MF, Lopes TJ, Quadri MGN, Quadri MB. 2008. Extraction of red cabbage anthocyanins: optimization of the operation condition of the column process. *Braz Arch Biol Techn* 51(1): 143-152. DOI: 10.1590/S1516-89132008000100018.
- Yuliaty ST, Susanto WH. 2014. Pengaruh lama pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik minuman instan daun mengkudu (*Morinda citrifolia* L). *J Pangan Agroind* 3: 41-52.