

STABILITAS TOTAL FENOLIK, AKTIVITAS ANTIOKSIDAN, DAN AKTIVITAS PENGHAMBATAN α -GLUKOSIDASE PADA MINUMAN FUNGSIONAL BERBASIS SIRIH MERAH (*Piper crocatum* Ruiz & Pav.)

(Stability of total phenolic content, antioxidant activity, and α -glucosidase inhibitory activity in functional beverage of red betel leaf)

Syaefudin^{1*}, Mega Safithri¹, Uswatun Hasanah²

¹Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

²Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRACT

This study aims to determine the stability of total phenolic content, antioxidant activity, α -glucosidase inhibitory activity, physical properties (total dissolved solid, pH, color), and total microorganism of antidiabetic functional beverage at certain storage period. The functional beverage made from red betel leaf, cinnamon, and red ginger by using infuse method. Parameters were analyzed for 28 days on 10°C and 30°C of storage temperature. Antioxidant activity was measured by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay, α -glucosidase inhibitory activity was determined in vitro, and total microorganism was measured by total plate count (TPC) method. The results showed that there were increasement in total dissolved solid of 1.92% (10°C) and 3.85% (30°C), and pH values of 15.30% (10°C) and 13.57% (30°C). In contrary, there were decreasement in total phenolic content of 61.63% (10°C) and 79.73% (30°C), antioxidant activity of 46.80% (10°C) and 53.19% (30°C), and α -glucosidase inhibitory activity of 5.43% (10°C) and 0.39% (30°C). Total microorganism at 10°C was $<1.0 \times 10^0$ CFU/mL until day 28, while at 30°C was 2.0×10^0 CFU/mL on day 28. Based on the results, the functional beverage was good in physical and microbiological quality and still have biological activity as an antidiabetic beverage during storage.

Keywords: antidiabetic, antioxidant, functional food, glucosidase, *Piper crocatum* Ruiz & Pav.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menentukan kadar total fenolik, aktivitas antioksidan, aktivitas penghambatan α -glukosidase, kualitas sifat fisik (total padatan terlarut, pH, derajat warna), serta total mikroorganisme minuman fungsional antidiabetes pada masa penyimpanan tertentu. Minuman fungsional berbahan dasar daun sirih merah, kayu manis, dan jahe merah dibuat dengan menggunakan metode infusa. Parameter uji diobservasi stabilitasnya selama 28 hari pada suhu penyimpanan 10°C dan 30°C. Aktivitas antioksidan diukur dengan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), penghambatan α -glukosidase ditentukan secara *in vitro*, dan total mikroba dihitung dengan metode *total plate count* (TPC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pada nilai total padatan terlarut sebesar 1,92% (10°C) dan 3,85% (30°C) dan pH sebesar 15,30% (10°C) dan 13,57% (30°C). Sebaliknya, terjadi penurunan pada kadar total fenolik sebesar 61,63% (10°C) dan 79,73% (30°C), aktivitas antioksidan sebesar 46,80% (10°C) dan 53,19% (30°C), dan aktivitas penghambatan α -glukosidase sebesar 5,43% (10°C) dan 0,39% (30°C). Total mikroba pada suhu 10°C adalah $<1,0 \times 10^0$ CFU/ml hingga hari ke-28, sedangkan pada suhu 30°C adalah $2,0 \times 10^0$ CFU/ml pada hari ke-28. Minuman fungsional daun sirih merah memiliki kualitas baik menurut parameter sifat fisik dan mikrobiologis serta masih memiliki aktivitas biologis sebagai minuman antidiabetes selama masa penyimpanan.

Kata kunci: antidiabetes, antioksidan, glukosidase, minuman fungsional, *Piper crocatum* Ruiz & Pav.

*Korespondensi: Telp: +62-251-8423267, Surel: syaefudin01@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Diabetes melitus (DM) masih menjadi penyakit serius di dunia dengan jumlah penderita mencapai 415 juta jiwa (IDF 2015). Pada tahun 2013, proporsi penderita DM di Indonesia dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan data tahun 2007 dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia, terutama di Sulawesi (Kemenkes 2014). IDF (2015) melaporkan bahwa jumlah penderita DM di Indonesia mencapai 10 juta orang dan menempati peringkat ketujuh terbesar di dunia. Jumlah tersebut kemungkinan akan semakin besar karena prevalensi DM di Indonesia mencapai 6,9% (Kemenkes 2014).

