

## Variasi Warna dan Kandungan Antosianin Varietas Lokal Beras Hitam Yogyakarta pada Dua Ketinggian (Variation of Pigment and Anthocyanin Content of Local Black Rice from Yogyakarta on Two Altitude)

Kristamtini\*, Endang W. Wiranti, dan Sutarno

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta, Jl. Stadion Maguwoharjo No 22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman,  
Yogyakarta 55584, Indonesia

Telp. (0274) 884662, Faks. (0274) 4477052

\*E-mail: krisniur@yahoo.co.id

Diajukan: 12 Januari 2018; Direvisi: 25 September 2018; Diterima: 17 Oktober 2018

### ABSTRACT

There are several types of local black rice with different quality which well known in Yogyakarta. However, the altitude location affect to the quality and pigmentation of local black rice remains were unknown. The objectives of this research was to determine the variation of rice pigmentation and total anthocyanin content of Yogyakarta local black rice which planted on two different altitudes location. This study was conducted from February to December 2015 with the experimental design using factorial experiment. The first factor is seven local black rice varieties from Yogyakarta (G) and second factor is two different altitude locations: lowlands (26 m asl) of Gulon, Sri Hardono, Pundong, Bantul (A1), and in medium lands (462 m asl) of Padasan, Pakembinangun, Pakem, Sleman (A2). The total anthocyanin content and rice pigmentation were observed. Three color variables for rice pigmentation, i.e. lightness ( $L^*$ ), greenness ( $a^*$ ), and yellowness ( $b^*$ ) were measured by Chroma Meter, Konica Minolta–Minolta CM-2006. The results showed that there was diversity on pigmentation and total anthocyanin content in the black rice grown at different altitude. Local variety Tugiyo Umur Panjang has any anthocyanin highest in the low altitude location (Bantul), while local variety Sembada Hitam was showed the highest anthocyanin at the height of the medium (Sleman). A positive significant correlation was found among color variables, i.e. lightness ( $L^*$ ), greenness ( $a^*$ ), and yellowness ( $b^*$ ) and there was a negative significant correlation between total anthocyanin content and  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  color variables.

**Keywords:** Variation, rice pigment, total anthocyanin, black rice, altitude, correlation.

### ABSTRAK

Di wilayah Yogyakarta telah dikenal beberapa varietas lokal beras hitam dengan kualitas dan warna beras yang berbeda. Namun, pengaruh ketinggian tempat pada varietas lokal tersebut belum banyak diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman warna beras dan kandungan antosianin beberapa varietas lokal beras hitam asal Yogyakarta pada dua ketinggian tempat dan korelasinya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Desember 2015 yang disusun secara faktorial. Faktor pertama adalah tujuh varietas lokal beras hitam asal Yogyakarta (kode G). Faktor kedua adalah dua lokasi penelitian, di dataran rendah (26 m dpl) Dusun Gulon, Desa Sri Hardono, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul (A1), dan di dataran sedang (462 m dpl) Dusun Padasan, Desa Pakembinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman (A2). Variabel warna beras :  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  diamati menggunakan Chroma Meter, *Konica Minolta–Minolta CM-2006*, dan pembakuan dilakukan dengan kalibrasi warna baku-putih. Analisis kandungan antosianin total dilakukan berdasarkan nilai absorban ekstrak tepung beras pada panjang gelombang 535 nm dengan alat spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat keragaman warna dan kandungan antosianin total pada beras hitam yang ditanam di ketinggian tempat yang berbeda. Varietas lokal Tugiyo Umur Panjang memiliki kandungan antosianin tertinggi di lokasi dengan ketinggian rendah (Bantul), sedangkan varietas lokal Sembada Hitam menunjukkan kandungan antosianin tertinggi di lokasi dengan ketinggian medium (Sleman). Keeratan hubungan antarvariabel pengamatan menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif pada di antara warna  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , dan terdapat korelasi negatif antara karakter warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  dengan kandungan antosianin total.

