

# Metode-metode Perkecambahan Peningkat Aktivitas Antioksidan dalam Biji Beras Cokelat (*Oryza sativa* L.)

Syifani Khalda Maisa

*Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Bandung, Indonesia*

*email: syifanikhalda@gmail.com*

**ABSTRACT:** Brown rice contains secondary metabolites with antioxidant activity which can be increased by germination. This process is carried out by soaking rice in water until an extension of the embryo appears. The seed's uptake of water is a source of stress that can induce a rise in secondary metabolite synthesis. This method can be modified in several ways for higher antioxidant activity. This study addresses a few modifications namely the variation of germination conditions (duration & temperature), the use of elicitor, sun drying, anaerobic treatment, and plasma (cold & low-pressure plasma). The antioxidant activity difference percentage was used to show the extent of its increase, before and after treatment. The method of soaking brown rice in water, and germinating them for 96 hours at 34°C can increase the highest antioxidant activity of brown rice by 302,473%. This high increase might be caused by the short duration of soaking and the prolonged germination. Germinated brown rice with high antioxidant activity can be used in pharmaceutical, cosmetic, and food industries, or be consumed as antioxidants to ameliorate oxidative stress-induced diseases.

**Keywords:** Brown rice seed, methods of germination, antioxidant activity.

**ABSTRAK:** Beras coklat mengandung metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan, yang dapat ditingkatkan melalui proses perkecambahan. Perkecambahan dilakukan dengan merendam beras dalam air hingga perpanjangan embrionya muncul. Perendaman ini merupakan sumber stres yang dapat menginduksi peningkatan sintesis metabolit sekunder. Metode perkecambahan dapat dimodifikasi melalui beberapa cara untuk mendapatkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi pada beras. Studi ini membahas mengenai beberapa modifikasi metode tersebut, yaitu variasi kondisi perkecambahan (durasi & suhu), penggunaan elisitor, pengeringan beras oleh matahari, penggunaan perlakuan anaerobik, dan penggunaan plasma (plasma dingin & tekanan rendah). Persentase perbedaan aktivitas antioksidan digunakan untuk menunjukkan besar peningkatan aktivitas antioksidan beras sebelum dan sesudah perlakuan. Metode yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan paling tinggi dalam beras coklat yaitu sebesar 302,473%, adalah metode perendaman beras dalam air, dan dikecambahkan selama 96 jam pada suhu 34 oC. Peningkatan yang tinggi ini kemungkinan disebabkan oleh perendaman beras yang singkat, dan perkecambahan yang lama. Beras coklat kecambah dengan aktivitas antioksidan yang tinggi dapat dimanfaatkan dalam industri farmasi, makanan, atau kosmetika, dan untuk dikonsumsi masyarakat umum sebagai penangkal radikal bebas.

**Kata Kunci:** Biji beras coklat, metode perkecambahan, aktivitas antioksidan.

## 1 PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan spesi kimia yang memiliki elektron tak berpasangan, sangat reaktif, dan dapat menyebabkan berbagai macam penyakit (stres oksidatif). Spesi ini bisa bersumber dari dalam (metabolisme, malnutrisi, dll) maupun luar

tubuh (polusi udara, sinar UV, dll) (Winarsi, 2007). Antioksidan merupakan molekul stabil yang dapat menetralkan radikal bebas dengan mendonasikan elektronnya pada spesi tersebut (Lobo et al., 2010).

Tubuh dapat menyintesis antioksidan. Namun jika jumlah radikal bebas melebihi jumlah

antioksidan, maka, antioksidan dari luar tubuh masih tetap dibutuhkan. Salah satu sumber antioksidan dari luar tubuh adalah makanan beraktivitas antioksidan seperti beras cokelat (Winarsi, 2007).

Beras cokelat merupakan salah satu produk tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan dan bisa dikonsumsi. Aktivitas ini berasal dari metabolit sekunder yang dikandungnya (Ravichanthiran et al., 2018). Beras cokelat adalah beras yang sekamnya telah dibuang, namun masih menyisakan perikarp berwarna cokelat yang terlekat di permukaan bijinya (Chang & Bardenas, 1965).

