

# Efek Metode Pemanasan terhadap Sifat Fisikokimia Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

## *Effect of Heating Method on Physicochemical Properties of Fermented Black Brown Rice*

Budi Suarti<sup>1,2</sup>, Slamet Budijanto<sup>1</sup>, Sukarno<sup>1</sup>, dan Ardiansyah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Dramaga Bogor, 16680

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 20238

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie, Jakarta, Indonesia, 12920

E-mail: dsukarno@apps.ipb.ac.id

Diterima: 17 Desember 2021

Revisi: 14 Maret 2022

Disetujui: 28 Maret 2022

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan karakterisasi sifat fisikokimia beras pecah kulit berpigmen hitam (varietas Jowo Melik) fermentasi. Analisis yang dilakukan yaitu warna, proksimat, profil *pasting*, amilosa, pati, serat pangan larut air, serat pangan tidak larut air, dan total serat pangan. Fermentasi beras pecah kulit menggunakan *R. oligosporus* strain F74 dengan lama waktu fermentasi 72 jam, kemudian diberi perlakuan pemanasan dengan menggunakan pemanggangan 150 °C, 10 menit, pengukusan 85 °C, 20 menit, dan *microwave* 220 V, 50 Hz, 3 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemanasan beras pecah kulit hitam fermentasi dengan menggunakan pemanasan *microwave* memiliki warna L\*, protein, lemak, amilosa dan serat pangan lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan pemanasan lainnya, selain itu dapat menurunkan karbohidrat dan pati. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanasan dengan menggunakan *microwave* dapat memperbaiki sifat fisikokimia (warna L\*, *setback*, dan protein), menurunkan karbohidrat dan pati beras pecah kulit hitam fermentasi.

kata kunci : beras pecah kulit, fermentasi, fisikokimia, *microwave*, pemanasan

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate differences in the characterization of physicochemical properties of fermented black pigmented brown rice (Jowo Melik variety). The analysis carried out were color, proximate, pasting profile, amylose, starch, soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber, and total dietary fiber. Brown rice was fermented using *R. oligosporus* strain F74 with a fermentation time of 72 hours, heating treatment at 150 °C, 10 minutes, 85 °C steaming, 20 minutes, and microwave 220 V, 50 Hz, 3 minutes. This study indicated that heating fermented black brown rice using microwave heating had higher L\* color, protein, fat, amylose, and dietary fiber compared to other heating methods. It could reduce carbohydrates and starch as well. This study showed that heating using a microwave could improve physicochemical properties (L\* color, setback, and protein), and reduce carbohydrates and starch of fermented black brown rice.

keywords: brown rice, fermentation, physicochemical, microwave, heat

## I. PENDAHULUAN

Beras pecah kulit (BPK) adalah butiran beras utuh yang telah dihilangkan bagian luarnya (sekam) melalui proses penggilingan, terdiri dari *pericarp*, *aleurone*, dan *endosperm* (Paiva, dkk., 2016). BPK mengandung zat gizi yang tinggi dan beragam komponen bioaktif dibandingkan beras yang disosoh, di mana BPK mengandung protein, lemak, vitamin,

mineral, serat pangan, fenolik, flavonoid, dan antosianin (Moustapha, dkk., 2015). Indonesia memiliki beragam jenis varietas padi yang telah dibudidayakan, termasuk kultivar beras berpigmen dan tanpa pigmen. Penentuan beras berpigmen berdasarkan pigmen warna yang ada pada lapisan *pericarp* biji dan kandungan pigmen beras sangat dipengaruhi oleh berbagai jenis dan jumlah komponen bioaktifnya (Mira,

dkk., 2009). Kadar amilosa memengaruhi sifat fisikokimia beras yaitu kepulenan nasi. Beras dengan kadar amilosa tinggi (>25 persen) menghasilkan tekstur nasi yang keras/pera. Hal tersebut disebabkan oleh terjadinya retrogradasi pada molekul amilosa (Sompong, dkk., 2011). Beras dengan kandungan protein yang tinggi membutuhkan air yang banyak dan waktu tanak lebih lama.

Proses fermentasi dapat menyebabkan peningkatan zat gizi, komponen bioaktif, dan serat (Suarti, dkk., 2020), selain itu dapat meningkatkan *peak viscosity* dan penurunan nilai *breakdown* sehingga menyebabkan stabilitas pasta lebih tinggi selama pemanggangan dan meningkatkan nilai sensori (Ilowefah, dkk., 2014). BPK fermentasi juga dapat menyebabkan perubahan sifat fisikokimia dari faktor pengolahan.

Beberapa metode pemanasan pada penelitian terdahulu seperti pemanasan beras dengan menggunakan *rice cooker* selama 21 menit menyebabkan penurunan tertinggi kandungan fenolik (29–31 persen), diikuti dengan *microwave* 450 W selama 20 menit (18–33 persen), dan perebusan selama 24 menit (18–28 persen). Selain itu pemanasan beras dalam *rice cooker* menyebabkan penurunan antioksidan tertinggi, berkisar antara 13–47 persen, diikuti dengan perebusan dalam air mendidih (14–42 persen), *microwave* (11–29 persen) (Chmiel, dkk., 2018).

Pemanasan dapat menyebabkan inaktivasi enzim lipase, menurunkan asam lemak bebas, dan memperpanjang umur simpan BPK. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh metode yang berbeda terhadap sifat fisikokimia BPK hitam fermentasi.

## II. METODOLOGI

### 2.1. Tahapan Penelitian

#### 2.1.1. Persiapan Sampel Beras Pecah Kulit

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2020 sampai dengan Agustus 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Pangan, Laboratorium Rekayasa Proses, dan Laboratorium Mikrobiologi Pangan ITP IPB *University Technopark FATETA IPB University*, dan *SEAFast Center*. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu BPK organik yaitu beras hitam varietas Jowo Melik dari desa Ngleteran, Kecamatan Grabak, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah.

Padi yang baru dipanen dikeringkan di bawah sinar matahari dan disimpan pada suhu kamar, kemudian gabah yang telah kering digiling menggunakan mesin penggiling (Yanmar, HW-60A, Japan) sehingga dihasilkan BPK. BPK difermentasi dengan kultur tunggal *R. oligosporus strain F74 (Indonesian Culture Collection (InaCC))* dari Puslit Biologi, LIPI, Cibinong). Fermentasi BPK mengikuti metode Hayat, dkk. (2015). Jumlah spora yang diinokulasi 1 persen ( $1,5 \times 10^6$ ) dari berat BPK. BPK hitam (varietas Jowo Melik) difermentasi dalam kondisi aerob pada suhu ruang dengan lama waktu fermentasi 72 jam. BPK hasil fermentasi dikering bekukan menggunakan *freeze dryer* (Labconco, USA) selama 72 jam, kemudian ditempatkan dalam wadah dengan kondisi pemanasan yang dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian dihaluskan dan disaring menggunakan ayakan 100 mesh, lalu disimpan pada suhu  $-18^\circ\text{C}$  untuk dianalisis lanjutan (Thanonkaew, dkk., 2012).

