

PROFIL GELATINISASI DAN KOMPONEN ANTIOKSIDAN TEPUNG KETAN HITAM TERMODIFIKASI DENGAN ANNEALING

[*Gelatinization Profile and Antioxidant Components of Annealing-Modified
Black Glutinous Rice Flour*]

Riezka Zuhriatika Rasyda^{1)*}, Tjahja Muhandri^{2,3)}, dan Slamet Budijanto^{2,3)}

¹⁾ Program Studi Magister Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

³⁾ Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center, IPB University, Bogor

Diterima 25 Juni 2020 / Disetujui 15 Oktober 2020

ABSTRACT

This research aims to study and characterize the effect of the annealing conditions (temperature and heating duration) on the gelatinization profile and antioxidant components of annealing-modified black glutinous rice flour (ABGRF). This experiment used a 2x3 factorial design consisted of temperature factor (54 and 58°C) and heating duration factor (4, 5, and 6 hours) with 2 replications. Research results showed that both factors and their interactions significantly affected all parameters of the gelatinization profile and antioxidant component of ABGRF (except through viscosity). Compared to its native, ABGRF showed an increase in peak viscosity, through viscosity (except treatment 54°C:5 hours), peak time and pasting temperature, indicated ABGRF resistance improvement to the heating process. Generally, the temperature treatment increment increased breakdown, setback, and final viscosity, but the heating duration increment decreased those values. The variation of ABGRF gelatinization profiles increased the diversification potential of BGRF-based food products. Annealing caused an overall decrease in ABGRF antioxidant ability. ABGRF produced by 54°C:4 hours treatment had the highest amount of antioxidant components (total anthocyanins contents 103.78±2.24 mg C3GE/100 g, total phenolic compounds 241.65±1.98 mg GAE/100 g, DPPH 267.14± 3.23 mg AAE/100 g, FRAP 473.94±1.43 mg AAE/100 g), thus using it as ingredients in functional food is more recommended, especially as composite flour for bread and cake.

Keywords: *annealing, antioxidant, black glutinous rice flour, black glutinous rice, gelatinization*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengkarakterisasi pengaruh kondisi *annealing* (suhu dan lama pemanasan) terhadap profil gelatinisasi dan komponen antioksidan tepung ketan hitam termodifikasi *annealing* (TKHA). Penelitian ini menggunakan Rancangan Faktorial 2x3, terdiri dari faktor suhu (54 dan 58°C) dan faktor lama pemanasan (4, 5, dan 6 jam) dengan 2 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua faktor dan interaksi keduanya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap semua parameter pada profil gelatinisasi maupun komponen antioksidan TKHA (kecuali viskositas panas). Dibandingkan dengan TKH, TKHA menunjukkan adanya peningkatan pada viskositas puncak, viskositas panas (kecuali perlakuan 54°C:5 jam), waktu puncak dan suhu awal gelatinisasi, mengindikasikan peningkatan daya tahan TKHA terhadap proses pemanasan. Secara umum, peningkatan suhu pemanasan meningkatkan viskositas jatuh, viskositas akhir dan viskositas balik, sementara peningkatan lama pemanasan menurunkan viskositas tersebut. Profil gelatinisasi TKHA yang bervariasi meningkatkan potensi diversifikasi produk pangan berbasis TKH. *Annealing* menyebabkan penurunan kemampuan antioksidan TKHA secara keseluruhan. Perlakuan 54°C: 4 jam menghasilkan TKHA dengan kadar komponen antioksidan tertinggi dari seluruh perlakuan (total antosianin 103,78±2,24 mg C3GE/100 g, total senyawa fenolik 241,65±1,98 mg GAE/100 g, DPPH 267,14±3,23 mg AAE/100 g, FRAP 473,94±1,43 mg AAE/100 g), sehingga lebih direkomendasikan penggunaannya dalam pengolahan pangan fungsional, terutama sebagai tepung komposit dalam pembuatan roti dan kue.

Kata kunci: *annealing, antioksidan, beras ketan hitam, gelatinisasi, tepung ketan hitam*

*Penulis Korespondensi:
E-mail: riezka_rasyda44@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Beras ketan (*Oryza sativa glutinosa* L.) merupakan salah satu jenis beras yang umum digunakan dalam industri pangan. Beras ketan hitam (BKH) memiliki kelebihan dari jenis beras ketan lainnya berupa kandungan komponen bioaktif yang tinggi, terutama total antosianinnya (Goufo dan Trindade, 2014). Antosianin memiliki berbagai manfaat kesehatan, salah satunya yaitu sebagai antioksidan yang bermanfaat mencegah terjadinya berbagai jenis penyakit degeneratif serta penuaan dini (Phetpornpaisan *et al.*, 2014). Total antosianin BKH dapat mencapai 179,30 mg/100 g (Nindita *et al.*, 2018), jauh lebih tinggi dari beras ketan putih (0,32 mg/100 g) (Ponnappan *et al.*, 2017) maupun beras ketan merah (17 mg/100 g) (Abdullah, 2017), sehingga menjadi pilihan terbaik dalam pengolahan pangan fungsional berbasis ketan.

