

KADAR β -KAROTEN, ANTOSIANIN, ISOFLAVON, DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA SNACK BAR UBI JALAR KEDELAI HITAM SEBAGAI ALTERNATIF MAKANAN SELINGAN PENDERITA DIABETES MELITUS TIPE 2

Novita Sabuluntika, Fitriyono Ayustaningwarno^{*)}

Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro
Jl.Dr.Sutomo No.18, Semarang, Telp (024) 8453708, Email : gizifk@undip.ac.id

ABSTRACT

Background: Hyperglycemia during diabetes mellitus (DM) type 2 causes oxidative stress increase, which is lead to macro-and microvascular complications. Antioxidants intake can prevent the oxidative stress. Sweet potatoes and black soybeans are antioxidants rich local food such as β -carotene, anthocyanin and isoflavone. Snack bar made from combination of sweet potatoes and black soybeans can be an alternative snack for patients with DM type 2.

Objective: To analyze β -carotene, anthocyanin, isoflavone concentration, and antioxidant activity in snack bar from sweet potatoes and black soybeans.

Methods: The completely randomized single factor study design used 3 varieties of sweet potato's color (red, yellow, and purple). β -carotene concentration was analyzed by spectrophotometer, anthocyanin by pH different method, isoflavone by HPLC and antioxidant activity by DPPH.

Results: β -carotene, anthocyanin, isoflavone concentration and antioxidant activity in snack bar from purple sweet potatoes was 144,5 $\mu\text{g/g}$, 56,29 mg/g, 18,669 mg/g protein, 40,23%; snack bar from yellow sweet potatoes was 127,1 $\mu\text{g/g}$, 22,75 mg/g, 14,269 mg/g protein, 24,90%, and snack bar from red sweet potato was 99,3 $\mu\text{g/g}$, 47,40 mg/g, 10,975 mg/g protein, 17,21%. There were significant difference between the sweet-potato's color variety to levels of β -carotene, anthocyanin, isoflavone and antioxidant activity's snack bar.

Conclusion: Snack bar from purple sweet potatoes and black soybeans had the highest antioxidant concentration and activity among snack bar from yellow and red sweet potatoes.

Keywords: snack bar; sweet potatoes; black soybeans; antioxidant concentration; antioxidant activity

ABSTRAK

Latar Belakang: Hiperglikemia pada diabetes melitus (DM) tipe 2 menyebabkan peningkatan stres oksidatif yang dapat menimbulkan komplikasi makro dan mikrovaskuler. Stres oksidatif dapat diatasi dengan asupan pangan kaya antioksidan. Ubi jalar dan kedelai hitam merupakan pangan lokal mengandung antioksidan seperti β -karoten, antosianin dan isoflavon. Kombinasi kedua pangan tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku makanan selingan berupa snack bar, dimana produk ini praktis, ekonomis dan menarik dikonsumsi bagi penderita DM tipe 2.

Tujuan: Menganalisis kadar β -karoten, antosianin, isoflavon, dan aktivitas antioksidan pada snack bar ubi jalar kedelai hitam.

Metode: Merupakan penelitian dengan rancangan acak lengkap satu faktor, yakni variasi warna ubi jalar (merah, kuning dan ungu). Analisis kadar β -karoten menggunakan spektrofotometer, antosianin dengan perbedaan pH, isoflavon dengan HPLC dan aktivitas antioksidan dengan DPPH.

Hasil: Kadar β -karoten, antosianin, isoflavon dan aktivitas antioksidan pada snack bar dengan ubi jalar ungu, yakni 144,5 $\mu\text{g/g}$, 56,29 mg/g, 18,669 mg/g protein, 40,23%; snack bar ubi jalar kuning, yakni 127,1 $\mu\text{g/g}$, 22,75 mg/g, 14,269 mg/g protein, 24,90%; dan snack bar dengan ubi jalar merah, yakni 99,3 $\mu\text{g/g}$, 47,40 mg/g, 10,975 mg/g protein, 17,21%. Pada uji statistik terdapat pengaruh variasi warna ubi jalar terhadap kadar β -karoten, antosianin, isoflavon, dan aktivitas antioksidan pada snack bar.

Simpulan: Snack bar dengan ubi jalar ungu memiliki kadar dan aktivitas antioksidan paling tinggi di antara snack bar ubi jalar kuning dan merah.