Salah satu upaya penanganan penyakit DM adalah dengan mengonsumsi herbal dan rempah yang memiliki aktivitas antioksidan dan antidiabetes (Rates 2001). Beberapa jenis tanaman yang telah dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan dan antidiabetes adalah sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav.), kayu manis (*Cinannamomum burmanii* Blume), salam (*Syzygium polyanthum*), murbei (*Morus canva*), teh hijau (*Camellia sinensis*), dan cincau hijau (*Premna oblongifolia* L. Merr) (Alfarabi *et al.* 2010, Safithri & Fahma 2008, Sulistiyani *et al.* 2014, Efendi *et al.* 2010, Khoiriyah & Amalia 2014). Safithri *et al.* (2016) melaporkan bahwa minuman fungsional yang terbuat dari ekstrak daun sirih merah, kulit kayu manis, dan jahe merah (*Zingiber officinale* var. Rubrum) memiliki aktivitas antioksidan dan anti- α -glukosidase berturut-turut sebesar 873,2 μ g/ml dan 88,7%. Uji toksisitas sub-akut menunjukkan bahwa konsumsi minuman fungsional berbahan dasar sirih merah pada dosis 1.890 mg/kg BB selama 28 hari tidak menimbulkan efek racun terhadap tikus percobaan (Safithri & Fahma 2008).

Minuman berbahan dasar sirih merah ini berpeluang besar untuk dikembangkan sebagai minuman fungsional antidiabetes. Meski demikian, perlu dipastikan stabilitas senyawa kimia yang terkandung serta aktivitas biologis yang diklaim. Beberapa penelitian menunjukkan adanya penurunan kuantitas senyawa serta kualitas farmakologis minuman fungsional selama proses pembuatan dan penyimpanan. Domínguez-López *et al.* (2008) dan Pérez-Ramírez *et al.* (2014) melaporkan bahwa senyawa flavonoid dan total fenolik pada minuman fungsional berbahan dasar herbal rosella berpotensi mengalami penurunan selama masa penyimpanan. Merujuk pada berbagai hasil penelitian tersebut, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendukung minuman fungsional berbahan dasar sirih merah agar menjadi produk minuman yang memenuhi

standar protokol pangan fungsional. Penelitian ini bertujuan menentukan stabilitas sifat fisik, total mikroorganisme, kadar total fenolik, aktivitas antioksidan, serta aktivitas penghambatan α -glukosidase pada minuman fungsional berbahan dasar sirih merah selama masa penyimpanan tertentu.

METODE

Desain, tempat, dan waktu

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Formula yang digunakan untuk membuat minuman fungsional mengacu pada penelitian Safithri *et al.* (2016). Sampel minuman fungsional disimpan selama 28 hari pada dua suhu penyimpanan yang berbeda, yakni suhu 10°C dan 30°C. Jumlah total padatan terlarut, pH, derajat warna, total mikroba, total kapang khamir, total fenolik, aktivitas antioksidan, serta aktivitas penghambatan α -glukosidase diukur setiap tujuh hari. Penelitian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Data total padatan terlarut, pH, derajat warna, total fenolik, serta aktivitas antioksidan pada hari ke-0 minuman fungsional sudah dilaporkan oleh Safithri *et al.* (2016). Penelitian berlangsung pada Maret-September 2013, bertempat di Laboratorium Penelitian Departemen Biokimia-FMIPA IPB dan Laboratorium Kimia Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan-FATETA IPB.

Bahan dan alat

Bahan-bahan tanaman diperoleh dari Kebun Percobaan Pusat Studi Biofarmaka, Institut Pertanian Bogor. Adapun karakteristik masing-masing tanaman yang digunakan adalah daun sirih merah (usia >4 bulan, daun ke-4 sampai ke-8 dari pucuk), kulit kayu manis (usia >8 tahun), dan jahe merah (usia 8-10 bulan). Bahan-bahan tersebut dipotong kecil-kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari dari pukul 10.00-13.00 selama tiga hari. Simplisia yang diperoleh dihancurkan sampai berbentuk serbuk berukuran 40 mesh.

Tahapan penelitian

Ekstraksi tanaman. Ekstraksi daun sirih merah dan kulit kayu manis merujuk pada penelitian Safithri dan Fahma (2008). Larutan hasil ekstraksi pada tahap ini disebut larutan stok.

Formulasi minuman fungsional. Pembuatan minuman fungsional berbahan dasar sirih merah mengacu pada penelitian yang telah dilaporkan oleh Safithri *et al.* (2016). Formula

minuman fungsional terdiri atas sirih merah, kayu manis, pemanis stevia, jahe merah, dan jeruk nipis.