Penelitian ini dilakukan dalam 2 kali ulangan, dengan parameter yang diamati adalah warna, proksimat, profil *pasting*, amilosa, pati, serat pangan larut air, serat pangan tidak larut air, dan total serat pangan

#### 2.1.2. Analisis Warna

Pengukuran warna beras pecah kulit menggunakan kromameter Minolta dengan mengikuti prosedur Luo, dkk., (2019). Parameter

**Tabel 1.** Metode Pemanasan Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

Metode Pemanasan	Kondisi Pemanasan	Instrumen
Tanpa Pemanasan	Suhu kamar	Ruangan
Pemanggangan	150 °C, 10 menit	Oven pemanggang
Pengukusan	85 °C, 20 menit	Steamer
Microwave	220 V, 50 Hz, 3 menit	Microwave

yang diukur meliputi nilai kecerahan ( $L^*$ ), *red-greenness* ( $a^*$ ), dan *yellow-blueness* ( $b^*$ ).

#### 2.1.3. Analisis Profil *Pasting*

Profil *pasting* dari masing-masing sampel diukur dengan menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA; Newport Scientific, Warriewood, Australia), mengikuti prosedur AACC (1999). Sampel terlebih dahulu diukur kadar airnya melalui pengeringan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$ , lalu sebanyak 3 g dimasukkan ke dalam *canister* dan ditambahkan 25 mL akuades. Sampel dipertahankan pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  selama 1 menit, dipanaskan hingga  $95^{\circ}\text{C}$  selama 7,5 menit, dan ditahan pada  $95^{\circ}\text{C}$  selama 2,5 menit. Sampel didinginkan hingga  $50^{\circ}\text{C}$  selama 7,5 menit dan kemudian dipertahankan pada  $50^{\circ}\text{C}$  selama 2,5 menit. Kecepatan berputar dipertahankan pada 960 rpm selama 10 detik dan kemudian 160 rpm selama pemanasan dan siklus pendinginan.

#### 2.1.4. Analisis Proksimat

Pengujian kadar air, abu, protein, lemak, mengacu pada prosedur AOAC (2005). Total protein kasar diperoleh dari hasil pengkalian kadar nitrogen dengan faktor protein konversi 5,95 menggunakan metode Kjeldahl. Total kadar karbohidrat dihitung berdasarkan rumus *by difference*.

$$\text{KH} = 100\% - \text{KAAbPL} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

KH = Kadar Karbohidrat (%)

KAAbPL = Kadar air + kadar abu + kadar lemak + kadar protein (%)

#### 2.1.5. Analisis Total Amilosa

Penentuan total amilosa berdasarkan prosedur AACC (1999). Etanol (95 persen) (K49350783 739, Merck) sebanyak 1 mL dan larutan NaOH (1 N) (B0881298 309, Merck), 9 mL ditambahkan ke 100 mg sampel tepung. Setelah pencampuran, sampel dipanaskan selama 10 menit dalam *waterbath* pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  untuk menggelatinisasikan pati. Sampel didinginkan dan dipindahkan ke labu volumetrik 100 mL. Kemudian diambil 5 mL larutan pati dan ditambahkan 1 mL larutan asam asetat (1 N). Setelah itu, ditambahkan 2 mL larutan iod, volume disesuaikan hingga 100 mL dengan akuades, dicampur, dan didiamkan selama

20 menit. Absorbansi diukur pada 620 nm menggunakan spektrofotometer *UV-visible* (Genesis 150).

#### 2.1.6. Analisis Total Pati

Pengujian total pati mengikuti prosedur Sani, dkk. (2014). Analisis total pati diawali dengan pembuatan larutan asam 2,3-dinitrosalisilat (DNS). NaOH 8 g dalam 100 mL akuades, lalu ditambahkan 4 g DNS dan dipanaskan (Larutan I). Na-K-tartarat 10 g dilarutkan dalam akuades lalu larutan Na-K-tartarat dituangkan ke dalam larutan I. Larutan tersebut dipindahkan ke labu ukur 500 mL dan ditepatkan dengan akuades.

Sampel 0,1 g ditambahkan dengan 5 mL dietil eter dan disentrifugasi selama 5 menit, lalu diuapkan dengan gas nitrogen. Kemudian ditambahkan 4 mL etanol 80 persen. Etanol diuapkan hingga kering menggunakan *waterbath* suhu  $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya dihidrolisis dengan menambahkan 3 mL HCl 7 persen dan dipanaskan dengan *waterbath* suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 2,5 jam. Setelah itu, larutan dinetralisasi dengan NaOH 25 persen dan ditambahkan 1 g Na-oksalat, lalu ditepatkan hingga volume 100 mL. Sampel yang telah dihidrolisis diambil 0,5 mL, lalu ditambahkan akuades 1,5 mL dan 3 mL larutan DNS. Kemudian dipanaskan di *waterbath* suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit. Absorbansi sampel diukur pada 765 nm menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*.

#### 2.1.7. Analisis Serat Pangan

Analisis serat pangan mengikuti metode analisis AOAC (2012). Sampel ditimbang 1 g ke dalam *becker glass* 400 mL, kemudian ditambahkan 50 mL buffer fosfat dan disesuaikan hingga pH 6. Lalu ditambahkan 0,1 mL larutan termamyl. Kemudian gelas ditutup dengan aluminium foil dan dimasukkan ke *waterbath* mendidih 15 menit. Kemudian larutan dikocok perlahan dengan interval 5 menit. Inkubasi dalam *waterbath* mendidih mencapai suhu internal  $95\text{--}100^{\circ}\text{C}$ , 15 menit pada  $95\text{--}100^{\circ}\text{C}$ . Total keseluruhan 30 menit dalam *waterbath*. Lalu larutan didinginkan pada suhu kamar dan disesuaikan hingga pH 7,5 dengan menambahkan 10 mL larutan NaOH 0,275 M.

