

# Pengaruh Waktu Perendaman Beras terhadap Profil *Pasting* dan Komponen Bioaktif Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah

## *Effect of Soaking Time on the Pasting Properties and Bioactive Compounds in Germinated Brown Rice Flour*

Hadi Munarko<sup>1,2</sup>, Slamet Budijanto<sup>2</sup>, Azis Boing Sitanggang<sup>2</sup>, dan Feri Kusnandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

<sup>2</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor  
Email: slamet.budijanto@gmail.com

Diterima: 1 Februari 2021

Revisi: 24 Agustus 2021

Disetujui: 22 November 2021

### ABSTRAK

Tepung beras pecah kulit berkecambah dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional karena mengandung senyawa  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) dan komponen bioaktif lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu perendaman terhadap profil *pasting* dan komponen bioaktif tepung beras pecah kulit berkecambah. Perkecambahan dilakukan dengan merendam beras pecah kulit selama 120 jam dengan pengambilan sampel setiap 24 jam. Tepung beras pecah kulit berkecambah mengalami penurunan viskositas puncak, *breakdown*, dan *setback* seiring dengan lama waktu perendaman. Kandungan GABA mengalami peningkatan dan mencapai nilai tertinggi setelah perendaman 72 jam. Kandungan total fenol, kapasitas antioksidan, dan  $\gamma$ -orizanol mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu perendaman. Sementara itu, hasil analisis komposisi asam lemak tepung beras pecah kulit berkecambah pada perlakuan perendaman 120 jam menunjukkan adanya dominasi asam lemak tidak jenuh. Berdasarkan hasil penelitian ini, tepung beras kecambah dengan perendaman 72 jam dapat dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki akumulasi GABA paling tinggi.

kata kunci: antioksidan, beras pecah kulit berkecambah, GABA, perendaman, profil *pasting*.

### ABSTRACT

*Germinated brown rice (GBR) is a functional food ingredient because it contains  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) and many other bioactive compounds. This study aimed to analyze the effect of soaking time on pasting properties and bioactive compounds in GBR flour. Germination was conducted by soaking brown rice for 120 h by taking samples every 24 h. The GBR flour experienced a decreasing peak viscosity, breakdown, and setback as the soaking time progressed. The GABA content increased during the soaking process, and reached a maximum level after 72 h soaking. Total phenolic content, antioxidant capacity, and  $\gamma$ -oryzanol tended to decrease at the longer soaking time. Meanwhile, the result of fatty acid composition in GBR flour at 120 h soaking time showed the domination of unsaturated fatty acid. Based on this study, germinated brown rice flour that was soaked for 72 h was selected as the best treatment due to its highest GABA accumulation.*

*keywords: antioxidant, germinated brown rice, GABA, soaking, pasting properties*

## I. PENDAHULUAN

Tren kesadaran masyarakat terhadap konsumsi pangan yang menyehatkan terus mengalami peningkatan. Hal ini menyebabkan tuntutan masyarakat terhadap produk pangan juga ikut bergeser. Produk pangan yang diminati tidak hanya memiliki cita rasa dan nutrisi yang cukup, namun juga dapat memberikan fungsi fisiologis tertentu pada tubuh. Pangan yang didesain dapat memberikan manfaat tertentu

bagi kesehatan disamping fungsinya untuk memenuhi kebutuhan nutrisi biasa dikenal dengan istilah pangan fungsional (Bigliardi dan Galati, 2013). Di dalam produk pangan fungsional terdapat senyawa bioaktif tertentu yang dapat menjaga kesehatan dan mencegah terjadinya penyakit degeneratif seperti diabetes, penyakit jantung, darah tinggi, kanker, dan lain-lain. Beberapa komponen bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan di antaranya senyawa fenolik

---

dan flavonoid, antosianin, vitamin, asam amino, fitosterol, dan  $\gamma$ -orizanol (Ravichanthiran, dkk., 2018).

Pengembangan produk pangan fungsional tidak lepas dari ketersediaan bahan baku yang digunakan. Beras merupakan salah satu sereal yang paling populer di dunia. Beras menjadi salah satu sumber karbohidrat pokok bagi sebagian masyarakat di dunia termasuk di Indonesia. Selain digunakan sebagai makanan pokok berupa nasi, beras juga dapat dijadikan ingredien pada berbagai berbagai produk olahan seperti bubur, roti, biskuit, produk ekstrudat, maupun olahan makanan tradisional.

Beras pecah kulit atau beras cokelat berpotensi digunakan sebagai ingredien pangan fungsional. Beras pecah kulit memiliki serat pangan tinggi dan memiliki komponen bioaktif yang sangat melimpah (Cho dan Lim, 2016). Perbedaan antara beras pecah kulit dan beras putih/beras sosoh terletak pada proses pengolahan pascapanen gabah menjadi beras. Beras pecah kulit hanya mengalami proses pengupasan kulit sekam padi yang tidak dapat dimakan, sedangkan pada beras putih/beras sosoh terdapat proses lanjutan berupa penyosohan untuk menghilangkan lapisan bekatul pada beras. Pada lapisan bekatul terkonsentrasi berbagai komponen bioaktif, di antaranya serat pangan, senyawa fenolik,  $\gamma$ -orizanol, vitamin, mineral, asam lemak tidak jenuh, dan fitosterol (Zubair, dkk., 2012; Munarko, dkk., 2020a; Munarko, dkk., 2020b).

Perkecambahan merupakan salah satu teknologi sederhana yang dapat digunakan untuk memperbaiki mutu beras pecah kulit (Munarko, dkk., 2019). Selama proses perkecambahan, enzim-enzim mulai aktif dan mengubah makromolekul seperti karbohidrat dan protein menjadi senyawa yang lebih sederhana (Charoenthaikij, dkk., 2009). Selain itu, perkecambahan juga dapat mengaktifkan enzim yang bertanggung jawab terhadap perubahan beberapa komponen bioaktif pada beras pecah kulit (Zhang, dkk., 2014; Cho dan Lim, 2018). Salah satu senyawa bioaktif yang penting pada beras kecambah yaitu  *$\gamma$ -aminobutyric acid* (GABA) (Munarko, dkk., 2021a; Munarko, dkk., 2021b; Sitanggang, dkk., 2021). GABA merupakan asam amino empat

karbon di luar asam amino penyusun protein yang memiliki fungsi utama sebagai inhibitor *neurotransmitter* pada mamalia (Diana, dkk., 2014). Berbagai penelitian telah melaporkan manfaat GABA bagi kesehatan, di antaranya memberikan efek hipotensif (Hayakawa, dkk., 2004), memperbaiki kualitas tidur (Okada, dkk., 2000), dan membantu memulihkan gejala yang berkaitan dengan alkohol (Nakagawa dan Onota, 1996).

