

**APLIKASI PATI AREN TERMODIFIKASI EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI MERAH DALAM
PENGEMBANGAN PRODUK BERINDEKS GLIKEMIK RENDAH
(APPLICATIONS OF ARENGA STARCH MODIFIED WITH RED GUAVA LEAF EXTRACT IN
DEVELOPMENT OF A LOW GLYCEMIC INDEX PRODUCT)**

Nunung Nurjanah¹, Elisa Diana Julianti², dan Ema Sahara¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI, Jl. Percetakan Negara 23 Jakarta, Indonesia

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan, Jl. Percetakan Negara 29 Jakarta, Indonesia
E-mail: nurjanahmahani@gmail.com

Diterima: 31-10-2016

Direvisi: 01-12-2016

Disetujui: 13-12-2016

ABSTRACT

Consumption of lowglycemic index (GI) and glycemic load (GL) products are recommended to prevent and manage of degenerative diseases. The high digestibility of arenga starch could be lowered by physicochemical modification with soaking the arenga starch using polyphenolic compounds. The aims of this study were to determine chemical composition, glycemic index (GI) and glycemic load (GL) of cake and cookies from arenga starch modified with 4 percent red guava leaf extract 58-62 °Brix. Chemical composition analysis include proximate, starch, dietary fiber and resistant starch. GI test was conducted in vivo on 12 healthy people. The results showed no differences in chemical compisiton between modified arenga starch cakeand native starch. However, modified arenga starch cookies had significantly lower fat and higher total carbohydrate and starch than native starch ($p < 0.05$). GI and GL decreased significantly ($p < 0.05$) on cake of modified arenga starch, from high (77.72) to low (51.84). GI of modified arenga starch cookies (46.20) was not significantly different than to native starch (47.31). Cookies and cake of modified arenga starch had intermediate GL, 10.55 and 18.45 respectively. The study concluded that arenga starch modified with red guava leaf extract had a potential as an ingredient for development of low GI products.

Keywords: cookies, glycemic load, poliphenol

ABSTRAK

Konsumsi produk yang memiliki indeks glikemik (IG) dan beban glikemik (BG) rendah direkomendasikan untuk pencegahan dan manajemen penyakit degeneratif. Daya cerna pati dan indeks glikemik tinggi pati aren dapat diturunkan dengan memodifikasi pati melalui perendaman dalam ekstrak daun jambu biji merah sebagai sumber polifenol. Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan komposisi kimia, IG dan beban glikemik (BG) kue basah dan cookies berbahan baku pati aren termodifikasi ekstrak daun jambu biji merah dibandingkan pati alaminya. Kue basah dan cookies dibuat dari pati aren yang dimodifikasi dengan 4 persen ekstrak daun jambu biji merah 58-62°Brix dan pati alaminya. Komposisi kimia yang diuji meliputi proksimat, pati, serat pangan dan pati resisten. Pengujian IG dilakukan *in vivo* pada 12 orang sehat. Komposisi kimia kue basah pati aren termodifikasi tidak berbeda nyata dibandingkan pati alaminya. Cookies pati aren termodifikasi memiliki kadar karbohidrat total dan pati secara nyata lebih tinggi dan kadar lemak lebih rendah dibandingkan pati alaminya. IG menurun secara nyata hanya pada kue basah pati aren termodifikasi dari tinggi (78) menjadi rendah (52). IG cookies pati aren termodifikasi rendah, tidak berbeda nyata dibandingkan pati alaminya, berturut-turut 46 dan 47. Nilai BG kue basah pati aren termodifikasi daun jambu biji lebih rendah (10,55) dibandingkan pati alaminya (15,05). BG produk tersebut terkategori sedang. Kue basah dan cookies pati aren termodifikasi memiliki BG berturut-turut 10,55 dan 18,45. Penggunaan pati aren termodifikasi dapat menurunkan IG pada kue basah. Pati aren termodifikasi berpotensi dijadikan bahan baku untuk pengembangan produk ber-IG rendah. [Penel Gizi Makan 2016, 39(2):75-86]

Kata kunci: beban glikemik, cookies, polifenol

PENDAHULUAN

Pati merupakan sumber karbohidrat utama dalam diet harian dan 60 persen ketersediaannya digunakan untuk pangan¹. Pola makan sehat mensyaratkan pemenuhan 55-75 persen kebutuhan energi dari karbohidrat². Pemilihan jenis karbohidrat bagi penderita penyakit degeneratif, khususnya diabetes mellitus, jantung koroner, obesitas dan kanker sangatlah penting. WHO (2012) melaporkan bahwa 68 persen kematian diakibatkan oleh penyakit tidak menular³. WHO (2003)² dan konsensus ilmuwan internasional yang dilaporkan Augustin *et al* (2015)⁴ merekomendasikan konsumsi produk yang memiliki indeks glikemik (IG) dan beban glikemik (BG) rendah, karena terbukti berperan dalam pencegahan dan manajemen penyakit tersebut.

Indeks glikemik (IG) adalah tingkatan pangan menurut efeknya terhadap kadar gula darah⁵. Makanan yang memiliki kandungan karbohidrat yang dicerna, diserap dan dimetabolisme dengan cepat merupakan makanan yang memiliki IG tinggi (≥ 70), sementara itu makanan yang memiliki kandungan karbohidrat yang dicerna, diserap dan dimetabolisme dengan lambat merupakan makanan yang memiliki IG rendah (≤ 55)⁴.

Pati aren merupakan salah satu sumber pati yang cukup banyak digunakan dalam produksi pangan di Indonesia, yaitu bahan baku pembuatan kue, cendol, bakso, bakmi (mie), bihun, sohon dan hun kwe⁶. Walaupun data nasional untuk produksi pati aren belum diketahui namun pati aren telah menjadi produksi unggulan di beberapa daerah. Data tahun 2004 luas areal tanaman aren telah mencapai 60.482 Ha yang tersebar di 14 provinsi, yaitu DI Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku, Maluku Utara dan Papua⁷.

Pati aren dan pati lainnya umumnya memiliki daya cerna pati *in vitro* dan IG tinggi. Pati aren dan tapioka memiliki daya cerna pati *in vitro* berturut-turut 90,55 dan 95,89 persen^{8,9}. IG pati tapioka dan jagung tinggi, berturut-turut 115 dan 74,9^{10,11}.

Daun jambu biji merupakan tanaman sumber polifenol^{12,13,14}. Modifikasi pati aren dengan ekstrak daun jambu biji merah 58-62°Brix, konsentrasi 4 persen, yang mengandung total polifenol 169,90 mg GAE/100 mg ekstrak terbukti mampu menurunkan daya cerna *in vitro* pati dari 90,55 persen menjadi 82,75 persen^{8,15}. Pati tapioka yang dimodifikasi dengan ekstrak yang sama

signifikan mampu menurunkan glukosa darah harian pada tikus diabetes dan meningkatkan populasi sel beta pankreas, sebesar 46,17 per 10 mm² pulau Langerhans¹⁶.

