

Keragaman Genetik dan Korelasi Parameter Warna Beras dan Kandungan Antosianin Total Sebelas Kultivar Padi Beras Hitam Lokal

Genetic Variability of Rice Pericarp Color Parameters and Total Anthocyanine Content of Eleven Local Black Rice and Their Correlation

Kristamtini¹, Taryono², Panjisakti Basunanda² dan Rudi Hari Murti²

ABSTRACT

Black rice starts to be consumed as functional food due to high anthocyanine content which functioned as an antioxidant. The different in an existing name is predicted due to the pericarp color differences which are from light to heavy black. It is therefore that morphological characteristics observation of pericarp color is required. This study aimed to identify genetic variability of 11 Indonesian local cultivar of black rice based on pericarp color parameters and total anthocyanine content, even their correlations. L^ , a^* , b^* color parameters were observed using Chroma Meter - Konica Minolta - Minolta CM-2006, and white standard color was used for calibration, whereas total anthocyanine content was measured based on absorbent value of grinded rice grains using 535 nm wavelength of spectrophotometer. Color parameters and total anthocyanine content data were analyzed using analysis variance to estimate Genetics Variability Coefficient and cluster analysis to know the similarity among these local cultivars of black rice. The result showed that b^* color variable and total anthocyanine content indicate broad genetic variability, whereas L^* and a^* color variables depict narrow genetic variability. There were 3 different groups of black rice based on L^* , a^* and b^* color parameters and total anthocyanine content. These were Cempo ireng; Banjarnegara, Banjarnegara-Wonosobo, Magelang berbulu, Magelang tak berbulu, Nusa Tenggara Timur and Pari Ireng; and Sragen, Jilitheng, Bantul and Melik groups. Positive significant correlation was observed between L^* , a^* , b^* color parameters, and there was negative significant correlation between total anthocyanine content and L^* , a^* , dan b^* color parameters.*

Key words: *genetic variability, pericarp colour parameters, total anthocianin content, local black rice*

INTISARI

Beras hitam mulai banyak dikonsumsi sebagai pangan fungsional karena tingginya kandungan antosianin yang berfungsi sebagai antioksidan. Perbedaan nama beras hitam yang ada diduga disebabkan oleh keragaman warna berasnya, yaitu dari hitam cerah sampai hitam pekat. Oleh karena itu pengamatan sifat morfologi warna beras sangat diperlukan. Penelitian ini

¹ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta

² Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada

bertujuan untuk mengidentifikasi keragaman genetik sebelas kultivar padi beras hitam lokal Indonesia berdasarkan parameter warna beras dan kandungan antosianin total serta korelasinya. Pengamatan parameter warna L^* , a^* , b^* dilakukan menggunakan Chroma Meter - Konica Minolta – Minolta CM-2006, dan standarisasi dilakukan dengan kalibrasi warna standar (putih). Adapun analisis kandungan antosianin total dilakukan berdasarkan nilai absorbansi ekstrak tepung beras pada panjang gelombang 535 nm dengan alat spektrofotometer. Data pengamatan parameter warna maupun kandungan antosianin total dianalisis untuk mengetahui keragaman genetiknya yang ditunjukkan oleh nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) dan analisis gerombol (cluster analysis) sehingga diketahui kedekatan hubungan antar kultivar lokal padi beras hitam tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peubah warna b^* dan kandungan antosianin total memiliki keragaman genetik yang luas, sedangkan peubah warna L^* dan a^* memiliki keragaman genetik yang sempit. Terdapat 3 kelompok kultivar padi beras hitam lokal berdasarkan parameter warna L^* , a^* , dan b^* dengan kandungan antosianin total, yaitu beras hitam Cempo ireng; kelompok beras hitam Banjarnegara, beras hitam Banjarnegara-Wonosobo, beras hitam Magelang berbulu, beras hitam Magelang tak berbulu, beras hitam NTT dan Pari ireng; dan kelompok kultivar beras hitam Sragen, beras hitam Jilitheng, beras hitam Bantul dan beras hitam Melik. Keeratan hubungan antar pengamatan menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antar parameter warna L^* , a^* , b^* , dan korelasi negatif antara parameter warna (L^* , a^* , dan b^*) dengan kandungan antosianin total

Kata Kunci: keragaman genetik, parameter warna, antosianin total, beras hitam, dan lokal.