Tepung ketan hitam (TKH) merupakan produk turunan pertama dari BKH. Produk olahan dari TKH umumnya bertekstur kenyal dan lengket karena kandungan amilosanya yang rendah $\leq 2\%$ (*waxy starch*) (Sompong *et al.*, 2011). Kandungan amilosa yang rendah mengakibatkan TKH menghasilkan karakteristik gel yang tidak tahan panas dan mudah hancur jika diaduk (Šárka dan Dvořáček, 2017), sehingga mempersempit peluang diversifikasi karena sulit diaplikasikan pada produk pangan yang pengolahannya melibatkan proses pengadukan dan suhu tinggi. Karakteristik tersebut berkaitan erat dengan profil gelatinisasi TKH sebagai *waxy starch*, yaitu viskositas puncak dan viskositas jatuh yang tinggi serta viskositas akhir dan viskositas balik yang rendah (Šárka dan Dvořáček, 2017). Semakin besar viskositas jatuh maka semakin rendah daya tahan TKH terhadap perubahan akibat panas, sedangkan semakin besar viskositas balik maka semakin besar juga kecenderungan TKH untuk mengalami retrogradasi (Zavareze dan Dias, 2011).

Profil gelatinisasi TKH dapat diubah menjadi lebih tahan panas dan pengadukan melalui proses modifikasi dengan metode pemanasan-pendinginan (*annealing*). *Annealing* adalah suatu proses hidrotermal dengan cara memanaskan granula pati dengan kadar air berlebih pada suhu di bawah suhu gelatinisasi dan di atas suhu transisi gelas (BeMiller, 2018). Li *et al.* (2018) menyatakan bahwa tepung ketan putih termodifikasi *annealing* mengalami perubahan profil gelatinisasi berupa suhu gelatinisasi yang lebih tinggi serta viskositas jatuh dan viskositas balik yang lebih rendah yang dipengaruhi oleh faktor suhu dan lama pemanasan saat proses *annealing*.

Perlakuan suhu dan lama pemanasan pada proses *annealing* dapat memengaruhi kemampuan antioksidan TKH. Suhartatik *et al.* (2013) menyatakan bahwa proses pemanasan BKH selama 60 menit pada suhu $\geq 60^\circ\text{C}$ dapat menyebabkan hilang-

nya kemampuan antioksidan BKH, seiring dengan semakin lamanya waktu pemanasan maka semakin rendah pula kadar total antosianin yang dikandungnya. Nindita *et al.* (2018) juga melaporkan bahwa seiring dengan semakin meningkatnya suhu pemanasan TKH dalam proses ekstrusi maka semakin berkurang pula kadar total senyawa fenolik dan total antosianin yang dikandungnya, sehingga ikut menurunkan kapasitas antioksidan TKH. Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *annealing* dapat mengubah karakteristik alami pati, namun belum ada penelitian yang melaporkan tentang modifikasi *annealing* terhadap TKH serta pengaruhnya terhadap profil gelatinisasi dan komponen antioksidan, sehingga dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengkaji dan mengkarakterisasi pengaruh kondisi *annealing* (suhu dan lama pemanasan) terhadap profil gelatinisasi dan komponen antioksidan (total senyawa fenolik (TSF), total antosianin (TA) dan kapasitas antioksidan) TKH termodifikasi *annealing* (TKHA).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras ketan hitam (BKH) unggulan lokal varietas Setail yang diperoleh dari petani di daerah Dompu, Nusa Tenggara Barat.

Proses pembuatan TKH

Proses pembuatan TKH melibatkan proses penyosohan BKH terlebih dahulu menggunakan *abrasive polisher* (*Rice Grain Mill*, Jepang) selama 2 menit hingga didapatkan fraksi BKH sosoh dan fraksi bekatul. Fraksi BKH sosoh ditepungkan menggunakan *pin disc mill* (AGC21, Indonesia) dan kemudian dicampur dengan fraksi bekatul. Tepung hasil pencampuran diayak dengan *vibrating screen* 80 mesh hingga dihasilkan TKH yang kemudian dikemas menggunakan plastik PP dan disimpan pada suhu -18°C sampai saatnya digunakan.

