

Identifikasi dan Klasifikasi Morfologi Benih Varietas Unggul Padi Menggunakan Analisis Citra Digital

Morphological Identification and Classification of Seeds among Rice Varieties using Digital Image Analysis

Mira Landep Widiastuti, Sri Wahyuni, Aida Fitri Viva Yuningsih,
Holil Munawar Rohman, dan Ahmad Yajid

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya 9, Sukamandi, Subang, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: mira.bbpadi@gmail.com

Naskah diterima 25 November 2019, direvisi 04 Mei 2020, disetujui diterbitkan 07 Mei 2020

ABSTRACT

Seed quality testing based on the size of grain is a component technique of seed quality assurance testing for certified seed. Conventional method relies on visual observation, which requires skill and experiences, but it is subjective and inefficient. The objectives of the present research were to identify and classify the morphological grain seeds based on their physical shapes, using digital images analysis. Total of twenty rice's seed varieties were photographed using Zeiss microscope connected to the camera and computer. The digital image file was analyzed using software ImageJ. 1.51k and the resulting data were analyzed statistically. Based on the analyses showed the perimeter, circularity, aspect ratio and round of the seed each was highly correlated with the seed shape, the value was 95.4%; 82.5%; 45.3% and 38.9%, respectively. Digital images analysis was able to identify and classify the morphological of seed based on its shape, as long; medium; and round, more accurately. This technique is more reliable compared with the visual method for seeds which their morphological sizes lay outside the range of values of their varietal description. Seed size of Cisadane, Gilirang and Ketonggo varieties which was categorized incorrectly in their varietal description based on the SES IRRI 2012, are able to be corrected by using this present technique.

Keywords: Aspect ratio, discriminant analysis, seed shape, certificate seed, round.

ABSTRAK

Pengujian mutu benih berdasarkan bentuk gabah merupakan salah satu komponen dalam teknik pengendalian jaminan mutu benih bersertifikat. Metode yang biasa digunakan adalah pengamatan visual, yang memerlukan keterampilan khusus dan bersifat subyektif, serta efisiensinya relatif rendah. Alternatif teknik untuk identifikasi kemurnian benih adalah berdasarkan bentuk gabah menggunakan citra digital. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan klasifikasi benih padi berdasarkan bentuk fisik dengan memanfaatkan analisis gambar secara digital. benih

sebanyak 20 varietas padi dengan bentuk gabah yang beragam diambil gambarnya menggunakan mikroskop Zeiss yang terhubung kamera dan komputer. Gambar berbentuk digital kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ 1,51k dan dari data yang diperoleh dianalisis statistik untuk membedakan bentuk morfologi benih. Hasil penelitian menunjukkan *perimeter*, *circularity*, *aspect ratio*, dan *round* memiliki tingkat korelasi yang cukup tinggi, berturut turut 95,4%; 82,5%; 45,3%; dan 38,9% terhadap bentuk benih. Analisis citra digital mampu mengidentifikasi dan mengklasifikasi bentuk morfologi benih dengan kategori gabah panjang, sedang maupun bulat secara lebih teliti. Teknik ini lebih akurat dibanding cara visual untuk benih yang ukuran morfologinya berada di luar kisaran angka pada deskripsi. Bentuk benih varietas Cisadane, Gilirang, dan Ketonggo, yang pengelompokkannya dalam deskripsi varietas kurang sesuai dengan klasifikasi SES IRRI 2012 dapat dikoreksi dengan teknik ini.

Kata kunci: Aspek ratio, analisis diskriminan, bentuk benih, benih bersertifikat, round.

PENDAHULUAN

Benih berperan sebagai pengantar teknologi dalam pertanian maju, yang terkandung dalam potensi genetik varietas (BB Padi 2009). Keunggulannya akan terasa bila benih terjamin mutunya secara genetik, fisiologis, fisik dan patologis. Secara fisik benih harus menunjukkan performa yang bersih, morfologi yang seragam agar mencerminkan sifat unggul dari varietas yang diwakilinya. Lebih dari 200 varietas yang telah dirakit oleh Badan Litbang Pertanian memiliki bentuk, ukuran, dan warna biji yang beragam. Karakteristik benih harus memenuhi kriteria yang tercantum dalam deksripsi, autentik, dan murni sesuai dengan karakter varietas tersebut. Oleh karena itu perlu ada pengawasan mutu benih melalui proses sertifikasi. Permentan No. 12 Tahun

2018 menyebutkan sertifikasi benih merupakan serangkaian kegiatan dalam rangka penerbitan sertifikat benih dengan persyaratan standar yang diberikan lembaga sertifikasi yang mencakup mutu genetik, fisik, fisiologis dan/atau kesehatan benih.