Analisis total padatan terlarut. Total Padatan Terlarut (TPT) ditentukan dengan metode AOAC 932.14C (AOAC 2000). Filtrat sampel diteteskan di atas prisma refraktometer dan nilai TPT yang terukur dinyatakan dalam °Brix.

Analisis nilai pH. Sebanyak 30-50 ml sampel langsung diukur nilai pH-nya dengan menggunakan pH meter. Sebelum digunakan, pH meter dikalibrasi dengan larutan bufer pH 4,0 dan pH 7,0.

Analisis derajat warna. Sampel diletakkan dalam cawan petri, lalu diukur nilai L, a, dan b. Analisis derajat warna mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Martin *et al.* (2007) dengan alat Minolta Chromameter (CR 300, Jepang). Data yang diperoleh selanjutnya diolah untuk menentukan total perbedaan warna (ΔE) dengan persamaan berikut:

$$\Delta E = \sqrt{(L1 - L2)^2 + (a1 - a2)^2 + (b1 - b2)^2}$$

Keterangan:

ΔE = total perbedaan warna

L1, a1, b1 = L, a, dan b pada hari ke-0 penyimpanan

L2, a2, b2 = L, a, dan b pada hari ke-n penyimpanan

Analisis mikrobiologis. Aspek keamanan minuman fungsional ditentukan dengan menganalisis total mikroba (*Total Plate Count*) dan total kapang khamir. Jumlah total mikroba dan total kapang khamir dihitung dengan teknik yang dikembangkan oleh Gilchrist *et al.* (1977).

Analisis total fenolik. Penentuan kadar total fenolik mengacu pada metode yang dilakukan Pourmorad *et al.* (2006). Kurva standar menggunakan asam tanat dengan seri konsentrasi 0; 6,5; 13; 32,5; 65; dan 130 µg/ml.

Uji aktivitas antioksidan. Ekstrak dilarutkan dalam metanol absolut sehingga diperoleh beberapa konsentrasi, yaitu 25; 50; 75; 100; dan 200 µg/ml. Aktivitas antioksidan ditentukan dengan metode DPPH (Sharma & Bhat 2009).

Uji aktivitas penghambatan α -glukosidase. Analisis penghambatan α -glukosidase merujuk pada metode yang dilakukan oleh Moradi-Afrapoli (2012). Kurva standar dibuat dengan mengencerkan p-nitrofenol (pNP) (Kat. No. 1041, Sigma Aldrich, Jerman) menjadi berbagai konsentrasi: 0; 1; 5; 10; 15; dan 20 µM. Daya hambat ekstrak dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

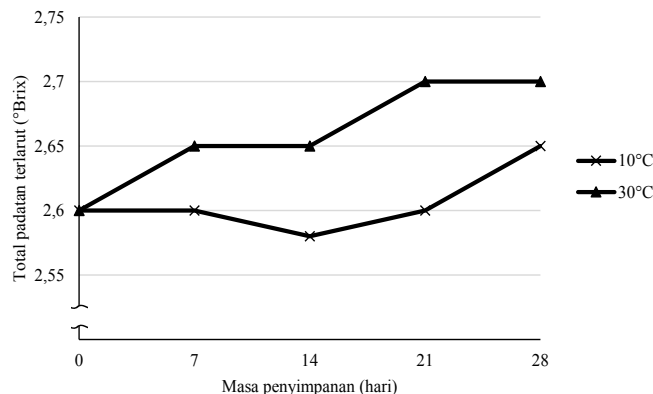
$$\% \text{ daya hambat} = \frac{[pNP]_{kontrol\ negatif} - [pNP]_{ekstrak}}{[pNP]_{kontrol\ negatif}} \times 100\%$$

Pengolahan dan analisis data

Pengolahan data menggunakan program SPSS 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam (Anova) pada taraf $\alpha=0,05$. Jika terdapat perbedaan nyata ($p<0,05$) analisis lanjut dilakukan dengan uji Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas fisik dan total mikroba. Kualitas fisik minuman ditentukan dengan menganalisis TPT, nilai pH, dan derajat warna. Jumlah TPT hari ke-0 minuman yang disimpan pada suhu 10°C dan 30°C sebesar 2,6°Brix (Safithri *et al.* 2016). Analisis TPT menunjukkan bahwa minuman fungsional berbasis sirih merah mengalami kenaikan selama penyimpanan (Gambar 1). Kenaikan tertinggi terjadi pada minuman fungsional yang disimpan pada suhu 30°C. Suhu simpan yang lebih tinggi diduga menyebabkan penurunan volume total sampel lebih banyak, sedangkan jumlah zat terlarut tetap selama masa



Gambar 1. Total padatan terlarut minuman fungsional selama 28 hari penyimpanan

penyimpanan. Rata-rata kenaikan TPT selama penyimpanan pada suhu 10°C dan 30°C, berturut-turut sebesar 1,92 dan 3,85%.