Selanjutnya, larutan tersebut kemudian ditambahkan 5 mg protease (larutan enzim

50 mg dalam 1 mL buffer fosfat) dan pipet 0,1 mL ke setiap sampel sebelum digunakan. Kemudian gelas ditutup dengan aluminium foil 30 menit pada suhu 60°C dengan agitasi secara terus-menerus, kemudian didinginkan dan ditambahkan 10 mL larutan HCl 0,325 M. Lalu diukur pH hingga 4–4,6. Larutan ditambahkan 0,3 mL *amyloglucosidase*, lalu ditutup dengan aluminium foil dan inkubasi 30 menit pada 60°C dengan agitasi kontinu, selanjutnya ditambahkan 280 mL etil alkohol 95 persen yang dipanaskan sebelumnya hingga suhu 60°C (volume diukur sebelum dipanaskan). Lalu larutan didiamkan hingga terbentuk endapan pada suhu kamar selama 60 menit.

Wadah yang mengandung *celite* 0,1 mg ditimbang, lalu dicuci dengan menggunakan 78 persen etil alkohol, kemudian residu dicuci berturut-turut dengan tiga bagian 20 mL etil alkohol 78 persen, dua bagian 10 mL etil alkohol 95 persen dan dua bagian aseton 10 mL. Cawan kering yang mengandung residu dipanaskan semalaman dalam oven vakum 70°C atau oven udara 105°C, didinginkan dalam desikator dan ditimbang untuk menentukan berat residu. Analisis residu duplikat untuk protein, menggunakan N x 5,95 sebagai faktor konversi, lalu diinsinerasi bagian tes kedua dari duplikat 5 jam pada 525°C, didinginkan dalam desikator dan ditimbang, lalu dikurangi wadah dan berat *celite* untuk menentukan abu. Perhitungan total serat pangan (total *dietary fiber*) dilakukan melalui persamaan:

$$\text{TDF} = \frac{\text{Berat Residu-P-A-B}}{\text{Berat Sampel}} \times 100 = \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- TDF = Total *dietary fiber* (%)
- P = bobot protein (mg)
- A = bobot abu (mg)
- B = blangko

## 2.2. Analisis Statistik

Data yang ditampilkan adalah rata-rata  $\pm$  standar deviasi dengan jumlah ulangan 2 kali, dan dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) menggunakan software SPSS versi 25 (Chicago, IL, USA). Apabila terdapat perbedaan hasil ANOVA, maka dilakukan uji lanjutan Duncan dengan taraf 5 persen.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Warna

Pada Tabel 2 menunjukkan nilai  $L^*$  BPK hitam fermentasi tanpa dipanaskan lebih tinggi dibandingkan dengan yang dipanaskan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanasan dapat menurunkan nilai  $L^*$  karena pemanasan dapat mengakibatkan penggelapan (Yang, dkk., 2016). Nilai warna ( $L^*$ ,  $a^*$  dan  $b^*$ ) dipengaruhi oleh suhu dan waktu pemanasan (Kim, dkk., 2014).

Terlihat bahwa BPK hitam fermentasi memiliki nilai  $L^*$  dan  $a^*$  lebih tinggi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan menggunakan pemanasan *microwave* daripada pemanasan lainnya. Nilai  $b^*$  lebih tinggi secara nyata ( $p < 0,05$ ) pada pemanasan dengan pengukusan, diduga pengaruh waktu pemanasan dengan *microwave* lebih cepat hanya 3 menit sedangkan pengukusan 20 menit dan pemanggangan 10 menit. Sesuai dengan penelitian Kim, dkk. (2014) kecerahan ( $L^*$ ) bekatul menurun setelah pemanasan tetapi nilai kemerahan ( $a^*$ ) dan kuning ( $b^*$ ) meningkat ketika suhu meningkat, suhu dan waktu pemanasan memengaruhi nilai warna (Gavahian, dkk., 2019). Garcia, dkk., (2012) melaporkan pemanggangan pada bekatul yang memiliki protein dan gula pereduksi yang tinggi menyebabkan penurunan kecerahan yang lebih besar akibat reaksi maillard. Menurut Thanonkaew, dkk. (2012) stabilisasi

**Tabel 2.** Pengaruh Pemanasan terhadap Warna Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

Metode	$L^*$	$a^*$	$b^*$	H (°)
Tanpa pemanasan	50,86 $\pm$ 0,16 <sup>d</sup>	7,62 $\pm$ 0,02 <sup>c</sup>	2,68 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	19,40 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
Pengukusan	40,57 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	6,63 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	5,36 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>	38,96 $\pm$ 0,06 <sup>d</sup>
Pemanggangan	44,24 $\pm$ 0,28 <sup>b</sup>	6,80 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>	4,35 $\pm$ 0,06 <sup>c</sup>	32,64 $\pm$ 0,16 <sup>c</sup>
<i>Microwave</i>	46,76 $\pm$ 2,04 <sup>c</sup>	7,89 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>	4,06 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	27,24 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>

Keterangan : Nilai dengan huruf berbeda yang ditampilkan pada kolom tabel yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ); n = 2.



bekatul dengan udara panas dan pemanasan gelombang mikro adalah metode yang efektif untuk mengendalikan aktivitas enzim dalam bekatul, karena panas dapat menghambat oksidasi.

### 3.2. Profil *Pasting*

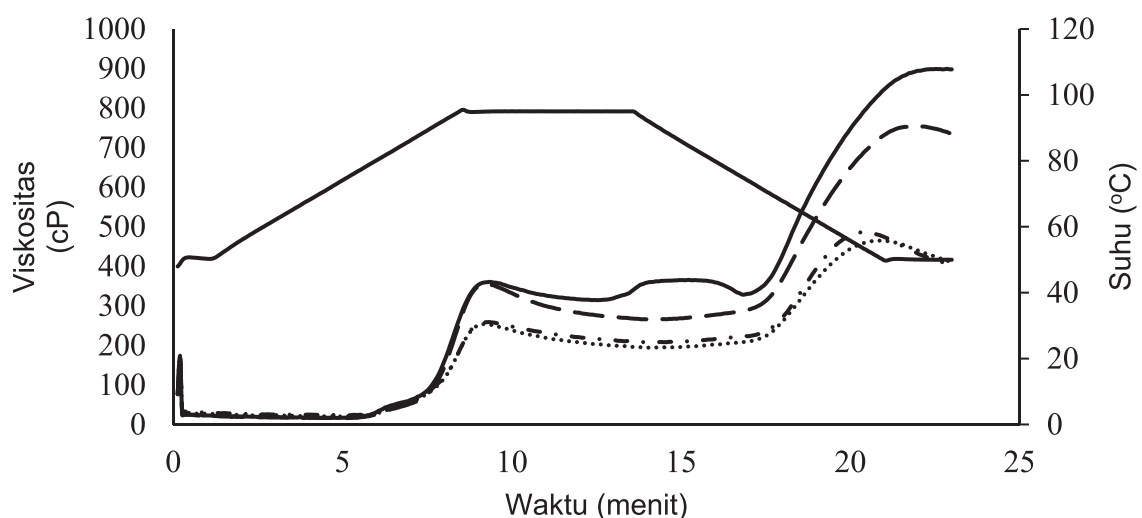
Pengaruh perlakuan panas terhadap profil *pasting* BPK hitam fermentasi dapat dilihat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa *peak viscosity*, *trough viscosity*, *final viscosity*, dan *setback* pada BPK hitam fermentasi dengan menggunakan pemanasan pengukusan lebih tinggi secara nyata ( $p < 0,05$ ) daripada pemanasan lainnya. *Breakdown* lebih tinggi secara nyata pada pemanasan dengan pemanggangan. Nilai PV yang tinggi menunjukkan pembengkakan pati yang tinggi. Kandungan amilosa yang rendah menghasilkan nilai PV, BD, SB dan FV paling rendah dibandingkan dengan varietas lain dengan kandungan amilosa sedang. Hal ini mungkin karena penyerapan air melalui lapisan aleuron dan *pericarp* selama pemanasan, mengakibatkan pembengkakan dan gelatinisasi granula pati yang menyebabkan degradasi bekatul dari permukaan (Chapagai, dkk., 2017).