Pengembangan produk turunan berbasis tepung beras pecah kulit berkecambah telah banyak dilakukan oleh peneliti, di antaranya sebagai substitusi tepung pada pembuatan roti (Cornejo, dkk., 2015; Ohtsubo, dkk., 2005; Watanabe, dkk., 2004), produk ekstrusi (Ohtsubo dkk., 2005), dan produk minuman fungsional (Banchuen, 2010). Pengetahuan mengenai karakteristik tepung beras berkecambah yang digunakan sebagai ingredien pangan fungsional menjadi sangat penting. Hal ini disebabkan perbedaan proses perkecambahan dapat memengaruhi karakteristik tepung beras pecah kulit berkecambah yang dihasilkan.

Perkecambahan beras pecah kulit dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satu cara yang paling mudah yaitu dengan merendam beras pecah kulit dengan periode waktu tertentu hingga memicu pertumbuhan bakal tunas atau dikenal dengan perkecambahan dengan cara perendaman penuh (Munarko, dkk., 2019). Penelitian terdahulu melaporkan bahwa perkecambahan dengan cara perendaman penuh dapat meningkatkan kandungan GABA pada beras pecah kulit berkecambah varietas KDML 105, CNT 1 (Kaosa-ard dan Songsermpong, 2012), dan beras Jepang varietas Koshihikari (Ohtsubo, dkk., 2005) secara signifikan, serta memengaruhi profil *pasting* beras tersebut (Kaosa-ard dan Songsermpong, 2012). Pengayaan informasi mengenai tepung beras pecah kulit berkecambah dari varietas lain dan analisis perubahan senyawa lainnya seperti kandungan total fenol, kapasitas antioksidan,  $\gamma$ -orizanol, dan komposisi asam lemak diperlukan untuk memperkaya informasi karakteristik tepung beras pecah kulit berkecambah yang ada saat ini. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lama waktu perendaman beras pecah kulit dalam memproduksi beras

---

kecambah terhadap profil *pasting* dan beberapa perubahan komponen bioaktifnya.

## II. METODOLOGI

### 2.1. Bahan

Beras pecah kulit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari padi varietas Inpara 3 (gabah kelas benih berlabel ungu) yang diperoleh dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Sukamandi, Subang, Jawa Barat. Gabah digiling menggunakan mesin penggiling gabah (Yanmar, Jepang) dan disortasi menggunakan mesin *rice grader* (Ogawa Seiki, Co Ltd, Jepang) untuk memisahkan beras patah dari beras utuh.

### 2.2. Pembuatan Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah

Beras pecah kulit disanitasi dengan merendam beras selama 30 menit di dalam larutan klorin 0,1 persen, kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya, perkecambahan dilakukan dengan merendam 0,5 kg beras pecah kulit ke dalam 5 L air. Wadah yang berisi sampel dimasukkan ke dalam *hot air sterilizer* untuk mengontrol suhu air perendaman pada kisaran 30°C. Air perendaman diganti secara berkala setiap empat jam sekali untuk mencegah kerusakan akibat mikroba dengan cara membilas beras terlebih dahulu dengan air bersih sebelum dimasukkan ke dalam wadah dan air perendaman yang baru. Pengambilan sampel dilakukan setelah perendaman ke-24, 48, 72, 96, dan 120 jam. Semua sampel dikeringkan dengan menggunakan *freeze dryer* (Labconco, US). Sampel ditepungkan dengan *waring blender* (Miyako, Indonesia) dan diayak 40 mesh untuk menyeragamkan ukuran. Tepung beras pecah kulit berkecambah disimpan di dalam plastik gelap pada suhu -18°C hingga dilakukan analisis.

#### 2.2.1. Analisis Profil *Pasting*

Analisis profil *pasting* dilakukan dengan menggunakan instrument *rapid visco analyzer* (Tec-Master, Newport Scientific, Australia). Sampel tepung (3 g, kadar air 14 persen) dilarutkan dalam 25 g akuades. Sampel dipanaskan hingga suhu 50°C dan dipertahankan selama 1 menit. Setelah itu, suhu pemanasan dinaikkan dari 50°C menjadi 95°C dengan kecepatan kenaikan suhu 6°C *per* menit dan dipertahankan selama 5 menit. Setelah itu,

sampel didinginkan kembali sehingga mencapai suhu 50°C dengan kecepatan penurunan suhu sebesar 6°C *per* menit, kemudian suhu 50°C ini dipertahankan kembali selama 5 menit (AACC, 1999). Hasil analisis profil *pasting* dari dua ulangan dihitung nilai rataannya dan disajikan dalam bentuk kurva hubungan antara waktu, viskositas, dan suhu.

#### 2.2.2. Analisis Total Fenol dan Kapasitas Antioksidan (DPPH)

Sebanyak 1,5 g (berat kering) tepung beras diekstraksi menggunakan 20 mL etanol 80 persen dan di-*shaker* selama 30 menit. Ekstraksi dilanjutkan dengan proses sentrifugasi pada 6000 rpm, 4°C, 30 menit (Hermle Z 383 K, Wehingen, Jerman). Supernatan diambil dan dipindahkan ke dalam botol amber gelap untuk dianalisis kandungan total fenol dan kapasitas antioksidan (Munarko, dkk., 2020).

Analisis total fenol mengacu pada penelitian Singleton dan Rossi (1965) dengan modifikasi. Sebanyak 0,2 mL ekstrak sampel dicampur dengan 1,8 mL reagen folin-ciocalteau yang diencerkan 10 kali (disiapkan segar) dan 1,8 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 6 persen. Setelah diinkubasi selama 90 menit di ruang gelap, sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer (Thermo Scientific™ GENESYS™ 150 UV-Visible) pada panjang gelombang 725 nm. Analisis dilakukan sebanyak dua ulangan dan dinyatakan dalam mg ekuivalen asam galat per 100g berat kering (mg GAE/100g).

Analisis kapasitas antioksidan mengacu pada penelitian Brand-Williams, dkk. (1995) dengan modifikasi. Ekstrak sampel (0,3 mL) dan akuades (0,7 mL) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 3,0 mL reagen 120 µM DPPH dalam metanol (sebagai kontrol digunakan etanol 80 persen untuk menggantikan ekstrak sampel). Larutan kemudian dihomogenisasi menggunakan *vortex* dan didiamkan selama 60 menit dalam kondisi gelap. Selanjutnya, sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 515 nm dan dihitung persen inhibisinya. Hasil analisis aktivitas antioksidan dari dua ulangan dinyatakan sebagai rata-rata mg ekuivalen asam askorbat /100 gram sampel kering (mg AAE/100g). Persen inhibisi dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$I = \frac{A \text{ kontrol} - A \text{ sampel}}{A \text{ kontrol}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- I = Persen inhibisi
- A Kontrol = Nilai absorbansi kontrol
- A Sampel = Nilai absorbansi sampel