Pengonsumsi beras cokelat kurang diminati oleh masyarakat karena teksturnya yang keras. Pengecambahan beras cokelat bisa menjadi solusi permasalahan tersebut. Selain dapat melunakkan beras, metode ini juga dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam beras serta senyawa bioaktif lain (Cho & Lim, 2016).

Terdapat berbagai macam metode perkecambahan beras cokelat yang bertujuan untuk meningkatkan aktivitas antioksidan di dalamnya. Studi ini membahas beberapa variasi dari metode tersebut, yaitu variasi kondisi perkecambahan (durasi & suhu), elisitasi, pengeringan oleh matahari, penggunaan perlakuan anaerobik, dan penggunaan plasma (tekanan rendah & dingin).

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode perkecambahan yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan tertinggi di antara beberapa metode perkecambahan. Diharapkan studi ini untuk dapat meningkatkan konsumsi beras cokelat kecamah di masyarakat, meningkatkan industri pengolahan metabolit sekunder beraktivitas antioksidan dalam beras cokelat, serta menjadi acuan untuk penelitian-penelitian lanjutan.

## 2 LANDASAN TEORI

Radikal bebas adalah spesi kimia sangat reaktif, yang memiliki elektron yang tidak berpasangan, atau biasa juga disebut sebagai suatu fragmen molekul. Spesi ini bisa bermuatan positif, negatif, maupun netral. Reaktan-reaktan utama yang biasa bereaksi dalam reaksi radikal bebas di dalam sel aerobik adalah oksigen dan derivat radikalnya (superoksida dan hidrosil radikal), hidrogen peroksida, dan logam transisi (Cheeseman & Slater, 1993). Biomakromolekul

seperti lipid, protein, dan DNA lebih berbahaya jika bereaksi dengan radikal bebas karena ikatannya dipakai bersamaan (kovalen) (Winarsi, 2007).

Antioksidan adalah molekul stabil yang dapat mendonasikan elektron pada radikal bebas, sehingga spesi tersebut bisa ternetralisasi. Antioksidan memiliki sifat penangkap radikal bebas (free radical scavenging property), yang dapat menunda atau menghambat kerusakan sel (Lobo et al., 2010).

Tubuh dapat memproduksi antioksidannya sendiri yaitu melalui metabolisme normal, seperti, glutathion, ubiquinol, dan asam urat. Adapula antioksidan yang berasal dari sistem enzim, seperti, superoksida dismutase (SOD), katalase, dan sistem glutathion (Lobo et al., 2010)

Metabolit sekunder tumbuhan adalah senyawa-senyawa yang tidak berperan langsung dalam tumbuh kembang tumbuhan. Metabolit sekunder ini disintesis dari metabolit primer. Metabolit sekunder berperan dalam interaksi antara tumbuhan dan lingkungannya, dalam bentuk adaptasi dan pertahanan terhadap herbivora, patogen, dan stres (Akula & Ravishankar, 2011). Metabolit sekunder tumbuhan dibagi menjadi beberapa golongan senyawa, yaitu terpenoid, minyak atsiri, senyawa fenolat, dan alkaloid (Croteau et al., 2000). Banyak diantaranya memiliki manfaat bagi manusia, seperti senyawa fenolat yang memiliki aktivitas antioksidan (Stratil, Klejdus & Kubáň, 2006).