Modifikasi *annealing* TKH

Proses *annealing* TKH dilakukan dengan modifikasi suhu dan lama pemanasan yang digunakan pada metode Li *et al.* (2018). Proses *annealing* diawali dengan pencampuran sampel TKH dan air (1:2) yang kemudian diinkubasi di dalam *shaking waterbath* (SWBR17, USA) dengan suhu dan lama pemanasan sesuai perlakuan (suhu 54°C :4 jam, suhu 54°C :5 jam, suhu 54°C :6 jam, suhu 58°C :4 jam, suhu 58°C :5 jam, suhu 58°C :6 jam). Titik suhu tersebut telah ditentukan sebelumnya berdasarkan hasil analisis suhu transisi gelas dan suhu awal gelatinisasi pada analisis pendahuluan menggunakan *disc scanning calorimetri* (STA 449 F1 Jupiter,

Jerman). Sampel TKHA dikeringkan menggunakan pengering kabinet (*Engineering & Equipment GmbH 6072*, Jerman) pada suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$ selama 45 menit hingga kadar airnya mencapai $\pm 10\%$, kemudian dikemas menggunakan plastik PP dan disimpan pada suhu -18°C sampai saatnya digunakan.

Karakterisasi TKHA

Karakterisasi TKHA dilakukan terhadap profil gelatinisasi dan komponen antioksidannya. Analisis profil gelatinisasi dilakukan berdasarkan metode Nindita *et al.* (2018) menggunakan *rapid visco analyzer* (RVA-4500, Swedia). Analisis komponen antioksidan dilakukan terhadap filtrat sampel yang didapat dari hasil ekstraksi TKHA berdasarkan metode Zulafamy *et al.* (2018). Komponen antioksidan yang dianalisis yaitu total senyawa fenolik (Chen *et al.*, 2015), total antosianin (Suhartut dan Sudarat, 2012) dan kapasitas antioksidan berdasarkan metode *2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl* (DPPH) (Bobo-García *et al.*, 2015) dan *ferric reducing antioxidant power* (FRAP) (Zahin *et al.*, 2013).

Rancangan percobaan dan analisis data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Faktorial dengan 2 faktor. Faktor 1 adalah suhu pemanasan (54 dan 58°C) dan faktor 2 adalah lama pemanasan (4, 5, dan 6 jam), menghasilkan kombinasi desain perlakuan 2×3 (suhu 54°C :4 jam, suhu 54°C :5 jam, suhu 54°C :6 jam, suhu 58°C :4 jam, suhu 58°C :5 jam, suhu 58°C :6 jam). Data yang dilaporkan merupakan nilai rerata \pm standar deviasi dari 2 kali ulangan untuk tiap perlakuan dan kontrol (TKH alami), sehingga didapatkan data dari 14 unit percobaan. Data hasil percobaan diolah dengan perangkat lunak SPSS 23.0 (USA) dan dianalisis menggunakan *two-way analysis* yang ditampilkan dalam bentuk ANOVA (taraf nyata 5%) untuk identifikasi perbedaan antar-taraf perlakuan. Hasil berbeda pada taraf perlakuan diuji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test*

(DMRT), sedangkan korelasi hasil penelitian antar-parameter diukur menggunakan koefisien korelasi Pearson's (r).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil gelatinisasi

Profil gelatinisasi dapat menunjukkan karakteristik fungsional TKHA, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu indikator terkait potensi aplikasinya pada produk pangan. Selisih antara viskositas puncak (*peak viscosity*, PV) dan viskositas panas (*through viscosity*, TV) pada profil gelatinisasi menghasilkan viskositas jatuh (*breakdown viscosity*, BD). Peningkatan PV mengindikasikan peningkatan kemampuan penyerapan air dan daya kembang TKHA, sedangkan peningkatan BD mengindikasikan peningkatan daya tahan TKHA terhadap perubahan akibat panas dan pengadukan (Kang *et al.*, 2010). Viskositas akhir (*final viscosity*, FV) dan viskositas balik (*setback viscosity*, SB) mengindikasikan tekstur akhir produk olahan TKHA. Peningkatan FV dan SB mengindikasikan kecenderungan TKHA untuk mengalami peningkatan viskositas setelah pendinginan, sehingga tekstur akhir produk pun semakin padat dan kompak (Zavareze dan Dias, 2011).

