

VARIATION OF ANTHOCYANIN CONTENT LEVEL AMONG FOUR LOCAL VARIETIES OF BLACK RICE (*Oryza sativa* L.) IN INDONESIA

VARIASI TINGKAT KANDUNGAN ANTOSIANIN PADA EMPAT VARIETAS LOKAL PADI BERAS HITAM (*Oryza sativa* L.) INDONESIA

Abdul Basith^{1a}, Shafa Noer², Mazidatul Faizah³

¹Indonesian Genetic and Biodiversity Community, Indonesia

²Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia

³Universitas KH. Abdul Wahab Hasbulloh, Indonesia

^a Korespondensi: **Abdul Basith**; E-mail: **golden_bee46@yahoo.com**

(Diterima: 09-01-2022; Ditelaah: 10-01-2022; Disetujui: 15-03-2022)

ABSTRACT

Anthocyanin in black rice is a type of pigment that is classified as a flavonoid compound and has a beneficial role as an antioxidant. This study focused on assessing the anthocyanin content level of four local varieties of black rice from Indonesia, specifically Cempo Ireng from Yogyakarta, Wojalaka and Manggarai from East Nusa Tenggara, and Toraja from South Sulawesi. Analysis of total anthocyanin content was carried out based on the absorbance value of rice flour extract at a wavelength of 535 nm with a spectrophotometer. Furthermore, this study was conducted in a randomized group design with varieties as groups and 20 replications of each. The total anthocyanin content measured using a UV-Vis spectrophotometer with an absorbance length of 550 nm and 700 nm. The results of this study showed that there was a significant difference in the level of total anthocyanin content of the four varieties of black rice. Based on the ranking of the average of anthocyanin content level from the lowest to the highest in the four black rice varieties are Toraja (117.2 ppm), Wojalaka (435.38 ppm), Cempo Ireng (734.86 ppm), and Manggarai (1508.89 ppm). Based on the combination with the result of previous study, it shows that the level of anthocyanin content of the varieties of black rice in Indonesia is at the range of 117.29 ppm to 6503.70 ppm.

Keywords: Anthocyanin, black rice, local variety, variation, antioxidant

ABSTRAK

Antosianin merupakan jenis pigmen dalam padi beras hitam yang diklasifikasikan ke dalam kelompok senyawa flavonoid dan memiliki sifat antioksidan. Penelitian ini berfokus untuk mengkaji tingkat kandungan antosianin pada empat varietas padi beras hitam lokal di Indonesia, yaitu Cempo Ireng dari Yogyakarta, Wojalaka dan Manggarai dari Nusa Tenggara Timur, serta Toraja dari Sulawesi Selatan. Rancangan Acak Kelompok (RAK) dipilih sebagai rancangan penelitian dengan memposisikan varietas sebagai kelompok dan masing-masing kelompok 20 kali ulangan. Kandungan antosianin total dianalisis menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan pengaturan panjang absorbansi 550 nm dan 700 nm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kandungan antosianin yang signifikan pada keempat varietas padi beras hitam. Diurutkan berdasarkan rata-rata tingkat kandungan antosianin dari yang terendah hingga yang tertinggi pada keempat varietas beras hitam termaksud adalah varietas Toraja (117,2 ppm), Wojalaka (435,38 ppm), Cempo Ireng (734,86 ppm), dan Manggarai (1508,89 ppm). Kombinasi dengan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat kandungan antosianin varietas-varietas padi beras hitam di Indonesia berada pada rentang 117,29 ppm hingga 6503,70 ppm.