**Kata kunci:** Keragaman, warna beras, antosianin total, beras hitam, ketinggian tempat, korelasi.

## PENDAHULUAN

Beras hitam mulai banyak dikonsumsi sebagai pangan fungsional karena kandungan antosianinnya yang berfungsi sebagai antioksidan. Pangan fungsional yaitu pangan yang secara alami atau melalui proses tertentu mengandung satu atau lebih senyawa yang dianggap mempunyai fungsi fisiologis yang bermanfaat bagi kesehatan. Hu et al. (1996) mengatakan bahwa kulit ari pada beras hitam berfungsi sebagai obat tradisional. Deng et al. (2013) menyebutkan obat tradisional di Cina menggunakan beras berpigmen untuk mencegah anemia dan meningkatkan sirkulasi darah, fungsi ginjal, dan penglihatan.

Genotipe beras dari berbagai koleksi sumber daya genetik memiliki keragaman kandungan fenolat total, flavonoid, dan kapasitas antioksidan (Shen et al. 2009). Pengetahuan tentang keragaman genetik kandungan fitokimia (fenolat total, flavonoid, dan antioksidan) yang berkaitan dengan manfaat kesehatan dapat membantu proses pemuliaan (Jin et al. 2009). Beras hitam memiliki kandungan antosianin tinggi pada lapisan kulit ari, yang ditandai dengan warna ungu gelap (Ryu et al. 1998; Takashi et al. 2001).

Beras hitam memiliki sebutan yang beragam tergantung daerah asalnya. Tujuh varietas lokal beras hitam yang ditemukan di wilayah Yogyakarta adalah beras hitam Tugiyu Umur Panjang, Sembada Hitam, Yunianto, Andel Hitam 1, Patalan, Muharjo, dan Tugiyu Umur Pendek. Penamaan varietas lokal ini baru berdasarkan penamaan dari petani atau masyarakat yang menanam. Apabila di kemudian hari ketujuh varietas lokal beras hitam ini didaftarkan oleh pemerintah daerah ke Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perijinan Pertanian (PVTTP) atau digunakan sebagai tetua dalam kegiatan pemuliaan, maka akan diberi nama secara resmi.

Tujuh varietas lokal beras hitam yang ditemukan di Yogyakarta memiliki keragaman warna beras, dari hitam cerah sampai hitam pekat. Perbedaan warna beras terjadi sebagai akibat adanya perbedaan kandungan antosianin. Kaplan (2001) mengatakan bahwa melalui kajian warna beras dapat dibedakan suatu individu dengan individu

lainnya. Beras hitam memiliki keragaman dalam hal warna dan dapat dikaji dengan beberapa variabel warna.

Penelitian tentang pengaruh lingkungan terhadap warna dan kandungan antosianin masih terbatas, diduga bahwa ada sifat biologis aktif dari varietas lokal beras hitam yang dipengaruhi oleh lingkungan. Rerkasem et al. (2015) mengatakan bahwa variasi/keragaman varietas lokal dan kualitas gizi beras hitam telah banyak dipelajari, namun pengaruh interaksi lingkungan pada varietas lokal beras hitam, khususnya terhadap karakteristik dan kualitas nutrisi seperti warna kulit ari dan kapasitas antioksidan masih belum banyak diketahui. Selanjutnya, Rerkasem et al. (2015) juga menyebutkan bahwa pengaruh ketinggian tempat pada beberapa varietas lokal beras hitam terhadap kualitas gizi perlu dipertimbangkan dalam upaya untuk meningkatkan nilai nutrisi dalam program agronomi dan pemuliaan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengkaji pengaruh ketinggian terhadap genotipe beras hitam. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis keragaman warna beras dan kandungan antosianin pada tujuh varietas lokal beras hitam asal Yogyakarta yang ditanam pada dua ketinggian tempat yang berbeda.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan Penelitian