Hasil analisis keragaman pada Tabel 1 menunjukkan bahwa proses *annealing* memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap profil gelatinisasi TKH, terlihat dari adanya beda nyata antara profil gelatinisasi TKH (kontrol) dan TKHA serta antartiap perlakuan TKHA. Faktor suhu pemanasan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap semua parameter pada profil gelatinisasi kecuali pada nilai TV ($P > 0,05$). Peningkatan suhu pemanasan dari 54 menjadi 58°C dengan lama pemanasan yang sama menyebabkan peningkatan nilai PV, BD, FV dan SB serta penurunan waktu puncak (*peak time*, Pt) dan suhu awal gelatinisasi (*pasting temperature*, PT).

Tabel 1. Profil gelatinisasi TKHA pada beberapa jenis perlakuan suhu dan lama pemanasan

Parameter	Kontrol	54°C			58°C		
		4 jam	5 jam	6 jam	4 jam	5 jam	6 jam
PV (cP)	2095,50 \pm 133,64 ^a	2451,00 \pm 4,24 ^c	2304,00 \pm 16,97 ^b	5386,50 \pm 23,33 ^f	4107,00 \pm 8,49 ^e	3834,00 \pm 4,24 ^d	4177,50 \pm 6,36 ^e
TV (cP)	1140,00 \pm 72,12 ^b	1161,00 \pm 8,49 ^b	979,50 \pm 14,85 ^a	2763,00 \pm 4,24 ^f	1506,00 \pm 8,49 ^d	1293,00 ^c	2130,00 \pm 21,21 ^e
BD (cP)	955,50 \pm 61,52 ^a	1290,00 \pm 1 2,73 ^b	1324,50 \pm 2,12 ^b	2623,50 \pm 19,09 ^e	2601,00 ^{de}	2541,00 \pm 4,24 ^d	2047,50 \pm 14, 85 ^c
FV (cP)	1704,00 \pm 106,07 ^c	1591,50 \pm 19,09 ^b	1375,50 \pm 10,61 ^a	4156,50 \pm 10,61 ^g	2115,00 ^e	1840,50 \pm 6,36 ^d	3003,00 \pm 42,43 ^f
SB (cP)	564,00 \pm 33,94 ^b	430,50 \pm 10,61 ^a	396,00 \pm 4,24 ^a	1393,50 \pm 14,85 ^e	604,50 \pm 2,12 ^c	547,50 \pm 6,36 ^b	873,00 \pm 21,21 ^d
Pt (menit)	5,47 \pm 0,09 ^a	5,97 \pm 0,05 ^b	5,94 \pm 0,09 ^b	7,20 ^d	5,60 ^a	5,50 \pm 0,04 ^a	7,04 \pm 0,05 ^c
PT ($^{\circ}\text{C}$)	68,45 ^a	71,60 ^c	71,85 \pm 0,28 ^c	77,88 \pm 0,32 ^e	69,68 \pm 0,04 ^b	69,60 ^b	74,70 \pm 0,28 ^d

Keterangan: Huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Peningkatan nilai viskositas tersebut mengindikasikan peningkatan kemampuan penyerapan air dan daya kembang, penurunan daya tahan terhadap proses pemanasan yang disertai pengadukan, serta peningkatan kecenderungan retrogradasi TKHA. Nilai Pt dan PT TKHA menurun seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan namun nilainya tetap lebih tinggi dari TKH, mengindikasikan peningkatan daya tahan TKHA terhadap panas karena dibutuhkan suhu pemanasan yang lebih tinggi untuk memecah ikatan antar-granula pati TKHA yang telah mengalami penguatan ikatan. Proses *annealing* menyebabkan terjadinya reorganisasi molekul pati, sehingga dihasilkan konformasi molekul pati yang lebih stabil dan kompak dan daerah kristalin pati yang lebih luas (Zavareze dan Dias, 2011). BeMiller (2018) menyatakan bahwa secara umum *annealing* dapat meningkatkan suhu awal dan suhu puncak gelatinisasi.

Faktor lama pemanasan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap semua parameter pada profil gelatinisasi, walau hasil uji lanjut menunjukkan tak ada beda nyata pada Pt dan PT TKHA di lama pemanasan 4 dan 5 jam. Peningkatan lama pemanasan menyebabkan penurunan SB dan FV, mengindikasikan penurunan kecenderungan retrogradasi TKHA. Tabel 1 menunjukkan karakteristik BD yang jauh berbeda antara suhu pemanasan 54 dan 58°C seiring dengan meningkatnya lama pemanasan. Penggunaan suhu 54°C menyebabkan terjadinya peningkatan BD, sedangkan penggunaan suhu 58°C justru menyebabkan terjadinya penurunan BD walau nilainya tetap lebih tinggi dari hasil perlakuan suhu 54°C.