Kata kunci: Antosianin, beras hitam, varietas lokal, variasi, antioksidan

Basith, A., Noer., Fauzi. S., & Faizah. M., (2023). Variasi tingkat kandungan antosianin pada empat varietas lokal padi beras hitam (*Oryza sativa* L) Indonesia. *Jurnal Pertanian*, 14(1), 1-6.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak varietas padi beras hitam lokal yang ditanam di seluruh penjuru tanah air. Varietas-varietas padi beras hitam diberi nama sesuai dengan nama kawasan geografis dimana varietas tersebut dibudidayakan oleh petani-petani lokal. Beberapa varietas bahkan diberi nama yang spesifik sesuai dengan nama desa, sehingga dalam satu kabupaten atau kecamatan seringkali ditemukan beberapa varietas padi beras hitam (Sa'adah *et al.* 2013; Pratiwi & Purwestri 2017). Cempo Ireng yang berasal dari Yogyakarta, Manggarai dan Wojalaka yang berasal dari Nusa Tenggara Timur, dan Toraja yang berasal dari Sulawesi Selatan merupakan beberapa varietas padi beras hitam lokal yang tersebar di Indonesia yang diberi nama sesuai dengan asal wilayah varietas-varietas tersebut dibudidayakan.

Varietas-varietas padi beras hitam telah diketahui memiliki tingkat kandungan antosianin yang bervariasi (Zhang *et al.* 2010). Senyawa antosianin pada padi beras hitam antara lain sianidin 3-O-glukosida, pelargonidin 3-O-glukosida, malvidin 3-O-glukosida, peonidin 3-O-glukosida, dan delphinidin 3-O-glukosida (Kim *et al.* 2014). Namun, sekitar 95% antosianin yang paling banyak terdapat pada butiran beras hitam berupa senyawa sianidin-3-O-glukosida, sedangkan hanya sekitar 5% yang berupa senyawa peonidin-3-O-glukosida (Park *et al.* 2008). Pada tanaman padi, antosianin terlibat dalam penyerbukan untuk menarik serangga, perlindungan terhadap UV-B, pengaturan terhadap respon hormonal, deteksi cahaya pada daun di musim gugur, stabilisasi aktivitas fotosintesis, serta sebagai sistem pengaturan terhadap stres biotik dan abiotik (Xia *et al.* 2021; Dwiningsih & Al-Kahtani 2022)

Kandungan antosianin dalam padi beras hitam bermanfaat bagi manusia sehingga menjadikannya sebagai pangan fungsional. Beberapa penelitian terdahulu telah mengungkap potensi padi beras hitam

sebagai pangan fungsional, diantaranya adalah ekstrak beras hitam yang berpengaruh terhadap penurunan resiko steatosis hepatic, hiperlipidemia, hiperglikemia, dan penghambatan proses pertumbuhan sel-sel kanker (Jang *et al.* 2012; Sayekti & Qurrohman 2018). Selain itu, ekstrak antosianin dalam beras hitam juga berpotensi meningkatkan kesehatan pencernaan yang terindikasi dari peningkatan aktivitas metabolisme bakteri prebiotik *Bifidobacterium* spp. dan *Lactobacillus* spp. (Zhu *et al.* 2018).

Shinta *et al.* (2014) telah melakukan karakterisasi terhadap produktivitas dan morfologi pada varietas padi beras hitam Cempo Ireng, Manggarai, Wojalaka, dan Toraja. Berdasarkan pada karakteristik tinggi tanaman, jumlah anakan, dan keberadaan ekor di bagian distal floret dan gabah, Shinta *et al.* (2014) mengklasifikasikan varietas Wojalaka ke dalam kelompok padi *Indica*, yaitu kelompok padi dengan karakteristik jumlah anakan yang banyak, ukuran tanaman yang pendek, dan tidak mempunyai ekor di bagian distal floret dan gabah. Sedangkan varietas Toraja, Cempo Ireng, dan Manggarai diklasifikasikan ke dalam kelompok padi *Javanica*, yaitu kelompok padi dengan karakteristik ukuran tanaman yang tinggi, jumlah anakan yang sedikit, dan mempunyai ekor di bagian distal floret dan gabah. Sebagai upaya untuk melengkapi informasi tentang karakteristik keempat varietas beras hitam lokal Indonesia tersebut, maka penelitian ini difokuskan pada penilaian tingkat kandungan antosianinnya.