Total padatan terlarut pada minuman berbasis sirih merah sebesar 15,62°Brix (Sarah 2013), sedangkan pada minuman berbasis sari buah berkisar 10,2-14,2°Brix (Pratiwi 2009). Perbedaan tersebut disebabkan oleh komponen penyusun lain dalam minuman fungsional yang beragam. Hasil penelitian Monica (2013) juga menunjukkan bahwa nilai TPT berbanding lurus dengan tingkat kekentalan (viskositas) minuman. Padatan terlarut akan meningkatkan tahanan internal cairan sehingga viskositas meningkat (Juszczak & Fortuna 2004).

Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa selama 28 hari penyimpanan, rata-rata sampel mengalami penurunan di semua atribut warna (Tabel 1). Analisis statistik terhadap nilai ΔE menunjukkan bahwa perbedaan suhu simpan dan lama penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap total perbedaan warna jika dibandingkan dengan awal penyimpanan. Meski terjadi penurunan, total perbedaan warna selama penyimpanan tidak berbeda secara visual. Hal ini menun-

jukkan bahwa minuman fungsional hanya sedikit mengalami perubahan derajat warna. Kenyataan ini diduga berkaitan dengan perubahan nilai TPT. Kenaikan jumlah TPT akan memekatkan warna sehingga derajat warna keseluruhan untuk minuman fungsional yang diuji menurun.

Pengamatan selama masa penyimpanan memperlihatkan bahwa selama tujuh hari awal, pH minuman semakin tinggi (Gambar 2). Kenaikan nilai pH diduga disebabkan oleh reaksi oksidasi yang terjadi selama penyimpanan. Beberapa reaksi oksidasi menghasilkan OH⁻ yang akan meningkatkan nilai pH keseluruhan minuman, terutama yang mengandung bahan baku polisakarida (Fry 1998; Fry *et al.* 2002; Kivela *et al.* 2009).

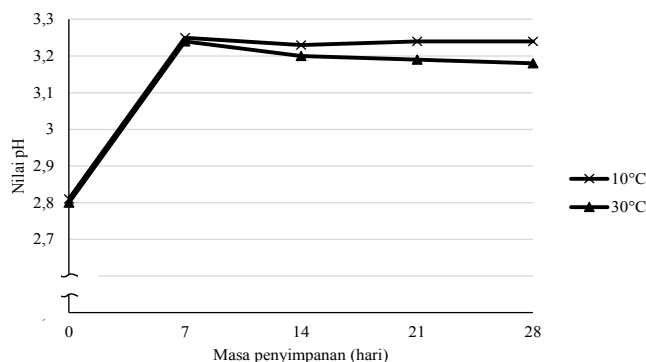
Analisis mikrobiologis memperlihatkan bahwa pada hari ke-0, total koloni mikroba maupun total koloni kapang khamir adalah <1,0×10⁰ CFU/ml. Pertumbuhan koloni mikroba teramati pada hari ke-28 pada suhu penyimpanan 30°C dengan jumlah 2,0×10⁰ CFU/ml, sementara pada suhu penyimpanan 10°C pertumbuhan koloni mikroba adalah <1,0×10⁰ CFU/ml (Tabel 2). Hasil analisis total kapang khamir menunjukkan bahwa

Tabel 1. Nilai derajat warna selama masa penyimpanan

Atribut warna	Suhu	H+0	H+7	H+14	H+21	H+28
L	10	31,30	29,31	31,29	29,96	29,52
	30	31,30	29,71	30,04	30,11	29,83
a	10	9,18	6,35	6,41	7,90	8,29
	30	9,18	6,45	5,98	7,77	7,77
b	10	11,22	8,18	9,46	9,84	9,81
	30	11,22	8,34	8,38	9,71	9,51
ΔE	10		4,61	3,27	2,32	2,44
	30		4,28	4,46	2,38	2,66
	Rata-rata		4,44 ^a	3,86 ^b	2,35 ^c	2,55 ^c