### 2.3. Analisis GABA

Analisis kandungan GABA dilakukan dengan menggunakan metode kolorimetri (Zhang, dkk., 2014). Satu gram sampel dicampur dengan 5,0 mL air destilata dan diekstraksi menggunakan *shaker* (innova 2300, *new brunswick scientific*) 200 rpm selama 1 jam. Sampel disentrifugasi (Eppendorf 5810R) pada kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Supernatan diambil dan disaring menggunakan kertas saring nilon 0,45 mikron (Axiva). Sebanyak 0,5 mL ekstrak sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi bertutup, ditambahkan dengan 0,2 mL buffer borat (pH 9,0) dan 1,0 mL fenol 6 persen (b/v) lalu di-*vortex*. Campuran lalu didinginkan di dalam *ice box* selama 5 menit. Selanjutnya, ke dalam tabung reaksi ditambahkan NaOCl 9 persen (v/v) dan di-*vortex* dengan kencang selama 10 detik. Tabung didinginkan kembali selama 5 menit, selanjutnya dipanaskan di dalam *waterbath* pada suhu  $95 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 10 menit. Tabung sesekali digoyang-goyangkan selama pemanasan. Setelah pemanasan selesai, tabung didinginkan dengan cepat di dalam air es ( $\pm 4^\circ\text{C}$ ) selama 20 menit sambil digoyang-goyang hingga terbentuk warna biru yang stabil. Kemudian, sampel ditambahkan 0,5 mL etanol 60 persen (v/v) dan di-*vortex*. Sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer (Thermo Scientific<sup>TM</sup> GENESYS<sup>TM</sup> 150 UV-Visible) pada panjang gelombang 645 nm. Pembuatan kurva standar dilakukan dengan membuat seri pengenceran standar GABA (Acros Organics, New Jersey, US) konsentrasi 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm. Analisis dilakukan sebanyak dua ulangan dan dinyatakan dalam bentuk nilai rata-rata  $\pm$  sd.

### 2.4. Analisis $\gamma$ -orizanol

Ekstraksi sampel dan analisis total  $\gamma$ -orizanol dilakukan berdasarkan metode ekstraksi parsial yang dikembangkan oleh Lilitchan, dkk. (2008) dengan menggunakan pelarut isopropanol.

Sampel masing-masing 1,0 g dimasukkan ke dalam tabung vial dan diekstraksi menggunakan isopropanol dengan volume 4 mL dan 8 mL. Sampel dicampur menggunakan *vortex mixer* selama 1 menit pada suhu ruang, dilanjutkan dengan sentrifugasi 2500 rpm selama 10 menit. Masing-masing supernatan tersebut diukur dengan menggunakan spektrofotometer (Thermo Scientific<sup>TM</sup> GENESYS<sup>TM</sup> 150 UV-Visible) pada panjang gelombang 326 nm. Kurva standar kalibrasi dibuat dengan menggunakan senyawa standar  $\gamma$ -orizanol. Perhitungan kadar  $\gamma$ -orizanol dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$y = \frac{x_1 x_2}{2x_1 - x_2} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- y = total  $\gamma$ -orizanol di dalam sampel (mg/100g)
- $x_1$  = jumlah  $\gamma$ -orizanol di dalam ekstrak 4 mL
- $x_2$  = jumlah  $\gamma$ -orizanol di dalam ekstrak 8 mL

Analisis dilakukan sebanyak dua kali ulangan dan dilaporkan sebagai nilai rata-rata  $\pm$  sd.

### 2.5. Analisis Komposisi Asam Lemak

Analisis komposisi asam lemak hanya dilakukan pada perlakuan perendaman 120 jam untuk melihat profil asam lemak tepung beras pecah kulit setelah dikecambahkan. Ekstraksi sampel dilakukan dengan modifikasi metode Bligh dan Dyer (1959) oleh Munarko, dkk. (2020). Sebanyak 5,0 g tepung beras diekstraksi dengan menggunakan kloroform, metanol, dan air dengan perbandingan 1:2:0,8 (v/v/v), dan disentrifugasi selama 10 menit. Campuran kemudian ditambahkan kembali dengan kloroform dan larutan KCl 0,85 persen (di dalam akuades) sehingga perbandingan kloroform: metanol: air menjadi 2:2:1,8 dan disentrifugasi kembali. Sampel disaring dan supernatan didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan fraksi lemak diambil dan dievaporasi dengan gas nitrogen pada suhu  $50^\circ\text{C}$ . Ekstrak lemak siap untuk diderivatisasi.

Derivatisasi asam lemak menggunakan katalis  $\text{BF}_3$ -metanol. Lemak hasil ekstraksi ditambah dengan 1,0 mL standar internal  $\text{C}_{17:0}$ , 1,5 mL NaOH 0,5 N (di dalam metanol), dan dipanaskan pada suhu  $95^\circ\text{C}$  selama 5

menit. Setelah didinginkan, ke dalam tabung ditambahkan 2 mL BF<sub>3</sub> metanol (14 persen, b/v) dan dipanaskan kembali selama 30 menit. Tabung didinginkan, ditambahkan dengan heksana 1 mL dan campuran dihomogenisasi menggunakan *vortex*. Campuran ditambah dengan larutan NaCl jenuh dan dihomogenisasi menggunakan *vortex*. Lapisan paling atas diambil dan siap untuk diinjeksikan ke instrumen GC-FID.

Metil ester asam lemak dari standar eksternal maupun sampel hasil derivatisasi diinjeksikan ke dalam instrumen GC dengan injektor *splitless* dan detektor FID (*Flame Ionization Detector*). Suhu injektor dan detektor masing-masing 270 dan 280°C. Kolom yang digunakan yaitu DB-23 (60 m × 0,25 mm, dengan ketebalan film 0,25 μm) (J dan W Scientific, Folsom, Canada). Prosedur pengoperasian suhu pada GC dilakukan sebagai berikut: 130°C ditahan 2 menit, dinaikkan menjadi 170°C dengan kecepatan 6,5°C/menit (ditahan 5 menit), dinaikkan menjadi 215°C dengan kecepatan 2,75°C/menit (ditahan 12 menit),