MATERI DAN METODE

Pengambilan Sampel

Sampel varietas lokal padi beras hitam Toraja, Cempo Ireng, Wojalaka, dan Manggarai dalam penelitian ini didapatkan dari petani lokal di masing-masing daerah tersebut. Selain itu dilakukan wawancara terhadap petani lokal tersebut untuk memastikan bahwa sampel yang didapatkan benar-benar varietas lokal

yang digunakan dalam budidaya di daerah tersebut. Rancangan Acak Kelompok (RAK) merupakan rancangan yang dipilih dalam penelitian ini dengan memposisikan varietas lokal padi beras hitam sebagai kelompok dan dilakukan 20 kali ulangan pada setiap kelompok. Hipotesis penelitian yang diajukan adalah terdapat perbedaan tingkat kandungan antosianin pada varietas lokal padi beras hitam Toraja, Cempo Ireng, Wojalaka, dan Manggarai.

Ekstraksi Antosianin

Ekstraksi antosianin padi beras hitam mengacu pada metode Suliartini *et al.* (2011). Beras hitam dikupas sehingga beras hitam terpisah dari sekamnya. Sebanyak 25 g beras hitam dihancurkan menggunakan *blender*, kemudian ditambah 200 mL pelarut (1% HCl dalam ethanol). Bubur padi beras hitam yang telah didapatkan selanjutnya disaring dengan cara mengalirkan air bersih supaya ampas dan filtrat terpisah. Filtrat yang telah didapatkan selanjutnya disaring dengan kertas *whatman* nomer 41 melalui corong burner. Filtrat bersih yang telah didapatkan selanjutnya disaring dengan bentonit untuk menghilangkan gula bebas. Filtrat jernih yang telah didapatkan selanjutnya diekstrak menggunakan petroleum eter dan didiamkan selama 6 jam untuk menghilangkan lipid. Filtrat jernih bebas lipid yang didapatkan selanjutnya dipekatkan menggunakan evaporator vakum pada suhu 50 °C hingga terbentuk filtrat kental ekstrak pigmen beras hitam.

Penentuan Tingkat Kandungan Antosianin
 Penentuan tingkat kandungan antosianin varietas lokal padi beras hitam menggunakan fasilitas di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan yang bertempat di Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Penentuan tingkat kandungan antosianin setiap varietas padi beras hitam dalam penelitian ini menggunakan metode diferensial pH yang mengacu pada Yodmanee *et al.* (2011). Alat yang dipergunakan adalah

spektrofotometer UV-Vis *Genesys 10* dengan pengaturan panjang gelombang absorbansi 550 nm dan 700 nm. Kandungan antosianin (ppm) pada masing-masing sampel dikalkulasi berdasarkan pada rumus yang disetarakan dengan ekspresi sianidin-3-glukosida.

$$\text{Kandungan antosianin (ppm)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Keterangan untuk rumus diatas adalah: A = ($A_{\lambda 700-750}$) pH 1.0 - ($A_{\lambda 700-750}$) pH 4,5; MW = berat molekul sianidin-3-glukosida (449,2 g/mol); DF = faktor dilusi (20 µl sampel didilusi menjadi 2 ml, DF = 1000); ϵ = Koefisien atenuasi molar ($L \times cm^{-1} \times mol^{-1}$) = 26,900 untuk sianidin-3-glukosida, dimana L (panjang lintasan dalam cm) = 1.