Polifenol terbukti dapat mempengaruhi metabolisme karbohidrat, salah satunya melalui penghambatan pencernaan karbohidrat dan penyerapan glukosa di usus halus¹⁷. Penghambatan pencernaan karbohidrat oleh polifenol berhubungan dengan kemampuan senyawa ini dalam menghambat aktivitas enzim α -amilase¹⁸. Polifenol teh hijau (0,05 mg/mL) menghambat 61 persen aktivitas α -amilase sehingga mengurangi daya cerna pati¹⁹. Senyawa ini membentuk kompleks dengan pati menyerupai kompleks amilosa-lipid yang menyebabkan terjadinya perubahan struktur molekul pati sehingga tidak dikenali enzim pencernaan^{20,21}.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi kue basah dan *cookies* berbahan baku pati aren termodifikasi ekstrak daun jambu biji merah sebagai alternatif pangan ber IG rendah dengan melihat perubahan karakteristik kimia, IG, dan BG kedua produk tersebut dibandingkan produk dari pati alaminya.

METODE

Bahan Baku dan Kimia

Pati aren (*Arenga pinata*) dibeli dari pabrik aci kawung Kurnia di desa Wado Wetan-Majalengka. Daun jambu biji merah muda segar (empat helai dari bagian pucuk) diambil dari kebun jambu biji di Cilebut, Bogor. Bahan untuk pembuatan kue basah dan *cookies* dibeli dari pasar tradisional dan toko swalayan di Bogor, terdiri dari gula pasir, gula merah, daun pandan, kelapa parut, gula halus, margarin, susu skim, kuning telur, garam dan soda kue. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis bersifat pro analisis (*analytical grade*) dan diperoleh dari Merk, SIGMA dan HUMAN.

Pembuatan Ekstrak Daun Jambu Biji Merah 58-60°Brix

Ekstrak daun jambu biji merah 58-60°Brix dibuat menggunakan metode Nantitanon *et al* (2010)¹⁴ yang dimodifikasi. Daun jambu biji merah muda segar diblansir dengan air mendidih selama 30 detik. Daun ditiriskan dan direndam air es 15 menit, dikeringkan pada pengering kabinet (Gallenkamp, Cat. No. 67090-02) selama 20 jam pada suhu 50°C. Daun jambu biji merah kering digiling dengan *dish mill* dan diayak 32 mesh menjadi bubuk daun jambu biji merah muda kering. Bubuk daun jambu biji merah kering diekstrak dengan air mendidih 1:6 (b/v) dalam ultrasonik (Ultrasonik Bath B3210E), 10 menit x 3, pada

suhu ruang. Larutan disaring *vacuum* dengan saringan 200 mesh dan disentrifuse 2000 rpm (MSE, K1213A). Larutan dipekatkan pada suhu 80°C hingga mendapatkan kepekatan 58-62°Brix (Rotavapor Buchi RII).

Pembuatan Pati Aren Termodifikasi

Pati aren direndam dalam larutan ekstrak daun jambu biji merah 58-62°Brix, konsentrasi 4 persen; 1:1 (b/v), 6 jam dengan pengadukan 200 rpm (Gallenkamp Orbital Shaker). Pati ditiriskan dan dikeringkan dalam pengering kabinet suhu 80°C sampai kadar air maksimum 13 persen.

Pembuatan Kue Basah dan Cookies

Kue basah dibuat dengan metode Marahimin dan Rusdzalil (1991)²². Bahan-bahan pembuatan kue basah terdiri dari pati aren alami dan termodifikasi masing-masing 250 g, gula merah 225 g, daun pandan 5 g, garam 1 g, air 750 g, dan kelapa parut setengah tua (8% x berat kue basah).

Pati, garam dan air dicampur sampai terbentuk larutan pati. Gula merah, daun pandan dan air dimasak dalam air mendidih selama 15 menit secara terpisah sampai terbentuk larutan gula. Larutan gula disaring dan dicampur dengan larutan pati. Campuran larutan pati dan gula dimasak sampai mengental dan matang menjadi kue basah. Kue basah dituang ke dalam loyang dan didinginkan. Kue basah dipotong-potong 3 x 4 cm, dan ditaburi campuran kelapa parut dan garam.

Cookies dibuat dengan formula hasil optimasi Gustiar (2009)²³. Bahan-bahan pembuatan cookies terdiri dari pati aren alami dan termodifikasi masing-masing 250 g, gula halus 87,5 g, margarin 137,5 g, susu skim 18,75 g, kuning telur 31,25 g dan soda kue 0,5 g.

Gula halus, margarin, susu skim dan kuning telur dicampur dengan *handmixer* ± 10 menit. Setelah tercampur rata, dimasukkan soda kue dan dicampur kembali sampai rata. Pati ditambahkan secara perlahan-lahan sampai terbentuk adonan cookies. Adonan cookies dicetak dan dipanggang hingga matang dalam oven (Mommert B54) suhu 160-170°C, selama ±30 menit.

Pengujian Komposisi Kimia Kue Basah dan Cookies

Kue basah dan cookies dianalisis proksimat (kadar air, abu lemak, protein dan karbohidrat total)²⁴, kadar pati (metode *Luff Schoorl*)²⁵, serat tidak larut, serat larut, total serat pangan (metode enzimatis)²⁴ serta pati

resisten (metode enzimatis)²⁶. Analisis dilakukan sebanyak 3 ulangan.

Pengujian IG dan Penghitungan Beban Glikemik (BG) Kue Basah dan Cookies

Pengujian IG mengacu pada International Organization for Standardization (ISO) method 26642:2010⁵ dan Joint FAO/WHO Expert Consultation, *Carbohydrates in human nutrition*¹⁰. Pengujian ini dilakukan pada 12 orang sehat dengan kriteria berumur 20-38 tahun, tidak menderita penyakit penyerta; memiliki indeks massa tubuh (IMT) 18,5 - 24,99 kg/m²²⁷; tidak hamil dan menyusui; memiliki kadar dan pola respon glukosa darah normal dan tidak merokok.

Pengujian telah mendapat persetujuan etik (*ethical approval*) dari komisi etik penelitian kesehatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Nomor: LB.03.04/KE/6122/2010.

Subjek diminta puasa penuh 12 jam (kecuali air) pada malam hari. Setiap waktu pengujian subjek ditimbang berat dan tinggi badannya. Pagi hari subjek diambil darah puasa 50 µl dari ujung jari tangan (*finger-prick capillary blood samples method*) untuk diukur kadar glukosa darahnya. Darah dimasukkan ke dalam tabung berisi larutan urasil asetat 500 µl. Subjek diminta mengonsumsi sampel dan glukosa murni 50 g *glycaemic available* karbohidrat (200 kalori) dan minum 150 ml air. Sampel harus dihabiskan dalam waktu maksimal 15 menit. Setelah sampel habis dikonsumsi, darah diambil kembali 50 µl setiap 30 menit selama 2 jam. Kadar glukosa darah dianalisis dengan metode GOD-PAP (*Glucose Oxidase Phenol Amino Phenazone*) menggunakan spektrofotometer (spektrofotometer Chem 7).