Perkecambahan biji merupakan proses kompleks di mana biji harus secara cepat memulihkan fisiknya dari keadaan kering akibat pematangan (maturation drying). Mekanisme kerja proses perkecambahan biji: memulai kembali proses metabolisme berkelanjutan yang bisa menunjang pertumbuhan biji serta semua aktivitas-aktivitas selular penting melalui imbibisi, agar embrio (biasanya, radikel) bisa menembus endosperm dan memanjang. Kemudian, biji harus mempersiapkan proses selanjutnya yaitu pertumbuhan bibit (seedling growth) (Nonogaki et al., 2010). Selain itu, perkecambahan juga dapat menginduksi sintesis senyawa bioaktif baru, salah satunya adalah GABA (asam gamma aminobutirat); meningkatkan kadar metabolit sekunder, termasuk metabolit yang memiliki aktivitas antioksidan, sebagai bentuk pertahanan biji terhadap efek imbibisi atau bentuk stres

### 3 METODOLOGI

Literatur-literatur ilmiah yang relevan digunakan untuk menyusun studi literatur ini. Literatur tersebut terdiri dari artikel-artikel penelitian yang berasal dari dalam negeri (Indonesia) maupun internasional. Data yang didapatkan dari penelitian-penelitian tersebut kemudian dikumpulkan, lalu dibandingkan satu sama lainnya untuk memenuhi tujuan studi.

Kriteria inklusi dari studi ini adalah sampel beras yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi setelah dikecambahkan atau setelah diberi perlakuan dengan metodenya masing-masing (jika perlakuan dilakukan setelah perkecambahan); beras cokelat dengan endosperma putih. Dan kriteria eksklusi studi ini adalah sampel sampel yang nilai aktivitas antioksidannya belum distandarisasi; beras cokelat dengan endosperma berpigmen.

### 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data dari tujuh penelitian berbeda dibandingkan dalam studi ini, untuk menentukan metode perkecambahan yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam biji beras cokelat paling tinggi. Aktivitas antioksidan dalam biji beras cokelat yang dikecambahkan dapat ditingkatkan dengan berbagai cara. Variasiasi kondisi perkecambahan (durasi & suhu), elisitasi, pengeringan oleh matahari, penggunaan perlakuan anaerobik, dan penggunaan plasma (dingin & tekanan rendah) merupakan beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut dan dibahas dalam studi ini.

Untuk mencapai tujuan dari studi ini, dibandingkan data persentase perbedaan aktivitas antioksidan antarpencapaian. Digunakan data sebelum dan sesudah biji beras diperlakukan oleh masing-masing metode perkecambahan. Data ini digunakan karena diharapkan untuk dapat merepresentasikan peningkatan aktivitas antioksidan beras yang dikecambahkan setelah diperlakukan oleh masing-masing metode.

Persentase perbedaan aktivitas antioksidan dihitung dengan persamaan,

$$P = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \times 100$$

Di mana P adalah persentase perbedaan aktivitas antioksidan (%),  $A_0$  adalah aktivitas antioksidan sebelum perlakuan, dan  $A_1$  adalah aktivitas antioksidan setelah perlakuan.

Dari data penelitian yang didapatkan, diketahui bahwa, semakin lama durasi perkecambahan, aktivitas antioksidan dalam beras juga akan semakin meningkat. Terlihat dari durasi perkecambahan beras cokelat selama 48 serta 96 jam (Ti *et al.*, 2014; Cáceres *et al.*, 2014).

Peningkatan aktivitas antioksidan yang tinggi ini kemungkinan disebabkan oleh perendaman beras dengan durasi yang singkat, dan perkecambahan yang lama. Perendaman beras yang singkat dapat mengurangi kadar metabolit sekunder, seperti senyawa fenolat, yang ikut terlarut dalam air. Dan perkecambahan yang lama dapat menginisiasi mulainya *seedling growth*, yang kemungkinan dapat meningkatkan sintesis metabolit sekunder yang dapat digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan beras menjadi tumbuhan (Ekowati & Purwestri, 2016).

Ti *et al.* (2014) telah meneliti hubungan durasi perkecambahan (17, 24, 30, 35, dan 48 jam) dengan aktivitas antioksidan beras cokelat Tianyou 998. Aktivitas antioksidan dalam sampel beras diujikan dengan dua metode: FRAP dan ORAC. Beras dengan aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada beras yang dikecambahkan selama 48 jam. Persentase aktivitas antioksidannya adalah sebesar 22,923% (FRAP) dan 87,855% (ORAC) (hanya direndam (HD) – setelah dikecambahkan (KCM)). Data yang akan digunakan untuk dibandingkan dengan metode lainnya adalah data pengujian ORAC (perkecambahan 48 jam) karena nilainya paling tinggi.