Tujuh varietas lokal beras hitam yang ditanam adalah varietas lokal beras hitam lokal Yogyakarta (Tabel 1). Ketujuh varietas ini ditanam dengan pendekatan teknologi Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), sampai tanaman memberikan hasil berupa gabah. Beras pecah kulit yang di-

**Tabel 1.** Tujuh varietas lokal beras hitam spesifik Yogyakarta.

Nama varietas lokal	Asal	Kode*
Tugiyu Umur Panjang	Bantul	G1
Sembada Hitam	Sleman	G2
Yunianto	Bantul	G3
Andel Hitam 1	Kulon Progo	G4
Patalan	Bantul	G5
Muharjo	Bantul	G6
Tugiyu Umur Pendek	Bantul	G7

\*Kode untuk menunjukkan faktor perlakuan percobaan.

hasilkan dari masing-masing lokasi diamati warna berasnya dan digunakan sebagai materi analisis kandungan antosianin total.

### Metode Penanaman

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai September 2015. Percobaan dilakukan secara faktorial dengan Rancangan Acak Lengkap yang diulang 3 kali. Sebagai faktor pertama adalah tujuh varietas lokal beras hitam (kode G) dan faktor kedua adalah dua lokasi penelitian (kode L): lahan sawah irigasi dataran rendah (26 m dpl) di Dusun Gulon, Desa Sri Hardono, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul (L1), dan lahan sawah irigasi dataran sedang (462 m dpl) di Dusun Padasan, Desa Pakembinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman (L2). Berdasarkan data dari BLH Yogyakarta (2015), rerata temperatur selama pengujian di Yogyakarta adalah 25,47°C, dengan curah hujan dari bulan April sampai September 2015. Hujan terjadi pada bulan April sampai Juni, selebihnya tidak terjadi hujan sampai panen. Curah hujan di stasiun untuk lokasi Bantul sebanyak 270 mm (April), 87 mm (Mei), dan 48 mm (Juni). Curah hujan di stasiun untuk lokasi Sleman sebanyak 432 mm (April), 56 mm (Mei), dan 10 mm (Juni).

### Metode Pengamatan

Karakter warna beras yang diamati terdiri atas variabel:  $L^*$  (*lightness*),  $a^*$  (*redness–greenness*), dan  $b^*$  (*yellowness–blueness*). Karakter warna ini diamati menggunakan alat *Chroma Meter-Konica Minolta–Minolta CM-2006*, dengan standardisasi dilakukan dengan kalibrasi warna baku-putih. Variabel  $L^*$  menunjukkan komponen kecerahan (*lightness*), variabel  $a^*$  (*redness–greenness*) mengindikasikan komponen kemerahan sampai kehijauan, dan variabel  $b^*$  (*yellowness–blueness*) menunjukkan komponen kekuningan-kebiruan (Bao et al. 2005).

Analisis kandungan antosianin total dilakukan menggunakan metode Lees dan Francis (1972) yaitu berdasarkan nilai absorban ekstrak tepung beras pecah kulit pada panjang gelombang 535 nm dengan alat spektrofotometer, *Spectro Simadzu. UV VIS tipe 1601* dengan pelarut metanol.

### Analisis Data

Data hasil pengamatan kuantifikasi warna ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) dan kandungan antosianin total yang diperoleh dari masing-masing varietas lokal dan masing-masing lokasi dianalisis dengan pendekatan analisis varian (ANOVA), uji lanjut jarak berganda duncan (DMRT), dan korelasi. Korelasi dianalisis menggunakan perangkat lunak *SPSS ver. 15*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