Kadar glukosa darah pada setiap waktu pengambilan sampel ditebar pada 2 sumbu, yaitu sumbu waktu (x) dan kadar glukosa darah (y), sehingga dihasilkan kurva pengukuran kadar glukosa darah sampel uji serta sampel pangan acuan (glukosa murni) atau *incremental area under the blood glucose response curve* (IAUC). Nilai IG dihitung dengan rumus:

Luas kurva kadar glukosa darah sampel uji

$$\text{Indeks glikemik} = \frac{\text{Luas kurva kadar glukosa darah sampel uji}}{\text{Luas kurva kadar glukosa darah pangan acuan (glukosa murni)}} \times 100$$

Pangan dikatakan berindeks glikemik tinggi, sedang dan rendah jika memiliki indeks

glikemik berturut-turut >70; 55-70 dan <55^{28,29}. Pengujian IG masing-masing sampel dilakukan pada hari yang berbeda dengan rentang waktu minimal 1 (satu) hari.

Beban glikemik (BG) dihitung dengan mengalikan indeks glikemik produk dengan kandungan pati produk tersebut untuk takaran saji produk 100 g, dibagi 100. Pangan dikatakan berbeban glikemik tinggi, sedang dan rendah jika memiliki beban glikemik berturut-turut ≥ 20 ; 10-19 dan ≤ 9 ²⁸.

Analisis statistik, parameter IG dan BG kue basah dan *cookies* yang terbuat dari pati aren termodifikasi dibandingkan dengan kue basah dan *cookies* yang terbuat dari pati alaminya dengan uji t.

HASIL

Komposisi Kimia Kue Basah dan Cookies

Komposisi kimia kue basah pati aren termodifikasi dan pati alaminya tersaji pada Tabel 1 dan 2.

Penambahan ekstrak daun jambu biji merah 52–62°Brix 4 persen tidak berpengaruh nyata terhadap semua komposisi kimia kue basah yang dianalisis ($p > 0,05$) (Tabel 1). Namun penambahan ekstrak tersebut berpengaruh nyata terhadap kadar lemak, karbohidrat total dan pati ($p < 0,05$) (Tabel 2).

Kadar proksimat, pati, pati resisten, serat pangan tidak larut, serat pangan larut, dan total serat kue basah pati aren termodifikasi tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kue basah pati alaminya ($p > 0,05$) (Tabel 1). Kadar lemak, karbohidrat total dan pati *cookies* pati aren

termodifikasi berbeda nyata dengan pati alaminya ($p < 0,05$) (Tabel 2).

IG dan BG Kue Basah dan Cookies

IG dan BG kue basah dan *cookies* pati aren termodifikasi daun jambu biji merah dan pati alaminya tersaji pada Tabel 3 dan 4. IG dan BG kue basah pati aren termodifikasi berbeda nyata dibandingkan pati alaminya ($p < 0,05$) (Tabel 3).

Kue basah pati aren termodifikasi memiliki rerata nilai IG lebih rendah dibandingkan pati alaminya. Penambahan ekstrak daun jambu biji merah 58–62°Brix 4 persen dapat menurunkan IG kue basah pati aren secara nyata dari tinggi (77,72) menjadi rendah (51,84), dengan persentase penurunan 33,29 persen. Hal ini berarti bahwa konsumsi kue basah pati aren termodifikasi menaikkan kadar glukosa darah secara lambat.

Nilai BG kue basah pati aren termodifikasi daun jambu biji secara nyata lebih rendah (10,55) dibandingkan pati alaminya (15,05). Beban glikemik produk tersebut terkategori sedang (Tabel 3). Penurunan beban glikemik terjadi seiring dengan menurunnya nilai IG produk tersebut.

Penambahan ekstrak daun jambu biji merah tidak berpengaruh nyata terhadap IG dan BG *cookies* pati aren. IG dan BG *cookies* pati aren termodifikasi tidak berbeda nyata dibandingkan pati alaminya ($p > 0,05$). Kedua produk tersebut memiliki IG rendah berturut-turut 46,20 dan 47,31 dengan BG sedang (Tabel 4).

Tabel 1
Komposisi Kimia (% bk) dan Uji T Kue Basah Pati Aren Termodifikasi dan Pati Alaminya

Komposisi Kimia	Kue basah	
	Aren alami	Aren Termodifikasi
Air	48,77±6,04 ^a	48,99±0,46 ^a
Lemak	4,89±0,88 ^a	4,88±0,11 ^a
Protein	0,47±0,02 ^a	0,48±0,05 ^a
Abu	1,08±0,12 ^a	1,09±0,02 ^a
Karbohidrat total (<i>by difference</i>)	93,56±0,98 ^a	93,56±0,18 ^a
Pati	37,92±2,11 ^a	39,91±0,46 ^a
Pati resisten	8,46±0,70 ^a	6,99±0,06 ^a
Serat tidak larut	5,00±0,06 ^a	4,64±0,37 ^a
Serat larut	1,03±0,24 ^a	1,46±0,49 ^a
Total serat	6,03±0,18 ^a	6,10±0,86 ^a

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf superscript yang sama pada baris yang sama, tidak berbeda nyata pada uji t ($p > 0,05$); bk : berat kering

Tabel 2
Komposisi Kimia (%bk) Cookies Pati Aren Termodifikasi dan Pati Alaminya

Komposisi Kimia	Cookies	
	Aren alami	Aren termodifikasi
Air	1,73±0,02 ^a	1,95±0,39 ^a
Lemak	27,33±0,18 ^a	26,34±0,03 ^b
Protein	1,83±0,01 ^a	1,82±0,01 ^a
Abu	1,26±0,03 ^a	1,30±0,02 ^a
Karbohidrat total (<i>by difference</i>)	69,58±0,22 ^a	70,54±0,04 ^b
Pati	39,43±0,36 ^a	40,74±0,03 ^b
Pati resisten	6,33±0,46 ^a	6,52±0,25 ^a
Serat tidak larut	3,06±0,10 ^a	3,17±0,60 ^a
Serat larut	1,41±0,07 ^a	1,18±0,07 ^a
Total serat	4,46±0,17 ^a	4,35±0,67 ^a

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf superscript yang sama pada baris yang sama, tidak berbeda nyata pada uji t ($p > 0,05$); bk : berat kering

Tabel 3
IG dan BG Kue Basah Pati Aren Termodifikasi dan Pati Alaminya

Parameter	Kue basah	
	Aren alami	Aren termodifikasi
Indeks glikemik (IG)	77,72±9,57 ^a	51,84±6,34 ^b
Kategori IG	Tinggi	Rendah
Beban glikemik (BG)	15,05±0,94 ^a	10,55±0,22 ^b
Kategori BG	Sedang	Sedang