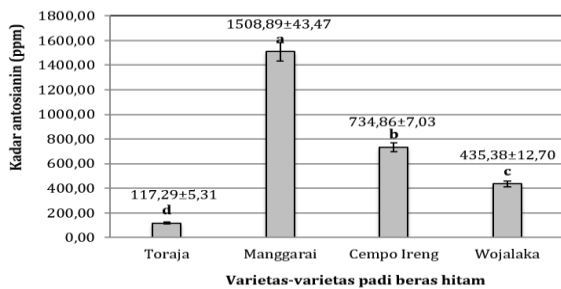
Analisis Data

Data kandungan antosianin ditabulasi menggunakan program *Microsoft Excel for Windows 2010*. Uji *Kruskal-Wallis test* dan uji lanjut *Games-Howell* menggunakan perangkat lunak IBM SPSS versi 22.0 *for Windows*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian statistik tingkat kandungan antosianin pada keempat varietas lokal padi beras hitam lokal diawali dengan uji asumsi. Hasil uji asumsi memperlihatkan bahwa karakteristik data dalam penelitian ini tidak homogen, namun terdistribusi normal. Hasil uji asumsi tersebut mendasari penentuan uji beda yang dipilih dalam penelitian ini, yaitu uji statistik non parametrik *Kruskal-Wallis* pada taraf signifikansi 0,05 (Ostertagová *et al.* 2014). Jika uji statistik tersebut memperlihatkan perbedaan yang signifikan maka berikutnya dilakukakan uji lanjut *Games-Howell* (Games & Howell 1976). Hasil uji *Kruskal-Wallis* yang dilanjutkan dengan uji lanjut *Games-Howell* menunjukkan bahwa tingkat kandungan antosianin antar varietas padi beras hitam dalam penelitian ini berbeda sangat signifikan. Rata-rata tingkat kandungan antosianin varietas padi beras

hitam dari yang terendah hingga yang tertinggi secara berturut-turut yaitu varietas Toraja dengan kandungan antosianin 117,2 ppm, Woyalaka dengan kandungan antosianin 435,38 ppm, Cempo Ireng dengan kandungan antosianin 734,86 ppm, dan Manggarai dengan kandungan antosianin 1508,89 ppm sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 1.

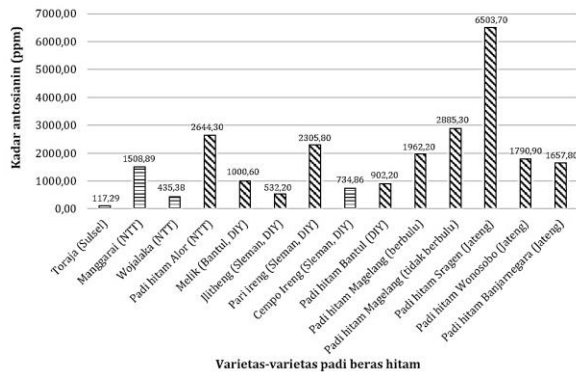


Gambar 1. Diagram hasil pengujian statistik dan perbandingan tingkat kandungan antosianin pada keempat varietas lokal padi beras hitam

Berdasarkan pada karakteristik morfologi dan produktivitasnya, Shinta *et al.* (2014) telah mengklasifikasikan varietas padi beras hitam dalam penelitian ini ke dalam kelompok padi *Indica* dan *Javanica* (*Japonica tropis*). Frank *et al.* (2012) melaporkan bahwa tingkat kandungan antosianin yang diekspresikan dalam bentuk senyawa sianidin-3-glukosida pada kelompok varietas padi beras hitam *Indica* lebih rendah dibandingkan dengan kelompok padi *Japonica*. Namun hasil penelitian ini tidak sejalan dengan laporan Frank *et al.* (2012). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengklasifikasian padi beras hitam ke dalam kelompok padi *Indica* dan *Javanica* tidak relevan dengan tingkat kandungan antosianin pada setiap varietas tersebut. Tingkat kandungan antosianin tertinggi dan terendah dalam penelitian ini (varietas Manggarai dan Toraja) adalah kelompok padi *Javanica*, sedangkan varietas Woyalaka yang diklasifikasikan ke dalam kelompok padi *Indica* mempunyai tingkat kandungan antosianin pada peringkat ketiga dibandingkan dengan varietas-varietas lainnya.

Selain tidak relevan dengan tingkat kandungan antosianin, secara umum pengklasifikasian varietas padi ke dalam kelompok padi *Indica* dan *Japonica* juga tidak relevan ditinjau dari sudut pandang molekuler. Hal ini dilaporkan oleh Anggraini *et al.* (2020) dan Basith *et al.* (2021) bahwa penggunaan sekuen parsial gen *rbcl* dan *matK* ternyata mengelompokkan padi *Indica* dan *Japonica* secara acak dalam rekonstruksi pohon filogenetiknya. Selanjutnya, menurut Gaufo & Trindade (2014) kelompok padi *Japonica* ditemukan lebih kaya kandungan senyawa antioksidan dibandingkan dengan kelompok padi *Indica*. Namun, relevansi antara kandungan senyawa antioksidan dan pengklasifikasian padi beras hitam dalam penelitian ini nampaknya perlu dikaji dalam penelitian berikutnya.