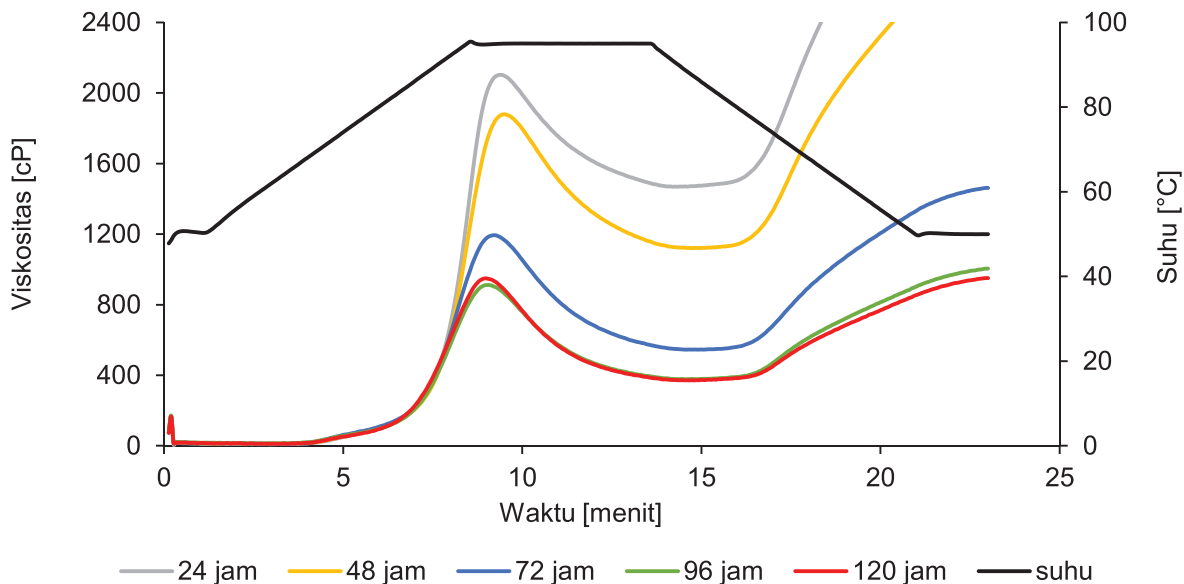
## 2.6. Analisis Data

Penyajian data dilakukan dengan menggunakan aplikasi *microsoft office excel* dan SPSS versi 22. Analisis ragam dan signifikansi antar sampel dilakukan dengan menggunakan uji selang berganda Duncan pada taraf nyata 5 persen.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Profil *Pasting* Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah

Hasil analisis profil *pasting* tepung beras pecah kulit berkecambah pada berbagai waktu perendaman disajikan pada Gambar 1. Analisis profil *pasting* dapat menggambarkan perilaku pasta pati atau tepung selama pemanasan, pemasakan, dan pendinginan. Hasil analisis profil *pasting* tepung beras pecah kulit selama perkecambahan menunjukkan adanya penurunan signifikan ( $p < 0,05$ ) pada parameter viskositas puncak, *breakdown*, *setback*, dan viskositas akhir. Semakin lama waktu perkecambahan beras pecah kulit menunjukkan penurunan yang semakin signifikan (Gambar 1).



**Gambar 1.** Profil Gelatinisasi Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah dengan Perbedaan Lama Waktu Perendaman

dinaikkan menjadi 230°C dengan kecepatan 30 °C/menit (ditahan 30 menit). Gas pembawa yang digunakan terdiri dari gas helium dan nitrogen grade UHP (*ultrahigh purity*) dengan laju masing-masing 11,07 dan 31,24 mL/menit.

Suhu gelatinisasi merupakan suhu minimal yang diperlukan untuk granula pati dapat tergelatinisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu perkecambahan tidak memengaruhi suhu gelatinisasi secara signifikan

---

(Gambar 1). Hasil yang identik juga dilaporkan pada penelitian Kaosa-ard dan Songsermpong (2012) yang menunjukkan tidak terjadinya perubahan signifikan pada suhu gelatinisasi.

Granula pati yang tergelatinisasi mengalami pembengkakan dan mengakibatkan terjadinya peningkatan viskositas pada pasta tepung beras pecah kulit berkecambah hingga mencapai viskositas puncak. Hasil penelitian pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman untuk memproduksi beras kecambah dapat mempercepat waktu granula mencapai viskositas puncak dan menurunkan viskositas puncaknya. Perendaman 24 jam dan 48 jam memiliki viskositas puncak tidak berbeda nyata (2103 dan 1881 cP), namun pada perendaman 72 hingga 120 jam menunjukkan penurunan viskositas puncak secara signifikan ( $p < 0,05$ ; kisaran 1194–915 cP). Perendaman dapat memicu terjadinya metabolisme pada beras pecah kulit. Selama perendaman, enzim amilase mulai aktif kembali dan menghidrolisis molekul pati, menyebabkan jumlah pati berkurang, serta sebagian molekul pati menjadi lebih pendek sehingga gel pati lebih mudah untuk larut dan mengakibatkan penurunan viskositas puncak (Mohan, dkk., 2010; Xu, dkk., 2012). Peningkatan aktivitas enzim protease juga diduga menjadi faktor penting dalam penurunan viskositas puncak. Hal ini disebabkan enzim protease mampu menghidrolisis protein dan memutus jembatan disulfida. Protein yang memiliki ikatan disulfida membatasi pembengkakan granula pati saat gelatinisasi dan menyebabkan granula yang telah membengkak menjadi sulit untuk terurai oleh pengadukan. Sehingga, dengan tidak adanya koneksi antar protein dapat meningkatkan fragilitas granula pati dan menurunkan kurva viskositas pada tepung beras (Xu, dkk., 2012; Xie, dkk., 2008). Granula pati yang membengkak secara maksimal menjadi pecah dan menyebabkan terjadinya penurunan viskositas (*breakdown*). Hasil penelitian menunjukkan lama waktu perendaman tidak memengaruhi perubahan nilai *breakdown* pada beras pecah kulit berkecambah (Gambar 1). Namun, secara umum studi perkecambahan beras pecah kulit melaporkan bahwa nilai *breakdown* tepung beras kecambah lebih rendah dibandingkan dengan beras sebelum dikecambahkan (Wu, dkk., 2013; Kaosa-ard dan Songsermpong, 2012; Xu, dkk.,

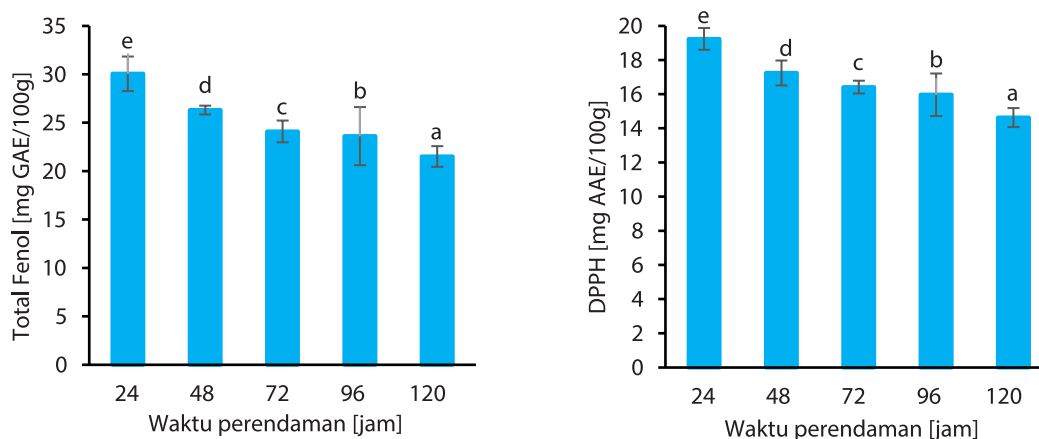
2012). Perbedaan penurunan nilai *breakdown* pada tepung beras kecambah seiring dengan lama waktu perkecambahan sangat tergantung dari varietas beras (Wu, dkk., 2013).