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf superscript yang sama pada baris yang sama, tidak berbeda nyata pada uji t ($p > 0,05$)

Tabel 4
IG, BG dan Uji T Cookies Pati Aren Termodifikasi dan Pati Alaminya

Parameter	Cookies	
	Aren alami	Aren termodifikasi
Indeks glikemik (IG)	47,31±6,22 ^a	46,20±7,39 ^a
Kategori IG	Rendah	Rendah
Beban glikemik (BG)	18,34±0,17 ^a	18,45±0,06 ^a
Kategori BG	Sedang	Sedang

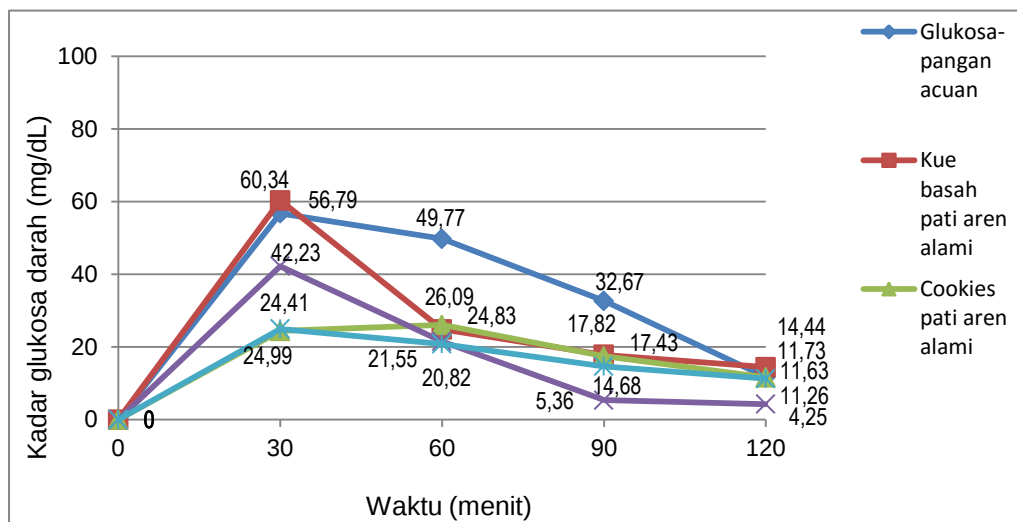
Ket: Angka yang diikuti oleh huruf superscript yang sama pada baris yang sama, tidak berbeda nyata pada uji t ($p > 0,05$)

Perubahan Kadar Glukosa Darah Subjek

Gambaran perubahan kadar glukosa darah karena pengaruh konsumsi kue basah dan cookies aren termodifikasi dan pati alaminya tersaji pada Gambar 1.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa semua produk mengalami peningkatan kadar glukosa yang tinggi pada menit ke-30 setelah dikonsumsi. Kadar glukosa darah mengalami penurunan sampai menit ke-120 setelah konsumsi dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung jenis produk/jenis pengolahan.

Kue basah pati aren alami memperlihatkan kenaikan dan penurunan kadar glukosa darah yang relatif cepat, karena memiliki IG tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh kenaikan dan penurunan kurva kadar glukosa darah yang curam. Berbeda halnya dengan kue basah pati aren termodifikasi dan cookies yang memiliki IG rendah memperlihatkan kenaikan dan penurunan kadar glukosa darah yang lambat, yang ditunjukkan dengan landainya kenaikan dengan penurunan kurva kadar glukosa darah.



Gambar 1
Perubahan Kadar Glukosa Darah Subjek Selama 2 Jam Pengujian IG

BAHASAN

Komposisi Kimia Kue Basah dan Cookies

Tabel 1 menunjukkan bahwa kue basah baik berbahan baku pati alami maupun termodifikasi memiliki kadar air lebih tinggi dan kadar protein, lemak dan karbohidrat lebih tinggi dibandingkan kue basah dari tepung terigu hasil penelitian Akubor & Ishiwu (2013)³⁰, yaitu berturut-turut 29,00; 12,20; 13,00 dan 42,80 persen. Namun memiliki kadar abu hampir sama (1%)³⁰. Perbedaan ini disebabkan adanya perbedaan komposisi bahan penyusun kue basah.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan lemak cookies pati aren termodifikasi (26,34%) lebih rendah dibandingkan dengan pati alaminya (27,33%). Hal ini disebabkan pati aren termodifikasi daun jambu biji memiliki kadar lemak lebih rendah (0,20%) dibandingkan pati alaminya (0,29%)¹⁵.

Cookies pati aren termodifikasi memiliki kadar karbohidrat total dan pati lebih tinggi dibandingkan pati alaminya. Tingginya kadar karbohidrat total cookies pati aren termodifikasi daun jambu biji disebabkan oleh rendahnya kadar lemak produk tersebut (Tabel 2). Karbohidrat total diperoleh secara perhitungan (*by difference*), yaitu hasil pengurangan dari data lemak, protein, air dan abu. Oleh karena itu semakin rendah kadar lemak produk maka kandungan karbohidrat total produk tersebut semakin tinggi. Penambahan pati dari ekstrak daun jambu biji diduga mampu meningkatkan kadar pati pada pati aren termodifikasi dan cookies yang dihasilkannya. Pada kue basah pati aren termodifikasi terjadi kecenderungan serupa, yaitu peningkatan kadar pati produk dibandingkan produk dari pati alaminya, namun

tidak signifikan ($p > 0,05$) (Tabel 1). Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menjelaskan meningkatkan kadar pati pada pati aren termodifikasi.

Kadar air dan abu cookies baik dari pati aren termodifikasi maupun alaminya memenuhi syarat mutu cookies³¹. Cookies memiliki kadar air dan protein lebih rendah dan kadar lemak lebih tinggi dibandingkan dengan cookies yang ada dipasaran, berturut-turut 2,69; 5,86-12 dan 20,32 persen. Kadar abu cookies yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan yang beredar di pasaran, yaitu 0,92-1,72 persen³². Kadar protein cookies belum memenuhi syarat mutu cookies, karena cookies terbuat dari bahan baku pati yang mengandung protein rendah ($< 1\%$).

IG dan BG Kue Basah dan Cookies

Penurunan nilai IG pada kue basah pati aren termodifikasi diduga berkaitan dengan rendahnya daya cerna pati *in vitro* pada pati aren termodifikasi, sebagai bahan baku produk tersebut; kehadiran dan komposisi senyawa polifenol pada ekstrak daun jambu biji merah dalam kue basah tersebut. Ekstrak daun jambu biji merah 58-62°Brix mengandung total polifenol 169,90 mg GAE/100 mg ekstrak¹⁵.

Pati aren termodifikasi secara nyata memiliki daya cerna pati *in vitro* lebih rendah (82,75%) dibandingkan pati alaminya (90,55%)⁶. Daya cerna pati *in vitro* yang rendah menurunkan nilai IG pangan^{29,33,34}.