Karakteristik parameter profil gelatinisasi TKHA yang jauh berbeda dari perlakuan lainnya juga ditunjukkan oleh perlakuan *annealing* dengan lama pemanasan 6 jam, seperti misalnya pada perlakuan 58°C:6 jam. Perbedaan serupa juga dilaporkan terjadi pada proses *annealing* tepung ketan putih pada penelitian Li *et al.* (2018) dan proses *annealing* pati gandum, kentang serta *yam* pada penelitian Wang *et al.* (2017). Kedua penelitian tersebut menyatakan bahwa hal tersebut dapat terjadi karena penggunaan suhu yang terlalu tinggi ataupun waktu pemanasan yang terlalu lama pada proses *annealing*.

Interaksi antara kedua faktor *annealing* memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap semua parameter pada profil gelatinisasi TKHA, mengindikasikan dapat dihasilkannya profil gelatinisasi yang optimum dari kombinasi perlakuan *annealing* tersebut. Profil gelatinisasi TKHA hasil perlakuan 54°C:4 jam dan 54°C:5 jam menunjukkan BD yang rendah, penurunan FV dan SB serta peningkatan PV jika dibandingkan dengan TKH, mengindikasikan karakteristik produk akhir dengan tekstur yang agak kenyal dan tetap lembut walau disimpan

dalam jangka waktu lama, serta daya kembang yang tinggi dan laju sineresis yang rendah, sehingga berpotensi sebagai bahan baku dalam pengolahan pangsit beku (Li *et al.*, 2018) dan bahan tepung komposit dalam pengolahan roti (Thiranusornkij *et al.*, 2018) dan kue (Itthivadhanapong dan Sangnark, 2016). Profil gelatinisasi TKHA hasil perlakuan 54°C:6 jam, 58°C:4 jam, dan 58°C:6 jam menunjukkan peningkatan PV, SB dan FV jika dibandingkan dengan TKH, mengindikasikan karakteristik adonan yang cepat mengeras dengan konsistensi adonan yang tinggi serta tekstur akhir yang kenyal dan padat sehingga mudah dicetak (waktu proses menjadi lebih singkat), seperti yang diharapkan dalam pembuatan *kirimochi* (kue beras ketan khas Jepang) (Kobayashi dan Nishimura, 2007; Kodama *et al.*, 2011). Profil gelatinisasi TKHA hasil perlakuan 58°C:5 jam menunjukkan penurunan SB serta peningkatan PV dan FV jika dibandingkan dengan TKH, mengindikasikan karakteristik adonan yang cepat mengeras dengan tekstur akhir yang sangat kenyal, lengket dan lembut serta laju sineresis yang rendah, seperti yang diharapkan dalam pembuatan dodol ketan (Afriyanti, 2017), *wagashi* (kue beras ketan khas Jepang) (Kobayashi dan Nishimura, 2007) dan *injoelmi* (kue beras ketan khas Korea) (Han *et al.*, 2005).

Komponen antioksidan

Hasil analisis dalam penelitian ini dinyatakan dalam *cyanidin-3-glucoside equivalent* (C3GE) untuk kadar total antosianin (TA), *gallic acid equivalent* (GAE) untuk kadar total senyawa fenolik (TSF) dan *ascorbic acid equivalent* (AAE) untuk kapasitas antioksidan. Hasil analisis BKH menunjukkan kadar TA dan TSF sebesar 194,12±0,24 mg C3GE/100 g dan 304,25±3,89 mg GAE/100 g. Studi komparasi dengan Nindita *et al.* (2018) menunjukkan bahwa kadar TA dan TSF pada penelitian ini lebih tinggi dari BKH varietas Bantul (70,30 mg C3GE/100 g dan 36,01 mg GAE/100 g) maupun Banjarnegara (179,30 mg C3GE/100 g dan 114,06 mg GAE/100 g). Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan varietas, lokasi tumbuh, umur panen, maupun proses preparasi sampel dari BKH yang digunakan (Zhang *et al.*, 2010).

Hasil analisis komponen antioksidan TKHA pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar komponen antioksidan TKHA secara keseluruhan menjadi lebih rendah dari TKH. Faktor suhu, faktor lama pemanasan serta interaksi antarkeduanya sama-sama memberikan pengaruh yang signifikan dan berbeda nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar TA, TSF, DPPH dan FRAP TKHA. Semakin tinggi suhu dan lama pemanasan, semakin rendah juga kadar komponen tersebut, sejalan dengan pernyataan Suhartatik *et al.* (2013).