Pendinginan pasta pati menyebabkan terjadinya agregasi amilosa yang mengakibatkan terjadinya peningkatan viskositas akhir. Perubahan viskositas saat pasta mulai didinginkan hingga mencapai viskositas akhir disebut dengan parameter *setback*. Penurunan viskositas akhir dan *setback* juga terjadi seiring dengan lamanya waktu perendaman beras pecah kulit berkecambah (Gambar 1). Hal tersebut mengindikasikan bahwa tepung beras pecah kulit berkecambah cenderung lebih tahan terhadap retrogradasi (Xu, dkk., 2012).

### **3.2. Kandungan Total Fenol dan Kapasitas Antioksidan Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah**

Gambar 2 menyajikan kandungan total fenol dan kapasitas antioksidan tepung beras pecah kulit berkecambah dengan lama waktu perkecambahan yang berbeda. Lama waktu perendaman beras pecah kulit untuk memicu pertumbuhan bakal tunas memengaruhi perubahan kandungan total fenol dan kapasitas antioksidan secara signifikan ( $p < 0,05$ ).

Kandungan total fenol dan kapasitas antioksidan tepung beras kecambah setelah perendaman 24 jam masing-masing sebesar 30,06 mg GAE/100g dan 19,23 mg AAE/100g. Perkecambahan dengan waktu perendaman yang lebih lama menyebabkan penurunan signifikan ( $p < 0,05$ ) pada kandungan total fenol dan kapasitas antioksidan tepung beras pecah kulit berkecambah. Kandungan total fenol tepung beras kecambah setelah perendaman 48, 72, 96, dan 120 jam mengalami penurunan masing-masing menjadi 26,31; 24,10; 23,61; dan 21,52 mg GAE/100g. Sementara itu, kapasitas antioksidan tepung beras pecah kulit berkecambah pada kondisi yang sama juga mengalami penurunan secara signifikan ( $p < 0,05$ ). Kapasitas antioksidan tepung beras kecambah pada perendaman 48 jam mengalami penurunan menjadi 17,24 mg AAE/100g, kemudian terus mengalami penurunan pada waktu perendaman yang lebih lama menjadi 16,42; 15,97; dan 14,63 mg AAE/100g pada 72, 96, dan 120 jam.



**Gambar 2.** Kandungan Total Fenol an Kapasitas Antioksidan (DPPH) Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah; Huruf berbeda pada grafik menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan total fenol selama perendaman. Penurunan total fenol diduga akibat dari beberapa senyawa fenolik yang ikut terlarut ke dalam air perendam (Munarko, dkk., 2021a; Cho dan Lim, 2018). Selain itu, metode perkecambahan juga memengaruhi perubahan senyawa fenolik pada beras pecah kulit berkecambah. Perkecambahan parsial, yaitu dengan perendaman beras pecah kulit yang dilanjutkan dengan inkubasi lingkungan atmosferik, dapat meningkatkan kandungan total fenol dan kapasitas antioksidan beras pecah kulit berkecambah secara signifikan terutama pada waktu perkecambahan yang lebih lama (Maisont dan Narkrugsa, 2010; Yodpitak, dkk., 2019; Cáceres, dkk., 2014; Munarko, dkk., 2021b). Munarko, dkk. (2021b) melakukan penelitian dengan membandingkan dua metode perkecambahan dan melaporkan bahwa perkecambahan dengan perendaman parsial dapat meningkatkan kandungan total fenol dan antioksidan lebih tinggi dibandingkan dengan perkecambahan dengan metode perendaman penuh.

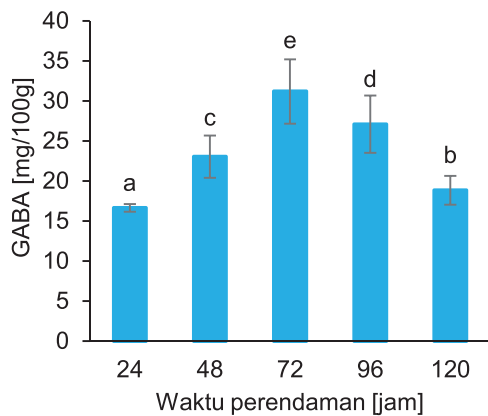
Peningkatan kandungan senyawa fenolik pada beras pecah kulit berkecambah didasarkan pada adanya aktivitas enzim-enzim yang terlibat di dalam metabolisme senyawa fenolik seperti enzim PAL (*phenylalanine ammonia-lyase*) dan CW-PRX (*cell wall peroxidase*) yang mengalami peningkatan selama perkecambahan (Cho dan Lim, 2018). Pada penelitian ini kandungan total fenol pada beras pecah kulit berkecambah justru mengalami penurunan. Keberadaan air

perendaman yang secara terus menerus kontak dengan permukaan beras selama perkecambahan berpotensi menyebabkan beberapa senyawa fenolik ikut terlarut ke dalam air perendaman sehingga menurunkan kandungan total fenolnya (Munarko, dkk., 2021a; Cho dan Lim, 2018). Selain itu, varietas juga dapat memengaruhi perubahan komponen fenolik dan antioksidannya selama perkecambahan. Hasil penelitian beras ketan merah (*red jasmine*) yang dikecambahkan mengalami penurunan pada kandungan total fenol sedangkan pada beras ketan hitam dan beras nonketan dengan perlakuan yang sama mengalami peningkatan (Phattayakorn, dkk., 2016).

### 3.3. Akumulasi GABA pada Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah

GABA merupakan salah satu metabolit sekunder yang sangat penting pada beras pecah kulit berkecambah. Kandungan GABA pada biji-bijian dan sereal relatif rendah, namun proses perkecambahan secara signifikan dapat meningkatkan akumulasi GABA pada biji-bijian (Munarko, dkk., 2021a; Zhang, dkk., 2014). Hasil analisis GABA pada tepung beras pecah kulit berkecambah yang dikecambahkan pada beberapa perlakuan waktu perendaman disajikan pada Gambar 3.