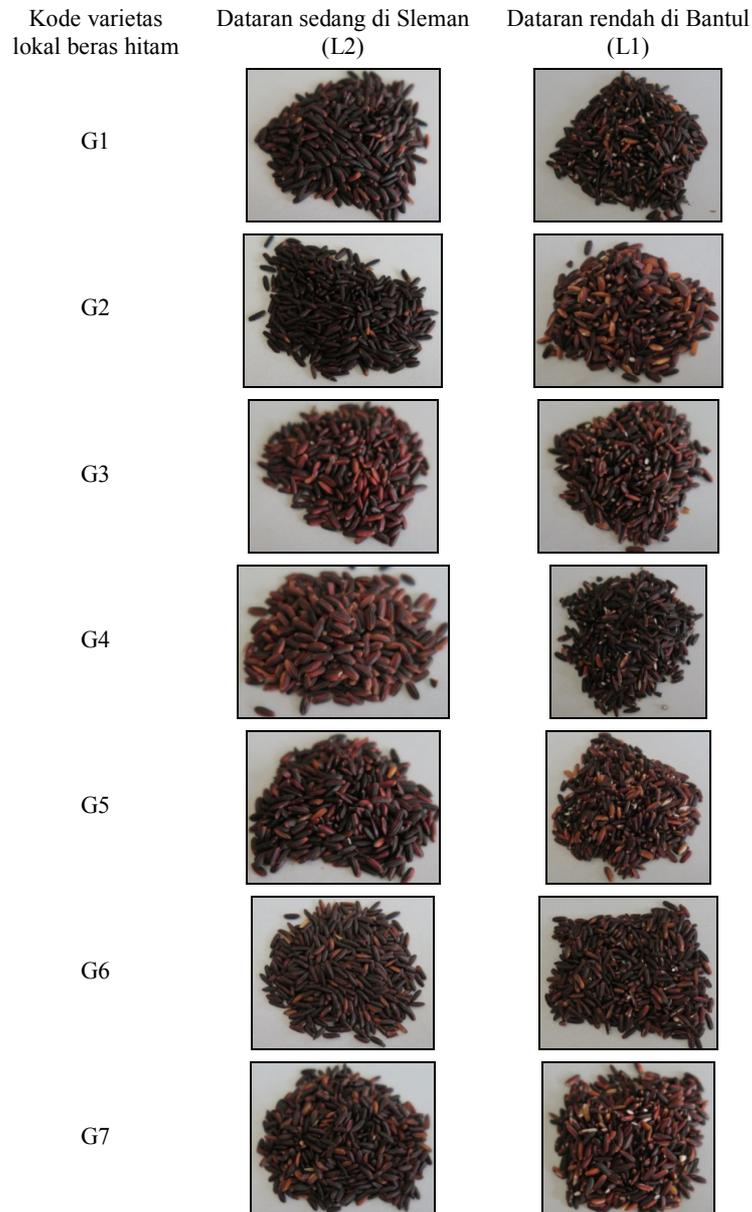
Kondisi umum pada saat penelitian berlangsung adalah musim kemarau (April sampai September 2015) dengan air irigasi yang cukup. Kuatnya intensitas matahari dan irigasi yang cukup serta curah hujan yang cukup pada fase pertumbuhan vegetatif, menyebabkan fotosintesis berlangsung secara optimum sehingga warna terbentuk dengan baik. Lahan yang digunakan untuk penelitian merupakan lahan sawah irigasi teknis, baik di lokasi dataran rendah (Bantul) maupun lokasi dataran sedang (Sleman).

Beras pecah kulit hasil panen masing-masing varietas lokal di setiap lokasi penelitian (dataran rendah maupun dataran sedang) diamati warna berasnya (Gambar 1) dan digunakan sebagai materi analisis kandungan antosianin total.

### Pengaruh Varietas Lokal, Lokasi, dan Interaksi Keduanya

Hasil analisis varian (ANOVA) dari data pengamatan warna beras dan kandungan antosianin total disajikan pada Tabel 2.