PENDAHULUAN

Padi merupakan sereal utama yang hasilnya dikenal sebagai beras yang dikonsumsi sebagai makanan pokok oleh lebih dari setengah populasi dunia (Battacharjee *et al.*, 2002). Terdapat beragam warna padi/beras dan warna tersebut tergantung pada pigmen warna khususnya antosianin pada lapisan perikarp, kulit biji (*seed coat*) atau aleuron, seperti beras merah (*red rice*) dan beras hitam (*black rice*), tetapi sebagian besar beras yang dikonsumsi adalah beras putih (Chaudhary, 2003). Pada saat ini, beras hitam mulai banyak dikonsumsi sebagai 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 dalam hal ini kandungan antosianin yang dapat berfungsi sebagai antioksidan.

Beras hitam lokal memiliki sebutan yang beragam tergantung daerah asalnya. Beras hitam di Kotamadya Surakarta, Propinsi Jawa Tengah disebut beras Wulung, di Kabupaten Subang, Jawa Barat dikenal dengan beras gadog. Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, terdapat beberapa nama beras hitam. Di Sleman Yogyakarta, dikenal dengan nama Cempo Ireng (Kristamtini, 2008) dan beras jlitheng (Kristamtini, 2009), sedangkan di Bantul dikenal beras Melik, di Nusa Tenggara Timur (NTT), dikenal Aen Metan dan Hare Kwa (Suhartini dan Suardi, 2010), di Magelang dikenal 2 jenis beras hitam yaitu cempa dan berbulu dengan sebutan nama Jawa melik.

Perbedaan nama beras hitam tersebut diduga disebabkan oleh keragaman warna berasnya, dari hitam cerah sampai hitam pekat. Perbedaan warna beras terjadi sebagai akibat adanya perbedaan kandungan antosianin. Dengan kajian warna beras maka kemungkinan dengan mudah dapat dibedakan suatu individu dengan individu lainnya (Kaplan, 2001).

Kajian keragaman genetik dapat dilakukan dengan penanda morfologis, biokimia, dan molekuler (Solouki *et al.*, 2008). Penyandian sifat morfologi banyak dipengaruhi lingkungan, namun demikian sifat morfologi telah banyak memberi manfaat dalam membentuk sejumlah kultivar unggul sejak tahun 1950-an. Penyifatan secara morfologi merupakan cara determinasi yang paling akurat untuk menilai sifat agronomi dan mengelompokkan secara taksonomi beragam tanaman (Li *et al.*, 2009). Penyifatan secara morfologi dapat digunakan untuk mengenali koleksi plasma nutfah ganda, kajian pendugaan keragaman genetik dan korelasi antara sifat morfologi dengan sifat penting agronomi yang lain (Ciat, 1993; Rimoldi *et al.*, 2010; Talebi *et al.*, 2008). Penyifatan pada tingkat morfologi diperlukan terutama untuk keperluan mengenali fenotipe dan perubahannya terkait dengan ekotipenya (Marzuki *et al.*, 2008).

Keragaman genetik antara individu atau populasi dapat diduga dengan menggunakan penanda morfologi (Garcia *et al.*, 1998). Identifikasi keragaman dengan cara penyifatan akan menghasilkan data berisi informasi tentang sifat-sifat morfologi seperti warna bunga, dan bentuk daun dan agronomi termasuk umur panen, tinggi tanaman, dan daya hasil. Penyifatan secara morfologi lebih utama dilakukan dibandingkan molekuler karena mudah dilakukan dan nampak secara jelas. Penanda morfologi yang digunakan merupakan penanda yang didasarkan pada pewarisan Mendel yang sederhana, seperti bentuk, warna, ukuran, dan berat. Sifat morfologi (fenotipe) dapat digunakan sebagai petunjuk nyata untuk gen khusus dan penanda gen dalam kromosom karena sifat-sifat yang mempengaruhi morfologi dapat diturunkan (Sofro, 1994). Dalam jumlah besar penanda morfologi telah dipelajari dan dipetakan pada beragam jasad hidup termasuk manusia, tikus, lalat buah, jagung, tomat, dan ubi jalar (Liu, 1998; Karuri *et al.*, 2010).