Kata kunci: snack bar; ubi jalar; kedelai hitam; kadar antioksidan; aktivitas antioksidan

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan penderita diabetes melitus (DM) terbesar ke empat di dunia setelah India, China dan Amerika Serikat dan diperkirakan pada tahun 2030 penderita diabetes melitus di Indonesia mengalami kenaikan sebesar 21,3 juta jiwa.¹ Prevalensi penderita (DM)

tahun 2008 sebesar 5,7% dan 90% diantaranya adalah DM tipe 2.²

DM digolongkan menjadi DM tipe 1 dan tipe 2. DM tipe 1 disebabkan tidak adanya insulin dalam tubuh, sedangkan DM tipe 2 disebabkan insulin yang tidak dapat bekerja secara optimal.² Insulin yang tidak dapat bekerja secara optimal

^{*)}Penulis Penanggungjawab

menyebabkan peningkatan glukosa darah atau hiperglikemia yang dapat meningkatkan stres oksidatif.³ Peningkatan stres oksidatif ditandai dengan peningkatan produksi radikal bebas dan penurunan antioksidan dalam tubuh. Stres oksidatif yang berlangsung terus-menerus dapat menyebabkan peningkatan resistensi insulin dan komplikasi makro maupun mikrovaskuler seperti penyakit kardiovaskuler dan diabetes nefropatik. Upaya pencegahan peningkatan stres oksidatif dapat dilakukan melalui asupan yang mengandung antioksidan.⁴⁻⁶

Antioksidan merupakan substansi yang dapat menetralkan aksi radikal bebas, dimana molekul tersebut memicu kerusakan sel, meningkatkan risiko kanker dan penyakit jantung. Asupan tinggi antioksidan seperti vitamin C, E, selenium, β -karoten, dan karotenoid lain dianjurkan pada penderita DM. Asupan antioksidan dalam bentuk suplemen tidak disarankan karena belum diketahui keamanan dan efisiensi penggunaan jangka panjang, sehingga lebih baik dikonsumsi dalam bentuk makanan.^{3,7}

Ubi jalar merupakan salah satu bahan makanan lokal yang murah dan mudah didapat di pasar-pasar tradisional.⁸ Ubi jalar memiliki indeks glikemik yang lebih rendah daripada jenis umbi-umbian yang lain sehingga tidak meningkatkan kenaikan glukosa darah secara signifikan.⁹ Ubi jalar memiliki zat gizi mikro yang penting, yakni β -karoten dan vitamin C yang merupakan salah satu antioksidan.¹⁰ Kandungan antioksidan jenis ubi jalar berdasarkan warna kulit dan warna daging ubi berbeda-beda.¹¹ Ubi jalar merah memiliki kadar β -karoten tertinggi yakni 46,29 $\mu\text{g/g}$ - 120,32 $\mu\text{g/g}$, ubi jalar ungu 28,13 $\mu\text{g/g}$ - 99,00 $\mu\text{g/g}$ dan ubi jalar kuning 1,90 $\mu\text{g/g}$ - 5,33 $\mu\text{g/g}$.^{12, 13} Ubi jalar ungu mengandung antosianin 110,5mg/100g.¹⁴ Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat kompleks, namun mengandung sedikit protein, sehingga membutuhkan bahan makanan yang mencukupi kebutuhan protein seperti kedelai hitam.¹⁰

Kedelai hitam memiliki kandungan protein 40,4 g/100g dan antioksidan yakni antosianin dan isoflavon. Kandungan total polifenol, flavonoid dan antosianin yang lebih tinggi daripada kedelai kuning, yakni masing-masing 6,13 mg/g ; 2,19 mg/g ; 0,65 mg/g.¹⁵ Isoflavon merupakan antioksidan golongan flavonoid yang biasa terdapat pada kedelai dan memiliki efek bermanfaat pada penderita DM dengan meningkatkan serum insulin dan komponen insulin pankreas.¹⁶

Berdasarkan kandungan gizi dan antioksidan yakni β -karoten, antosianin dan isoflavon, kombinasi ubi jalar dan kedelai hitam dapat digunakan sebagai bahan utama *snack bar* sebagai makanan selingan penderita diabetes melitus tipe 2 yang diharapkan dapat mencegah komplikasi melalui mekanisme pertahanan dari radikal bebas. *Snack bar* merupakan bentuk makanan selingan yang praktis, memiliki keawetan yang cukup baik dan memiliki nilai gizi yang lengkap.¹⁷ Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan pengujian kadar β -karoten, antosianin dan isoflavon, serta aktivitas antioksidan untuk mengetahui persentase kemampuan antioksidan *snack bar* ubi jalar kedelai hitam dalam menghambat radikal bebas.