Prosedur sertifikasi benih harus melewati tiga tahap, yaitu pemeriksaan di lapang, pengujian di laboratorium, dan pengawasan pemasangan label. Pemeriksaan di lapang bertujuan untuk mengklarifikasi dokumen pemohon, pemeriksaan pendahuluan, pemeriksaan pertanaman, dan pemeriksaan proses pengolahan benih bina. Pemeriksaan pertanaman bertujuan untuk mengetahui kebenaran varietas dan kemurnian genetik. Salah satu upaya pengawasan mutu benih secara genetik adalah pemeriksaan bentuk biji pada fase masak dalam proses sertifikasi.

Permentan No 12 Tahun 2018 pasal 27 ayat 1 menyatakan bahwa untuk mengetahui kesesuaian mutu benih dalam bentuk biji dilakukan pengujian di laboratorium. Pengujian mutu benih dalam bentuk biji di laboratorium biasanya dilakukan secara visual. Namun pengamatan membutuhkan keterampilan khusus. Menurut Mulsanti *et al.* (2013), pengamatan morfologi langsung secara visual cenderung bersifat subyektif dalam pengambilan data antar analis dan tingkat efisiensinya rendah. Waktu yang digunakan juga relatif lama untuk mengidentifikasi benih berdasarkan bentuk. Oleh karena itu, teknologi untuk indentifikasi bentuk benih berdasarkan bentuk yang lebih objektif dan efisien perlu dikembangkan agar diperoleh hasil analisis yang lebih akurat dan konsisten.

Pada era digital dewasa ini telah digunakan beragam perangkat keras komputer untuk mendukung teknologi pengolahan gambar (citra) pada benih, antara lain menggunakan pemindai bidang datar untuk mengidentifikasi benih padi pada varietas yang mirip, serta berdasarkan bentuk dan tekstur permukaan biji (Adnan *et al.* 2015). Chaugule dan Mali (2016) menggunakan kamera khusus untuk mengklasifikasi benih berdasarkan sudut benih. Lurstwut dan Pornpanomchai (2017) mengidentifikasi perkecambahan benih padi menggunakan kamera *handphone*. Kaisaat *et al.* (2017) menggunakan pemindai bidang datar untuk mengukur warna dan keseragaman warna beras hitam China, sedangkan Ropelewska dan Zapotoczny (2018) membedakan biji gandum yang terinfeksi *Fusarium*. Ruslan *et al.* (2018) memanfaatkan teknologi tersebut untuk membedakan bentuk benih padi lokal Malaysia.

Widiastuti *et al.* (2018) menyatakan pengujian kemurnian benih dengan analisis citra digital dapat digunakan sebagai pelengkap metode konvensional dan lebih sensitif dalam mengidentifikasi mutu benih. Pada

penelitian ini dilakukan analisis citra digital dengan mikroskop yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi benih padi berdasarkan bentuk fisik.

BAHAN DAN METODE

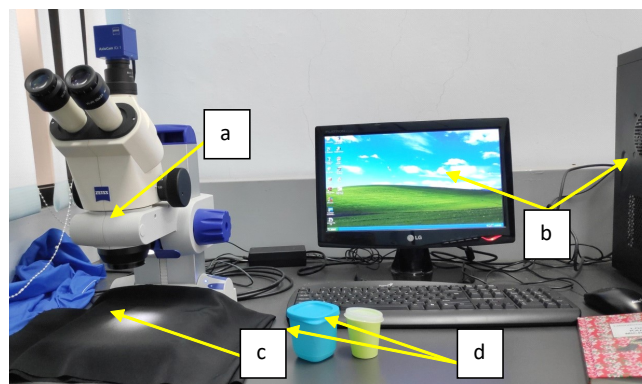
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mutu Benih dan Laboratorium Flavour Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) dari September hingga Oktober 2019. Penelitian menggunakan Benih Penjenis 20 varietas unggul baru yang mempunyai bentuk biji beragam, berasal dari Unit Pengelolaan Benih Sumber (UPBS) BB Padi. Benih terlebih dahulu disimpan pada *cool storage* dengan kadar air 12-13%, suhu 16-18°C, dan kelembaban 45%, selama 1 minggu.