Keterangan:

* H+0 : hari ke-0 H+14 : hari ke-14 H+28 : hari ke-28 a : derajat kemerahaan
 H+7 : hari ke-7 H+21 : hari ke-21 L : derajat kecerahan b : derajat kekuningan
 * Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata pada uji Duncan (p>0,05)



Gambar 2. Nilai pH minuman fungsional selama 28 hari penyimpanan

Tabel 2. Total mikroba dalam minuman fungsional selama masa penyimpanan

Suhu Penyimpanan	Total koloni pada masa penyimpanan ($\times 10^0$ CFU/mL)				
	H+0	H+7	H+14	H+21	H+28
10°C	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
30°C	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,0

Keterangan:

H+0: hari ke-0; H+14: hari ke-14; H+28: hari ke-28; H+7: hari ke-7; H+21: hari ke-21

Tabel 3. Total koloni kapang khamir dalam minuman fungsional selama masa penyimpanan

Suhu Penyimpanan	Total koloni pada masa penyimpanan ($\times 10^0$ koloni/mL)				
	H+0	H+7	H+14	H+21	H+28
10°C	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,0
30°C	<1,0	<1,0	<1,0	1,0	1,0

Keterangan:

H+0: hari ke-0; H+14: hari ke-14; H+28: hari ke-28; H+7: hari ke-7; H+21: hari ke-21

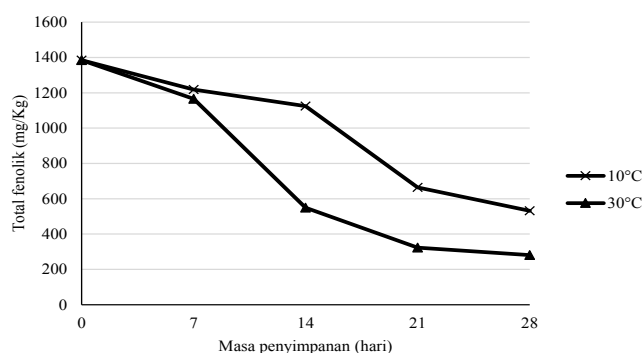
pada suhu penyimpanan 10°C, kapang khamir teridentifikasi tumbuh pada hari ke-28 ($1,0 \times 10^0$ CFU/ml) (Tabel 3). Pada suhu penyimpanan 30°C pertumbuhan kapang khamir teramati pada hari ke-21 dan hari ke-28, masing-masing berjumlah $1,0 \times 10^0$ CFU/ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa suhu penyimpanan yang lebih rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroba (Marois-Fiset *et al.* 2013). Meski demikian, hasil tersebut masih memenuhi persyaratan total koloni mikroorganisme yang ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia untuk minuman tradisional (SNI 01-4320-1996), yakni $<3,0 \times 10^3$ CFU/ml untuk total mikroba (BSN 1996).

Total fenolik dan aktivitas antioksidan.

Sampel yang disimpan pada dua suhu perlakuan memiliki jumlah total fenolik yang sama pada hari ke-0, yaitu 1.385,25 mg/kg (Safithri *et al.* 2016). Penyimpanan dapat menurunkan total fenolik sampai setengahnya dan bahkan lebih (Gambar 3). Penurunan paling besar terjadi pada

penyimpanan di suhu 30°C (80%). Penurunan tersebut menggambarkan berkurangnya senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan dalam minuman fungsional. Hasil ini memperkuat penelitian Teshome *et al.* (2013) yang melaporkan bahwa kenaikan suhu akan menurunkan kualitas sensori dan komposisi senyawa bioaktif dalam teh hitam.

Hasil berbeda ditunjukkan pada total fenolik dalam minuman berbahan dasar buah delima yang disimpan pada suhu ruang dan suhu 4°C (Yalçınçıray & Ertan 2015). Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa penyimpanan minuman fungsional pada suhu ruang akan meningkatkan total fenolik. Di sisi lain, penyimpanan pada suhu dingin 4°C akan menurunkan total fenolik. Temuan yang berlainan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan proses ekstraksi atau pembuatan minuman fungsional (da Silveira *et al.* 2014).