METODE

Berdasarkan bidang keilmuan, penelitian yang dilakukan termasuk dalam bidang *food production*. Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Ilmu Gizi Universitas Diponegoro untuk uji tingkat kesukaan penelitian pendahuluan, dan Laboratorium Ilmu Gizi dan Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Semarang untuk menguji kadar β -karoten, antosianin, isoflavon, dan aktivitas antioksidan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Juli 2013.

Sebelum penelitian utama dilakukan penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan formulasi tetap dalam pembuatan *snack bar* ubi jalar dan kedelai hitam dengan uji tingkat kesukaan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor, yakni faktor variasi warna ubi jalar meliputi ubi jalar merah (A1), ubi jalar kuning (A2), dan ubi jalar ungu (A3) dan faktor formulasi kedelai hitam yang dituliskan dengan simbol B1 untuk formulasi 20%, B2 untuk formulasi 30%, B3 untuk formulasi 40%, dan B4 untuk formulasi 50%. Formulasi menyesuaikan kalori makanan selingan dari 10 % AKG (Angka Kecukupan Gizi) serta kebutuhan karbohidrat, lemak dan protein penderita DM tipe 2 menggunakan program *software Nutrisurvey 2005*. Perhitungan tersebut menghasilkan komposisi zat gizi yang diharapkan terdapat pada *snack bar* sebesar 200 kkal energi, 27,5 gram karbohidrat, 10 gram protein, dan 5,56 gram lemak.^{3, 18} Uji tingkat kesukaan dilakukan dengan partisipasi panelis agak terlatih sebanyak 25 orang dari mahasiswa Program Studi Ilmu Gizi Universitas Diponegoro. Penelitian pendahuluan diperoleh formulasi kedelai hitam 30% lebih disukai panelis dari segi tekstur, warna, rasa dan

aroma. Hasil penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Lampiran 1.

Penelitian utama dengan rancangan acak satu faktor, yaitu tiga variasi warna ubi jalar, meliputi ubi jalar merah, ubi jalar kuning, dan ubi jalar ungu dengan menggunakan formulasi kedelai hitam 30%. Bahan baku terdiri dari ubi jalar merah, ubi jalar kuning, dan ubi jalar ungu yang diperoleh dari Pasar Bandungan Ungaran, kedelai hitam diperoleh dari Pasar Gedhe Surakarta, premiks pemanis “Tropicana Slim Diabetics” produksi PT Nutrifood Indonesia, telur, susu skim bubuk, dan margarin. Tepung ubi jalar yang digunakan merupakan tepung komersial produksi PT. Rejeki Berkah Gunung Pati Semarang dimana ubi jalar yang dipakai adalah ubi jalar yang diperoleh dari Pasar Bandungan. Alat yang digunakan dalam pembuatan *snack bar* antara lain; timbangan digital analitik, baskom, *blender*, mangkok, *mixer*,

spatula, sendok, *pyrex*, dan *microwave*. Pembuatan *snack bar* terdiri dari ubi jalar dan kedelai hitam dicuci bersih, kemudian dikukus, ubi jalar dan kedelai kukus serta bahan tambahan lain dicampur menggunakan *mixer*, lalu dicetak ke dalam *pyrex* dan terakhir dipanggang menggunakan *microwave*.

Data yang dikumpulkan pada penelitian utama meliputi kadar β -karotendenganspektrofotometer,^{19, 20} kadar antosianin dengan metode perbedaan pH,^{21, 22} isoflavon dengan HPLC,²³ dan aktivitas antioksidan dengan metode DPPH.²⁴

HASIL

Hasil analisis kadar β -karoten, antosianin, isoflavon dan aktivitas antioksidan *snack bar* dengan variasi warna ubi jalar dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis *Snack Bar* β -Karoten, Antosianin, Isoflavon dan Aktivitas Antioksidan dengan Variasi Warna Ubi Jalar

Jenis Perlakuan	β -Karoten ($\mu\text{g/g}$)	Antosianin (mg/g)	Isoflavon (mg/g protein)	Aktivitas Antioksidan (%)
<i>Snack bar</i> ubi jalar ungu	144,5 \pm 20,397 ^a	56,29 \pm 1,59 ^a	18,669 \pm 4,065 ^a	40,23 \pm 1,237 ^a
<i>Snack bar</i> ubi jalar kuning	127,1 \pm 9,810 ^a	22,75 \pm 1,17 ^c	14,269 \pm 1,809 ^b	24,90 \pm 0,940 ^b
<i>Snack bar</i> ubi jalar merah	99,3 \pm 9,183 ^b	47,40 \pm 1,84 ^b	10,975 \pm 2,297 ^b	17,21 \pm 1,728 ^c