Pengaturan Alat

Pengambilan gambar/citra benih menggunakan mikroskop zeiss dengan pemasangan lampu LED (Gambar 1). Hasil gambar benih yang diperoleh dari pengambilan lewat kamera pada mikroskop dianalisis menggunakan ImageJ 1.51k (RGB – Red, Green, Blue) yang diakses bebas dari internet pada halaman <https://www.imagej.nih.gov/ij/list.html> pada tanggal 20 September 2019 (National Institute of Health 2019).

Pengukuran Morfologi

Gambar yang dihasilkan dianalisis secara morfologi bentuk. Tahap awal pengolahan citra adalah pengurangan noise untuk membersihkan obyek dari kotoran atau obyek lain yang tidak diinginkan, seperti debu atau gambar selain obyek pengamatan. Tahap berikutnya adalah pengaturan gambar. Segmentasi gambar diproses menggunakan perangkat lunak ImageJ



Gambar 1. Pengaturan alat untuk pengambilan gambar/citra. Keterangan: (a) mikroskop zeiss; (b) monitor dan PC untuk pengolahan dan analisis citra; (c) kain hitam dan tempat obyek benih; (d) sampel benih



Baroma



Cirata



Cisadane



Gilirang



Inpago 11



Inpago 12



Inpara 4



Inpara 5



Inpari 10



Inpari 18



Inpari 43



Jatiluhur



Ketonggo



Limboto



Logawa



PB 42



Situ Patenggang



Sintanur

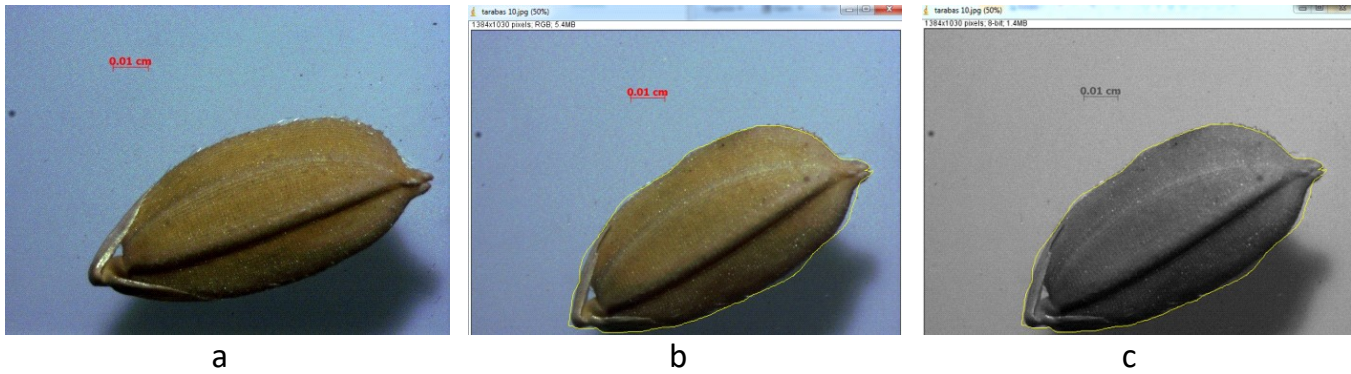


Tarabas



Walanay

Gambar 2. Citra benih dari 20 varietas padi yang diuji dengan Mikroskop Zeiss.



Gambar 3. (a) Citra benih RGB, (b) Freehand tools (c) hitam putih.

Tabel 1. Pengertian variabel-variabel pengukuran (www.imagej.nih.gov/ij)

Variabel	Pengertian
<i>Perimeter (P)</i>	Panjang keliling luar benih
<i>Circularity</i>	Bentuk benih $\frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2}$, nilai 1 menunjukkan lingkaran sempurna, sedangkan mendekati nilai 0 bentuk benihnya semakin ellips
<i>Aspect ratio (AR)</i>	Hubungan proporsional antara lebar benih dan panjang/tinggi benih = $\frac{L}{w}$
<i>Round</i>	Tingkat kebulatan benih $\frac{4 \cdot A}{\pi \cdot L^2}$, nilai 1 menunjukkan benih bulat sempurna, sedangkan mendekatinilai 0 bentuk benih semakin oval.