Keberadaan keragaman fenotipe dalam suatu populasi tanaman sangat penting dan dapat dijadikan sebagai penduga keragaman genetik, agar seleksi dengan maksud untuk mendapatkan sifat-sifat unggul dapat dilakukan. Makin tinggi keragaman fenotipenya pada sifat yang tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan maka peluang untuk mendapatkan genotipe unggul semakin besar (Greech dan Reits, 1971). Keragaman fenotipe pada sifat tersebut menunjukkan keragaman faktor genetik terhadap sifat yang disandikan (Knight, 1979).

Berdasarkan hal-hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keragaman genetik sebelas kultivar padi beras hitam lokal Indonesia berdasarkan parameter warna beras dan kandungan antosianin total dan korelasinya.

BAHAN DAN METODE

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah 11 kultivar padi beras hitam lokal Indonesia (Tabel 1).

Tabel 1. Materi penelitian yang dilibatkan dalam penelitian ini

No.	Nama kultivar/varietas	Kode	Daerah Asal
1.	Melik	A	Kedon – Ganjuran – Bantul – Yogyakarta
2.	Jlitheng	B	Sleman Yogyakarta
3.	Cempo Ireng	C	Seyegan – Sleman - Yogyakarta
4.	Pari Ireng	D	Padasan – Pakembinangun – Sleman - Yogyakarta
5.	Padi hitam NTT	E	Alor – NTT
6.	Padi hitam Bantul	F	Njayan – Imogiri – Bantul
7.	Padi hitam Magelang (berbulu)	G	Sawangan – Magelang – Jawa Tengah
8.	Padi hitam Magelang (tak berbulu)	H	Sawangan – Magelang – Jawa Tengah
9.	Padi hitam Sragen	I	Sragen – Jawa Tengah
10.	Padi hitam Banjarnegara berbatasan Wonosobo	J	Wonosobo – Jawa Tengah
11.	Padi Hitam Banjarnegara	K	Banjarnegara – Jawa Tengah

Semua materi yang digunakan dalam penelitian ini ditanam dalam pot plastik di rumah plastik hingga panen menggunakan rancangan lingkungan Acak Lengkap yang diulang 5 kali.

Pengamatan warna beras dan kandungan antosianin total beras dilakukan setelah padi dipanen. Parameter warna beras L^* (*lightness*), a^* (*redness – greenness*), dan b^* (*yellowness – blueness*) diamati menggunakan Chroma Meter - Konica Minolta – Minolta CM-2006, dan pembakuan dilakukan dengan kalibrasi warna baku-putih. L^* menunjukkan kecerahan (*lightness*), a^* (*redness – greenness*) mengindikasikan kemerahan sampai kehijauan dan b^* (*yellowness-blueness*) menunjukkan kekuningan-kebiruan (Bao *et al*, 2005).

Analisis kandungan antosianin total menggunakan metode Lees dan Francis (1972) berdasarkan nilai absorban ekstrak tepung beras pada panjang

gelombang 535 nm dengan alat spektrofotometer - Spectro Simadzu. UV VIS tipe 1601 dengan pelarut metanol.

Data kuantitatif dianalisis dengan pendekatan analisis varian dan untuk mengetahui keragaman genetiknya yang ditunjukkan oleh nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG), dihitung menurut rumus Singh dan Chaudary (1979) :

$$\sigma^2 G = \frac{KTg - KTs}{r}$$

$$KKG = \frac{(\sqrt{\sigma^2 G})}{\bar{X}} \times 100$$

$\sigma^2 G$ = ragam genetik
 KTg = kuadrat tengah genotipe
 KTs = kuadrat tengah galat
 KKG = Koefisien keragaman genetik
 \bar{X} = rerata
 r = ulangan

Menurut Moedjiono dan Mejaya (1994), koefisien keragaman genetik yang telah diperoleh dapat dikelompokkan menjadi 4 kriteria keragaman yaitu keragaman rendah (0 – 25 % dari KKG tertinggi), keragaman sedang (25 – 50 % dari KKG tertinggi), keragaman tinggi (50 -75 % dari KKG tertinggi) dan keragaman sangat tinggi (> 75 % dari KKG tertinggi).