Daun jambu biji mengandung senyawa polifenol utama asam ferulat (1,3–2,4 mg GAE/g), asam galat (6,27 mg GAE/g), asam elagat (36,68 mg GAE/g), dan kuersetin (14,73 mg GAE/g), juga teridentifikasi katekin (9,1-

11,1 mg GAE/g^{13,14}. Asam ferulat tersebut diduga berikatan dengan pati aren membentuk kompleks amilosa-lipid dengan intensitas lebih tinggi sehingga kompleks yang terbentuk lebih banyak. Kompleks amilosa-lipid dapat meningkatkan resistensi terhadap enzim pencernaan³⁵, sehingga diduga mampu menurunkan nilai IG. Beta dan Corke (2004) melaporkan bahwa pati jagung dan sorgum dapat berikatan dengan katekin dan asam ferulat membentuk kompleks inklusi menyerupai kompleks amilosa-lipid²¹. Pembentukan kompleks amilosa-lipid oleh asam ferulat pada pati jagung dan sorgum lebih banyak dibandingkan katekin.

Flavonol (kuersetin, kuersetagetin, mirisetin, fisetin) dan flavon (luteolin, eupafolin, skutelarein) memperlihatkan ikatan yang kuat dengan *binding site* α -amilase sehingga memiliki aktivitas penghambatan terhadap α -amilase lebih kuat dibanding kelas flavonoid lainnya¹⁸. Kuersetin merupakan salah satu senyawa polifenol utama penyusun ekstrak daun jambu biji^{13,14}.

Konsumsi pangan yang mengandung polifenol dapat mempengaruhi metabolisme karbohidrat melalui mekanisme sebagai berikut: 1) Menghambat pencernaan karbohidrat dan penyerapan glukosa di usus halus; 2) Menstimulasi sekresi insulin dari sel β -pankreas; 3) Mengatur pelepasan glukosa dari hati; 4) Mengaktifkan reseptor insulin dan pengambilan (*uptake*) glukosa dalam jaringan yang sensitif terhadap insulin; dan 5) Mengatur hasil (*output*) glukosa hati dan *intracellular signaling pathways* serta ekspresi gen¹⁷.

Salah satu senyawa polifenol, yaitu flavonoid berperan menghambat aktivitas α -amilase manusia melalui dua mekanisme, yaitu 1) Membentuk ikatan hidrogen antara grup hidroksil polifenol ligan dengan residu katalitik *binding site* enzim; 2) Membentuk *conjugated π -system* yang menstabilkan interaksi dengan sisi aktif enzim antara cincin AC polifenol ligan dengan cincin *indole* Trp⁵⁹ α -amilase. Sebanyak 2 ikatan H akan dibentuk antara OH pada posisi R3' dan R4' cincin B polifenol dan grup karboksilat Asp¹⁹⁷ dan Glu²³³ α -amilase dan 1 ikatan H dibentuk antara OH pada posisi R7 polifenol dengan grup karboksilat His³⁰⁵ α -amilase^{17,18}.

He *et al.* (2006) membuktikan pengaruh senyawa polifenol dari sumber tanaman lain, yaitu teh hijau¹⁹. Pemberian 0,05 mg/mL polifenol teh hijau menghambat aktivitas α -amilase, pepsin, trypsin dan lipase berturut-turut 61, 32, 38 dan 54 persen¹⁹. Akibatnya daya cerna dan IG pangan menurun. Enzim-enzim lain yang dihambat aktivitasnya oleh

polifenol adalah tirosinase, peroksidase³⁶, dekarboksilase³⁷, squalene epoksidase³⁸, ribonuklease³⁹ dan α -glukosidase⁴⁰. Oleh karena itu daya cerna dan IG produk menurun.

Pati dan senyawa polifenol dilaporkan mampu membentuk ikatan kovalen melalui jembatan eter pada C4 karbohidrat dan jembatan H⁺ serta interaksi hidrofobik yang sangat penting dalam bentuk kompleks tersebut⁴¹. Kompleks antara polifenol dan karbohidrat mengakibatkan perubahan struktur molekul pati sehingga tidak dikenali oleh enzim pencernaan. Bagian yang membentuk kompleks tersebut tidak dapat dicerna dan daya cerna pati menurun^{20,42}.

Penelitian pada sumber polifenol lain seperti teh hijau membuktikan bahwa penambahan ekstrak teh hijau 7 dan 4 persen masing-masing pada pembuatan beras pratanak dan beras instan fungsional dapat menurunkan daya cerna pati *in vitro* berturut-turut 72,73 dan 53,97 persen dan menghasilkan beras ber-IG sedang (56) dan rendah (49). Beras yang dihasilkan juga dapat menghambat penurunan jumlah pulau Langerhans (beras pratanak fungsional) dan laju kerusakan sel β pulau Langerhans (beras instan fungsional) tikus diabetes³³.

Penurunan IG kue basah pati aren termodifikasi kemungkinan pula dipengaruhi oleh penggunaan teknik pengolahan *heat moisture treatment* (HMT) pada pembuatan pati aren termodifikasi sebagai bahan baku pembuatan produk tersebut. Pengolahan HMT adalah pemanasan pati pada suhu di atas titik gelatinisasinya (70-130°C) minimal satu jam, dengan kadar air terbatas (15-35%)⁴³. Pengolahan HMT pada tepung jagung dilaporkan mampu menurunkan nilai IG mie jagung kering dari sedang menjadi rendah, baik pada mie jagung kering tanpa kuah (57,59 menjadi 51,98) maupun dengan kuah (56,73 menjadi 52,13). Penurunan nilai IG mie kering jagung HMT terjadi karena pengolahan HMT mampu menurunkan daya cerna pati mie kering jagung sebesar 12 persen dan meningkatkan kandungan pati resisten sebesar 16 persen⁴⁴.

Pengolahan HMT menyebabkan terbentuknya ikatan baru yang lebih kompleks antar amilosa, amilosa dengan amilopektin, amilosa dengan lemak dan amilosa dengan protein. Pembentukan kompleks tersebut menyebabkan bertambahnya bagian kristalin atau struktur yang lebih kuat dan rapat sehingga sulit dicerna oleh enzim pencernaan⁴³.