Tabel 2. Pengklasifikasian morfologi benih.

Pustaka	Kriteria	Uraian	Variabel
IRRI (2002)	<i>Slender</i> (ramping)	Ratio panjang dan lebar > 3,0	AR
	Sedang	Rasio panjang dan lebar = 2,1-3,0	AR
	<i>Bold</i> (lonjong)	Rasio panjang dan lebar = 1,1-2,0	AR
	<i>Round</i> (bulat)	Rasio panjang dan lebar < 1,1	AR
Schneider (2012)	Bundar/lingkaran	Mendekati nilai 1	<i>Circularity</i>
	Elips	Mendekati nilai 0	<i>Circularity</i>

AR = Aspect Ratio

dengan menyeleksi areal tertentu sesuai dengan penampakan benih dengan menggunakan alat bantu *free hand tools*. Selanjutnya mengubah citra RGB warna asli menjadi gambar skala abu-abu. Pada tahap akhir diukur melalui pengaturan skala terlebih dahulu dan kemudian pengaturan morfologi yang diinginkan (Gambar 3). Karakter morfologi benih diamati melalui pengukuran *perimeter*, *circularity*, *aspect ratio*, *round*, dan *solidity* (Tabel 1).

Data dianalisis secara diskriminan yang bertujuan untuk mengklasifikasikan individu benih ke dalam kelompok yang saling bebas dan menyeluruh berdasarkan sejumlah variabel penjas dengan software SPSS versi 2.1. Matriks korelasi diperoleh dari output SPSS pada *pooled Within-Group Matrices* untuk pengecekan hubungan linier antarvariabel. Output SPSS berupa Tabel *Test of Equality of Group Means* adalah hasil analisis untuk menguji kesamaan rata-rata variabel menggunakan Wilks' Lambda dan nilai peluang. Wilks' Lambda merupakan sebaran peluang untuk data multivariat. Jika nilai Wilks' Lambda mendekati 0 maka

cenderung terjadi perbedaan dalam kelompok. Jika taraf peluang > 0,05 maka tidak ada perbedaan dalam kelompok dan jika taraf peluang < 0,05 maka terdapat perbedaan dalam kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Bentuk Benih

Hasil analisis diskriminan dari empat variabel terhadap benih 20 varietas unggul padi memiliki nilai korelasi yang bervariasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai korelasi tertinggi ditunjukkan oleh *perimeter*, diikuti *circularity*, *aspect ratio*, dan *round*. Pada penelitian ini, nilai korelasi lebih dari 38,9% yang artinya keempat variabel bentuk tersebut mampu mengklasifikasikan benih ke dalam varietas yang dimaksud.

Variabel *perimeter*, *circularity*, *AR*, dan *Round* selain memiliki nilai korelasi cukup tinggi, p value lebih kecil dari 0,05 dan tingkat residual error semakin kecil (Tabel 3). Nilai Wilks Lamda yang kecil diharapkan mempunyai

kemampuan diskriminasi atau pengelompokan semakin kuat. Semakin kecil nilai Wilks Lamda semakin besar perbedaan morfologi benih antarvarietas (Adnan *et al.* 2015).

Perimeter, *circularity*, *AR*, dan *Round* pada 20 varietas padi diukur dengan perangkat lunak ImageJ yang dapat mendeskripsikan varietas (Tabel 4). Berdasarkan empat variabel morfologi bentuk, maka bentuk benih 20 varietas yang diteliti sesuai dengan bentuk benih pada deskripsi varietas padi (BB Padi 2010 dan BB Padi 2019), kecuali untuk beberapa sampel benih varietas Cisadane, Gilirang, dan Ketonggo. Berdasarkan variabel *AR*, sebagian benih varietas Cisadane memiliki nilai *AR* lebih

dari 3,0 sehingga tidak semua benih varietas Cisadane diklasifikasikan sebagai benih berukuran panjang. Namun berdasarkan tingkat kebundaran yaitu variabel *circularity*, benih varietas Cisadane dikelompokkan ke dalam benih yang mendekati bundar atau gemuk.