Pengaruh ketinggian tempat (L) pada pewarnaan beras dan kandungan antosianin total adalah nyata ( $\alpha = 1\%$  maupun  $\alpha = 5\%$ ). Artinya, ketinggian tempat mempengaruhi warna beras dan kandungan antosianin total. Variasi pewarnaan dan kandungan antosianin juga ditunjukkan oleh variabel warna, semakin rendah tingkat kecerahan warna yang dikuantifikasi dalam variabel warna  $L^*$ , maka semakin tinggi kandungan antosianin totalnya. Hal ini sesuai dengan Rerkasem et al. (2015) yang menyebutkan tingkat kecerahan yang dikuantifikasi dalam variabel warna  $L^*$  menunjuk-



**Gambar 1.** Keragaman warna beras masing-masing varietas lokal beras hitam di setiap lokasi penelitian. G1–G7 adalah nama varietas lokal seperti pada Tabel 1.

kan warna yang lebih intens yang ditemukan pada varietas lokal beras hitam KNL3 yang ditanam di dataran tinggi ( $L^* = 22,85$ ; kandungan antosianin = 62 mg/100 g) dan tidak pada varietas lokal KNL3 di dataran rendah ( $L^* = 31,08$ ; kandungan antosianin = 45 mg/100 g).

Variasi keragaman variabel warna dan kandungan antosianin total di antara varietas lokal beras hitam pada dua lingkungan yang berbeda

ketinggian ditunjukkan pada hasil uji lanjut pada Tabel 3.

Nilai rata-rata variabel warna dan kandungan total antosianin pada ketujuh varietas lokal yang diamati di dua lokasi ketinggian tempat yang berbeda menunjukkan adanya variasi perbedaan. Varietas lokal G1 memiliki kandungan antosianin total tertinggi jika ditanam di dataran rendah tetapi tidak di dataran sedang. Demikian juga, untuk

**Tabel 2.** Kuadrat tengah dari variabel warna ( $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ ) dan kandungan antosianin total.

Sumber keragaman	Derajat bebas	Variabel warna			Antosianin total
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	
Varietas lokal (G)	6	33,82 **	11,66*	17,99**	53.583,64**
Ketinggian Tempat (L)	1	387,66 **	15,95*	123,43**	109,87 **
G $\times$ L	6	50,37 **	22,87**	27,96**	10.145,14 **
Galat	28	9,07	3,42	5,06	0,94

\*\* nyata pada  $\alpha = 1\%$ , \* nyata pada  $\alpha = 5\%$ .

**Tabel 3.** Keragaman warna beras dan kandungan antosianin total pada tujuh varietas lokal lokal beras hitam di dataran rendah (L1) dan dataran sedang (L2).

Perlakuan	Variabel warna beras			Kandungan antosianin total
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	
Varietas lokal	Nilai rata-rata dari 2 lokasi			
G1	20,29 b	7,05 b	1,74 b	298,93 a
G2	22,87 ab	8,99 ab	3,69 ab	284,05 b
G3	22,08 ab	9,92 ab	3,00 b	107,39 d
G4	22,73 ab	8,89 ab	3,35 ab	82,55 e
G5	25,29 ab	10,81 a	4,59 ab	107,22 d
G6	20,74 b	8,43 ab	3,59 ab	122,45 c
G7	26,89 a	11,01 a	7,30 a	81,81 e
Lokasi	Nilai rata-rata dari 7 varietas lokal beras hitam			
Bantul (dataran rendah) = L1	26,03 a	9,92 a	5,61 a	153,29 b
Sleman (dataran sedang) = L2	19,95 b	8,68 b	2,18 b	156,53 a
Variasi variabel warna dan kandungan antosianin antar varietas lokal dan lokasi				
G1L1	22,44	8,55	3,22	<b>349,75</b>
G2L1	28,28	11,86	6,93	222,73
G3L1	23,77	8,47	3,12	91,00
G4L1	20,92	6,18	1,11	76,78
G5L1	29,96	12,27	7,49	155,36
G6L1	22,95	9,61	6,06	129,10
G7L1	33,85	12,47	11,34	48,36
G1L2	18,15	5,55	0,26	248,11
G2L2	17,46	6,14	0,44	<b>345,36</b>
G3L2	20,39	11,37	2,89	123,77
G4L2	24,54	11,59	5,59	116,73
G5L2	20,64	9,34	1,70	59,12
G6L2	18,52	7,25	1,13	115,80
G7L2	19,94	9,55	3,27	86,84