Cáceres *et al.* (2014) telah meneliti hubungan durasi (48 & 96 jam) & suhu (28° & 34°C) perkecambahan dengan aktivitas antioksidan dalam 4 kultivar beras cokelat, yaitu, INIAP (14, 15, dan 17) dan GO39839. Beras dengan aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada beras yang dikecambahkan selama 96 jam dan suhu 34°C pada semua kultivar. Persentase perbedaan aktivitas antioksidan berasnya berkisar antara 127,930% (INIAP 17) – 302,473% (GO39839) (HD–KCM). Data yang akan digunakan untuk dibandingkan dengan metode lainnya adalah data beras GO39839 (perkecambahan 96 jam, 34°C)

karena nilainya paling tinggi.

Maligan et al. (2017) telah meneliti pengaruh durasi perendaman dalam elisitor dan perkecambahan biji beras cokelat organik var. Mentik terhadap aktivitas antioksidannya. Penelitian tersebut menggunakan elisitor kitosan 100 ppm, dengan variasi durasi perendamannya adalah 12, 18, dan 24 jam, dan perkecambahannya adalah 24 dan 36 jam. Aktivitas antioksidan beras diujikan dengan metode DPPH. Penggunaan kitosan sebagai elisitor belum bisa digunakan dalam studi ini (Maligan et al., 2017). Akibat dari kurangnya data yang ditampilkan, yaitu standarisasi nilai aktivitas antioksidan dengan antioksidan standar seperti Trolox atau asam askorbat, serta hasil penelitiannya yang kurang baik (Arnao, 2000). Tidak dilakukannya pengujian ini menyulitkan perbandingan aktivitas antioksidan pada penelitian ini dan penelitian lain yang juga membahas tentang aktivitas antioksidan. Sehingga, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan penelitian ini agar didapatkan data yang bisa dibandingkan dalam studi ini.

Cáceres et al. (2017) telah meneliti mengenai pengaruh pengeringan beras cokelat (*indica* SLF09) oleh matahari terhadap aktivitas antioksidannya. Beras direndam air (24 jam), dikecambahkan (48 & 96 jam; suhu 28 & 34°C), lalu dikeringkan matahari sehari. Persentase perbedaan aktivitas antioksidan adalah sebesar 152,405% (HD-PLK (perlakuan: pengeringan matahari)). Nilai ini lebih tinggi daripada beras yang hanya dikecambahkan biasa: 112,299%.

Shen, et al (2015) telah meneliti mengenai pengaruh perlakuan anaerobik terhadap aktivitas antioksidan dalam beras cokelat (BP015 (putih), BP480 (merah), dan BP602 (hitam)). Dalam metode ini, perlakuan anaerobik digunakan sebagai sumber stres yang dapat meningkatkan metabolit sekunder dan senyawa bioaktif baru dalam beras. Aktivitas antioksidan dalam sampel beras diujikan dengan dua metode: DPPH dan ABTS. Persentase perbedaan aktivitas antioksidan berasnya berkisar antara 14,161 (putih) – 20,081% (hitam) (DPPH) dan 13,185 (putih) – 20,419% (merah) (ABTS) (KCM-PLK (perlakuan anaerobik)). Data yang akan digunakan untuk dibandingkan dengan metode lainnya adalah data beras putih (BP015) yang diujikan secara DPPH karena endospermnya tidak berpigmen dan

nilainya lebih tinggi sehingga lebih relevan untuk digunakan dalam studi ini.