Data hasil pengamatan kuantifikasi warna (parameter L^* , a^* , dan b^*) yang diperoleh dianalisis menggunakan perangkat lunak *Multivariate Statistical Package* (MVSP) ver 3.01 (Kovach, 2007) berdasarkan koefisien DIST/rataan jarak taksonomi sehingga diperoleh dendogram dan jarak taksonomi.

Korelasi antar pengamatan yang diamati dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS 16.0 dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antar parameter warna dengan kandungan antosianin total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei genotipe beras dari berbagai koleksi plasma nutfah dapat mengenali kandungan fenolat total, flavonoid dan kapasitas antioksidan (Shen *et al.*, 2009). Memahami dasar genetika yang mendasari keragaman genetik kandungan fitokimia (fenolat total, flavanoid dan antioksidan) kaitannya dengan manfaat kesehatan dapat membantu proses pemuliaan (Jin *et al.*, 2009). Beras hitam memiliki kandungan antosianin tinggi pada lapisan perikarp, yang memberikan warna ungu gelap (Ryu *et al.*, 1998; Takashi *et al.*, 2001). Beras hitam memiliki keragaman dalam hal warna dan dapat dikaji dengan parameter warna.

Tabel 2. Varian genetic parameter warna (L^* , a^* , dan b^*) serta kandungan antosianin total sebelas kultivar lokal padi beras hitam

Kultivar Padi	Parameter warna			Kandungan antosianin total (mg/100 g)
	L^*	a^*	b^*	
Melik	18,21	5,71	2,63	100,06
Jlitheng	18,10	4,81	1,51	53,22
Cempo ireng	18,46	4,40	1,18	428,38
Pari ireng	17,07	3,61	1,02	230,48
Padi hitam NTT	16,39	3,72	1,13	264,43
Padi hitam Bantul	27,64	7,54	6,31	90,22
Padi hitam Magelang berbulu	19,70	6,41	2,42	196,34
Padi hitam Magelang tak berbulu	18,19	3,72	1,50	288,53
Padi hitam Sragen	19,28	7,12	2,72	65037
Padi hitam Banjarnegara-Wonosobo	21,26	5,07	1,46	179,09
Padi hitam Banjarnegara	24,81	4,97	5,49	165,78
Rata-rata (\bar{X})	19,92	5,25	2,49	187,42
σ^2g	11,45	1,55	3,23	12671,21
σ^2e	0,97	0,50	0,06	1,79
KKG (%)	16,99	23,73	72,18	60,13
Nilai relatif	23,53 (R)	32,88 (S)	100,0	83,71 (ST)
Kriteria keragaman	Sempit	Sempit	Luas	Luas

Keterangan: σ^2g = varian genotipe, σ^2e = varian lingkungan, ST = sangat tinggi /sangat luas, T = tinggi / luas, S = sedang, R = rendah