Gambar 3. Kadar total fenolik minuman fungsional selama 28 hari penyimpanan

Total fenolik yang berkurang selama masa penyimpanan berpengaruh terhadap penurunan aktivitas antioksidan (Gambar 4). Selama 28 hari, penurunan aktivitas antioksidan tertinggi terjadi pada minuman fungsional yang disimpan pada suhu 30°C, yakni sebesar 53,19%. Adapun pada penyimpanan suhu 10°C, aktivitas antioksidan menurun sebanyak 46,80%. Hasil ini memperkuat penelitian Sen *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa kadar total fenolik berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan sampel. Hal ini karena senyawa fenolik mampu menangkal radikal bebas atau berperan sebagai antioksidan (Asnaashari *et al.* 2014). Hasil uji penangkapan radikal bebas DPPH menunjukkan bahwa minuman fungsional berbasis sirih merah memiliki potensi sebagai antioksidan.

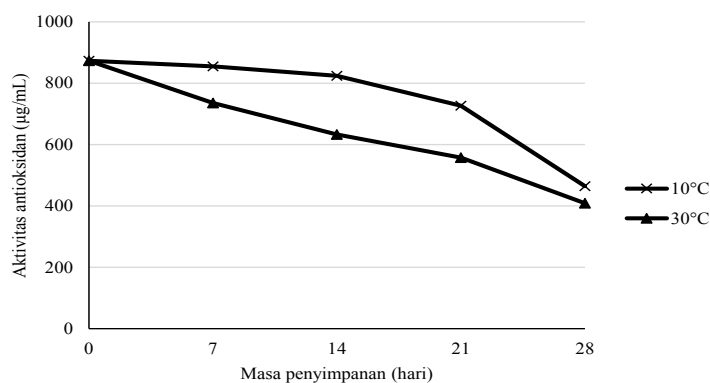
Aktivitas penghambatan α -glukosidase.

Potensi minuman fungsional sebagai antidiabetes juga terlihat dari hasil analisis penghambatan enzim α -glukosidase (Gambar 5). Penyimpanan minuman selama 28 hari pada dua suhu berbeda menyebabkan penurunan aktivitas penghambatan α -glukosidase. Penurunan penghambatan terbesar terjadi pada perlakuan suhu simpan 10°C. Meski demikian, pada kedua perlakuan tersebut

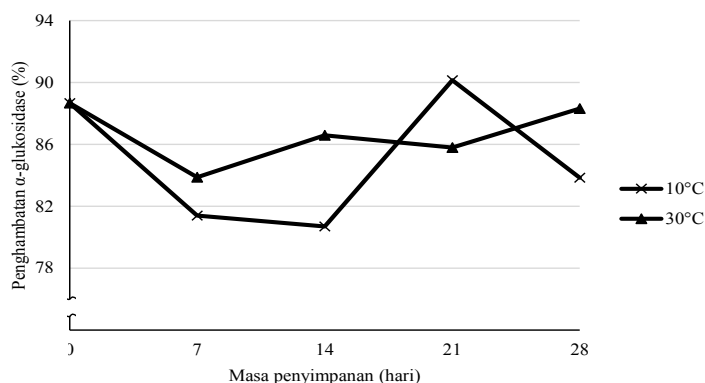
minuman fungsional masih memiliki aktivitas penghambatan α -glukosidase.

Penghambatan α -glukosidase tersebut menyebabkan kadar glukosa di dalam darah menurun (Ross *et al.* 2004). Safithri (2011) melaporkan bahwa minuman fungsional berbahan dasar sirih merah dan kayu manis mampu menghambat α -glukosidase sebesar 61%. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa penangkal serangan radikal bebas dapat digunakan untuk mengobati diabetes melitus dan penyakit komplikasinya (Maritim *et al.* 2003, Ceriello 2003). Hal ini menunjukkan keterkaitan antara kadar senyawa fenolik, aktivitas antioksidan, serta kemampuan menghambat aktivitas α -glukosidase.

Penentuan senyawa aktif yang terdapat pada ekstrak sirih merah telah dilakukan oleh Safithri *et al.* (2016). Senyawa bioaktif yang terukur sebagai total senyawa fenolik pada formula campuran ekstrak daun sirih merah dan kulit kayu manis adalah flavonoid, tanin, dan alkaloid (Shihabudeen *et al.* 2011, Safithri & Fahma 2008). Analisis dengan LC-MS juga memperlihatkan puncak tertinggi flavonoid, tanin, dan alkaloid dengan perkiraan rumus molekulnya berturut-turut $C_{27}H_{30}O_6$, $C_8H_4O_3$, dan $C_{23}H_{29}O_6$ (Safithri



Gambar 4. Aktivitas antioksidan minuman fungsional selama 28 hari penyimpanan



Gambar 5. Penghambatan α -glukosidase minuman fungsional selama 28 hari penyimpanan

et al. 2016). Senyawa-senyawa tersebut diduga sebagai molekul aktif dalam minuman yang berperan sebagai antioksidan dan antidiabetes.