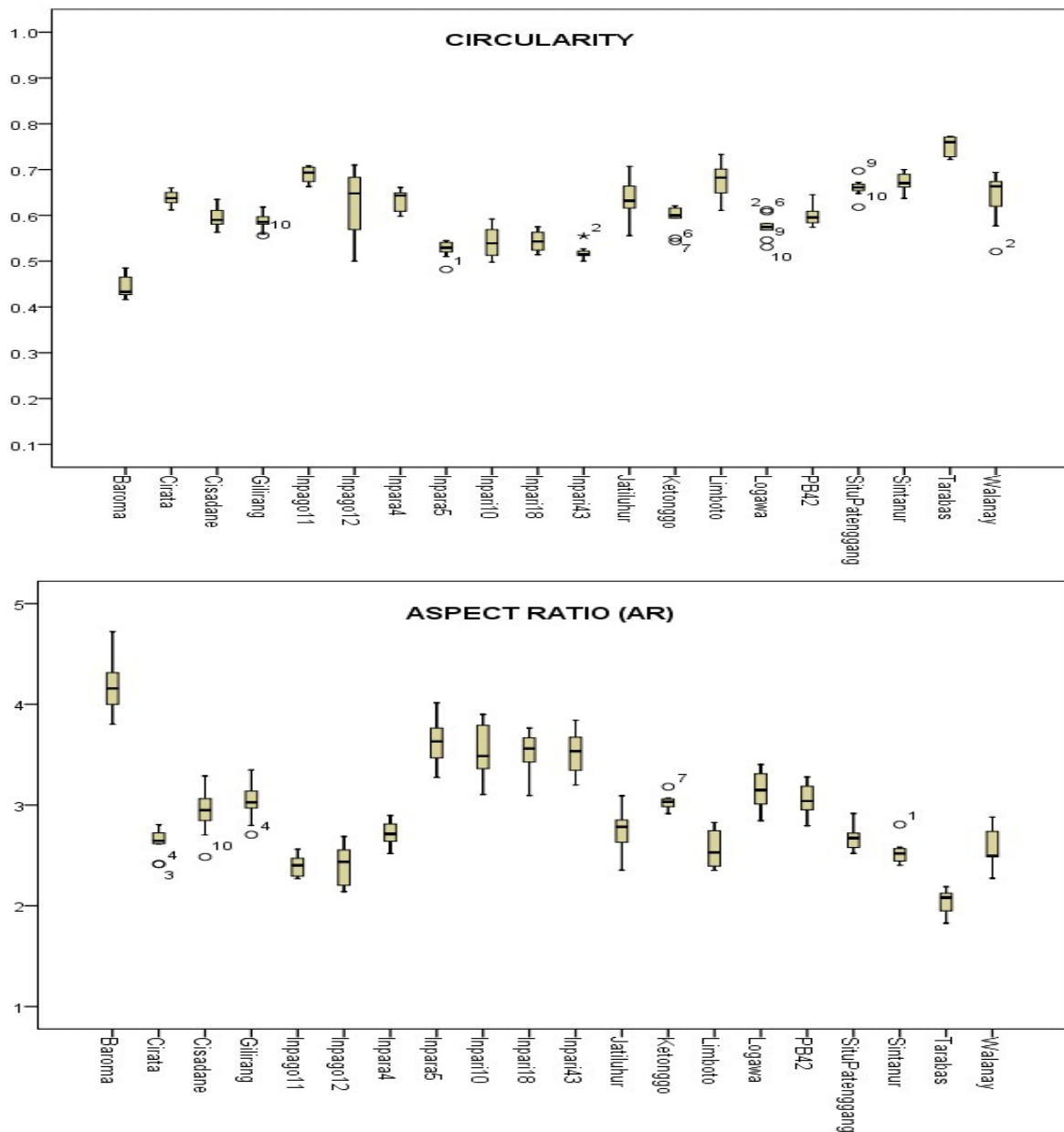
Menurut Schneider *et al.* (2012), jika *circularity* suatu benda bernilai 1 menunjukkan bentuk bundar/lingkaran sempurna, sedangkan jika nilainya mendekati 0 maka bentuk benda tersebut elips. Demikian juga benih varietas Gilirang. Dalam deskripsi, varietas Gilirang dikelompokkan ke dalam katagori benih berukuran sedang, namun setelah diukur dengan analisis gambar termasuk sebagai benih dengan bentuk slender/ramping berdasarkan nilai rasio panjang dan lebar (*AR*). Bahkan beberapa benih memiliki nilai rasio 3,4. Tingkat kebulatan varietas Gilirang lebih dari 0,5 yang artinya mendekati bundar/bulat. Hal yang sama terjadi juga pada benih varietas Ketonggo. Rasio panjang dan lebar beberapa sampel benih varietas Ketonggo masuk dalam klasifikasi slender atau ramping, namun berdasarkan nilai *circularity* mendekati bulat/bundar. Variasi rasio panjang dan lebar benih 20 varietas berdasarkan *AR* dan *circularity* dapat dilihat dari Gambar boxplot (Gambar 3).