Tabel 2. Komponen antioksidan TKH termodifikasi *annealing*

Perlakuan	Total Antosianin (mg C3GE/100 g)	Total Senyawa Fenolik (mg GAE/100 g)	Kapasitas Antioksidan (mg AAE/100 g)	
			DPPH	FRAP
54°C:4 jam	103,78±2,24 ^f	241,65±1,98 ^f	267,14±3,23 ^e	473,94±1,43 ^f
54°C:5 jam	92,09±0,12 ^e	229,38±3,71 ^e	213,82±3,23 ^d	413,33±7,14 ^e
54°C:6 jam	49,09±1,65 ^b	158,63±3,36 ^b	150,22±3,77 ^b	349,19±2,14 ^b
58°C:4 jam	78,99±1,66 ^d	213,25±1,77 ^d	186,02±5,92 ^c	383,54±3,57 ^d
58°C:5 jam	63,04±1,30 ^c	184,38±3,01 ^c	159,36±4,85 ^b	358,28±2,14 ^c
58°C:6 jam	36,65±0,83 ^a	146,50±3,54 ^a	111,37±2,69 ^a	311,82±2,14 ^a

Keterangan: Kadar awal total antosianin dan total senyawa fenolik adalah 194,12±0,24 mg C3GE/100 g dan 304,25±3,89 mg GAE/100 g. Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P<0,05$)

Penurunan kadar TA lebih dari 50% terjadi pada seluruh perlakuan *annealing* selain perlakuan 54°C:4 jam (tersisa ±53,47% dari kadar awalnya), sedangkan penurunan kadar TSF lebih dari 50% hanya terjadi pada perlakuan *annealing* 58°C:6 jam (tersisa ±48,15% dari kadar awalnya). Hal tersebut menunjukkan bahwa kerusakan akibat panas yang terjadi pada senyawa fenolik lebih rendah dari antosianin, mengindikasikan sifat senyawa fenolik yang lebih stabil terhadap pemanasan. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Bolea *et al.* (2019) bahwa laju degradasi panas antosianin secara signifikan jauh lebih cepat dari senyawa fenolik, membuktikan bahwa senyawa fenolik lebih tahan terhadap proses pemanasan daripada antosianin.

Kemampuan antosianin dan senyawa fenolik TKHA sebagai komponen antioksidan dapat diindikasikan dari hasil analisis kapasitas antioksidan. Kapasitas antioksidan pada penelitian ini diuji menggunakan dua metode, yaitu berdasarkan metode DPPH dan FRAP. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa faktor suhu, faktor lama pemanasan maupun interaksi keduanya sama-sama memberikan pengaruh yang signifikan ($P<0,05$) terhadap kapasitas antioksidan TKHA. Hasil uji lanjut mengindikasikan adanya beda nyata ($P<0,05$) pada kapasitas antioksidan metode DPPH dan FRAP tiap perlakuan, kecuali pada kapasitas antioksidan metode DPPH perlakuan 54°C:6 jam dan 58°C:5 jam.

Hasil analisa metode DPPH dan FRAP menunjukkan kecenderungan yang serupa, yaitu terjadinya penurunan kapasitas antioksidan TKHA seiring dengan peningkatan suhu dan lama pemanasan proses *annealing*. Peningkatan lama pemanasan dari 4 jam menjadi 6 jam pada suhu 54 dan 58°C menyebabkan penurunan kapasitas antioksidan hingga lebih dari 40%, sedangkan peningkatan suhu pemanasan dari 54 menjadi 58°C menyebabkan penurunan kapasitas antioksidan sebesar 25-30%. Penurunan tersebut diduga dipengaruhi oleh penurunan kadar TA dan TSF. Hasil analisis korelasi *Pearson's* menunjukkan adanya korelasi yang sangat kuat antara kapasitas antioksidan DPPH dan FRAP dengan kadar total antosianin ($r=0,97$ dan $r=0,96$) dan senyawa fenolik ($r=0,95$ dan $r=0,94$), sejalan dengan hasil penelitian Nindita *et al.* (2018).