KESIMPULAN

Selama 28 hari masa penyimpanan nilai TPT dan pH minuman fungsional mengalami kenaikan, sedangkan kadar total fenolik, aktivitas antioksidan, serta daya antidiabetes cenderung berkurang. Meski demikian, kualitas sifat fisik dan mikrobiologis minuman masih baik. Suhu penyimpanan terbaik untuk menjaga stabilitas total fenolik serta aktivitas biokimia (aktivitas antioksidan dan antidiabetes) adalah 10°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Dirjen Dikti Kemendikbud yang telah membiayai penelitian ini melalui Program BOPTN 2013-Penelitian Lintas Fakultas dengan No Kontrak 231/IT3.41.2/L2/SPK/2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarabi M, Bintang M, Suryani, Safithri M. 2010. The comparative ability of antioxidant activity of *Piper crocatum* in inhibiting fatty acid oxidation and free radical scavenging. *Hayati J Biosci* 17(4):201-2014.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists.
- Asnaashari M, Farhoosh R, Sharif A. 2014. Antioxidant activity of gallic acid and methyl gallate in triacylglycerols of Kilka fish oil and its oil-in-water emulsion. *Food Chem* 159(2014):439-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.038>.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1996. SNI 01-4320-1996: Serbuk Minuman Tradisional. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Ceriello A. 2003. New insights on oxidative stress and diabetic complications may lead to a "causal" antioxidant therapy. *Diabetes Care* 26(5):1589-1596.
- da Silveira TFF, Meinhardt AD, Ballus CA, Godoy HT. 2014. The effect of the duration of infusion, temperature, and water volume on the rutin content in the preparation of mate tea beverages: an optimization study. *Food Res Int* 60(2014):241-245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.024>.
- Domínguez-López A, Remondetto GE, Salvador G. 2008. Thermal kinetic degradation of anthocyanins in a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. cv. 'Criollo') infusion. *Int J Food Sci Tech* 43(2):322-325. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01439.x>.
- Efendi R, Damayanthi E, Kustiyah L, Kusumorini N. 2010. Pengendalian kadar glukosa darah oleh teh hijau dan atau teh daun murbei pada tikus diabetes. *J Gizi Pangan* 5(2):87-94.
- Fry SC. 1998. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate-induced hydroxyl radicals. *Biochemical J* 332(Pt 2):507-515.
- Fry SC, Miller JG, Dumville JC. 2002. A proposed role for copper ions in cell wall loosening. *Plant Soil* 247(1):57-61. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021140022082>.
- Gilchrist JE, Donnelly CB, Peeler JT, Campbell JE. 1977. Collaborative study comparing the spiral plate and aerobic plate count methods. *J Assoc Off Anal Chem* 60(4):807-812.
- [IDF] International Diabetes Federation. 2015. IDF Diabetes Atlas update poster, 7th edn. Brussels, Belgium. Belgium: : International Diabetes Federation.
- Juszcak L, Fortuna T. 2004. Effect of temperature and solids content on the viscosity of cherry juice concentrate. *Int Agrophys* 18(1):17-21.
- [Kemenkes RI] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2014. Pusat data dan informasi: situasi dan analisis diabetes. <http://www.kemkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/infodatin-diabetes.pdf> [diakses 04 Oktober 2015]
- Khoiriyah N, Amalia L. 2014. Formulasi cincau jelly drink (*Premna oblongifolia* L Merr) sebagai pangan fungsional sumber antioksidan. *J Gizi Pangan* 9(2):73-80.
- Kivela R, Nystrom L, Salovaara H, Sontag-Strohm T. 2009. Role of oxidative cleavage and acid hydrolysis of oat beta-glucan in modelled beverage conditions. *J Cereal Sci* 50(2009):190-197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2009.04.012>.
- Maritim AC, Sanders RA, Watkins JB. 2003. Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: a review. *J Biochem Mol Toxicol* 17(1):24-38. <http://dx.doi.org/10.1002/jbt.10058>.
- Marois-Fiset J, Carabin A, Lavoie A, Dorea