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji lanjut *Mann-Whitney* atau *Tukey* $\alpha=5\%$

Uji normalitas data kadar β -karoten dan aktivitas antioksidan menunjukkan tidak berdistribusi normal sehingga dilakukan uji statistik *Kruskall-walis* dan dilanjutkan uji *Mann-Whitney*. Data kadar isoflavon dan antosianin berdistribusi normal, sehingga dilakukan uji statistik *One way Anova* dan dilanjutkan uji *Tukey*. Hasil uji statistik menunjukkan terdapat pengaruh variasi warna ubi jalar terhadap kadar β -karoten, antosianin, isoflavon dan aktivitas antioksidan *snack bar* dengan $p=0,000$ secara keseluruhan. Kadar β -karoten, antosianin, isoflavon dan aktivitas antioksidan tertinggi adalah *snack bar* dengan ubi jalar ungu yakni 144,5 $\mu\text{g/g}$, 56,29 mg/g, 18,669 mg/g protein dan 40,23 %.

PEMBAHASAN

1. Kadar β -karoten

Snack bar dengan ubi jalar ungu memiliki kadar β -karoten tertinggi yakni, 144,5 $\mu\text{g/g}$, sedangkan kadar β -karoten terendah berbeda bermakna pada *snack bar* dengan ubi jalar merah, yakni 99,3 $\mu\text{g/g}$. β -karoten merupakan pigmen karotenoid yang menyebabkan daging umbi bewarna kuning, oranye hingga jingga. Ubi jalar ungu meskipun memiliki warna umbi ungu, antosianin pada ubi jalar ini dapat bercampur dengan pigmen karotenoid.²⁵

Snack bar ubi jalar kedelai hitam ditambahkan tepung ubi jalar sesuai warna perlakuan untuk memberikan tekstur yang padat, mengurangi kadar air dan menambah

nilai gizi *snack bar*. β -karoten ubi jalar yang diolah menjadi tepung dapat mengalami kerusakan karena proses pengeringan di bawah matahari.^{25, 26} Hal ini disebabkan β -karoten mudah mengalami kerusakan akibat reaksi oksidasi oleh udara, cahaya, peroksida, metal dan panas. Pada pembuatan *snack bar* ubi jalar mengalami perlakuan pengukusan dan pemanggangan *microwave* yang dapat menurunkan kadar β -karoten 20% hingga 90%.²⁷ Hal ini dapat dikendalikan dengan proses pengukusan ubi jalar bersama kulitnya dan pemakaian wadah *pyrex glass* saat pemanggangan.

Stres oksidatif yang terjadi pada penderita DM tipe 2 mengakibatkan penurunan antioksidan dalam tubuh. Asupan makanan yang mengandung β -karoten selain sebagai prekursor vitamin A juga sebagai antioksidan sekunder. Antioksidan sekunder merupakan antioksidan yang memiliki fungsi menangkap radikal bebas (*radical scavengers*) dan mencegah reaksi berantai, sehingga tidak terjadi peroksidasi lipid.²⁸ Peroksidasi lipid dapat menyebabkan aterosklerosis dimana dapat menimbulkan komplikasi vaskuler pada penderita diabetes.²⁹ Selain sebagai antioksidan, asupan yang mengandung β -karoten yang dapat memperbaiki metabolisme lipid pada penderita diabetes dengan menurunkan sintesis total kolesterol, LDL (*Low Density Lipoprotein*) dan VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*).³⁰

Berdasarkan *Recommended Dietary Allowances* (RDA), kebutuhan vitamin A dewasa normal untuk laki-laki 900 μg RE dan perempuan 700 μg RE per hari (1 μg RE setara dengan 12 μg β -karoten).³¹ *Snack bar* ubi jalar ungu kedelai hitam mencukupi kebutuhan 74,9% per takaran saji (56 g = 131,9-142,3 kkal) untuk laki-laki dan 96,3% untuk perempuan, *snack bar* ubi jalar kuning kedelai hitam 65% untuk laki-laki dan 84,7% untuk perempuan, serta *snack bar* ubi jalar merah kedelai hitam 51,5% untuk laki-laki dan 66,2% untuk perempuan. Asupan suplemen β -karoten sebesar 1,44 mg/hari pada tikus diabetes atau setara dengan 80,6 mg/hari untuk dosis manusia dapat mengurangi risiko komplikasi vaskuler diabetes melalui mekanisme peningkatan ekskresi asam empedu dan mengurangi konsentrasi kolesterol.²⁹ Namun asupan dalam bentuk

suplemen dengan dosis tinggi jangka panjang tidak dianjurkan karena dapat menyebabkan hiperpigmentasi pada kulit hingga efek toksisitas dan teratogenik.³⁰