Akumulasi GABA tepung beras pecah kulit setelah perendaman 24 jam sebesar 16,63 mg/100g. Kandungan GABA pada beras keambah mengalami peningkatan setelah perendaman 48 jam (23,03 mg/100g) dan mencapai kadar tertinggi pada perendaman 72 jam (31,17 mg/100g). Perendaman dengan



**Gambar 3.** Kandungan GABA Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah; Huruf berbeda pada grafik menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

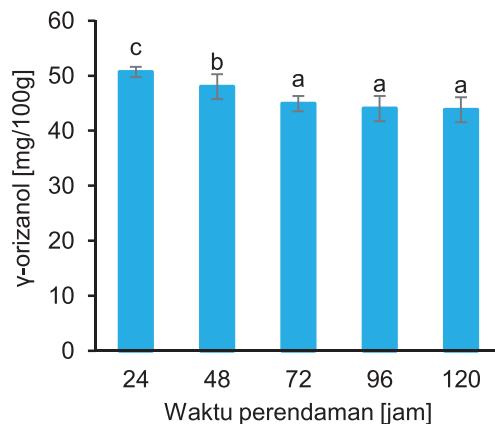
waktu yang lebih lama (96 dan 120 jam) mengakibatkan kandungan GABA mengalami penurunan kembali, masing-masing menjadi 27,08 mg/100g dan 18,84 mg/100g.

Peningkatan kandungan GABA selama perkecambahan berkaitan erat dengan meningkatnya aktivitas enzim glutamat dekarboksilase yang mengubah asam glutamat menjadi GABA melalui jalur GABA *shunt* (Zhang, dkk., 2014). Sebagai senyawa intermediet, GABA juga dapat dikonversi lebih lanjut menjadi suksinat oleh enzim GABA transaminase (GABA-T) dan suksinat semialdehid (SSADH) (Shelp, dkk., 1999). Penurunan GABA pada varietas Inpara 3 setelah perendaman 96 dan 120 jam diduga berhubungan dengan penurunan aktivitas GAD dan peningkatan aktivitas GABA-T, sehingga laju produksi GABA lebih rendah dibandingkan dengan laju konversi GABA menjadi suksinat.

### 3.4. Kandungan $\gamma$ -orizanol Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah

Gamma-orizanol merupakan salah satu senyawa bioaktif yang paling banyak ditemukan pada fraksi non-polar. Senyawa ini tersusun dari struktur kompleks antara ferulat dengan sterol atau triterpena alkohol melalui ikatan ester (Rogers, dkk., 1993). Beberapa senyawa  $\gamma$ -orizanol yang paling banyak ditemukan pada beras pecah kulit di antaranya *cycloartenyl ferulate*, *24-methylene cycloartenyl ferulate*, dan *campestanyl ferulate* (Jayadeep

dan Malleshi 2011). Beberapa manfaat  $\gamma$ -orizanol bagi tubuh di antaranya sebagai antioksidan dan memberikan efek hipokolesterolemik (Xu, dkk., 2001; Wilson, dkk., 2007).



**Gambar 4.** Kandungan  $\gamma$ -orizanol Tepung Beras Pecah Kulit Berkecambah; Huruf berbeda pada grafik menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

Gambar 4 menyajikan kandungan  $\gamma$ -orizanol beras yang dikecambahkan pada berdasarkan peningkatan lama waktu perendaman. Kandungan  $\gamma$ -orizanol pada tepung beras pecah kulit berkecambah perendaman 24 jam sebesar 50,69 mg/100g dan mengalami penurunan signifikan ( $p < 0,05$ ) pada perendaman 48 jam (47,99 mg/100g). Beras kecambah dengan perlakuan perendaman yang lebih lama, yaitu perendaman 72, 96, dan 120 jam juga mengalami sedikit penurunan (44,91 mg/100g, 44,03 mg/100g, dan 43,81 mg/100g) meskipun ketiganya tidak berbeda secara signifikan.

Penurunan kandungan  $\gamma$ -orizanol juga telah dilaporkan pada beberapa studi perkecambahan beras pecah kulit. Penelitian Cáceres, dkk. (2017) melaporkan adanya penurunan kandungan  $\gamma$ -orizanol pada awal perendaman beras, sedangkan pada proses inkubasi lanjutan untuk mengecambahkan beras tidak menunjukkan adanya perubahan signifikan. Selain itu, beberapa varietas yang dilaporkan pada penelitian Kiing, dkk. (2009) dan Lee, dkk. (2007) juga menunjukkan adanya sedikit penurunan kandungan  $\gamma$ -orizanol selama perendaman dan perkecambahan. Penurunan kandungan  $\gamma$ -orizanol pada beras pecah kulit berkecambah dapat diduga akibat dari



adanya lapisan bekatul pada beras pecah kulit yang terlepas selama perendaman. Senyawa  $\gamma$ -orizanol pada beras pecah kulit terkonsentrasi pada lapisan bekatul (Lilitchan, dkk., 2008).

### 3.5. Komposisi Asam Lemak

Komposisi asam lemak tepung beras pecah kulit berkecambah disajikan pada Tabel 1. Tujuan analisis komposisi asam lemak pada penelitian ini hanya untuk melihat profil asam lemak pada tepung beras pecah kulit berkecambah, sehingga dipilih perlakuan perkecambahan paling lama, yaitu perendaman 120 jam sebagai model untuk dianalisis.

Asam lemak linoleat, oleat, dan palmitat merupakan tiga asam lemak paling dominan pada beras pecah kulit berkecambah. Berdasarkan tingkat kejenuhan ikatan penyusun asam lemaknya, beras kecambah juga didominasi oleh asam lemak tidak jenuh yang berkontribusi sekitar 76,68 persen dari total asam lemak yang diuji. Asam lemak tidak jenuh yang teridentifikasi pada tepung beras pecah kulit berkecambah terdiri dari linoleat (37,39 persen), oleat (34,96 persen), linolenat (3,10 persen), gadoleinat (1,02 persen), dan palmitoleat (0,21 persen) (Tabel 1).

**Tabel 1.** Komposisi Asam Lemak Tepung Kecambah Beras Pecah Kulit Perendaman 120 Jam

Komposisi	Persentase (%)
Asam miristat (C14:0)	0,84
Asam palmitat (C16:0)	19,73
Asam palmitoleat (C16:1)	0,21
Asam stearat (C18:0)	2,17
Asam oleat (C18:1 <i>cis</i> )	34,96
Asam linoleat (C18:2)	37,39
Asam linolenat (C18:3)	3,10
Asam arakidat (C20:0)	0,31
Asam gadoleinat (C20:1)	1,02
Asam benehat (C22:0)	0,27
Asam lemak jenuh	23,32
Asam lemak tidak jenuh	76,68
Total	100,00

\*Komposisi asam lemak dinyatakan dalam persen asam lemak terhadap total asam lemak yang teridentifikasi.

Kandungan asam lemak pada beras pecah kulit yang tidak dikecambahkan dari penelitian lainnya dilaporkan didominasi oleh asam linoleat, oleat, dan palmitat sebagai asam lemak utama (Munarko, dkk., 2020b). Menurut Jayadeep dan Malleshi (2011), penelitian terdahulu melaporkan bahwa komposisi asam lemak pada beras pecah kulit tidak mengalami perubahan selama perkecambahan (Jayadeep dan Malleshi, 2011; Munarko, dkk., 2021a). Kandungan asam lemak masih didominasi oleh asam linoleat, oleat, dan asam palmitat. Sementara itu, menurut Indriarsih, dkk. (2017), kandungan asam lemak tidak jenuh pada beras kecambah mengalami sedikit peningkatan seiring dengan lama waktu perkecambahan, terutama pada asam linoleat.