- CC. 2013. Effects of temperature and pH on reduction of bacteria in a point-of-use drinking water treatment product for emergency relief Appl Environ Microbiol 79(6):2107-2109. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.03696-12>.
- Martin MLGM, Ji W, Luo R, Hutchings J, Heredia FJ. 2007. Measuring colour appearance of red wines. Food Qual Prefer 18(6):862-871. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.01.013>.
- Monica S. 2013. Formulasi dan penentuan umur simpan minuman fungsional campuran sirih merah, jahe, kayu manis, dan jeruk nipis [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Moradi-Afrapoli F, Asghari B, Saeidnia S, Ajani Y, Mirjani M, Malmir M, Bazaz RD, Hadjiakhoondi A, Salehi P, Hamburger M, Yassa N. 2012. In vitro α -glucosidase inhibitory activity of phenolic constituents from aerial parts of *Polygonum hyrcanicum*. DARU 20(1):1-6. <http://dx.doi.org/10.1186/2008-2231-20-37>.
- Pérez-Ramírez IF, Castaño-Tostado E, Ramírez-de Leónb JA, Rocha-Guzmán NE, Reynoso-Camacho R. 2015. Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and in vitro antioxidant and antidiabetic capacity of a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. Food Chem 172(2015):885-892. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.126>.
- Pourmorad F, Hosseinimehr SJ, Shahabimajd N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. Afr J Biotechnol 5(11):1142-1145.
- Pratiwi. 2009. Formulasi, uji kecukupan panas, dan pendugaan umur simpan minuman sari Wornas (wortel-nanas) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rates SM. 2001. Plants as a source of drugs. Toxicon. 39:603-61. [http://dx.doi.org/10.1016/S0041-0101\(00\)00154-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0041-0101(00)00154-9).
- Ross SA, Gulve EA, Wang M. 2004. Chemistry and biochemistry of type 2 diabetes. Chem Rev 104(2):1255-1282.
- Safithri M, Fahma F. 2008. Potency of *Piper crocatum* decoction as an antihyperglycemia in rat strain *Sprague dawley*. Hayati J Biosci 15(1):45-48.
- Safithri M, Yasni S, Bintang M, Ranti AS. 2011. Aktivitas antioksidasi dan inhibitor enzim α -glucosidase minuman fungsional sirih merah (*Piper crocatum*) dan kayu manis (*Cinnamomum burmannii*). Dalam Montolalu dkk. (Eds.), Peran Teknologi dalam Pengembangan Pangan yang Aman, Bermutu dan Terjangkau bagi Masyarakat. Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (hlm. 282-286), 15-17 September. Manado: PATPI.
- Safithri M, Kurniawati A, Syaefudin. 2016. Formula of *Piper crocatum*, *Cinnamomum burmannii*, and *Zingiber officinale* extracts as a functional beverage for diabetics. IFRJ 23(3):1123-1130.
- Sarah M. 2013. Formulasi dan penentuan umur simpan minuman fungsional campuran sirih merah, jahe, kayu manis, dan jeruk nipis [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sen S, De B, Devanna N, Chakraborty R. 2013. Total phenolic, total flavonoid content, and antioxidant capacity of the leaves of *Meyna spinosa* Roxb., an Indian medicinal plant. Chin J Nat Med 11(2):149-157. [http://dx.doi.org/10.1016/S1875-5364\(13\)60042-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1875-5364(13)60042-4).
- Sharma OP, Bhat TK. 2009. DPPH antioxidant assay revisited. Food Chem 113(4):1202-1205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.008>.
- Shihabudeen HMS, Priscilla DH, Thirumurgan K. 2011. Cinnamon extract inhibits α -glucosidase activity and dampens postprandial glucose excursion in diabetic rats. Nutr Metab(Lond) 8(1):46. <http://dx.doi.org/10.1186/1743-7075-8-46>.
- Sulistiyan, Falah S, Wahyuni WT, Sugahara T, Tachibana S, Syaefudin. 2014. Cellular mechanism of the cytotoxic effect of extracts from *Syzygium polyanthum* Leaves. Am J Drug Discov Dev 4(2):90-101. <http://dx.doi.org/10.3923/ajdd.2014.90.101>.
- Teshome K, Debela A, Garede W. 2013. Effect of drying temperature and duration on biochemical composition and quality of black tea (*Camellia sinensis* L.) O. Kuntze at Wush Wush, South Western Ethiopia. Asian J Plant Sci 12(6-8):235-240. <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2013.235.240>.
- Yalçınçıray Ö, Anlı RE. 2015. The impact of storage conditions on the phenolic content and antioxidant activity of pomegranate liquors produced by maceration method from hicz pomegranate. GIDA-J Food 40(4):209-216.