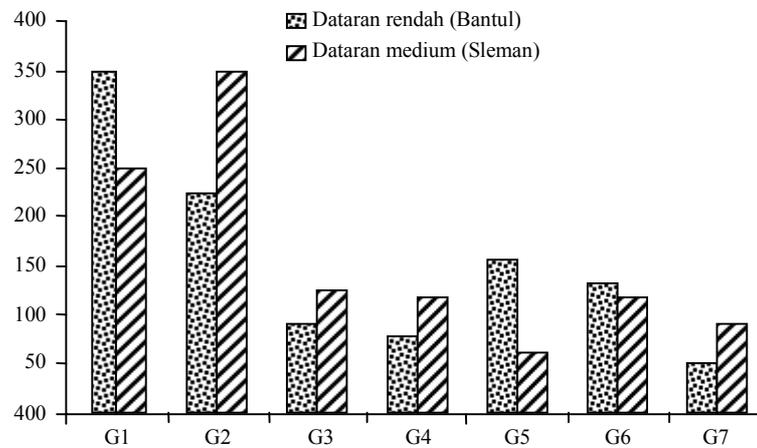
Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada  $\alpha = 5\%$ .

Kode G1–G7 adalah nama varietas lokal seperti pada Tabel 1.

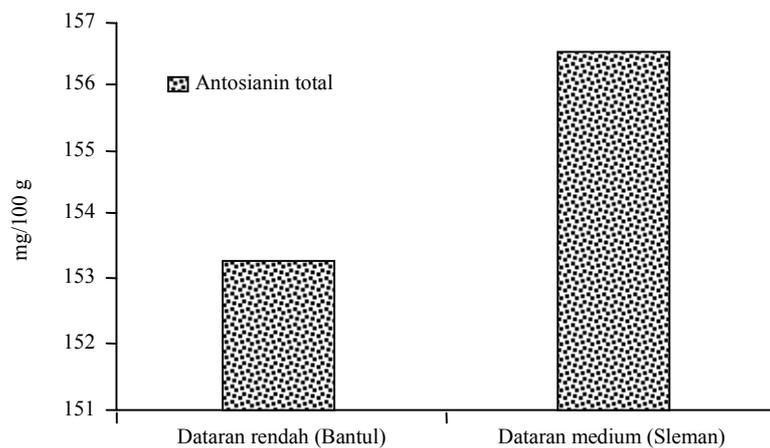
varietas lokal G2 memiliki kandungan antosianin total tertinggi jika ditanam di dataran sedang tetapi tidak jika ditanam di dataran rendah. Hal ini diduga karena varietas lokal G1 merupakan varietas lokal beras hitam berasal dari Bantul sehingga telah beradaptasi dengan baik di lingkungan dataran rendah di Bantul, sebaliknya varietas lokal G2 merupakan varietas lokal beras hitam berasal dari Sleman yang telah beradaptasi dengan baik di lingkungan dataran sedang di Sleman. Tabel 3

menunjukkan bahwa diantara tujuh varietas lokal beras hitam yang diuji, G1 (Tugiyo Umur Panjang) memiliki kandungan total antosianin paling tinggi di lokasi dengan ketinggian rendah. Sedangkan G2 (Sembada Hitam) memiliki kandungan total antosianin tertinggi di lokasi dengan ketinggian sedang.

Tujuh varietas lokal beras hitam yang diuji kandungan antosianinnya, empat varietas, (G2, G3, G4, dan G7) yang ditanam di dataran rendah



**Gambar 2.** Kandungan antosianin total dari masing-masing varietas lokal beras hitam yang ditanam di dataran rendah di Bantul dan di dataran sedang di Sleman. Kode G1–G7 adalah nama varietas lokal seperti pada Tabel 1.