Pada Gambar 1 *peak viscosity* tertinggi menggunakan metode pengukusan, diikuti pemanggangan, dan *microwave*. Peningkatan *peak viscosity* dan penurunan nilai *breakdown* menunjukkan resistensi yang lebih tinggi terhadap stabilitas pasta yang lebih tinggi

(Illoefah, dkk., 2014). Makin lama suhu/waktu pemanasan maka jumlah butiran pati tergelatinisasi makin tinggi, sehingga *peak viscosity* meningkat. Perlakuan panas dapat meningkatkan kemampuan butiran pati untuk menyerap lebih banyak air. Perlakuan panas dikaitkan dengan gangguan struktur granular, menyebabkan molekul pati larut dalam air. Li, dkk. (2015) melaporkan bahwa sebagian besar granula pati rusak oleh perlakuan panas, pati yang dipanaskan memiliki kristalinitas yang relatif rendah. Perubahan entalpi pada gelatinisasi pati menurun ketika konsentrasi pati meningkat.

Selain itu *peak viscosity* BPK hitam fermentasi berkurang ketika waktu pemanasan dan amilosa meningkat (Tabel 3). Pengurangan *peak viscosity* terjadi karena butiran pati kehilangan kemampuan menyerap air, juga kandungan amilosa dengan senyawa lain dapat menghambat penyerapan air (Rumruaytum, dkk., 2014). Pemanasan menyebabkan peningkatan suhu *pasting* dan penurunan viskositas dengan meningkatnya rasio air, menunjukkan ada gangguan yang lebih besar pada butiran pati yang dipanaskan dengan kadar air lebih tinggi (Wang, dkk., 2017).

Menurut Sakiyan, dkk. (2011) waktu pemanasan yang singkat dalam *microwave* karena tingginya pembentukan panas di dalam makanan. Peningkatan waktu pemanggangan menyebabkan penurunan *peak viscosity*, hal ini



**Gambar 1.** Pengaruh Pemanasan Terhadap Profil *Pasting* Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi. (---) Tanpa Pemanasan, (---) Pemanggangan, (····) *Microwave*, dan (—) Pengukusan

**Tabel 3.** Pengaruh Pemanasan terhadap Profil *Pasting* Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

Metode	PV (cP)	BD (cP)	FV (cP)	SB (cP)	PT (°C)
Tanpa pemanasan	282,83±87,83 <sup>ab</sup>	75,83±32,70 <sup>ab</sup>	406,50±224,07 <sup>a</sup>	199,50±103,75 <sup>a</sup>	91,53±3,75 <sup>a</sup>
Pengukusan	362,33±27,31 <sup>b</sup>	47,67±9,83 <sup>a</sup>	898,00±110,19 <sup>b</sup>	583,33±75,15 <sup>b</sup>	91,32±2,02 <sup>a</sup>
Pemanggangan	359,83±44,68 <sup>b</sup>	94,50±31,83 <sup>b</sup>	736,83±219,49 <sup>b</sup>	471,50±143,75 <sup>b</sup>	91,53±1,64 <sup>a</sup>
Microwave	271,17±74,24 <sup>a</sup>	77,50±27,61 <sup>ab</sup>	412,00±214,20 <sup>a</sup>	218,33±113,52 <sup>a</sup>	91,88±2,65 <sup>a</sup>

Keterangan : Nilai dengan huruf berbeda yang ditampilkan pada kolom tabel yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ );  $n = 2$ . *Peak Viscosity* (PV), *Trough Viscosity* (TV), *Breakdown* (BD), *Final Viscosity* (FV), *Setback* (SB), dan *Pasting Temperature* (PT).

menunjukkan bahwa lebih banyak gelatinisasi terjadi selama pemanggangan. Penurunan viskositas selama pemanasan menyebabkan granula pati mengembang ketika dipanaskan dalam air dan ikatan dalam granula pati menjadi lemah sehingga pati mudah pecah. Menurut Ega dan Lopulalan (2015), makin tinggi suhu pemanasan yang dilakukan maka makin cepat pati mengalami kekentalan, begitu pula sebaliknya makin rendah suhu pemanasan maka makin lama pati mengalami kekentalan. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai *setback* meningkat setelah perlakuan pemanasan, sesuai dengan laporan Anderson dan Guraya (2006) di mana *setback* dapat meningkat setelah diberi perlakuan panas daripada pati yang tidak dipanaskan. Perlakuan panas dengan uap air mengurangi *peak viscosity*, nilai *breakdown* dan *setback*. *Breakdown* adalah ukuran dari kemudahan granula pati tergelatinisasi, sedangkan nilai *setback* adalah ukuran kecenderungan retrogradasi, karena molekul amilosa kecil dan molekul amilopektin rendah cenderung mengalami retrogradasi dengan cepat (Olayinka, dkk., 2008).