Kandungan antosianin varietas-varietas lokal padi beras hitam hasil penelitian ini juga dibandingkan hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Kristamtini *et al.* (2014), secara ringkas diilustrasikan pada Gambar 2. Secara keseluruhan varietas-varietas lokal padi beras hitam Indonesia mempunyai tingkat kandungan antosianin yang tinggi. Variasi tingkat kandungan antosianin pada varietas-varietas lokal padi beras hitam di Indonesia berada dalam rentang 117,29 ppm hingga 6503,70 ppm. Variasi tingkat kandungan antosianin rupanya tidak hanya ditemukan pada keempat varietas lokal padi beras hitam dalam penelitian ini saja, namun juga ditemukan pada hasil penelitian Kristamtini *et al.* (2014). Variasi kandungan antosianin pada varietas-varietas lokal padi beras hitam sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 2 sejalan dengan hasil penelitian Zhang *et al.* (2010) pada menunjukkan variasi kandungan antosianin pada varietas-varietas padi beras hitam yang ada di Cina. Contohnya pada varietas Longjin 01 dengan rata-rata kandungan antosianin 51010 ppm, Heizhenzhu dengan rata-rata kandungan antosianin 34500 ppm, dan Heixian 3 dengan rata-rata kandungan antosianin 29590 ppm.



Gambar 2. Diagram perbandingan kandungan antosianin pada beberapa varietas lokal padi beras hitam Indonesia. Keterangan: diagram arsir horizontal adalah sampel penelitian ini, diagram arsir diagonal adalah hasil penelitian Kristamtini *et al.* (2014), NTT = Nusa Tenggara Timur, DIY = Daerah Istimewa Yogyakarta, Jateng = Jawa Tengah.

Variasi kandungan antosianin antar varietas tersebut menjadi dasar yang kuat atas dugaan bahwa varietas-varietas lokal padi beras hitam pada suatu wilayah tertentu di Indonesia merupakan hasil domestikasi dari tetua (*ancestor*) yang berbeda-beda. Selain itu, upaya-upaya penylilangan (*breeding*) antar varietas oleh petani-petani lokal untuk mendapatkan padi beras hitam dengan karakter-karakter yang unggul juga turut mempengaruhi keragaman kandungan antosianin. Informasi ini mempertegas posisi varietas-varietas padi beras hitam tersebut sebagai plasma nutfah yang perlu untuk dilestarikan sekaligus menjadi dasar perlunya dilakukan penelitian pada masa mendatang tentang dasar genetik berbasis pendekatan molekuler yang mengungkap tentang jalur-jalur domestikasi varietas-varietas padi beras hitam lokal yang tersebar di Indonesia seperti yang dilakukan oleh Oikawa *et al.* (2019)

Kandungan dan distribusi antosianin pada padi beras hitam bervariasi, bergantung pada genotip, umur, tahap pertumbuhan, dan beragam faktor-faktor biotik dan abiotik (Suliantini *et al.* 2011). Faktor-faktor internal dan eksternal mempengaruhi proses biosintesis antosianin. Faktor internal yang berperan dalam biosintesis antosianin adalah

faktor genetik yang meliputi gen-gen struktural dan gen-gen regulator. Tingkat ekspresi gen-gen struktural berbanding lurus dengan kandungan antosianin. Faktor internal lain yang turut berpengaruh adalah fitohormon (misalnya asam absisat), gula, dan konsentrasi beberapa ion dalam tubuh tanaman padi beras hitam yang dapat mengubah tingkat ekspresi dari gen-gen struktural maupun gen-gen regulator. Sedangkan beberapa faktor eksternal yang berpengaruh pada biosintesis antosianin meliputi cahaya, temperatur, curah hujan, komposisi mineral dalam tanah, dan ketinggian tempat (Kassim *et al.* 2009; Xie *et al.* 2011; Kristamtini *et al.* 2018).