## IV. KESIMPULAN

Lama waktu perendaman untuk memproduksi beras kecambah mampu memodifikasi karakteristik profil *pasting* tepung beras kecambah. Semakin lama waktu perendaman menyebabkan penurunan viskositas puncak, *breakdown*, *setback*, dan viskositas akhir.

Perendaman beras pecah kulit juga memengaruhi ketersediaan komponen bioaktif dan kapasitas antioksidan pada beras. Kandungan GABA mengalami peningkatan signifikan hingga pada perendaman 72 jam, sedangkan senyawa fenolik, kapasitas antioksidan, dan  $\gamma$ -orizanol mengalami penurunan. Penurunan kandungan komponen bioaktif diduga akibat dari adanya komponen bioaktif ikut terlarut ke dalam air perendaman. Komposisi asam lemak tepung beras pecah kulit berkecambah pada perendaman 120 jam didominasi oleh asam lemak tidak jenuh.

## DAFTAR PUSTAKA

- AACC [American Association of Cereal Chemists]. 1999. AACC Approved Methods of Analysis, 11th Edition -AACC Method 61-02.01. Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
- Banchuen, J. 2010. *Bio-Active Compounds in Germinated Brown Rice and Its Application*. PhD Thesis at Prince of Songkla University, 125 h.
- Bigliardi, B., and F. Galati. 2013. Innovation Trends in The Food Industry: The Case of Functional Foods. *Trends in Food Science & Technology*

- 31 (2013): 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
- Bligh, E.G., and W.J. Dyer. 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37 (8): 911–917.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology* 28 (1): 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- Cáceres, P.J., C. Martínez-Villaluenga, L. Amigo, and J. Frias. 2014. Maximising the Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Ecuadorian Brown Rice Sprouts through Optimal Germination Conditions. *Food Chemistry* 152: 407–414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.156>.
- Cáceres, P.J., E. Peñas, C. Martínez-Villaluenga, L. Amigo, and J. Frias. 2017. Enhancement of Biologically Active Compounds in Germinated Brown Rice and the Effect of Sun-Drying. *Journal of Cereal Science* 73: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.001>.
- Charoenthaikij, P., K. Jangchud, A. Jangchud, K. Piyachomkwan, P. Tungtrakul, and W. Prinyawiwatkul. 2009. Germination Conditions Affect Physicochemical Properties of Germinated Brown Rice Flour. *Journal of Food Science* 74 (9): 255. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01345.x>.
- Cho, D.H. and S.T. Lim. 2018. Changes in Phenolic Acid Composition and Associated Enzyme Activity in Shoot and Kernel Fractions of Brown Rice during Germination. *Food Chemistry* 256 (February): 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.040>.
- Cornejo, F., P.J. Cáceres, C. Martínez-Villaluenga, C.M. Rosell, and J. Frias. 2015. Effects of Germination on the Nutritive Value and Bioactive Compounds of Brown Rice Breads. *Food Chemistry* 173: 298–304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.037>.
- Diana, M., J. Quilez, and M. Rafecas. 2014. Gamma-Aminobutyric Acid as a Bioactive Compound in Foods: A Review. *Journal of Functional Foods* 10: 407–420. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.004>.
- Hayakawa, K., M. Kimura, K. Kasaha, K. Matsumoto, H. Sansawa, and Y. Yamori. 2004. Effect of a Gamma-Aminobutyric Acid Enriched Dairy Product on Blood Pressure of Spontaneously Hypertensive and Normotensive Wistar-Kyoto Rats. *British Journal of Nutrition* 92: 411–417.
- Indriarsih, S., M. Astuti, S. Kanoni, and E.S. Rahayu. 2017. Fatty Acid Composition and Physicochemical Properties in Germinated Black Rice. *Indonesian Food and Nutrition Progress* 14 (1): 29–36. <http://journal.ugm.ac.id/jifnp>.
- Jayadeep, A. and N. G. Malleshi. 2011. Nutrients, Composition of Tocotrienols, Tocopherols, and  $\gamma$ -Oryzanol, and Antioxidant Activity in Brown Rice before and after Biotransformation. *CYTA - Journal of Food* 9 (1):82–87. <https://doi.org/10.1080/19476331003686866>
- Kaosa-ard, T. and S. Songsermpong. 2012. Influence of Germination Time on the GABA Content and Physical Properties of Germinated Brown Rice. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 5 (4): 270–283.
- Kiing, S.C., P.H. Yiu, A. Rajan, and S.C. Wong. 2009. Effect of Germination on  $\gamma$ -Oryzanol Content of Selected Sarawak Rice Cultivars. *American Journal of Applied Sciences* 6 (9): 1658–1661. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2009.1658.1661>.
- Lee, Y.R, J.Y. Kim, K.S. Woo, I.G. Hwang, K.H. Kim, K.J. Kim, and H.S. Jeong. 2007. Changes in the Chemical and Functional Components of Korean Rough Rice before and after Germination. *Food Science and Biotechnology* 16: 1006–1010.
- Lilitchan, S., C. Tangprawat, K. Aryasuk, S. Krisnangkura, S. Chokmoh, and K. Krisnangkura. 2008. Partial Extraction Method for the Rapid Analysis of Total Lipids and  $\gamma$ -Oryzanol Contents in Rice Bran. *Food Chemistry* 106 (2): 752–759. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.052>.
- Maisont, S. dan W. Narkrugsa. 2010. The Effect of Germination on GABA Content, Chemical Composition, Total Phenolics Content and Antioxidant Capacity of Thai Waxy Paddy Rice. *Kasetsart Journal - Natural Science* 44 (5): 912–923.
- Mohan, B.H, N.G. Malleshi, and T. Koseki. 2010. Physico-Chemical Characteristics and Non-Starch Polysaccharide Contents of Indica and Japonica Brown Rice and Their Malts. *LWT - Food Science and Technology* 43: 784–791. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.002>.
- Munarko, H., A.B. Sitanggang, F. Kusnandar, dan S. Budijanto. 2019. Kecambah Beras Pecah Kulit : Proses Produksi Dan Karakteristiknya. *Pangan* 28 (3): 239–252.
- Munarko, H., S. Budijanto, A.B. Sitanggang, and F. Kusnandar. 2020a. Characteristics of Brown Rice var. Inpari 43 and Sonication Treatments for Extraction of Phenolic and Flavonoid Contents. Di dalam: 1st International Conference Eco-Innovation in Science, Engineering, and Technology Volume. Volume ke-2020. *NST Proceedings*. 52–56. <http://dx.doi.org/10.11594/nstp.2020.0507>
- Munarko, H., A.B. Sitanggang, F. Kusnandar, and