Tabel 3. Analisis deskriminan karakter morfologi dengan Image J.

Variabel	Korelasi (%)	Wilks Lamda	F value	P Value
<i>Perimeter</i>	95,4	0,23	31,481	≤ 0.01
<i>Circularity</i>	82,5	0,20	39,138	≤ 0.01
<i>AR</i>	45,3	0,10	84,994	≤ 0.01
<i>Round</i>	38,9	0,30	22,186	≤ 0.01

Tabel 4. Hasil pengukuran morfologi benih 20 varietas padi dengan ImageJ.

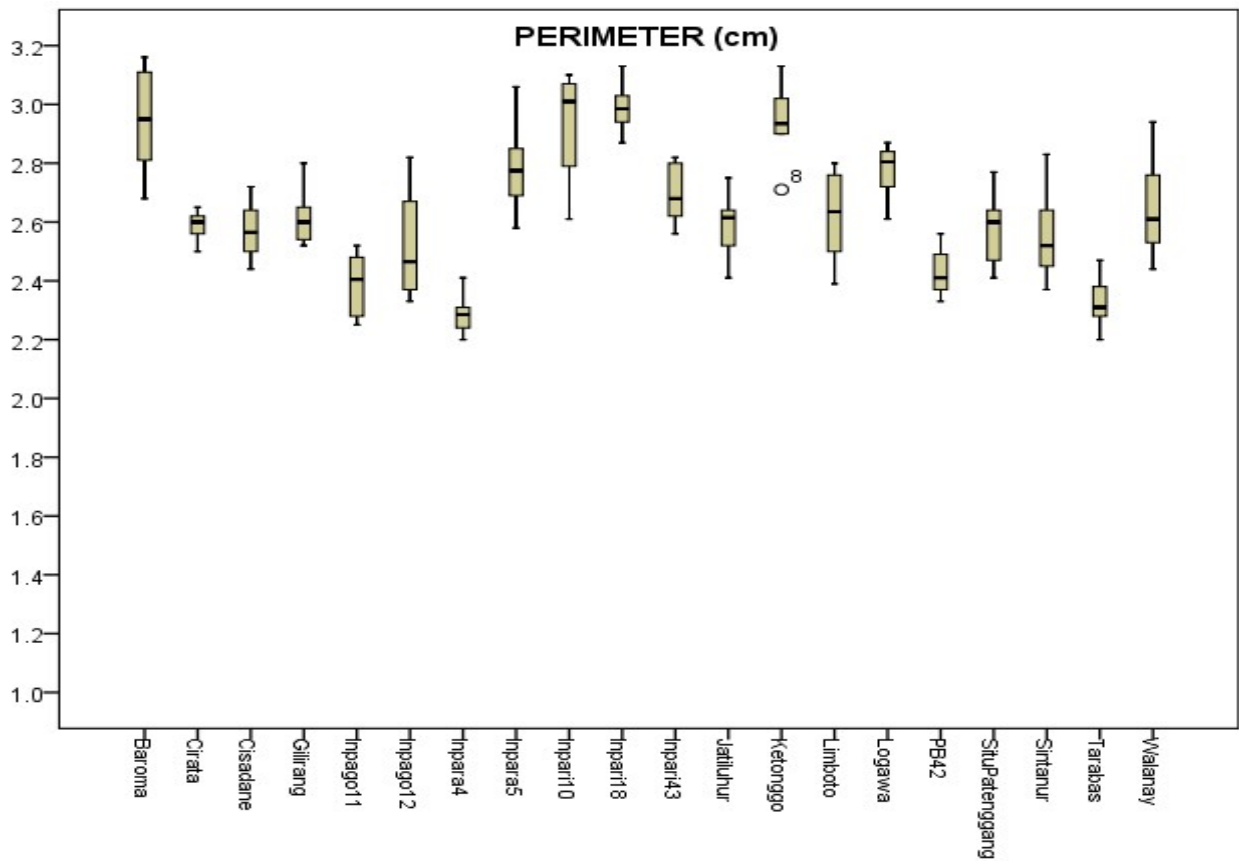
Varietas	Deskripsi	Pustaka	Perimeter			Circularity			Aspect ratio			Round		
			Min	Max	Stdev	Min	Max	Stdev	Min	Max	Stdev	Min	Max	Stdev
Baroma	Ramping panjang	(BB Padi, 2019)	2,68	3,16	0,16	0,42	0,49	0,02	0,02	3,16	1,16	0,21	0,26	0,01
Cirata	Bulatpanjang	(BB Padi, 2010)	2,50	2,65	0,05	0,61	0,66	0,02	0,02	2,65	1,01	0,36	0,41	0,02
Cisadane	Gemuk	idem	2,44	2,72	0,09	0,56	0,64	0,02	0,02	2,72	1,01	0,30	0,40	0,03
Gilirang	Sedang	idem	2,52	2,80	0,08	0,56	0,62	0,02	0,02	2,80	1,04	0,30	0,37	0,02
Inpago 11	Sedang	(BB Padi 2019)	2,25	2,52	0,10	0,66	0,71	0,02	0,02	2,52	0,92	0,39	0,44	0,02
Inpago 12	Sedang	idem	2,33	2,82	0,17	0,50	0,71	0,07	0,07	2,82	0,99	0,37	0,47	0,03
Inpara 4	Sedang	(BB Padi, 2010)	2,20	2,41	0,06	0,60	0,66	0,02	0,02	2,41	0,89	0,35	0,40	0,02