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat direkomendasikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang terkait upaya-upaya identifikasi terhadap macam atau jenis antosianin yang terdapat pada keempat varietas padi beras hitam lokal Indonesia tersebut, misalnya apakah antosianin yang terkandung didalam masing-masing varietas padi beras hitam lokal Indonesia tersebut termasuk dalam struktur kimia malvidin, sianidin-3-glukosida, sianidin-3,5-diglukosida, atau pelargonodin -3,5-diglukosida seperti yang telah dilakukan oleh Zhang *et al.* (2006) pada varietas padi Longjin 01.

Kandungan antosianin yang tinggi pada empat varietas padi beras hitam lokal Indonesia dalam penelitian ini menjadi petunjuk bahwa seluruh varietas tersebut memiliki potensi yang tinggi sebagai pangan fungsional atau nutrasetika. Penelitian tentang pengaruh ekstrak antosianin padi beras hitam masing-masing varietas padi beras hitam lokal tersebut dalam mengatasi berbagai penyakit degeneratif, seperti yang telah dilakukan oleh Choi *et al.* (2012), nampaknya sangat layak untuk dilakukan pada penelitian-penelitian mendatang, namun harus harus diiringi pula dengan upaya-upaya pelestarian varietas-varietas padi beras hitam tersebut.

KESIMPULAN

Secara umum keempat varietas lokal padi beras hitam Indonesia dalam penelitian ini memiliki tingkat kandungan antosianin yang sangat tinggi, namun perbedaan tingkat kandungan antosianin pada keempat varietas padi beras hitam tersebut berbeda sangat signifikan. Secara berturut-turut kandungan antosianin terendah hingga tertinggi adalah varietas Toraja (117,2 ppm), Wojalaka (435,38 ppm), Cempo Ireng (734,86 ppm), dan Manggarai (1508,89 ppm). Tingkat kandungan antosianin yang tinggi pada keempat varietas padi beras hitam tersebut mendasari potensinya untuk pengembangan pangan fungsional berbasis sumber daya genetik lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini NB, Sholihah A, Khasna EN, Retnaningtyas RW, Suharti & Listyorini D. 2020. Genetic relationship between local rice varieties based on *MatK* and *rbcl* genes. *AIP Conference Proceedings*, 2260(1): 020020-1-020020-7.
- Basith A, Arumingtyas EL, & Widodo W. 2021. Genetic variation analysis of four local varieties of Indonesian black rice (*Oryza sativa* L.) based on partially *rbcl* cpDNA gene sequence. *The Journal of Experimental Life Science*, 11(1): 1-5.
- Choi MJ, Kim, HY, & Cho EJ. 2012. Anti-aging effect of black rice against H₂O₂-induced premature senescence. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(20): 3672-3680.
- Dwiningsih Y & Al-Kahtani J. 2022. genetics, biochemistry and biophysical analysis of anthocyanin in rice (*Oryza sativa* L.). *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology*, 4(1): 0220103-1-0220103-19.
- Frank T, Reichardt B, Shu Q, & Engel K.-H. 2012. Metabolite profiling of colored rice (*Oryza sativa* L.) grains. *Journal of Cereal Science*, 55(2): 112-119.
- Games PA & Howell JF. 1976. Pairwise multiple comparison procedures with unequal n's and/or variances: A monte carlo study. *Journal of Educational Statistics*, 1(2): 113-125.
- Goufo P & Trindade H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid. *Food Science & Nutrition*, 2(2): 75-104.
- Jang HH, Park MY, Kim HW, Lee YM, Hwang KA, Park JH, Park DS, & Kwon O. 2012. Black rice (*Oryza sativa* L.) extract attenuates hepatic steatosis in C57BL/6 J mice fed a high-fat diet via fatty acid oxidation. *Nutrition & metabolism*, 9(1): 1-11.
- Kassim A, Poette J, Paterson A, Zait D, McCallum S, Woodhead M, Smith K, Hackett C, & Graham J. 2009. Environmental and seasonal influences on red raspberry anthocyanin antioxidant contents and identification of quantitative traits loci (QTL). *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(5), 625-634.
- Kim GR, Jung ES, Lee S, Lim SH, Ha SH, & Lee CH. 2014. Combined mass spectrometry-based metabolite profiling of different pigmented rice (*Oryza sativa* L.) seeds and correlation with antioxidant activities. *Molecules*, 19(10): 15673-15686.
- Kristamtini K, Wiranti EW & Sutarno S. 2018. Variasi warna dan kandungan