Yodpitak et al. (2019) telah meneliti pengaruh plasma dingin terhadap aktivitas antioksidan beras cokelat ketan (Niaw Sanpatong (NS), *Rice Department* 6 (RD 6), dan Luem Pua (LP-hitam)) dan nonketan (Sanpatong 1 (ST 1), Khao Jow Hawm Phitsanulok 1 (PL 1), dan Khao Dawk Mali 105 (KDML 105)) yang dikecambahkan (12–96 jam). Beras diperlakukan dengan plasma dingin sebelum dikecambahkan. Perkecambahan pada penelitian ini dilakukan sama seperti perendaman biji dalam air pada metode perkecambahan biasa, sehingga perkecambahan secara kering tidak dilakukan. Instrumen yang digunakan untuk memberi perlakuan plasma dingin pada beras adalah *dielectric barrier discharge* (DBD), dengan pengoperasian daya 100, 135, 170, dan 200 W, selama 25–300 detik. Argon sebagai sumber plasma yang dialirkan selama 18 dan 24 mL/menit. Rentang persentase perbedaan aktivitas antioksidan beras ketan cokelat adalah 13 (NS) – 75% (LP) dan nonketan 15 (ST 1) – 63% (PL 1). Data yang akan digunakan untuk dibandingkan dengan metode lainnya adalah data PL 1 karena nilainya paling tinggi dan merupakan beras nonketan yang lebih relevan untuk digunakan.

Penelitian Yodpitak et al. (2019) memiliki beberapa permasalahan yang kemungkinan berdampak pada rendahnya persentase perbedaan aktivitas antioksidan. Perkecambahan yang dilakukan dengan merendam biji terlalu lama, menyebabkan jauh lebih banyaknya metabolit sekunder yang terlarut dalam cairan perendamannya, yaitu air (Ekowati & Purwestri, 2016).

Perendaman beras yang terlalu lama juga sangat rentan terhadap pertumbuhan mikroba, yang dapat menyebabkan pembusukkan beras. Selain itu, pertumbuhan mikroba ini juga dapat mengelirukan data hasil penelitian. Karena, mikroba tersebut kemungkinan dapat membantu menghasilkan senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan sehingga dapat meningkatkan aktivitas pada sampel biji beras (Dziki et al., 2015).

Chen et al. (2016) telah meneliti mengenai pengaruh plasma tekanan rendah terhadap aktivitas antioksidan beras cokelat Taikeng 9 yang dikecambahkan. Reaktor plasma tekanan rendah dioperasikan dengan spesifikasi besar tegangan 1–3 kV selama 10 menit, dan udara sebagai sumber

plasma. Reaktor plasma tekanan rendah dapat menggores-gores perikarp biji beras cokelat sehingga saat direndam, air/elisitor dapat diabsorpsi lebih baik. Beras dikecambahkan tanpa direndam terlebih dahulu dan setelah diberi perlakuan plasma, serta dilakukan dalam inkubator, sembari melapisi beras dengan kertas saring basah selama 12, 18, dan 24 jam. Aktivitas antioksidannya diuji dengan metode DPPH dan ABTS. Sampel yang memiliki persentase perbedaan aktivitas antioksidan tertinggi adalah beras yang diberi tegangan 3 kV. Persentase tersebut adalah 73,109 (DPPH) dan 57,079% (ABTS) (HD-PLK plasma tekanan rendah yang dilakukan sebelum HD). Data yang akan digunakan untuk dibandingkan dengan metode lainnya adalah data pengujian DPPH karena nilainya paling tinggi.

Penelitian ini sangat bermanfaat untuk menurunkan waktu kontak antara biji beras cokelat dan air/elisitor. Tidak dilakukannya proses perendaman dan penggoresan perikarp oleh plasma tekanan rendah adalah penyebab utamanya. Semakin lama waktu perendaman, kadar fenolat dalam perikarp beras cokelat, yang memiliki kapasitas antioksidan, akan terlarut dalam air rendamannya. Sehingga kapasitas antioksidannya lebih rendah daripada beras yang tidak direndam (Ekowati & Purwestri, 2016).