### 3.3. Kandungan Proksimat

Pengaruh perlakuan pemanasan terhadap zat gizi BPK hitam fermentasi dengan berbagai

metode pemanasan pada Tabel 4 menunjukkan BPK hitam fermentasi memiliki kadar air dan protein lebih tinggi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan menggunakan pemanasan *microwave* dibandingkan pemanasan lainnya. Kadar air dan karbohidrat lebih tinggi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) pada pemanasan dengan menggunakan pemanggangan. Kadar air terendah diperoleh dengan menggunakan pemanggangan dibandingkan dengan pemanasan lainnya. Trisnawati, dkk. (2014). Suman dan Boora (2015) melaporkan tepung bekatul yang diproses dengan pengeringan oven menghasilkan kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan *microwave*. Hilangnya air disebabkan oleh penguapan selama perlakuan panas (Garcia, dkk., 2012). Suhu yang tinggi pada proses pemanasan menyebabkan air berpindah dengan cepat dari luar menuju bagian internal sehingga menghasilkan retakan, dan kadar air yang lebih tinggi dipengaruhi oleh migrasi air dalam jumlah besar ke bagian internal pada saat pemanasan (Thuengtung, 2018). Selain itu, peningkatan suhu menyebabkan laju pengeringan lebih tinggi dibandingkan suhu yang lebih rendah, karena penggunaan suhu tinggi menyebabkan peningkatan porositas (Piyawanitpong, dkk., 2018). Penurunan kadar air dapat dikaitkan dengan peningkatan

**Tabel 4.** Pengaruh Pemanasan terhadap Komposisi Proksimat Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

Metode	Air (%)	Abu (% bk)	Protein (% bk)	Lemak (% bk)	Karbohidrat (% bk)
Tanpa pemanasan	5,20±0,17 <sup>ab</sup>	1,74±0,05 <sup>b</sup>	9,38±0,30 <sup>a</sup>	3,50±0,29 <sup>a</sup>	76,73±0,52 <sup>b</sup>
Pengukusan	5,37±0,59 <sup>b</sup>	1,46±0,20 <sup>a</sup>	15,80±0,15 <sup>b</sup>	3,87±0,24 <sup>a</sup>	69,58±1,15 <sup>a</sup>
Pemanggangan	4,75±0,09 <sup>a</sup>	1,73±0,16 <sup>b</sup>	9,31±0,18 <sup>a</sup>	3,53±0,38 <sup>a</sup>	77,66±0,44 <sup>b</sup>
Microwave	5,38±0,52 <sup>b</sup>	1,54±0,09 <sup>a</sup>	16,39±0,29 <sup>c</sup>	3,81±0,37 <sup>a</sup>	69,05±0,94 <sup>a</sup>

Keterangan : Nilai dengan huruf berbeda yang ditampilkan pada kolom tabel yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ );  $n = 2$ , berat kering (bk).

penguapan air baik pada permukaan maupun pada spesimen beras (Jaroenkit, dkk., 2013). Selama pengeringan oven, kadar air perlahan menguap ke lapisan luar sampel. Jika terlalu cepat dapat menyebabkan *case hardening* di mana lapisan luarnya mengeras dan air tidak dapat keluar (Hassanein, dkk., 2015). Beras yang dipanaskan dengan cara dikukus, butiran beras mengalami waktu perendaman yang lebih lama daripada metode lainnya sehingga retakan yang dihasilkan lebih berkembang pada butiran beras. Selain itu, waktu perendaman yang lebih lama dapat menjadi salah satu alasan untuk kadar air yang jauh lebih tinggi (Thuengtung, dkk., 2018).

Kadar abu tanpa pemanasan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) lebih tinggi daripada kadar abu dengan pemanasan. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu bahwa kadar abu mengalami penurunan setelah proses pemanasan (Suman dan Boora, 2015). Perlakuan pemanasan dengan menggunakan metode pemanggangan memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan *microwave*, hasil ini sesuai dengan penelitian Trisnawati, dkk. (2014) bahwa kadar abu tepung bekatul dengan pengeringan oven lebih tinggi dibandingkan dengan *microwave*. Persentase penurunan kandungan fitat yang tinggi akibat perebusan (Chapagai, dkk., 2017).

Kadar protein BPK hitam fermentasi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) lebih tinggi pada metode pemanasan *microwave* > pengukusan > pemanggangan, hal ini menunjukkan kadar protein pada proses pemanggangan dan pengukusan memiliki kadar protein terendah. Menurut Wu, dkk. (2016) suhu dan waktu pemanasan yang lebih tinggi dapat menurunkan kandungan protein, sesuai dengan penelitian Howlader, dkk. (2019) terjadi peningkatan kadar protein dengan perlakuan pengukusan

daripada pemanggangan. Kadar protein dengan *microwave* lebih tinggi daripada dengan cara pengukusan, menurut Suman dan Boora (2015) pemanasan beras mengubah sifat protein dan perendaman menyebabkan kelarutan beberapa protein sehingga terjadi pengurangan protein.

Kadar lemak BPK hitam fermentasi tertinggi pada metode pengukusan diikuti *microwave* dan pemanggangan. Hal ini kemungkinan disebabkan kadar air yang lebih tinggi pada pemanasan pengukusan dan *microwave* sehingga memengaruhi hasil ekstraksi (Thanonkaew, dkk., 2012). Selain itu pemanasan dengan *microwave* memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi daripada sampel yang menggunakan pemanasan biasa (Suman dan Boora, 2015). Penggunaan suhu tinggi dalam waktu yang lebih lama dengan menggunakan teknik pengeringan oven dapat menyebabkan kerusakan lemak (Trisnawati, dkk., 2014). Penurunan kadar lemak setelah pemanasan dengan *microwave*, terkait dengan laju perubahan suhu menyebabkan lebih cepat kering dan kehilangan lemak selama pengeringan (Jaroenkit, dkk., 2013).

Karbohidrat lebih tinggi pada metode pemanggangan dibandingkan dengan metode pemanasan lainnya. Hal ini disebabkan pemanggangan menggunakan suhu dan waktu yang lebih tinggi daripada *microwave* dan pengukusan, sesuai dengan yang dilaporkan Wu, dkk. (2016). Menurut Howlader, dkk. (2019) karbohidrat meningkat pada sampel yang dipanggang, dikukus dan diolah dengan *microwave*, hal ini kemungkinan disebabkan karena udara panas dapat meningkatkan kandungan karbohidrat. Penelitian ini sesuai dengan yang ditemukan Trisnawati, dkk. (2014) di mana kandungan karbohidrat tepung bekatul dengan pengeringan *microwave* lebih

**Tabel 5.** Pengaruh Pemanasan terhadap Kandungan Kimia Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

Metode	Amilosa (% bk)	Amilopektin (% bk)	Pati (% bk)
Tanpa pemanasan	20,09±0,10 <sup>a</sup>	59,52±1,32 <sup>c</sup>	79,61±1,31 <sup>c</sup>
Pengukusan	20,10±0,23 <sup>a</sup>	62,47±1,94 <sup>d</sup>	82,57±2,00 <sup>d</sup>
Pemanggangan	21,11±0,41 <sup>b</sup>	56,17±1,31 <sup>b</sup>	77,29±1,69 <sup>b</sup>
<i>Microwave</i>	20,47±0,43 <sup>a</sup>	53,64±0,64 <sup>a</sup>	74,11±0,71 <sup>a</sup>

Keterangan : Nilai dengan huruf berbeda yang ditampilkan pada kolom tabel yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ); n = 2, berat kering (bk).

rendah dibandingkan dengan menggunakan oven. Hal ini dikarenakan tepung bekatul beras yang dikeringkan dengan *microwave* memiliki kadar air, abu, protein, dan lemak lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan oven.