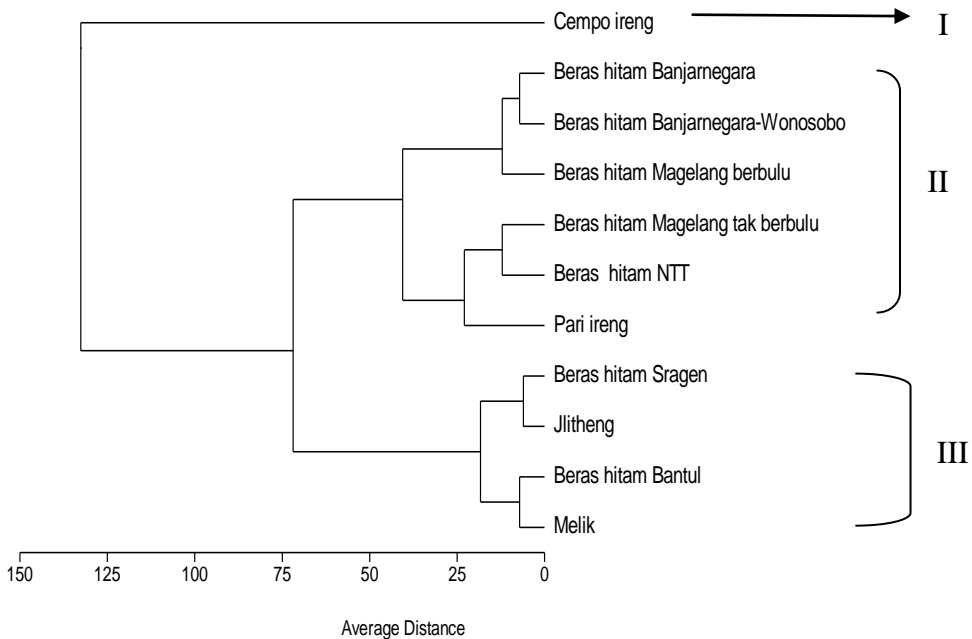
Tabel 2 tampak bahwa varian lingkungan pada semua parameter warna L^* , a^* , dan b^* serta kandungan antosianin total lebih rendah dari pada varian genotipe. Hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman parameter warna L^* , a^* , dan b^* serta kandungan antosianin total lebih dipengaruhi oleh faktor genetik dari pada faktor lingkungan. Oleh karena itu parameter warna dan kandungan antosianin total merupakan sifat yang dipengaruhi oleh sedikit gen (sifat kualitatif). Hal ini sesuai pendapat Mangoendidjojo (2003) bahwa sifat kualitatif diatur oleh satu atau dua gen, sedikit dipengaruhi lingkungan sehingga cara pemilihan/seleksi dapat dilakukan secara visual.

Karena peubah warna b^* mempunyai nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) tertinggi (Tabel 3) sebesar 72,18 % maka ditetapkan sebagai nilai relatif 100%. Nilai keragaman genetik sedang terdapat pada peubah warna a^* dan warna L^* memiliki nilai keragaman genetik rendah, sedangkan kandungan antosianin total memiliki nilai keragaman genetik sangat tinggi. Suatu sifat yang memiliki nilai keragaman genetik sangat tinggi dan tinggi menunjukkan bahwa perbaikan melalui seleksi langsung (*direct selection*) dimungkinkan. Sifat yang memiliki nilai keragaman tinggi dan sangat tinggi dapat dikatakan mempunyai keragaman genetik yang luas, demikian sebaliknya sifat yang memiliki nilai keragaman genetik rendah dan sedang dapat dikatakan mempunyai keragaman genetik yang sempit, sehingga peubah warna b^* dan kandungan antosianin total memiliki keragaman genetik yang luas, sedangkan parameter warna L^* dan a^* memiliki keragaman genetik yang sempit.

Keragaman yang luas merupakan salah satu syarat terhadap seleksi pada sifat yang diinginkan karena proses seleksi terhadap sifat tersebut akan lebih efisien. Sesuai dengan Bahar dan Zein (1993) bahwa apabila keragaman genetik dalam suatu populasi besar, hal ini menunjukkan individu dalam populasi beragam, peluang untuk memperoleh genotipe yang diharapkan akan besar. Semakin luas keragaman genetik yang dimiliki akan semakin besar peluang keberhasilan program pemuliaan. Disamping itu,

keragaman yang luas juga dapat meningkatkan tanggapan seleksi (*selection response*) karena tanggapan seleksi berbanding lurus dengan keragaman genetik (Fehr, 1987; Hallauer dan Miranda, 1988; Simmonds, 1986).

Pengelompokan berdasarkan parameter warna L^* , a^* , dan b^* serta kandungan antosianin total selain bermanfaat untuk mengenali kultivar juga bermanfaat untuk membantu dalam pemilihan tetua persilangan. Hal ini dapat dimengerti karena dengan dikenalnya kultivar dan hasil pengelompokan tersebut maka kultivar yang berada dalam satu kelompok memiliki sifat yang sama atau hampir sama sehingga akan memudahkan dalam pemilihan tetua persilangan.