Cookies pati aren, baik berbahan baku pati aren alami maupun termodifikasi memiliki

IG rendah dengan BG sedang. IG dan BG keduanya tidak berbeda nyata ($p>0,05$). Hal ini diperkuat pula dengan tidak berbeda nyatanya rerata kandungan protein, pati resisten, serat tidak larut, serat larut, dan total serat pangan kedua produk tersebut (Tabel 2). Komposisi kimia tersebut berperan menurunkan nilai IG pangan^{28,45,46,47}. Berbeda halnya dengan kue basah pati aren termodifikasi, walaupun memiliki komposisi kimia tidak berbeda nyata dibandingkan kue basah pati alaminya namun produk tersebut mengalami penurunan IG yang signifikan dan memiliki IG secara nyata lebih rendah (Tabel 1 dan Tabel 3). Hal ini disebabkan proses pengolahan kue basah dilakukan dengan perebusan menggunakan suhu $+100^{\circ}\text{C}$, lebih rendah dibandingkan penggunaan suhu pemanggangan pada pembuatan *cookies* ($160-170^{\circ}\text{C}$). Penggunaan suhu tersebut dimungkinkan mampu mempertahankan kandungan polifenol pada kue basah pati termodifikasi. Wang dan Zhou (2004) melaporkan bahwa penggunaan suhu $\geq 120^{\circ}\text{C}$ mengakibatkan terjadinya epimerisasi atau oksidasi senyawa polifenol katekin [epigallocatekin 3-O-galat (EGCG) dan epikatekin 3-O-galat (ECG)] dari struktur epi menjadi non epi yang menyebabkan penurunan kandungan katekin⁴⁸.

Cookies pati aren termodifikasi diduga mengalami penurunan kandungan senyawa polifenol karena kondisi pengolahan *cookies*. Pengolahan *cookies* melibatkan suhu (160°C) dan pH tinggi (6,4-6,6) memungkinkan polifenol terdestruksi oleh panas⁴⁹. Penurunan kandungan polifenol pada *cookies* pati aren termodifikasi diduga menyebabkan IG *cookies* pati aren termodifikasi sama dengan pati alaminya. Penelitian pada sumber polifenol lain yaitu teh hijau yang dilaporkan Sharma dan Zhou (2011)⁵⁰ menegaskan bahwa kandungan senyawa polifenol katekin pada teh hijau terutama EGCG dan ECG maksimum dan stabil dalam adonan, namun mengalami penurunan selama proses pemanggangan. Stabilitas EGCG dan ECG menurun selama pemanggangan. Terjadi penurunan ECG dan EGCG pada biskuit yang terbuat dari tepung terigu yang mengandung 300 mg/100g ekstrak teh hijau bubuk, masing-masing sebesar 62.51 persen dan 64.92 persen. Penurunan kandungan katekin pada biskuit terjadi karena kombinasi pengaruh pH basa dari adonan (akibat penambahan soda kue), interaksi antara katekin dengan beberapa komponen dalam adonan, epimerisasi atau oksidasi katekin selama pemanggangan dan degradasi katekin selama tahap pembuatan biskuit, yaitu pada tahap pengadukan dan pemanggangan⁵⁰.

Katekin teh hijau kurang stabil pada pH tinggi (basa) dan suhu tinggi. Katekin stabil selama 18 jam hanya pada pH 5, katekin mulai terdegradasi pada $\text{pH}>6$ ⁵¹. EGCG Radikal (EGCG) dapat dioksidasi oleh molekul O_2 membentuk O_2^- dan EGCG kuinon. Kuinon bereaksi dengan molekul EGCG lainnya membentuk dimer. Dimer ditransformasi menjadi komponen lain yaitu polimer⁵². Epimerisasi katekin melibatkan perubahan epi struktur menjadi non epi struktur. Hal ini mengakibatkan kandungan katekin (EGCG dan ECG) tersebut pada biskuit rendah. Epimerisasi ini terjadi pada suhu 120°C dan pH 5-6⁴⁸. Suhu yang tinggi selama pemanggangan biskuit (160°C) merupakan energi pemicu terjadinya epimerisasi katekin teh hijau⁵⁰.

Cookies pati aren termodifikasi dan pati alaminya memiliki BG sedang berturut-turut 18,45 dan 18,34 (Tabel 4). Kandungan pati yang tinggi pada *cookies* pati aren termodifikasi dan pati alaminya mengakibatkan kedua produk tersebut memiliki BG sedang, meskipun nilai IG-nya rendah.

Perubahan Kadar Glukosa Darah Subjek

Gambar 1 menunjukkan bahwa konsumsi kue basah pati aren selama uji IG memberikan respon kenaikan dan penurunan kadar glukosa darah yang relatif cepat, karena memiliki IG tinggi, kecuali kue basah pati aren termodifikasi daun jambu biji. Sebaliknya respon kenaikan dan penurunan kadar glukosa darah yang relatif rendah terjadi pada pemberian *cookies*, karena *cookies* memiliki nilai IG rendah. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan pengolahan dan komposisi kimia kedua produk tersebut serta reaksi pencokelatan (*browning*).

Beberapa peneliti melaporkan hal serupa bahwa *cookies* yang terbuat dari berbagai pati memiliki IG rendah, antara *cookies* pati hotong (37)⁵³, *cookies* bekatul (31)⁵⁴, *cookies* pati garut termodifikasi (31)²³. Namun *cookies* dari bahan baku terigu dan tepung-tepungan memiliki IG rendah sampai tinggi, 28-79²⁸, 44-67^{23,54}.

Kue basah diolah dengan cara merebus pati dalam larutan gula, yang melibatkan penambahan air dalam jumlah tinggi ($\pm 61\%$ dari total bahan). Kondisi pengolahan tersebut mengakibatkan pati tergelatinasi dengan sempurna, sehingga sangat mudah dicerna karena memberikan luas permukaan yang lebih besar pada enzim pencernaan untuk berinteraksi. Hal ini menyebabkan peningkatan kadar gula darah yang cepat dan produk memiliki IG tinggi^{29,46}.

Pengolahan *cookies* melibatkan HMT (*heat moisture treatment*). HMT dapat mengubah struktur kristalin pati menjadi lebih

resisten terhadap proses gelatinisasi, meningkatkan suhu gelatinisasi dan mengurangi jumlah amilosa yang luluh⁴³.

Cookies mengandung lemak dan protein lebih tinggi dibandingkan kue basah (Tabel 1 dan 2). Pangan tinggi lemak dan protein cenderung memperlambat laju pengosongan lambung. Akibatnya laju pencernaan makanan di usus halus diperlambat. Sagu dan kentang goreng memiliki IG lebih rendah, berturut-turut 33 dan 44-58 dibandingkan sagu dan kentang panggang, berturut-turut 71,5 dan 73-97. Susu *full fat* Italy dan susu skim Kanada memiliki IG, berturut-turut 11-24 dan 34^{28,47}.

Selama proses pembuatan *cookies* terjadi reaksi pencokelatan (*browning*), terutama reaksi Maillard⁵⁵. Reaksi *maillard* menghasilkan melanoidin dan premelanoidin yang tidak dapat dicerna dan diserap. Melanoidin dan premelanoidin dikeluarkan lagi dalam feses, berturut-turut 87 dan 64 persen dan dalam urin tikus, berturut-turut 4 dan 27 persen dari jumlah yang dikonsumsi⁵⁶.