**Gambar 3.** Kandungan antosianin total dari tujuh varietas lokal beras hitam yang ditanam di dataran rendah di Bantul dan di dataran sedang di Sleman.

memiliki kandungan antosianin yang lebih rendah dibanding dengan yang ditanam di dataran sedang. Sedangkan 3 varietas yang lain (G1, G5, dan G6) justru memiliki kandungan antosianin yang lebih tinggi bila ditanam di dataran rendah dibandingkan bila ditanam di dataran sedang (Gambar 3). Perbedaan rerata suhu siang dan malam serta panjang hari di lokasi yang berbeda ketinggian, yang mempengaruhi perbedaan respon fisiologis tanaman, diduga sebagai faktor yang berpengaruh (Rerkasem et al. 2015).

Namun demikian, hasil analisis kandungan total antosianin dari tujuh varietas lokal, menunjukkan bahwa total kandungan antosianin di lokasi dataran medium lebih tinggi dibanding total

kandungan antosianin di lokasi dataran rendah. Hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

### Korelasi Variabel Warna Beras Hitam dengan Kandungan Total Antosianin

Terdapat korelasi yang nyata pada variabel warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  serta kandungan antosianin total (Tabel 4). Korelasi positif nyata diperoleh antar variabel warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ . Adapun antara variabel warna  $L^*$  dan  $b^*$  dengan kandungan antosianin total korelasinya tidak nyata dan negatif, kecuali pada variabel  $a^*$  yang berkorelasi nyata dan negatif dengan kandungan antosianin total. Hal ini dapat dimengerti karena semakin tinggi nilai variabel warna  $L^*$  maka warnanya akan semakin

**Tabel 4.** Koefisien korelasi antara variabel warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  serta kandungan antosianin total.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Antosianin total
$L^*$	1,000			
$a^*$	0,726*	1,000		
$b^*$	0,948**	0,825**	1,000	
Antosianin total	-0,421	-0,688*	-0,466	1,000

\*\* sangat nyata pada  $\alpha = 1\%$ , \* nyata pada  $\alpha = 5\%$ .

cerah dan sebaliknya semakin rendah nilai variabel warna  $L^*$  maka semakin gelap suatu warna. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Yafang et al. (2011) yang menyimpulkan bahwa terdapat korelasi negatif antara variabel warna  $L^*$  dengan kandungan antosianin total. Yodmanee et al. (2011) mengatakan bahwa terdapat korelasi negatif antara variabel warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  dengan kandungan polifenol total dan kapasitas antioksidan. Shen et al. (2009) juga menemukan bahwa variabel warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  memiliki hubungan dengan polifenol dan aktivitas antioksidan.

Korelasi negatif pada variabel warna  $a^*$  dan  $b^*$  dengan antosianin total dapat terjadi karena nilai peubah  $a^*$  bernilai negatif bila menunjukkan warna hijau dan mengarah ke warna merah bila bernilai positif. Variabel  $b^*$  akan menunjukkan nilai negatif apabila berwarna dekat dengan biru dan bernilai positif apabila warna mengarah ke kuning. Semakin rendah nilai  $a^*$  dan  $b^*$ , semakin tinggi kandungan antosianinnya (Kristamtini et al. 2014). Penjelasan tentang korelasi negatif antarvariabel warna  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  dengan kandungan antosianin total tersebut sesuai dengan Ryu et al. (1998) dan Takashi et al. (2001) yang menyatakan bahwa beras hitam memiliki kandungan antosianin tinggi pada lapisan kulit ari beras, yang memberikan warna ungu gelap. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk proses seleksi dalam pengembangan varietas padi dengan kandungan antosianin tinggi dengan menggunakan variabel warna sebagai indikator seleksi.