2. Kadar Antosianin

Kadar antosianin *snack bar* ubi jalar kedelai hitam tertinggi adalah *snack bar* dengan ubi ungu yakni 56,29 mg/g, sedangkan terendah adalah *snack bar* dengan ubi jalar kuning yakni 22,75 mg/g. Kadar antosianin pada ubi jalar ungu mentah tertinggi daripada yang lain, yakni 27,31 – 110 mg/100g,¹⁴ ubi jalar merah 0,55 – 3,8 mg/100g, sedangkan pada ubi jalar kuning tidak memiliki antosianin.¹² Adanya antosianin pada *snack bar* dengan ubi jalar kuning disebabkan sumbangan antosianin dari kedelai hitam sebesar 65 mg/100g.¹⁵

Antosianin termasuk pigmen kelompok flavonoid yang menghasilkan warna jingga, merah dan biru bersifat larut dalam air dan mudah mengalami degradasi. Degradasi antosianin dapat disebabkan pH, cahaya, suhu, dan penambahan gula.¹⁴ Ubi jalar yang dikukus masih dapat mempertahankan warna ungunya karena dikukus bersama kulitnya. Setelah dipanggang *snack bar* warna berubah ungu kecoklatan yang mengindikasikan terjadinya kerusakan pada antosianin akibat suhu pemanggangan.²⁵

Antosianin bekerja sebagai antioksidan sekunder seperti halnya dengan β -karoten, yakni memecah rantai oksidasi lipid peroksida. Antosianin berperan sebagai *anti-diabetic* dengan melindungi sel β pankreas dari stres oksidatif akibat induksi glukosa, *cardioprotectant agent* dengan menghambat agregasi platelet, *anti-carcinogenic* dengan mengurangi dan menunda timbulnya berbagai jenis kanker (hati, leukemia, usus, kulit dan kanker payudara).³²⁻³⁵ Antosianin dari kulit kedelai hitam mampu menurunkan kadar glukosa darah dengan meningkatkan kerja reseptor insulin, memperbaiki status antioksidan dengan menekan malondialdehid (MDA) sebagai penanda stres oksidatif serta memperbaiki level superoksida dismutase (SOD) dan katalase sebagai enzim-enzim antioksidan pada tikus diabetes.³⁶

Asupan makanan yang mengandung antosianin sebesar 2-400 mg/kg berat badan dapat memberikan perlindungan

terhadap berbagai bentuk stres oksidatif.³⁷ *Snack barubi* jalar ungu kedelai hitam mampu menyumbang 22,41% per takaran saji, *snack barubi* jalar kuning kedelai hitam 9,03% dan *snack bar* 18,87% dari kebutuhan antosianin dalam meminimalisir stres oksidatif akibat hiperglikemia.

3. Kadar Isoflavon

Kadar isoflavon tertinggi terdapat pada *snack barubi* jalar ungu kedelai hitam yakni 18,669 mg/g protein, sedangkan terendah pada *snack barubi* jalar merah kedelai hitam, yakni 10,975 mg/g protein. Berdasarkan uji statistik terdapat pengaruh variasi warna ubi jalar terhadap kadar isoflavon *snack bar* namun rentang kadar isoflavon antar jenis *snack bar* tidak terlalu tinggi. Hal ini disebabkan pemberian kedelai hitam yang seragam, yakni 30%. Kadar isoflavon pada *snack bar* berasal dari kedelai hitam. Kedelai hitam mengandung isoflavon total sebesar 154-440 mg/100g, sedangkan ubi jalar hanya mengandung 0,01 mg/100g berat basah.³⁸

Peran isoflavon sebagai antioksidan primer, yakni mengeliminasi langsung oksigen radikal bebas dan meningkatkan konsentrasi enzim antioksidan. Seperti halnya dengan β -karoten dan antosianin, asupan kaya isoflavon menyebabkan LDL resisten terhadap peroksidasi. Genistein, salah satu komponen isoflavon, memiliki efek menurunkan glukosa darah dengan meningkatkan produksi insulin dan pengambilan glukosa oleh sel.^{16, 39}