### 3.4. Amilosa

Pada Tabel 5 menunjukkan amilosa BPK hitam fermentasi setelah diberi perlakuan pemanasan lebih tinggi dibandingkan tanpa pemanasan, hal ini sesuai dengan penelitian Aalim, dkk. (2020) bahwa pemanasan dapat meningkatkan kandungan amilosa, selain itu, kemungkinan interaksi antara senyawa fenolik dan amilopektin. Kandungan amilosa BPK hitam fermentasi setelah diberi perlakuan pemanasan dengan pemanggangan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) lebih tinggi dibandingkan pemanasan lainnya, sedangkan amilosa terendah dengan menggunakan metode pengukusan.

Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh pemanasan dengan menggunakan pengukusan dapat menurunkan kandungan amilosa dibandingkan dengan cara pemanggangan dan *microwave*, hal ini kemungkinan disebabkan pada proses pengukusan dapat menyebabkan uap air masuk ke dalam granula tepung kemudian butiran pati membengkak, menyebabkan pencucian amilosa dari sel. Menurut Guillén, dkk. (2018); Sagum dan Arcot (2000) proses pemanasan dapat menurunkan kandungan amilosa beras, karena amilosa keluar dari granula pati sehingga terjadi pencucian ke dalam air. Penurunan amilosa pada perlakuan panas menggunakan uap air menunjukkan interaksi antara amilosa-amilosa dan rantai amilosa-amilopektin (Gunaratne dan Hoover, 2002). Selain itu, kandungan amilosa dipengaruhi secara negatif oleh proantosianidin, asam vanilat, dan asam siringat (Aalim, dkk., 2020).

### 3.5. Pati

Pada Tabel 5 menunjukkan pati BPK hitam fermentasi pada pemanasan pengukusan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) lebih tinggi dibandingkan pemanasan lainnya, sesuai dengan penelitian Tamura, dkk. (2016) terjadi peningkatan total pati setelah pemanasan dengan menggunakan pengukusan dibandingkan dengan pemanasan *microwave* (Thuengtung, dkk., 2019) kemungkinan terjadi kerusakan struktural selama pemanasan karena pencucian jaringan luar lapisan butir, yang mengandung protein, lipid, dan abu pada dinding sel. Menurut Thuengtung, dkk. (2018) pada proses pemanasan terjadi retakan karena penetrasi air selama pemanasan dengan pengukusan menyebabkan gangguan yang lebih besar pada jaringan internal endosperma menyebabkan struktur butir mengalami kerusakan, berkaitan dengan tingkat hidrolisis pati. Meningkatnya uap panas menyebabkan kecenderungan hidrofilik meningkat dan pengurangan hidrofobik pada pati. Pemanasan pati dalam air menyebabkan hilangnya *birefringence*, pembengkakan granula dan kelarutan pati (Olayinka, dkk., 2008). Peningkatan total pati disebabkan oleh kerusakan struktur yang lebih sedikit (Tamura, dkk., 2016), sehingga memengaruhi laju hidrolisis (Thuengtung, dkk., 2018). Beras yang dipanaskan pada suhu tinggi akan cepat direhidrasi dan membutuhkan lebih sedikit air dan waktu untuk gelatinisasi pati (Piyawitpong, dkk., 2018).

Thuengtung, dkk. (2019) menemukan lebih banyak kerusakan pada lapisan luar beras dengan pemanasan *microwave* daripada beras yang dimasak dengan uap. Berkurangnya kerusakan lapisan luar beras dapat lebih menjaga kandungan total pati dalam bulir beras

**Tabel 6.** Pengaruh Pemanasan terhadap Kandungan Serat Pangan Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi

Metode	Serat larut (% bk)	Serat tidak larut (% bk)	Total serat (% bk)
Tanpa pemanasan	3,06±0,02 <sup>a</sup>	25,68±0,08 <sup>d</sup>	28,74±0,06 <sup>b</sup>
Pengukusan	15,14±0,08 <sup>d</sup>	16,31±0,29 <sup>c</sup>	31,46±0,33 <sup>d</sup>
Pemanggangan	11,55±0,04 <sup>b</sup>	13,34±0,13 <sup>a</sup>	24,89±0,15 <sup>a</sup>
<i>Microwave</i>	13,86±0,09 <sup>c</sup>	15,61±0,18 <sup>b</sup>	29,47±0,27 <sup>c</sup>

Keterangan : Nilai dengan huruf berbeda yang ditampilkan pada kolom tabel yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ); n = 2, berat kering (bk).



(Thuengtung, 2018) dan suhu yang lebih tinggi menghasilkan tingkat difusi air yang lebih tinggi sehingga lebih banyak pati yang keluar dari sel (Hsu, dkk., 2015).

### 3.6. Serat Pangan

Pada Tabel 6 menunjukkan serat larut, serat tidak larut, dan serat total BPK hitam fermentasi menggunakan pengukusan lebih tinggi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) daripada pemanasan lainnya. Serat larut lebih tinggi dengan menggunakan pengukusan dibandingkan dengan pemanasan lainnya. Sesuai laporan Trisnawati, dkk. (2014) menemukan bekatul menggunakan pengeringan gelombang mikro memiliki kadar serat larut tertinggi, sedangkan kadar terendah dengan pengeringan oven. Hal ini disebabkan oleh terjadinya degradasi pektin akibat penggunaan suhu tinggi pada pengeringan oven.

Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh pemanasan dengan menggunakan pengukusan dan *microwave* menghasilkan serat tidak larut paling tinggi daripada dengan cara pemanggangan, hal ini kemungkinan karena mempunyai protein yang lebih tinggi, sehingga pada saat pemanasan terjadi reaksi maillard dan menyebabkan peningkatan serat tidak larut dan serat larut. Berdasarkan Savitha dan Singh (2011), setelah perebusan beras, pengangkatan bekatul sulit dilakukan, karena butiran menjadi lebih keras sehingga serat yang tidak dapat larut meningkat. Trisnawati, dkk. (2014) menemukan kandungan serat tidak larut tertinggi diperoleh pada bekatul dengan pengeringan *microwave* sebesar 30,51 persen sedangkan terendah dengan pengeringan oven.