Gambar 1. Dendrogram hasil pengelompokan berdasarkan parameter warna L^* , a^* , dan b^* serta kandungan antosianin total pada 11 kultivar padi beras hitam lokal

Pada dendrogram gambar 1 nampak bahwa pada jarak taksonomi 75 diperoleh 3 kelompok yaitu kelompok I terdiri dari kultivar Cempo ireng, kelompok II terdiri dari dua kelompok yaitu kelompok beras hitam

Banjarnegara, beras hitam Banjarnegara-Wonosobo dan beras hitam Magelang berbulu; dan kelompok beras hitam Magelang tak berbulu, beras hitam NTT dan pari ireng. Adapun kelompok III terdiri dari dua kelompok yaitu beras hitam Sragen dan beras hitam Jliteng; dan kelompok beras hitam Bantul dan Melik. Dengan dikenalnya kultivar dan berdasarkan hasil pengelompokan tersebut maka kultivar yang berada dalam satu kelompok memiliki parameter warna dan kandungan antosianin yang sama atau hampir sama atau memiliki hubungan kekerabatan yang dekat sehingga untuk persilangan tinggal memilih tetua persilangan yang mewakili kelompoknya.

Pendugaan hubungan genetik dalam pemuliaan tanaman sangat berguna untuk mengelola plasma nutfah, mengenali kultivar, membantu seleksi tetua persilangan serta mengurangi jumlah individu yang dibutuhkan untuk mengambil contoh dengan kisaran keragaman yang luas (Julisaniah *et al.*, 2008). Terdapat korelasi yang nyata pada parameter warna L^* , a^* , dan b^* serta kandungan antosianin total (Tabel 3). Korelasi positif nyata teramati antar parameter warna L^* , a^* , dan b^* , adapun antara parameter warna L^* , a^* , dan b^* dengan kandungan antosianin total terdapat korelasi negatif nyata.

Tabel 3. Koefisien korelasi antara parameter warna L^* , a^* , dan b^* serta kandungan antosianin total

Sifat	L^*	a^*	b^*	Antosianin total
L^*	1,000			
a^*	0,598**	1,000		
b^*	0,900**	0,615**	1,000	
Antosianin total	-0,330*	-0,556**	-0,450**	1,000

Ket : ** sangat nyata pada taraf 0,01; nyata pada taraf 0,05

Korelasi negatif tersebut mengandung makna bahwa semakin tinggi nilai parameter warna L^* , a^* , dan b^* maka kandungan antosianin total akan semakin rendah, demikian sebaliknya semakin rendah nilai parameter warna L^* , a^* , dan b^* akan semakin tinggi kandungan antosianin totalnya. Hal ini dapat dimengerti karena semakin tinggi peubah warna L^* maka warnanya

akan semakin cerah. Hubungannya dengan hubungan antara peubah L dan kandungan antosianin, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Yafang *et al* (2011) yang menyimpulkan bahwa terdapat korelasi negatif antara parameter warna L^* dengan kandungan antosianin total. Yodmanee *et al.* (2011) mengatakan bahwa terdapat korelasi negatif antara parameter warna L^* , a^* , dan b^* dengan kandungan polifenol total dan kapasitas antioksidan. Shen *et al.* (2009) juga menemukan bahwa parameter warna L^* , a^* , dan b^* memiliki hubungan dengan polifenol dan aktivitas antioksidan.

Korelasi negatif pada parameter warna a^* , dan b^* dengan antosianin total dapat terjadi karena nilai peubah a^* bernilai negatif menunjukkan warna hijau dan mengarah ke warna merah apabila nilai menuju ke positif, sedangkan parameter b^* akan menunjukkan nilai negatif apabila berwarna dekat dengan biru dan menuju ke positif apabila warna mengarah ke kuning. Oleh karena itu maka semakin rendah nilai a^* dan b^* maka semakin tinggi kandungan antosianinnya. Penjelasan tentang korelasi negatif antar parameter warna L^* , a^* , dan b^* dengan kandungan antosianin total tersebut sesuai dengan Ryu *et al.*, (1998) dan Takashi *et al.* (2001) bahwa beras hitam memiliki kandungan antosianin tinggi pada lapisan perikarp, yang memberikan warna ungu gelap. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai petunjuk (*guide*) di dalam seleksi dalam pengembangan varietas beras dengan kandungan antosianin tinggi dan penggunaan parameter warna sebagai indikator praktis dalam seleksi.