Kapasitas antioksidan TKHA mengindikasikan potensi pemanfaatannya dalam pengolahan pangan fungsional. Walau hasil analisis profil gelatinisasi menunjukkan potensi diversifikasi produk olahan TKHA, hanya TKHA hasil perlakuan 54°C:4 jam dan 54°C:5 jam yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam pengolahan pangan fungsional karena hanya kedua perlakuan tersebut yang masih memiliki kadar DPPH dan FRAP lebih dari 50%, dengan kandungan tertinggi pada perlakuan 54°C:4 jam. Hasil analisis profil gelatinisasi merekomendasikan penggunaan TKHA hasil perlakuan tersebut sebagai bahan baku dalam pengolahan pangsit beku serta sebagai bahan tepung komposit dalam pengolahan roti dan kue. Hingga saat ini belum ada penelitian terkait kapasitas antioksidan pada pengolahan pangsit beku, namun pada pengolahan roti dan kue berdasarkan hasil penelitian Yu dan Beta (2015) serta Mau *et al.* (2017) dapat diindikasikan bahwa TKHA dapat menghasilkan produk roti dan kue yang masih tetap memiliki manfaat fungsional, walaupun masih tetap diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh aplikasi TKHA dalam pembuatan pangan fungsional secara lebih spesifik.

KESIMPULAN

Modifikasi TKH menjadi TKHA melalui proses *annealing* menyebabkan terjadinya perubahan pada profil gelatinisasi dan komponen antioksidan TKH. Faktor suhu, faktor lama pemanasan dan interaksi keduanya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap semua parameter profil gelatinisasi dan komponen antioksidan TKHA kecuali nilai TV. TKHA menunjukkan adanya peningkatan pada viskositas puncak, viskositas panas (kecuali perlakuan 54°C:5 jam), waktu puncak dan suhu awal gelatinisasi jika dibandingkan dengan tepung alaminya. Peningkatan tersebut mengindikasikan peningkatan daya tahan TKHA terhadap proses pemanasan. Secara umum, peningkatan suhu pemanasan menyebabkan peningkatan BD, SB dan FV, sementara peningkatan lama pemanasan menyebabkan penurunan nilai ketiga parameter tersebut. Proses *annealing* menghasilkan profil gelatinisasi yang bervariasi, yang mengindikasikan peningkatan potensi diversifikasi

produk pangan berbasis TKH. Proses *annealing* menyebabkan penurunan kemampuan antioksidan TKHA secara keseluruhan. Perlakuan 54°C:4 jam menghasilkan TKHA dengan kadar komponen antioksidan tertinggi dari seluruh perlakuan (total antosianin 103,78±2,24 mg C3GE/100 g, total senyawa fenolik 241,65±1,98 mg GAE/100 g, kapasitas antioksidan DPPH 267,14±3,23 mg AAE/100 g dan FRAP 473,94±1,43 mg AAE/100 g), sehingga lebih direkomendasikan penggunaannya dalam pengolahan pangan fungsional, terutama sebagai tepung komposit dalam pembuatan roti dan kue.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah B. 2017. Peningkatan kadar antosianin beras merah dan beras hitam melalui biofortifikasi. *J Litbang Pert* 36: 91-98. DOI: 10.21082/jp3.v36n2.2017.p91-98.
- Afriyanti. 2017. Pemanfaatan residu brem sebagai bahan substitusi pembuatan "Arenia Sticky Rice". *J Ilmu Teknosains* 3: 22-26.
- BeMiller JN. 2018. Physical Modification of Starch. Di dalam: *Starch in Food: Structure, Function and Applications: Second Edition*. 223-253. Elsevier Inc. Cambridge (GB). DOI: 10.1016/B978-0-08-100868-3.00005-6.
- Bobo-García G, Davidov-Pardo G, Arroqui C, Virse-da P, Marín-Arroyo MR, Navarro M. 2015. Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *J Sci Food Agric* 95: 204-209. DOI: 10.1002/jsfa.6706.
- Bolea CA, Grigore-Gurgu L, Aprodu I, Vizireanu C, Stănciuc N. 2019. Process-structure-function in association with the main bioactive of black rice flour sieving fractions. *Foods* 8: 131. DOI: 10.3390/foods8040131.
- Chen HH, Chang HC, Chen YSYK, Hung CL, Lin SY, Chen YSYK. 2016. An improved process for high nutrition of germinated brown rice production: Low-pressure plasma. *Food Chem* 191: 120-127. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.083.
- Goufo P, Trindade H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid. *Food Sci Nutr* 2: 75-104. DOI: 10.1002/fsn3.86.
- Han JA, Lee BH, Lim WJ, Lim ST. 2005. Utilization of hydroxypropylated waxy rice and corn starches in Korean waxy rice cake to retard retrogradation. *Cereal Chem* 82: 88-92. DOI: 10.1094/CC-82-0088.
- Itthivadhanapong P, Sangnark A. 2016. Effects of substitution of black glutinous rice flour for wheat flour on batter and cake properties. *Int Food Res J* 23: 1190-1198.
- Kang MY, Rico CW, Lee SC. 2010. Physicochemical properties of eight popular glutinous rice varieties in Korea. *Plant Prod Sci* 13: 177-184. DOI: 10.1626/pp.13.177.
- Kobayashi K, Nishimura M. 2007. Waxy rice mutants with unique processing properties for waxy rice breeding. *Breeding Sci* 57: 175-180. DOI: 10.1270/jsbbs.57.175.
- Kodama I, Shibata C, Fujita N, Ishikawa K, Takahashi T, Nakamura Y, Kawamoto T, Kato K, Sato K, Matsunami M, Akiyama Y. 2011. Starch properties of waxy rice cultivars influencing rice cake hardening. *Japan J Food Eng* 12: 157-162. DOI: 10.11301/jsfe.12.157.
- Li Y, Ding G, Yokoyama W, Zhong F. 2018. Characteristics of annealed glutinous rice flour and its formation of fast-frozen dumplings. *J Cereal Sci* 79: 106-112. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.09.016.
- Mau JL, Lee CC, Chen YP, Lin SD. 2017. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. *LWT-Food Sci Technol* 75: 434-439. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.09.019.
- Nindita DA, Kusnandar F, Budijanto S. 2018. Changes in antioxidant and physicochemical properties of Indonesian black rice flour (var. Banjarnegara and Bantul) during no-die extrusion cooking. *J Teknol Industri Pangan* 29: 164-174. DOI: 10.6066/jtip.2018.29.2.164.
- Phetpornpaisan P, Tippayawat P, Jay M, Sutthanut K. 2014. A local Thai cultivar glutinous black rice bran: A source of functional compounds in immunomodulation, cell viability and collagen synthesis, and matrix metalloproteinase-2 and -9 inhibition. *J Funct Foods* 7: 650-661. DOI: 10.1016/j.jff.2013.12.020.
- Ponnappan S, Thangavel A, Sahu O. 2017. Anthocyanin, lutein, polyphenol contents and antioxidant activity of black, red and white pigmented rice varieties. *Food Sci Nutr Stud* 1: 3. DOI: 10.22158/fsns.v1n1p43.
- Šárka E, Dvořáček V. 2017. New processing and applications of waxy starch - a review. *J Food Eng* 206: 77-87. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.03.006.