- antosianin varietas lokal beras hitam Yogyakarta pada dua ketinggian. *Buletin Plasma Nutfah*, 24(2): 97–106.
- Oikawa T, Maeda H, Oguchi T, Yamaguchi T, Tanabe N, Ebana K, Yano M, Ebitani T, & Izawa T. 2015. The birth of a black rice gene and its local spread by introgression. *The Plant cell*, 27(9): 2401–2414.
- Ostertagová E, Ostertag O & Kováč J. 2014. Methodology and application of the Kruskal-Wallis test. *Applied Mechanics and Materials*, 611: 115–120.
- Park SY, Kim SJ, & Chang HI. 2008. Isolation of anthocyanin from black rice (Heugjinjubyeo) and screening of its antioxidant activities. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(1): 55–60.
- Pratiwi R & Purwestri YA. 2017. Black rice as a functional food in Indonesia. *Functional Foods in Health and Disease*, 7(3): 182–194.
- Sa'adah IR, Supriyanta, & Subejo. 2013. Keragaman warna gabah dan warna beras varietas lokal padi beras hitam (*Oryza sativa* L.) yang dibudidayakan oleh petani Kabupaten Sleman, Bantul, dan Magelang. *Vegetalika*, 2(3): 13–20.
- Sayekti FDJ & Qurrohman MT. 2018. Aktivitas antiangiogenesis ekstrak beras hitam (*Oryza sativa* L. indica) pada *chorioalantoic membrane* (CAM) sebagai kandidat antikanker. *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 8(1): 7–9.
- Shinta S, Indriyani S & Arisoesiloningsih E. 2014. Morphological variation of six pigmented rice local varieties grown in organic rice field at Sengguruh Village, Kepanjen Subdistrict, Malang District. *Journal of Tropical Life Science*, 4(2): 149–150.
- Suliartini NWS, Sadimantara GR, Wijayanto, T & Muhidin. 2011. Pengujian kandungan antosianin padi gogo beras merah hasil koleksi plasma nutfah Sulawesi Tenggara. *Crop Agro*, 4(2): 43–48.
- Xia D, Zhou H, Wang Y, Li P, Fu P, Wu B, & He Y. 2021. How rice organs are colored: The genetic basis of anthocyanin biosynthesis in rice. *The Crop Journal*, 9(3): 598–608.
- Xie R, Zheng L, He S, Zheng Y, Yi S, & Deng L. 2011. Anthocyanin biosynthesis in fruit tree crops: genes and their regulation. *African Journal of Biotechnology*, 10(86):19890–19897.
- Yodmanee S, Karrila TT, & Pakdeechanuan P. 2011. Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in Southern Thailand. *International Food Research Journal*, 18(3): 901–906.
- Zhang MW, Guo, BJ, Zhang RF, Chi JW, Wei ZC, Xu ZH, Zhang Y, & Tang XJ. 2006. Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. *Agricultural Science in China*, 5(6): 431–440.
- Zhang MW, Zhang RF, Zhang FX, & Liu RH. 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13): 7580–7587.
- Zhu Y, Sun H, He S, Lou Q, Yu M, Tang M, & Tu L. 2018. Metabolism and

prebiotics activity of anthocyanins from black rice (*Oryza sativa* L.) in vitro. *PloS One*, 13(4): e0195754.