## KESIMPULAN

Ketinggian tempat mempengaruhi variabel warna beras hitam dan kandungan antosianin total. Varietas lokal Tugiyo Umur Panjang memiliki

kandungan antosianin tertinggi di lokasi dengan ketinggian rendah (Bantul), sedangkan varietas lokal Sembada Hitam menunjukkan kandungan antosianin tertinggi di lokasi dengan ketinggian medium (Sleman). Varietas lokal beras hitam yang ditanam memiliki warna beras dan kandungan antosianin total yang berbeda-beda sesuai dengan potensi genetiknya. Variabel warna  $a^*$  pada beras hitam berkorelasi nyata dan negatif dengan kandungan antosianin total. Semakin rendah nilai  $a^*$  maka semakin ungu/hitam warna beras dan semakin tinggi kandungan antosianin totalnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta (2015) *Klimat Yogyakarta*. [Online] Tersedia pada: <https://id.climate-data.org/asia/indonesia/special-region-of-yogyakarta/yogyakarta-5987/> [Diakses 15 March 2015].
- Bao, J.S., Cai, Y., Sun, M., Wang, G. & Corke, H. (2005) Anthocyanins, flavonols, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) extracts and their color properties and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (6), 2327–2332. doi: 10.1021/jf0483-p12z.
- Deng, G.F., Xu, X.R., Zhang, Y., Li, D., Gan, R.Y. & Li, H.B. (2013) Phenolic compounds and bioactivities of pigmented rice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 296–306. doi: 10.1080/10408-398.2010.529624.
- Hu, J., Anderson, B. & Wessler, S.R. (1996) Isolation and characterization of rice R genes: Evidence for distinct evolutionary paths in rice and maize. *Genetics*, 142 (3), 1021–1031.
- Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., Shao, Y.F., Shen, Y. & Bao, J.S. (2009) Quantitative trait loci for brown rice color, phenolics, flavonoid contents, and antioxidant capacity in rice grain. *Cereal Chemistry*, 86, 609–615. doi: 10.1094/CCHEM-86-6-0609.

- Kaplan, D. (2001) The science of plant morphology: Definition, history and role in modern biology. *American Journal of Botany*, 88 (10), 1711–1741.
- Kristantini, Taryono, Basunanda, P. & Murti, R.H. (2014) Keragaman genetik dan korelasi parameter warna beras dan kandungan antosianin total sebelas varietas lokal padi beras hitam lokal. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 17 (1), 90–103. doi:10.13140/2.1.5061-6964.
- Lees, D.H. & Francis, F.G. (1972) Standardization of pigment analysis in cranberries. *HortScience*, 7 (1), 83–84.
- Rerkasem, B., Jumrus, S., Yimyam, N. & Prom-u-thai, C. (2015) Variation of grain nutritional quality among Thai purple rice genotypes grown at two different altitudes. *ScienceAsia*, 41 (6), 377–385. doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2015.41.377.
- Ryu, S.N., Park, S.Z. & Ho, C.T. (1998) High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *Journal of Food and Drug Analysis*, 6 (4), 1710–1715.
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. & Bao, J.S. (2009) Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size, and weight. *Journal of Cereal Science*, 49, 106–111. doi: 10.1016/j.jcs.2008.07.010.
- Takashi, I., Bing, X., Yoichi, Y., Masaharu, N. & Tetsuya, K. (2001) Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *Journal of Medicinal Food*, 4, 211–218. doi: 10.1089/10966200-152744481.
- Yafang, S., Gan, Z. & Jinsong, B. (2012) Total phenolic content and antioxidant capacity of rice grains with extremely small size. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (10), 2289–2293. doi:10.5897/AJAR11.124.
- Yodmanee, S., Karrila, T.T. & Pakdeechanuan, P. (2011) Physical, chemical, and antioxidant properties of pigmented rice grown in Southern Thailand. *International Food Research Journal*, 18 (3), 901–906.
-