Anjuran konsumsi isoflavon 30-80 mg per hari. Sebanyak 25 g protein kedelai atau setara dengan 37-62 mg isoflavon dapat mencegah terjadinya risiko komplikasi penyakit jantung kardiovaskuler (PJK) pada diabetes melitus.⁴⁰ Satu takaran saji (56 g) *snack barubi* jalar ungu kedelai hitam dapat mencukupi kebutuhan untuk mencegah komplikasi PJK sebesar 35,78%, *snack bar* ubi jalar kuning 19,12% dan *snack bar* ubi jalar merah 19,49%. Isoflavon jika dalam bentuk makanan seperti tahu, tempe, pasta yang diperkaya protein kedelai lebih aman dikonsumsi daripada bentuk suplemen,^{40, 41} sehingga *snack bar* ini dapat dikonsumsi dalam jumlah tidak terbatas.

4. Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada *snack barubi* jalar ungu sebesar 40,24 %,

sedangkan terendah pada *snack barubi* jalar merah sebesar 17,21%. Terdapat pengaruh variasi warna ubi jalar terhadap aktivitas antioksidan *snack barubi* jalar kedelai hitam. Hal ini disebabkan kandungan berbagai antioksidan yang dalam *snack barubi* jalar, antara lain; β -karoten, antosianin dan isoflavon yang berbeda. Kadar β -karoten dan isoflavon memiliki korelasi yang kuat terhadap aktivitas antioksidan. Semakin tinggi kadar β -karoten dan isoflavon semakin tinggi meningkatkan aktivitas antioksidan *snack bar*. Kadar antosianin memiliki korelasi sedang terhadap aktivitas antioksidan *snack bar*. Hasil uji korelasi antara β -karoten, antosianin dan isoflavon terhadap aktivitas antioksidan dapat dilihat pada Lampiran 5.

Aktivitas antioksidan merupakan parameter yang dapat menggambarkan persentase kemampuan suatu bahan makanan atau pangan dalam menghambat radikal bebas. Aktivitas antioksidan pangan diperoleh dengan metode DPPH (*1-1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*). DPPH merupakan radikal bebas berwarna ungu dan jika diberikan zat antioksidan akan berubah menjadi kuning pucat. Perubahan warna ini sebanding dengan jumlah elektron zat antioksidan yang diambil oleh radikal DPPH. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 517 nm.²⁴

Hiperglikemia pada DM menyebabkan hiperglisolia atau keadaan dimanajaringan dan sel seperti kardiovaskuler, jaringan saraf, sel endotel pembuluh darah dan sel retina serta lensa yang memiliki kemampuan memasukkan glukosa ke dalam sel tanpa bantuan insulin (*insulin independent*), glukosa masuk tanpa terkendali ke dalam jaringan tersebut. Hiperglisolia mengakibatkan stres oksidatif, yakni kondisi yang berhubungan peningkatan kecepatan kerusakan sel akibat induksi oksigen dan turunannya (ROS atau *Reactive Oxygen Species*) karena ketidakseimbangan antara ROS yang dihasilkan dengan sistem penangkapan radikal (antioksidan endogen).⁴ Stres oksidatif meningkatkan autooksidasi glukosa, asam amino dan lipid ditandai dengan peningkatan produksi MDA yang memicu kerusakan DNA, organel sel hingga jaringan makro maupun mikrovasuler, serta menyebabkan pembentukan aterosklerosis yang merupakan faktor risiko penyakit kardiovaskuler. Selain

itu komplikasi yang mungkin terjadi antara lain;diabetes neuropati, diabetes nefropati, dan diabetes retinopati.^{4, 6, 42}

Peran antioksidan dari luar atau eksogen seperti makanan yang mengandung β -karoten, antosianin dan isoflavon adalah menangkap radikal bebas (*radical scavengers*) dan mencegah reaksi berantai, sehingga tidak terjadi peroksidasi lipid.²⁸Makanan selingan yang mengandung antioksidan dan memiliki aktivitas antioksidandiharapkan selain memberikan asupan antara makanan utama, dapat membantu meminimalisir stres oksidatif sehingga dapat mencegah komplikasi pada DM tipe 2.