KESIMPULAN

1. Peubah warna b^* dan kandungan antosianin total memiliki keragaman genetik yang luas, sedangkan peubah warna L^* dan a^* memiliki keragaman genetik yang sempit.
2. Terdapat 3 kelompok kultivar padi beras hitam lokal berdasarkan parameter warna L^* , a^* , dan b^* dengan kandungan antosianin total, yaitu beras hitam Cempo ireng; kelompok beras hitam Banjarnegara,

beras hitam Banjarnegara-Wonosobo, beras hitam Magelang berbulu, beras hitam Magelang tak berbulu, beras hitam NTT dan Pari ireng; dan kelompok kultivar beras hitam Sragen, beras hitam Jilitheng, beras hitam Bantul dan beras hitam Melik

3. Terdapat korelasi positif antar parameter warna L^* , a^* , b^* , dan terdapat korelasi negatif antara parameter warna L^* , a^* , dan b^* dengan kandungan antosianin total.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih kepada Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T) tahun 2011 yang telah memberikan dana untuk penelitian ini dan terimakasih kepada Laboratorium Pemuliaan dan Genetika Fak. Pertanian UGM yang telah memberikan ijin untuk menggunakan alat Chroma Meter - Konica Minolta – Minolta CM-2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Bao, J.S., Y. Cai, M. Sun, G. Wang, H. Corke. 2005. Anthocyanins, flavonols, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) extracts and their color properties and stability. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 53 (6): 2327-2332
- Battacharjee, P., R.S. Shinghal, and P.R. Kulkarno. 2002. Basmati rice : A review. *Int. J. Food Sci. Tech.* 37 (1): 1-12.
- Bahar , H., dan S. Zen. 1993. Parameter genetik pertumbuhan tanaman, hasil dan komponen hasil jagung. *Zuriat* 4 (1): 4-7.
- Chaudhary, R.C. 2003. Speciality rices of the world : Effect of WTIO and IPR on its production trend and marketing. *J. Food Agric. Env.* 1 (2) : 34 - 41.
- CIAT. 1993. Biotechnology Research Unit. Annual Report, Cali, Colombia International Potato Centre (CIP), Asian Vegetable Research and Development Centre (AVRDC), International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), 1991. *In: Z. Huaman (ed.)*, Descriptors for Sweet Potato, pp: 43–130. IBPGR, Rome, Italy
- Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development. Vol 1. Macmillan Publishing Co. New York. pp. 536

- Garcia, E., M. Jamilena, J.I. Alvarest, T. Arnedo, J.L.Oliver, and R. Lozano. 1998. Genetic relationships among melon breeding lines revealed by RAPD marker and agronomic traits. *Theor. Appl. Genet.* 96: 878-887.
- Greech, J.L. and P.L. Reits. 1971. Plant Germplasm Now and Tomorrow. *In: N.C. Brady (ed). Advance in Agronomy. Academy Press.*
- Hallauer, A.R., and J.B. Miranda. 1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding.* Iowa State University Press. Pp. 468
- Jin., L., P. Xiao, Y. Lu, Y.F. Shao, Y. Shen, J.S.Bao. 2009. Quantitative trait loci for brown rice color, phenolics, flavonoid contents, and antioxidant capacity in rice grain. *Cereal Chem.* 86: 609-615.
- Julisaniah, N. I., L. Sulistyowati, dan A. N. Sugiharto. 2008. Analisis kekerabatan mentimun (*Cucumis sativus* L.) menggunakan Metode RAPD-PCR dan isozim. *Biodiversitas.* 9 (2): 99-102.
- Karuri, H.W., E.M. Ateka, R. Amata, A.B. Nyende, A.W.T. Muigae, E. Mwasame, and S.T. Gichuki. 2010. Evaluating diversity among Kenyan sweet potato genotypes using morphological and SSR markers. *Int. J. Agric. Biol.* 12: 33-38.
- Knight, R. 1979. Quantitative genetic statistics and plant breeding. *In: R. Knight (ed). Plant Breeding, Brisbane.* 41-76p.
- Kaplan, D.R. 2001. The science of plant morphology : definition, history and role in modern biology (On line). *American Journal of Botany* 88 (10) : 1711 – 1741. <http://www.AmericanJournalofBotany.com/journal/morphology/v88>.
- Kovach, W.L. 2007. Kovach computing services. MVSP Plus Version 3.1 User's Manual. Publish by Kovach Computing Services. Pentraeth, Wales. U.K. Printed. Sept 2007. p. 137.
- Kristamtini. 2009. Keragaan Beras Hitam sebagai Sumberdaya Genetik Lokal. Prosiding Risalah Aplikasi Paket Teknologi "Mendukung Hari Pangan Sedunia". BPTP Yogyakarta.
- Kristamtini. 2008. Penampilan Cempo Ireng sebagai Sumberdaya Genetik Lokal Beras Hitam. Prosiding Seminar Nasional. Pengembangan Produk Berbasis Sumber Pangan lokal untuk Mendukung Kedaulatan Pangan. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fak. Agroindustri. Universitas Mercu Buana Yogyakarta Bekerjasama dengan Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan (PATPI) Yogyakarta dan Lembaga Ilmu Penegtahuan Indonesia (LIPI). Yogyakarta. 18 Desember 2008.
- Li, P., Y. Yumwen, X. Sum, and J. Han. 2009. Using microsatellite (SSR) and morphological markers to assess the genetic diversity of 12 alfalfa (*Medicago sativa* spp. falcata) population from Eurasia. *Afr. J. Biotechnol.* 8(10): 2102-2108.
- Liu, B. 1998. *Statistical Genomics: Linkage, Mapping, and QTL analysis.* CRC Press. Boca Raton