- Sompong R, Siebenhandl-Ehn S, Linsberger-Martin G, Berghofer E. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chem* 124: 132-140. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.05.115.
- Suhartatik N, Karyantina M, Mustofa A, Cahyanto MN, Raharjo S, Rahayu ES. 2013. Stabilitas ekstrak antosianin beras ketan (*Oryza sativa* var. glutinosa) hitam selama proses pemanasan dan penyimpanan. *Agritech* 33: 384-390.
- Sutharut J, Sudarat J. 2012. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. *Int Food Res J* 19: 215-221.
- Thiranusornkij L, Thamnarathip P, Chandrachai A, Kuakpetoon D, Adisakwattana S. 2018. Physicochemical properties of Hom Nil (*Oryza sativa*) rice flour as gluten free ingredient in bread. *Foods* 7: 159. DOI: 10.3390/foods7100159.
- Wang Shujun, Wang J, Wang Shaokang, Wang Shuo. 2017. Annealing improves paste viscosity and stability of starch. *Food Hydrocolloid* 62: 203-211. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.08.006.
- Yu L, Beta T. 2015. Identification and antioxidant properties of phenolic compounds during production of bread from purple wheat grains. *Molecules* 20: 15525-15549. DOI: 10.3390/molecules200915525.
- Zahin M, Aqil F, Husain FM, Ahmad I. 2013. Antioxidant capacity and antimutagenic potential of *Murraya koenigii*. *Biomed Res Int* 2013: 1-10. DOI: 10.1155/2013/263509.
- Zavareze EDR, Dias ARG. 2011. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches- a review. *Carbohydr Polym* 83: 317-328. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.08.064.
- Zhang MW, Zhang RF, Zhang FX, Liu RH. 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *J Agric Food Chem* 58: 7580-7587. DOI: 10.1021/jf1007665.
- Zulfafamy KE, Ardiansyah, Budijanto S. 2018. Antioxidative properties and cytotoxic activity against colon cancer cell WiDr of *Rhizopus oryzae* and *Rhizopus oligosporus*-fermented black rice bran extract. *Curr Res Nutr Food Sci* 6: 23-34. DOI: 10.12944/CRNFSJ.6.1.03.