Namun, tidak dilakukannya perendaman biji dalam penelitian ini bisa berdampak pada laju perkecambahan yang lebih lambat. Karena, walaupun biji diberi air melalui kertas saring basah, hanya sebagian permukaannya saja yang terbasahi oleh air. Keterbatasan area pembasahan ini dapat menurunkan kecepatan imbibisi yang perlu berlangsung hingga seluruh matriks dan kandungan sel terhidrasi seluruhnya, agar proses metabolisme dalam biji bisa bekerja kembali (Nonogaki *et al.*, 2010).

Studi ini bertujuan untuk menentukan metode perkecambahan yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam biji beras cokelat tertinggi. Tujuan ini dapat dicapai dengan melihat persentase perbedaannya dari sebelum hingga sesudah dikecambahkan/diperlakukan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa perkecambahan biji beras cokelat selama 96 jam pada suhu 34°C serta direndam dalam air merupakan metode terbaik yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam biji beras cokelat. Metode ini dapat

meningkatkan aktivitas antioksidan dalam beras cokelat sebesar 302,473%.

## 5 KESIMPULAN

Perkecambahan merupakan metode yang tepat untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dalam biji beras cokelat. Metode ini dapat dikembangkan lebih jauh untuk mengoptimalkan kadar senyawa tersebut untuk mendapatkan aktivitas antioksidan yang paling tinggi. Variasiasi durasi serta suhu perkecambahan, elisitasi, plasma tekanan rendah, penggunaan plasma dingin, pengeringan biji oleh matahari, dan penggunaan perlakuan anaerobik merupakan cara-cara yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut.

Perkecambahan beras cokelat yang dilakukan selama 96 jam, pada suhu 34°C, serta telah direndam dalam air merupakan metode terbaik di antara tujuh penelitian dalam studi ini, yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan paling tinggi. Aktivitas antioksidan beras meningkat sebesar 302,473% (varietas GO39839) setelah beras yang dikecambahkan.

Peningkatan yang tinggi ini kemungkinan disebabkan oleh perendaman beras yang singkat, dan perkecambahan yang lama. Perendaman beras yang singkat dapat mengurangi kadar metabolit sekunder yang ikut terlarut dalam air. Dan perkecambahan yang lama dapat menginisiasi mulainya *seedling growth*, yang kemungkinan dapat meningkatkan sintesis metabolit sekunder.

## SARAN

### SARAN TEORITIS

1. Disarankan untuk menggabungkan beberapa metode perkecambahan yang telah dibahas untuk mendapatkan aktivitas antioksidan dalam beras cokelat lebih tinggi lagi.
2. Disarankan untuk mengembangkan metode perkecambahan beras cokelat dengan bantuan elisitor.
3. Disarankan untuk membandingkan aktivitas antioksidan beras cokelat yang dikecambahkan dengan produk konsumsi lain yang mengandung aktivitas antioksidan.
4. Disarankan untuk mengembangkan metode perkecambahan dengan durasi perendaman yang singkat dengan durasi perkecambahan yang lama.