Serat total lebih tinggi dengan menggunakan pengukusan daripada pemanasan lainnya, karena pada proses pengukusan BPK hitam fermentasi memiliki serat larut dan serat tidak larut tertinggi dibandingkan metode pemanasan lainnya, sedangkan total serat dengan menggunakan pemanasan *microwave* lebih tinggi daripada pemanasan dengan pemanggangan. Hasil ini sesuai dengan laporan Trisnawati, dkk. (2014) perlakuan varietas Cigeulis dengan pengeringan gelombang mikro memiliki kadar total serat bekatul tertinggi 36,82 persen, sedangkan perlakuan varietas Ciherang dan teknik pengeringan oven biasa menunjukkan paling rendah sekitar 17,19 persen.

## IV. KESIMPULAN

Pemanasan pada BPK hitam fermentasi memengaruhi warna, profil *pasting*, protein, kadar air, abu, lemak, karbohidrat, amilosa, pati, dan serat pangan. Pemanasan dengan menggunakan *microwave* adalah terbaik yang dapat meningkatkan sifat fisikokimia (warna  $L^*$ , *setback*, dan protein), menurunkan karbohidrat dan pati beras pecah kulit hitam fermentasi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia, LPDP atas pendanaan untuk pelaksanaan penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- [AACC] American Association of Cereal Chemists. 1999. *AACC International Method. 61-03.01: Amylose Content of Milled Rice*. Minnesota (US): American Association of Cereal Chemists.
- [AACC] American Association of Cereal Chemists. 1999. *AACC International Method. 1999. 61-03.01: Amylose Content of Milled Rice*. Minnesota (US): American Association of Cereal Chemists.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 2005. *Official methods of analysis of AOAC International 18th edition*. AOAC International.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. *Official Methods of Analysis of The Association Official Analysis chemist 19<sup>th</sup> Ed*. Washington DC (USA):AOAC Inc.
- Aalim, H., D. Z. Wang, and Luo. 2020. Black rice (*Oryza sativa* L.) Processing: evaluation of physicochemical properties, in vitro starch digestibility, and phenolic functions linked to type 2 diabetes. *Food Research International*, 109898. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109898>.
- Anderson, A.K, and H.S. Guraya. 2006. Effects of microwave heat-moisture Treatment on properties of waxy and non-waxy rice starches. *Food Chem*, 97(2), 318–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.025>.
- Chapagai, M.K., W.I. Wan Rosli, M.W. Wan, R.A. Jalil, T. Karrila, and S. Pinkaew. 2017. Effect of domestic cooking methods on physicochemical, nutritional and sensory properties of different varieties of brown rice from Southern Thailand and Malaysia. *Internati Food Research J*, 24(3), 1140–1147.
- Chmiel, T., I.E. Saputro, B. Kusznierevicz, and A. Bartoszek. 2018. The impact of cooking method on the phenolic composition, total antioxidant activity and starch digestibility of rice (*Oryza*

- sativa* L.). *J. Food Process Preservat.* 42(1):1–12. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13383>.
- Ega, L., dan C.G.C. Lopulalan. 2015. Modifikasi pati sagu dengan metode heat moisture treatment. *AGRITEKNO: J. Teknologi Pertanian*, 4(2), 33–40. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2015.4.2.33>.
- Garcia, M. C., M.T. Benassi, and J.M.S. Soares. 2012. Physicochemical and sensory profile of rice bran roasted in microwave. *Food Sci Technol*, 32(4), 754–761. <https://doi.org/10.1590/s0101-2061201200500009>.
- Gavahian, M., Y. Chu, and A. Farahnaky. 2019. Effects of ohmic and microwave cooking on textural softening and physical properties of rice. *J. Food Engineer*, 243(331), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.010>.
- Guillén, S., R. Oria, and M.L. Salvador. 2018. Impact of cooking temperature on in vitro starch digestibility of rice varieties with different amylose contents. *Polish J. Food Nutrit Sci*, 68(4), 319–325. <https://doi.org/10.2478/pjfn-2018-0001>.
- Gunaratne, A., and R. Hoover. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*, 49(4), 425–437. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00354-X](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00354-X).
- Hassanein, T.R., E.K. Prabawati, M. Dewi, and P. Tirtaningtyas. 2015. Analysis of chemical and microbial changes during storage of overripe tempeh powder as seasoning material. *Internati J. Sci Engineer (IJSE)*, 131–134.
- Hayat, A., T.M. Jahangir, M.Y. Khuhawar, M. Alamgir, Z. Hussain, F.U. Haq, and S.G. Musharraf. 2015. HPLC determination of Gamma Amino Butyric Acid (GABA) and some biogenic amines (BAs) in controlled, germinated, and fermented Brown rice by pre-column derivatization. *J. Cereal Sci.* 64:56–62. doi:10.1016/j.jcs.2015.04.014.
- Howlader, A.M.Z, F. Nusrat, A. Alauddin, T. Rahman, Z.M. Ali, K.T. Ahmed. 2019. Stability indicating stabilization of rice bran food value by heat treatment. *J. Nutrit Health Food Sci*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.15226/jnhfs.2019.001151>.
- Hsu, C.Y., G.M. Lin, H.Y. Lin, and S.T. Chang. 2008. Characteristics of proanthocyanidins in leaves of *Chamaecyparis obtusa* var. *Formosana* as strong  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitors. *J. The Sci Food Agricultur.* Vol. 98. Aug: 3806-3814.
- Ilowefah, M., C. Chinma, J. Bakar, H. Ghazali, K. Muhammad, and M. Makeri. 2014. Fermented brown rice flour as functional food ingredient. *Foods*, 3(1), 149–159. <https://doi.org/10.3390/foods3010149>.
- Jaroenkit, P., N. Matan, and M. Nisoa. 2013. Microwave drying of cooked brown rice and the effect on the nutrient composition and trace elements. *J. Internation Food Research*, 20(1), 351–355.
- Kim, S.M., H.J. Chung, and S.T. Lim. 2014. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. *J. Cereal Sci*, 60(1), 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.04.001>.
- Li, Z., W. Liu, Z. Gu, C. Li, Y. Hong, and L. Cheng. 2015. The effect of starch concentration on the gelatinization and liquefaction of corn starch. *Food Hydrocolloids*, 48, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.030>.
- Luo, X., Y. Li, D. Yang, J. Xing, K. Li, M. Yang, and Z. Chen. 2019. Effects of electron beam irradiation on storability of brown and milled rice. *J. Stored Products Research.* Vol. 81. Mar: 22–30.
- Mira, N.V.M., I.L. Massaretto, C.S.C.I. Pascual, and M.U.M. Lanfer. 2009. Comparative study of phenolic compounds in different Brazilian rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. *J. Food Composit Analys.* 22:405–409.
- Moustapha, S., A. El, and F. Faid. 2015. *The beneficial effects of brown rice and its bran as natural antioxidants and lowering hyperglycemic in albino rats.* 281–289.
- Olayinka, O.O., K.O. Adebawale, O.B.I. Olu. 2008. Effect of heat moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch. *Food Hydrocolloids*, 22(2), 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.004>.
- Paiva, F.F., N.L. Vanier, J.D.J. Berrios, V.Z. Pinto, D. Wood, T. Williams, J. Pan, M.C. Elias. 2016. Polishing and parboiling effect on the nutritional and technological properties of pigmented rice. *Food Chem.* 191(2016):105–112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.047>.
- Piyawanitpong, C., N. Therdthai, and W. Ratphitagsanti. 2018. Effect of precooking and superheated steam treatment on quality of black glutinous rice. *J. Food Quality*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8496723>.
- Rumruaytum, P., C. Borompichaichartkul, and V. Kongpensook. 2014. Effect of drying involving fluidisation in superheated steam on physicochemical and antioxidant properties of Thai Native Rice Cultivars. *J. Food Engineer*, 123, 143–147. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.025>.
- Sagum, R., and J. Arcot. 2000. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying

- levels of amylose. *Food Chem*, 70(1), 107–111. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00041-8).
- Sakiyan, O., G. Sumnu, S. Sahin, V. Meda, H. Koksel, P. Chang. 2011. A Study on degree of starch gelatinization in cakes baked in three different ovens. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1237–1244. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0210-2>.
- Sani. W., Iswadi, dan Samingan. 2014. Kandungan pati pada bonggol pisang. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. FKIP Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Savitha, Y.S., and Singh, V. 2011. LWT - Food science and technology status of dietary fiber contents in pigmented and non-pigmented rice varieties before and after parboiling. *LWT - Food Sci Technol*, 44(10), 2180–2184. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.004>.
- Sompong, R., E.S. Siebenhandl, M.G. Linsberger, and E. Berghofer. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *J. Agri Food Chem*. 124:132–140.
- Suarti, B., S. Sukarno, Ardiansyah, A., and Budijanto, S. 2020. Bio-active compounds, their antioxidant activities, and the physicochemical and pasting properties of both pigmented and non-pigmented fermented de-husked rice flour. *AIMS Agriculture and Food*, 6 (1), 49–64. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021004>.
- Suman, and P. Boora. 2015. Effect of cooking methods on nutritional quality of rice (*Oryza sativa*) varieties. *Asian J. Dairy Food Research*, 34(2), 136. <https://doi.org/10.5958/0976-0563.2015.00027.5>.
- Tamura, M., J. Singh, L. Kaur, Y. Ogawa. 2016. Impact of structural characteristics on starch digestibility of cooked rice. *Food Chem*, 191, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.019>.
- Thanonkaew, A., S. Wongyai, D.J. McClements, and E. A. Decker. 2012. Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). *LWT-Food Sci Technol*, 48(2), 231–236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.018>.
- Thuengtung, S. 2018. Morphological structure, starch fractions and starch digestibility of three pigmented rice cultivars cooked by microwave cooking. *J. Food Sci Agricultur Technol*, 17–22.
- Thuengtung, S., C. Niwat, M. Tamura, and Y. Ogawa. 2018. In vitro examination of starch digestibility and changes in antioxidant activities of selected cooked Pigmented Rice. *Food Biosci*, December, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.014>.
- Thuengtung, S., Y. Matsushita, and Y. Ogawa. 2019. Comparison between microwave cooking and steam cooking on starch properties and in vitro starch digestibility of cooked pigmented rice. *J. Food Process Engineer*, 42(6), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13150>.
- Trisnawati, W., K. Suter, K. Suastika, D. Nengah, K. Putra. 2014. Effect of drying technique and rice variety to the content of antioxidant, fiber, and nutrient composition of rice bran. *Issn*, 31(December), 2224–6088. [www.iiste.org](http://www.iiste.org).
- Wang, S., P. Li, T. Zhang, J. Yu, S. Wang, and L. Copeland. 2017. LWT - Food science and technology in vitro starch digestibility of rice flour is not affected by method of cooking. 84, 536–543. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.023>.
- Wu, J., D.J. McClements, J. Chen, X. Hu, and C. Liu. 2016. Improvement in nutritional attributes of rice using superheated steam processing. *J. Functi Foods*, 24, 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.04.019>.
- Yang, Y., I. Achaerandio, and M. Pujolà. 2016. Effect of the intensity of cooking Methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. *Food Chem*, 197, 1301–1310. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.028>.

---

#### BIODATA PENULIS:

**Budi Suarti**, dilahirkan di Medan, pada tanggal 20 Maret 1977. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 1999, S2 Kimia, Universitas Sumatera Utara tahun 2003 dan S3 Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor tahun 2021.

**Slamet Budijanto**, dilahirkan di Madiun pada tanggal 2 Mei 1961. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 *Food Technology*, *Bogor Agricultural University* tahun 1985, S2 *Food Chemistry*, *Tohoku University, Japan* tahun 1990, dan S3 *Food Chemistry*, *Tohoku University, Japan* tahun 1993.

**Sukarno**, dilahirkan di Pati, pada tanggal 27 Oktober 1960. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 *Food Technology*, *Bogor Agricultural University* tahun 1984, S2 *Food Chemistry*, *Hokkaido University, Japan* tahun 1993 dan S3 *Food Chemistry*, *Hokkaido University, Japan* tahun 1996

**Ardiansyah**, dilahirkan di Sambas, pada tanggal 18 Oktober 1975. Penulis menyelesaikan pendidikan AMa., *Food Technology*, *Bogor Agricultural University* tahun 1995, S1 *Food Technology and Human Nutrition*, Universitas Djuanda, Bogor tahun 1998, S2 *Food Science*, *Bogor Agricultural University* tahun 2002 dan *Science of Food Function and Health*, *Tohoku University, Japan*, tahun 2007, serta *Postdoctoral Fellow* (2007-2012), *Tohoku University, Japan*.