- S. Budijanto. 2020b. Phytochemical, Fatty Acid and Proximal Composition of Six Selected Indonesian Brown Rice Varieties. *CyTA - Journal of Food* 18 (1): 336–343. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1754295>.
- Munarko, H., A.B. Sitanggang, F. Kusnandar, and S. Budijanto. 2021a. Germination of Five Indonesian Brown Rice : Evaluation of Antioxidant , Bioactive Compounds, Fatty Acids and *Pasting* Properties. *Food Sci Technol*. 1–14 [Proses Cetak]. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.19721>.
- Munarko, H., A.B. Sitanggang, F. Kusnandar, and S. Budijanto. 2021b. Effect of Different Soaking and Germination Methods on Bioactive Compounds of Germinated Brown Rice. *Int J Food Sci Technol* 56 (9): 4540–4548. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.15194>.
- Nakagawa, K., and A. Onoto. 1996. Accumulation of G-Aminobutyric Acid (GABA) in the Rice Germ. *Shokuhin Kaihatsu* 31: 43–46.
- Ohtsubo, K., K. Suzuki, Y. Yasui, and T. Kasumi. 2005. Bio-Functional Components in the Processed Pre-Germinated Brown Rice by a Twin-Screw Extruder. *Journal of Food Composition and Analysis* 18 (4): 303–316. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.10.003>.
- Okada, T., T. Sugishita, T. Murakami, H. Murai, T. Saikusa, and T. Horio. 2000. Effect of the Defatted Rice Germ Enriched with GABA for Sleepless, Depression, Autonomic Disorder by Oral Administration. *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi* 47 (8): 596–603.
- Phattayakorn, K., P. Pajanyor, S. Wongtecha, A. Prommakool, and W. Saveboworn. 2016. Effect of Germination on Total Phenolic Content and Antioxidant Properties of 'Hang' Rice. *International Food Research Journal* 23 (1): 406–409.
- Ravichanthiran, K., Z. Ma, H. Zhang, Y. Cao, C. Wang, S. Muhammad, E. Aglago, Y. Zhang, Y. Jin, and B. Pan. 2018. "Phytochemical Profile of Brown Rice and Its Nutrigenomic Implications." *Antioxidants* 7 (6): 71. <https://doi.org/10.3390/antiox7060071>.
- Rogers, E.J., S.M. Rice, R.J. Nicolosi, D.R. Carpenter, C.A. McClelland, and L.J. Romanczyk. 1993. Identification and Quantitation of  $\gamma$ -oryzanol Components and Simultaneous Assessment of Tocols in Rice Bran Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 70: 301–307.
- Shelp, B.J., A.W. Bown, dan M.D. McLean. 1999. Metabolism and Functions of Gamma-Aminobutyric Acid. *Trends in Plant Science* 4 (11): 446–452. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(99\)01486-7](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(99)01486-7).
- Singleton, V.L dan J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144–158. <http://sci-hub.cc/http://www.ajevonline.org/content/16/3/144.short>.
- Sitanggang, A.B., M. Joshua, H. Munarko, F. Kusnandar, and S. Budijanto. Increased Gamma-aminobutyric Acid Content of Germinated Brown Rice Produced in Membrane Reactor. 59(3): 295–305. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.03.21.6846>
- Watanabe, M., T. Maeda, K. Tsukahara, H. Kayahara, and N. Morita. 2004. Application of Pregerminated Brown Rice for Breadmaking. *Cereal Chemistry* 81(4):450–455.
- Wilson, T.A., R.J. Nicolosi, B. Woolfrey, and D. Kritchevsky. 2007. Rice Bran Oil and Oryzanol Reduce Plasma Lipid and Lipoprotein Cholesterol Concentrations and Aortic Cholesterol Ester Accumulation to a Greater Extent than Ferulic Acid in Hypercholesterolemic Hamsters. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 18: 105–112.
- Wu, F., H. Chen, N. Yang, J. Wang, X. Duan, Z. Jin, and X. Xu. 2013. Effect of Germination Time on Physicochemical Properties of Brown Rice Flour and Starch from Different Rice Cultivars. *Journal of Cereal Science* 58 (2): 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.06.008>.
- Xie, L.H., N. Chen, B.W. Duan, Z.W. Zhu, and X.Y. Lia. 2008. Impact of Proteins on *Pasting* and Cooking Properties of Waxy and Non-Waxy Rice. *Journal of Cereal Science* 47:372–379.
- Xu, J., H. Zhang, X. Guo, and H. Qian. 2012. The Impact of Germination on the Characteristics of Brown Rice Flour and Starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92 (2): 380–387. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4588>.
- Xu, Z., N. Hua, dan J.S. Godber. 2001. Antioxidant Activity of Tocopherols, Tocotrienols, and  $\gamma$ -oryzanol Components from Rice Bran Against Cholesterol Oxidation Accelerated by 2,20-azino(2-methylpropionamide) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 2077–2081
- Yodpitak, S., S. Mahatheeranont, D. Boonyawan, P. Sookwong, S. Roytrakul, dan O. Norkaew. 2019. Cold Plasma Treatment to Improve Germination and Enhance the Bioactive Phytochemical Content of Germinated Brown Rice. *Food Chemistry* 289 (2019): 328–339. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.061>.
- Zhang, Q., J. Xiang, L. Zhang, X. Zhu, J. Evers, W. van der Werf, and L. Duan. 2014. Optimizing Soaking and Germination Conditions to Improve Gamma-Aminobutyric Acid Content in Japonica and Indica Germinated Brown Rice. *Journal*

---

of *Functional Foods* 10: 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.009>.

Zubair, M., F. Anwar, M. Ashraf, and M. K. Uddin. 2012. Characterization of High-Value Bioactives in Some Selected Varieties of Pakistani Rice (*Oryza Sativa* L.). *International Journal of Molecular Sciences* 13 (4): 4608–4622. <https://doi.org/10.3390/ijms13044608>.

#### BIODATA PENULIS:

**Hadi Munarko** dilahirkan di Rembang, 04 Januari 1993. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2015, pendidikan S2 Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor tahun 2020 dan S3 Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor tahun 2021.

**Slamet Budijanto** dilahirkan di Madiun, 2 Mei 1961. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 1985, pendidikan S2 *Food Chemistry, Tohoku University, Jepang* tahun 1990 dan S3 *Food Chemistry, Tohoku University Jepang* tahun 1993.

**Azis Boing Sitanggang** dilahirkan di Pematang Siantar, 11 September 1986. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 2008, pendidikan S2 *Chemical Engineering and Materials Science* di *Yuan Ze University Taiwan* tahun 2010, dan S3 *Chemical and Process Engineering, Technische Universität Berlin, Jerman* tahun 2016.

**Feri Kusnandar** dilahirkan di Bogor, 26 Mei 1968. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 1992, pendidikan S2 Ilmu Pangan di *University Putra Malaysia* tahun 1998, dan S3 Ilmu Pangan di *University of Newcastle* tahun 2003, Australia.