SIMPULAN

1. Kadar β -karoten, antosianin, isoflavon dan aktivitas antioksidan tertinggi pada *snack barubi* jalar ungu dan kedelai hitam, yakni 144,5 μ g/g, 56,29 mg/g, 18,669 mg/g protein dan 40,23 %.
2. Terdapat pengaruh variasi warna ubi jalar terhadap kadar β karoten, antosianin, isoflavon dan aktivitas antioksidan *snack barubi* jalar kedelai hitam sebagai makanan selingan penderita DM tipe-2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia dan kemudahan dalam menyelesaikan karya tulis ini. Terima kasih ditujukan pada PT Indofood Sukses Makmur Tbk. yang telah memberikan dana penelitian dalam program Indofood Riset Nugraha Periode 2013-2014, dan para panelis yang telah memberikan partisipasi dalam uji tingkat kesukaan pada penelitian pendahuluan serta pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global Prevalence of Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27:1047 - 53.
2. Suyono S. Kecenderungan Peningkatan Jumlah Penyandang Diabetes. In: Sidartawan S, Pradana S, Imam S, editors. *Penatalaksanaan Diabetes Mellitus*. Jakarta: Badan Penerbit FK UI; 2011. p. 3-77.
3. Franz M. Medical Nutrition Therapy for Diabetes Mellitus and Hypoglycemia of Nondiabetic Origin. In: Mahan LK, Escott-stump S, Janice LR, editors. *Krause's Food, Nutrition, and Diet Therapy 13th*

- Edition. Philadelphia: WB Saunders Company; 2012. p. 675-708.
4. Waspadji S. Komplikasi Kronik Diabetes : Mekanisme Terjadinya, Diagnosis dan Strategi Pengelolaan. In: Sudoyo AW, Setiyohadi B, Alwi I, Simadibrata M, Setiati S, editors. *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam Jilid III*. Jakarta: Pusat Penerbitan Departemen Ilmu Penyakit Dalam FKUI; 2006. p. 1884-8.
5. Koya D, Hayashi K, Kitada M, Kashiwagi A, Kikkawa R, Haneda M. Effects of Antioxidants in Diabetes-Induced Oxidative Stress in the Glomeruli of Diabetic Rats. *J Am Soc Nephrol* 2003;14:S250-S3.
6. Laight DW, Carrier MJ, Anggard EE. Antioxidants, diabetes and endothelial dysfunction. *Cardiovascular Research* 2000;47:457-64.
7. Widowati. Potensi Antioksidan sebagai Antidiabetes. *JKM*. 2008;7:1-10.
8. Zuraida N, Supriati Y. Usahatani Ubi Jalar Bahan Pangan Alternatif dan Diversifikasi Sumber Karbohidrat. *Buletin AgroBio* 2001;4:12-23.
9. Rimbawan, Sinagan A. *Indeks Glikemik Pangan*. Jakarta: Penebar Swadaya; 2004.
10. Persagi. *Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM)*. Jakarta: Persagi; 2005.
11. Juanda D, Cahyono B. *Ubi Jalar, Budi Daya dan Analisis Usaha Tani*. Yogyakarta: Kanisius; 2006.
12. Teow CC, Troung V, McFeeters RF, Thompson RL, Pecota KV, Yencho GC. Antioxidant activities, phenolic and beta-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry* 2007;103:829-38.
13. BALITKABI. *Teknologi Produksi Ubi Jalar*. Balitkabi (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian). 2012.
14. Hardoko, Hendarto L, Siregar TM. Pemanfaatan Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.Poir*) sebagai Pengganti Sebagian Tepung Terigu dan Sumber Antioksidan pada Roti Tawar. *JTeknol dan Industri Pangan* 2010;21:25-32.
15. Malencic D, Cvejic J, Miladinovic J. Polyphenol Content and Antioxidant Properties of Colored Soybean Seeds from Central Europe. *J Med Food* 2012;15:85-95.
16. Mueller. Soy intake and risk of type 2 diabetes mellitus in Chinese Singaporeans: Soy intake and risk of type 2 diabetes. *Eur J nutr*. 2012;51(8):1022-40.
17. Kimberlee JB. *US Whey Ingredients in Nutrition Bars and Gels*. Arlington: USDEC; 2007.
18. Sukardji K. Penatalaksanaan Gizi pada Diabetes Mellitus. In: Sidartawan S, Pradana S, Imam S, editors. *Penatalaksanaan Diabetes Mellitus Terpadu*. Jakarta: Badan Penerbit FK UI; 2011. p. 47-53.
19. Apriyantono A. *Analisis Pangan*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan

- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor; 1998.
20. AOAC. Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist : Beta-Carotene. Washington: AOAC; 1998.
 21. Wrolstad RE, Robert WD, Jungmin L. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science & Technology* 2005;16:423-8.
 22. Supiyanti W, Wulansari ED, Kusmita L. Uji Aktivitas Antioksidan dan Penentuan Kandungan Antosianin Total Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L). *Majalah Obat Tradisional*. 2010;15(2):64-70.
 23. Zhang YC, Scwartz SJ. Bioactive Food Compound. In: Wrolstad RE, Acree TE, Decker EA, Penner MH, Reid DS, Scwartz SJ, et al., editors. *Handbook of Food Analytical Chemistry Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates*. New Jersey: John Willey and Sons, Inc; 2005. p. 519-35.
 24. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol*. 2004;26:211-9.
 25. Muchtadi TR, Sugiyono. *Fisiologi Pasca Panen. Prinsip Proses dan Teknologi Pangan*. Bandung: Alfabeta; 2013. p. 69-73.
 26. Andarwulan N, Kusnandar F, Herawati D. *Analisis Pangan*. Jakarta: Dian Rakyat; 2011.
 27. Erawati CM. *Kendali Stabilitas Beta Karoten selama Proses Produksi Tepung Ubi jalar (Ipomoea batatas L.)*. Bogor: IPB; 2006.
 28. Winarsi H. *Antioksidan Alami Dan Radikal*. Yogyakarta: Kanisius; 2007.
 29. Seo JS, Lee KS, Jang JH, Quan Z, Yang KM, Burri BJ. The effect of dietary supplementation of b-carotene on lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition Research*. 2004;24:1011-21.
 30. Mooradian AD, Failla M, Hoogwerf B, Maryniuk M, Wylie-Rosett J. Selected Vitamins and Mineral in Diabetes. *Diabetes Care* 1994;17(5):464-79.
 31. Litchford MD. *Clinical: Biochemical Assesment*. In: Mahan LK, Escott-stump S, Janice LR, editors. *Krause's Food, Nutrition, and Diet Therapy 13th Edition*. Philadelphia: WB Saunders Company; 2012. p. 203-5.
 32. Ghosh D, Konishi T. Anthocyanins and anthocyanin-rich extracts: role in diabetes and eye function. *Asia Pacific Journal Clinical Nutrition*. 2007;16(2):200-8.
 33. Shipp J, Abdel-Aal E-SM. Food Applications and Physiological Effects of Anthocyanins as Functional Food Ingredients *The Open Food Science Journal*. 2010;4:7-22.
 34. Oancea S, Oprean L. Anthocyanins, from Biosynthesis in Plants to Human Health Benefits. *Acta Universitatis Cibiniensis*. 2011;15(1):3-16.
 35. Luciola S. Anthocyanins: Mechanism of action and therapeutic efficacy *Research Signpost* 2012:27-57.
 36. Nizamutdinova IT, Jin YC, Chung JI, Shin SC, Lee SJ, Seo HG, et al. The anti-diabetic effect of anthocyanins in streptozotocin-induced diabetic rats through glucose transporter 4 regulation and prevention of insulin resistance and pancreatic apoptosis. *Mol Nutr Food Res*. 2009;11:1419-29.
 37. Prior RL. Absorption and metabolism of anthocyanins: potential health effects. In: Meskin MS, Bidlack WR, Davies AJ, Lewis DS, Randolph RK, editors. *Phytochemicals: mechanisms of action 1st Ed*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2004. p. 1-19.
 38. Bhagwat S, Haytowitz DB, Holden JM. *USDA Database for the Isoflavone Content of Selected Foods Release 2*. Maryland: U.S. Department of Agriculture 2008. p. 15.
 39. Martino HSD, Cardoso LdM, Riberio SMR, Dantas MIdS, Piovesan ND, Mejía ED. Nutritional and Bioactive Compounds of Soybean: Benefits on Human Health, Soybean and Health. *InTech*. 2011(21):465-88.
 40. Alrasyid H. Peranan Isoflavon Tempe Kedelai, Fokus pada Obesitas dan Komorbid. *Majalah Kedokteran Nusantara*. 2007;3:203-10.
 41. Clerici C, Nardi E, Battezzati PM, Ascitti S, Castellani D, Corazzi N, et al. Novel Soy GermPasta Improves Endothelial Function, Blood Pressure, and Oxidative Stress in Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2011;34:1946-8.
 42. Maritim AC, Sanders RA, Watkins JB. Diabetes, Oxidative Stress, and Antioxidants: A Review. *J Biochem Molecular Toxicology*. 2003;17(1):24-38.
-