- Marzuki, I., M.R. Uluputty, A.A. Sandra, dan S. Memen. 2008. Karakterisasi morfoekotipe dan proksimat pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt). *Bul. Agron.* 36(2): 145-151.
- Mangoendidjojo, W. 2003. Dasar-dasar pemuliaan tanaman. Yogyakarta : Kanisius.
- Moedjiono dan M.J. Mejaya. 1994. Variabilitas genetik beberapa karakter plasma nutfah jagung koleksi Balittan Malang. *Zuriat*: 5 (2): 27-32.
- Rimoldi, F., P.D.V. Filho, M.V. Kvitschal M.C. Gonzalvesvidigal, A.J. Pioli, S.M.A.P. Prioli, and T.R. da Costa. 2010. Genetic divergence in sweet cassava cultivars using morphological agronomic traits and RAPD molecular markers. *Brazilian Archives Biology and Technology* 53(6): 1447-1487.
- Ryu,S.N., S.Z. Park and C.T. Ho. 1998. High performances liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *Journal of food and Drug Analysis* 6 : 1710-1715.
- Shen, Y., L. Jin, P. Xiao, Y. Lu, J.S. Bao. 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.
- Simmonds, N.W. 1986. *Evaluation of Crops Plant*. Longman Scientific & Technical. England. 339 pp
- Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1979. *Biometrical Method in Quantitative Genetics Analysis*. New Delhi : Kalyani Publ.
- Sofro, A.S.M. 1994. *Keanekaragaman Genetik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Solouki, M.,H., Mehdikhani, H. Zeinali dan A.A. Emamjomeh. 2008. Study of genetic diversity in Chamomile (*Matricaria chamomilla*) based on morphological traits and molecular markers. *Sci. Hortic.* 117: 281-287.
- Suhartini, T dan D. Suardi. 2010. Potensi beras hitam lokal Indonesia. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32(1):9-10.
- Takashi I, X. Bing , Y. Yoichi , N. Masaharu and K. Tetsuya. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *Journal of Medicinal Food* 2001; 4 : 211 – 218.
- Talebi, R., F. Fayaz, M. Mardi, S. M. Pirsyedi, and A.M. Najji. 2008. Genetic relationships among chickpea (*Cicer arietinum*) elite lines based on RAPD and agronomic markers. *International Journal of Agricultural Biology* 10(3): 301-305.
- Yafang, S., Z. Gan and B. Jinsong. 2011. Total phenolic content and antioxidant capacity of rice grains with extremely small size. *African Journal of Agricultural Research* 6 (10) : 2289-2293.
- Yodmanee, S., T.T. Karrila, and P. Pakdeechanuan. 2011. Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in Southern Thailand. *International Food Research Journal* 18 (3): 901-906.