Hasil review Kim *et al.* (2016), melaporkan bahwa studi intervensi dan epidemiologi memberikan hasil yang tidak konsisten terhadap peranan polifenol dalam mengontrol respon glukosa darah⁵⁷. Hal ini disebabkan lemahnya analisis statistik, kecilnya ukuran sampel dan tidak adanya pengukuran dinamik terhadap metabolisme glukosa. Diet tinggi polifenol (teh hijau dan kopi rendah kafein, coklat hitam, jam blueberi, minyak *olive extra-virgin* dan sayuran kaya polifenol seperti bawang, bayam dan *artichokes* kukus) yang mengandung 57 persen flavonoid (41% flavanols) dan 43 persen asam fenolik, signifikan menurunkan area di bawah kurva kadar glukosa plasma darah dan meningkatkan fase awal sekresi insulin⁵⁸. Namun Wang *et al.* (2014) melaporkan bahwa hasil meta analisis dari 7 penelitian *randomised controlled trials* konsumsi teh hijau atau ekstrak teh hijau tidak menurunkan level kadar glukosa plasma dan serum insulin darah puasa dan oral *glucose tolerance test* (OGTT), kadar glukosa, HbA1c atau HOMA-IR index 2 jam⁵⁹.

KESIMPULAN

Semua komposisi kimia yang dianalisis pada kue basah pati termodifikasi tidak berbeda nyata dibandingkan pati alaminya. Kadar karbohidrat total dan pati *cookies* pati aren termodifikasi secara nyata lebih tinggi dan kadar lemak lebih rendah dibandingkan pati alaminya. Indeks glikemik (IG) menurun secara nyata hanya pada kue basah pati aren termodifikasi dari tinggi (77,72) menjadi rendah (51,84). BG produk tersebut menurun secara

nyata dari 15,05 menjadi 10,55, namun masih terkategori sedang. IG kue basah lebih tinggi dibandingkan *cookies*. IG *cookies* pati aren termodifikasi dan pati alaminya rendah, berturut-turut 47,31 dan 46,20 dengan BG sedang, berturut-turut 18,34 dan 18,45. Namun *cookies* pati termodifikasi tidak menurunkan IG. Pati aren termodifikasi daun jambu biji merah berpotensi dijadikan bahan baku untuk pengembangan produk ber-IG rendah.

SARAN

Penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut mengenai kandungan total polifenol bebas pada kue basah dan *cookies* pati aren termodifikasi daun jambu biji merah serta pati alaminya. Untuk mengetahui lebih jelas faktor yang dominan mempengaruhi penurunan IG kue basah pati aren termodifikasi daun jambu biji merah (antara pengolahan/modifikasi fisik dan keberadaan senyawa polifenol/modifikasi kimia) diperlukan pengujian IG untuk produk olahan kue basah dari pati aren termodifikasi tanpa ekstrak daun jambu biji merah (0%) sebagai kontrol tambahan selain pati alaminya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi dan Makanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan yang telah mendanai penelitian ini.

RUJUKAN

1. Copeland L, Blazek J, Salman H, Tang MC Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloid*.2009;23:1527-1534.
2. World Health Organization [WHO]/Food and Agricultural Organization [FAO]. Diet, nutrition and prevention of chronic disease: report of a joint WHO/FAO Expert Consultation. Chapter 5: population nutrient intake goals for preventing chronic-diseases. Geneva:WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2003.
3. World Health Organization [WHO]. Global Health Observatory (GHO) data, NCD mortality and morbidity. 2012. [cited 2016 October 13]. Available from http://www.who.int/gho/ncd/mortality_morbidity/en/.
4. Augustin LSA, Kendall CWC, Jenkins DJA, Willett WC, Astrup A, Barclay AW, *et al.* Glycemic index, glycemic load and glycemic response: an international scientific consensus summit from the international carbohydrate quality consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism*

- and Cardiovascular Diseases. 2015;25: 795-815.
5. International Organization for Standardization. ISO 26642, Food products-determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification.2010 [cited 2016 January 26]. Available from: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumberZ43633).
6. Lempang M. Pohon aren dan manfaat produksinya. *Info Teknis EBONI*. 2012;9(1):37-54.
7. Effendi DS. Prospek pengembangan tanaman aren (*Arenga pinnata* Merr) mendukung kebutuhan bioetanol di Indonesia. *Perspektif*. 2010;9(1):36-46.
8. Nurjanah N, Muchtadi D, Palupi NS, Widowati S. In vitro digestibility of cassava, corn, arenga and sago starches modified with green tea and red guava leaf extracts. *IAFT International Conference Future of Food Factor; 3rd-4th October 2012; Jakarta;2012*.
9. Fadilah N. Pengaruh pengolahan dan penyimpanan mi instan berbahan asar terigu-tepung singkong-tapioka serta penambahan cmc (*carboxymethyl cellulose*) terhadap daya cerna pati secara in vitro. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2004.
10. Food and Agriculture Organization/World Heath Organization, Expert Consultation. Carbohydrate in human nutrition. Report of joint FAO/WHO Expert Consultation paper 66. Rome: FAO Food and Nutrition, 1998.
11. Sandhu KS, Lim ST. Structural characteristics and *in vitro* digestibility of Mango kernel starches (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*. 2008;107: 92-97.
12. Tachakittirungrod S, Okonogi S, Chowwanapoonpohn S. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*. 2007;103:381-388.
13. Chen HY, Yen GC. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry*. 2007;101:686-694.
14. Nantitanon W, Yotsawimonwat S, Okonogi S. Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT-Food Science and Technology*. 2010;45:1095-1103.
15. Nurjanah N. Daya cerna *in vitro* dan indeks glikemik pati jagung dan aren termodifikasi dengan ekstrak teh hijau dan daun jambu biji merah. Tesis. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, 2012.
16. Julianti ED, Muchtadi D, Palupi NS, Widowati S. The Effect of Tapioca Starch Modified with Green Tea and Red Guava Leaf Polyphenol on Rats Blood Glucose and Pancreatic Langerhans Islet. *IAFT International Conference Future of Food Factor; 3rd-4th October 2012; Jakarta; 2012*.
17. Hanhineva K, Törrönen R, Bondia-Pons I, Pekkinen J, Kolehmainen M, Mykkänen H, Poutanen K. Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism: review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2010;11: 365-1402.
18. Piparo EL, Scheib H, Frei N, Williamson G, Grigorov M, Chou CJ. Flavonoids for controlling starch digestion: structural requirements for inhibiting human α -amylase. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2008;51:3555-3561.
19. He Q, Lv Y, Yao K. Effects of tea polyphenols on the activities of α -amylase, pepsin, trypsin and lipase. *Food Chemistry*. 2006;101:1178-1182.
20. Deshpande SS, Salunke DK. Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. *Journal of Food Science*. 1982;47:2080-2081.
21. Beta T, Corke H. Effect of ferulic acid and catechin on sorghum and maize starch pasting properties. *Cereal Chemistry*. 2004;81:418-422.
22. Marahimin H, Rusdzalil. *Masakan dan kue Indonesia*. Jakarta: Gaya Favorit Press, 1991.
23. Gustiar H. Sifat fisikokimia dan indeks glikemik produk cookies berbahan baku pati garut (*Maranta arundinacea* L.) termodifikasi. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2009.
24. Association of Official Analytical Chemist. *Official methods of analytical of the Association of Official Analytical Chemist*. Washington DC: AOAC, 1995.
25. Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. *Analisis bahan makanan dan pertanian*. Yogyakarta: Liberty, 2003.
26. Kim SK, Kwok JK, Kim WK. A simple method for estimation of enzyme-resistant starch content. *Starch-Stärke*. 2003;55: 366-368.
27. World Heath Organization [WHO]. Global database on body mass index. 2006 [cited 2016 October 11]. Available from:

- http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.
28. Foster-Powell KF, Holt SHA, Miller JCB. International table of glycemic index and glycemic load values. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:5-56.
 29. Lang V, Vitapole D, France. Development of range of industrialised cereal-based foodstuffs high in slowly digestible starch. In: Eliasson AC, editor. *Starch in food, structure, function and application, part IV* 17. Washington DC: CRC Press, 2004.
 30. Akubor PI, Ishiwu C. Chemical composition, physical and sensory properties of cake supplemented with plantain peel flour. *International Journal of Agricultural Policy and Research*. 2013;1(4):087-092.
 31. Indonesia, Badan Standarisasi Nasional. *Biskuit*. SNI 2973:2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2011.
 32. Wijaya H, Aprianita N. Kajian teknis standar nasional indonesia biskuit SNI 01-2973-1992. *Prosiding PPI Standardisasi; 4 Agustus 2010; Banjarmasin*; 2010.p.1-16.
 33. Widowati S. Karakteristik beras instan fungsional dan peranannya dalam menghambat kerusakan pankreas. *Majalah Pangan*. 2008;17(52):51-60.
 34. Widowati S, Santosa BAS, Astawan M, Akhyar. Penurunan glycemic index berbagai varietas beras melalui proses pratanak. *Jurnal Pascapanen*. 2009;6(1):1-9.
 35. Crowe TC, Seligman SA, Copeland L. Inhibition of enzymic digestion of amylose by free fatty acids in vitro contributes to resistant starch formation. *J Nutr*. 2000;130:2006-2008.
 36. Huang HH, Kwok KC, Liang HH. Effect of tea polyphenols on the activities of soybean trypsin inhibitors and trypsin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004;84:121-126.
 37. Bertoldi M, Gonsalvi M, Voltattorni CB. Green tea polyphenols: novel irreversible inhibitors of dopa decarboxylase. *Biochemical and Biophysical Research Communication*. 2001;284:90-93.
 38. Abe I, Seki T, Umehara K, Miyase T, Noguchi H, Sakakibara J, Ono T. Green tea polyphenols: novel and potent inhibitors of squalene epoxidase. *Biochemical and Biophysical Research Communication*. 2000;268:767-771.
 39. Ghosh KS, Maiti TK, Dasgupta S. Green tea polyphenols as inhibitor of ribonuclease A. *Biochemical and Biophysical Research Communication*. 2004;325:807-811.
 40. Kwon YI, Apostolidis E, Shetty K. Inhibitory potential of wine and tea against α -amylase and α -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes. *Journal of Food Biochemistry*. 2008; 32:15-31.
 41. Mueller-Harvey I, McAllan AB, Theodorou MK, Beever DE. Phenolics in fibrous crop residues and plants and their effects on the digestion and utilization of carbohydrates and proteins in ruminants. FAO Corporate Document Repository. 1986 [cited October 11, 2016]. Available from: <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x459E/x5495e07>.
 42. Griffiths DW, Moseley G. The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestines of rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1980;31:255-259.
 43. Jacobs H, Delcour JA. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;46:1395-1400.
 44. Palupi NS, Kusnandar F, Lestari OA. Biological values of dried corn noodles substituted with heat moisture treated (HMT)-corn flour. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2015;26(1):9-16.
 45. Nishimune T, Nishimune T, Yakushiji T, Sumimoto T, Taguchi S, Konishi Y, Nakahara S, Ichikawa T, Kunita N. Glycemic response and fibre content of some foods. *Am J Clin Nutr*. 1991;54:41-419.
 46. Rimbawan, Siagian A. *Glycemic index pangan. cara mudah memilih pangan yang menyehatkan*. Jakarta: Penebar Swadaya. 2004.
 47. Riany YE. Pengaruh pengolahan terhadap indeks glikemik pangan berbahan baku sagu (*Metroxylon sp*). *Skripsi*. Bogor: Program Studi Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2006.
 48. Wang R, Zhou W. Stability of tea catechins in the bread making process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52:8224-8229.
 49. Khandelwal S, Udipi SA, Ghugre P. Polyphenols and tannins in Indian pulses: effect of soaking, germination and pressure cooking. *Food Research International*. 2010;43:526-530.
 50. Sharma A, Zhou W. A stability study of green tea catechins during the biscuit

- making process. *Food Chem.* 2011;126:568–573.
51. Su YL, Leung LK, Huang Y, Chen ZY. Stability of tea theaflavins and catechins. *Food Chem.* 2003;83:189–195.
52. Hou Z, Sang S, You H, Lee M J, Hong J, Chin KV. Mechanism of action of (-)-epigallocatechin-3-gallate: auto-oxidation-dependent inactivation of epidermal growth factor receptor and direct effects on growth inhibition in human esophageal cancer KYSE 150 cells. *Cancer Research.* 2005;65(17):8049–8056.
53. Prasetyo R. Evaluasi mutu gizi dan indeks glikemik produk olahan hotong (*Setaria italica*). *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2008.
54. Saputra I. Evaluasi mutu gizi dan indeks glikemik cookies dan donat tepung terigu yang disubstitusi parsial dengan tepung bekatul. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2008.
55. Purlis E. Browning development in bakery products: a review. *Journal of Food Engineering.* 2010;99:239–249.
56. Finot PA, Magnenat E. Maillard reaction in food. In: Ericson C, editor. *Progress in food and nutrition science, volume ke-5*. Oxford: Pergamon Press, 1981.
57. Kim Y, Jennifer B, Keogh, Clifton PM. Polyphenols and Glycemic Control, Review. *Nutrients.* 2016;8(17):1-27.
58. Bozzetto L, Annuzzi G, Pacini G, Costabile G, Vetrani C, Vitale M, et al. Polyphenol-rich diets improve glucose metabolism in people at high cardiometabolic risk: a controlled randomised intervention trial. *Diabetologia.* 2015;58:1551–1560.
59. Wang X, Tian J, Jiang J, Li L, Ying X, Tian H, Nie M. Effects of green tea or green tea extract on insulin sensitivity and glycaemic control in populations at risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of Human Nutrition and Dietetics.* 2014;27:501–512.