### SARAN PRAKTIS

5. Disarankan bagi pabrik industri untuk mengolah metabolit sekunder beraktivitas antioksidan yang terkandung dalam beras cokelat yang dikecambahkan. Metabolit tersebut bisa digunakan dalam sediaan farmasi, kosmetika, atau suplemen makanan.
6. Disarankan bagi masyarakat untuk meningkatkan konsumsi beras cokelat, khususnya yang dikecambahkan karena aktivitas antioksidannya yang tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akula, R. & Ravishankar, G.A. (2011). 'Influence of Abiotic Stress Signals on Secondary Metabolites in Plants', *Plant Signaling & Behavior*, 3 Agustus, Vol. 6, No. 11, Kol. 1720-1731.
- Arnao, M.B. (2000). 'Some Methodological Problems In The Determination Of Antioxidant Activity Using Chromogen Radicals: A Practical Case', *Trends in Food Science & Technology*, November, Vol. 11, No. 11, Kol. 419-421.
- Cáceres, P.J. et al. (2014). 'Maximizing the Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Ecuadorian Brown Rice Sprouts through optimal Germination Conditions', *Food Chemistry*, Vol. 152, Kol. 407-414.
- Cáceres, P.J. et al. (2017). 'Enhancement of Biologically Active Compounds in Germinated Brown Rice and the Effect of Sun-Drying', *Journal of Cereal Science*, Januari, Vol. 73, Kol. 1-9.
- Chang, T. dan Bardenas, E.A. (1965). 'The Morphology and Varietal Characteristics of The Rice Plant', *Technical Bulletin*, Desember, Vol. 4.
- Cheeseman, K.H. & Slater, T.F. (1993). 'An Introduction to Free Radical Biochemistry', *British Medical Bulletin*, Vol. 49, No. 3, Kol. 481-493.
- Chen, H.H. et al. (2016). 'An Improved Process for High Nutrition of Germinated Brown Rice Production: Low-Pressure Plasma', *Food Chemistry*, 7 Februari, Vol. 191, Kol. 120-127.
- Cho, D.H. dan Lim, S.T. (2016). 'Germinated Brown Rice and its Bio-Functional Compounds. *Food Chem.*, 1 April, Vol. 196, Kol. 259-271.
- Croteau, R., et al. (2000). 'Natural Products (Secondary Metabolites)', *Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 24, Kol. 1250-1319.
- Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Kordowska-Wiater, M., dan Domań-Pytka, M. (2015). 'Influence of Elicitation and Germination Conditions on Biological Activity of Wheat Sprouts', *Hindawi*, 30 Januari, Vol. 2015.
- Ekowati, N.Y. & Purwestri, Y.A. (2016). 'Analisis Kandungan Gamma Aminobutyric Acid (Gaba), Fenol Total dan Aktivitas Antioksidan "Beras Kecambah" Kultivar Lokal (*Oryza Sativa L.*) di Yogyakarta', *Agricola*, September, Vol. 6, No. 2, Kol. 1117-127.
- Lobo, V., et al. (2010). 'Free Radicals, Antioxidants and Functional Foods: Impact on Human Health', *Phcog Rev.*, Vol. 4, No. 8, Kol. 118-126.
- Maligan, J.M. et al. (2017). Perbedaan Aktivitas Antioksidan Kecambah Beras cokelat (*Oryza sativa L.*) Berdasarkan Lama Proses Elisitasi dan Waktu Perkecambahan, *Indonesian Journal of Human Nutrition*, Desember, Vol. 4, No. 2, Kol. 108-116.
- Nonogaki, H., Bassel, G.W., dan Bewley, J.D. (2010). 'Germination—Still a Mystery', *Plant Science*, 23 Februari, Vol. 179, Kol. 574-581.
- Ravichanthiran, K. et al. (2018). 'Phytochemical Profile of Brown Rice and Its Nutrigenomic Implications', *MDPI*, 23 Mei, Vol. 7, No. 71.
- Shen, S. et al. (2015). 'The Effect of Anaerobic Treatment on Polyphenols, Antioxidant Properties, Tocols and Free Amino Acids in White, Red, and Black Germinated Rice (*Oryza sativa L.*)', *Journal of Functional Foods*, 26 Oktober, Vol. 19, Kol. 641-648.
- Stratil, P., Klejdus, B. & Kubáň, V. (2006). 'Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables Evaluation of Spectrophotometric Methods', *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 54, No. 3, Kol. 607-616.
- Ti, H. et al. (2014). 'Dynamic Changes in the Free and Bound Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Brown Rice at Different Germination Stages', *Food Chemistry*, 13 April, Vol. 161, Kol. 337-344.

**1038** | Syifani Khalda Maisa, *et al.*

Winarsi, H. (2007). *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*, Kanisius, Yogyakarta.

Yodpitak, S. et al. (2019). 'Cold Plasma Treatment to Improve Germination and Enhance the Bioactive Phytochemical Content of Germinated Brown Rice', *Food Chemistry*, 12 Maret, Vol. 289, Kol. 328-339.