Inpara 5	Ramping	(BB Padi, 2019)	2,58	3,06	0,13	0,48	0,55	0,02	0,02	3,06	1,12	0,25	0,31	0,02
Inpari 10	Panjang	idem	2,61	3,10	0,17	0,50	0,59	0,03	0,03	3,10	1,12	0,26	0,32	0,02
Inpari 18	ramping	idem	2,87	3,13	0,08	0,51	0,58	0,02	0,02	3,13	1,19	0,27	0,32	0,02
Inpari 43	Panjang	idem	2,56	2,82	0,09	0,50	0,56	0,02	0,02	2,82	1,06	0,24	0,31	0,02
Jatiluhur	Ramping	idem	2,41	2,75	0,11	0,56	0,71	0,04	0,04	2,75	1,00	0,32	0,43	0,03
Ketonggo	Bulat Besar	(BB Padi, 2010)	2,71	3,13	0,11	0,54	0,62	0,03	0,03	3,13	1,15	0,28	0,34	0,02
Limboto	Bulat Besar	idem	2,39	2,80	0,14	0,61	0,73	0,03	0,03	2,80	1,00	0,35	0,43	0,03
Logawa	Ramping	idem	2,61	2,87	0,08	0,53	0,61	0,02	0,02	2,87	1,08	0,29	0,35	0,02
PB 42	Ramping	idem	2,33	2,56	0,07	0,57	0,65	0,02	0,02	2,56	0,95	0,31	0,36	0,02
Situ Patenggang	Agak Gemuk	idem	2,41	2,77	0,12	0,62	0,70	0,02	0,02	2,77	1,00	0,34	0,40	0,02
Sintanur	Sedang	idem	2,37	2,83	0,13	0,64	0,70	0,02	0,02	2,83	1,01	0,36	0,42	0,02
Tarabas	Agak Bulat	(BB Padi, 2019)	2,20	2,47	0,08	0,72	0,77	0,02	0,02	2,47	0,90	0,46	0,55	0,03
Walanay	Sedang	idem	2,44	2,94	0,17	0,52	0,69	0,05	0,05	2,94	1,04	0,35	0,44	0,03



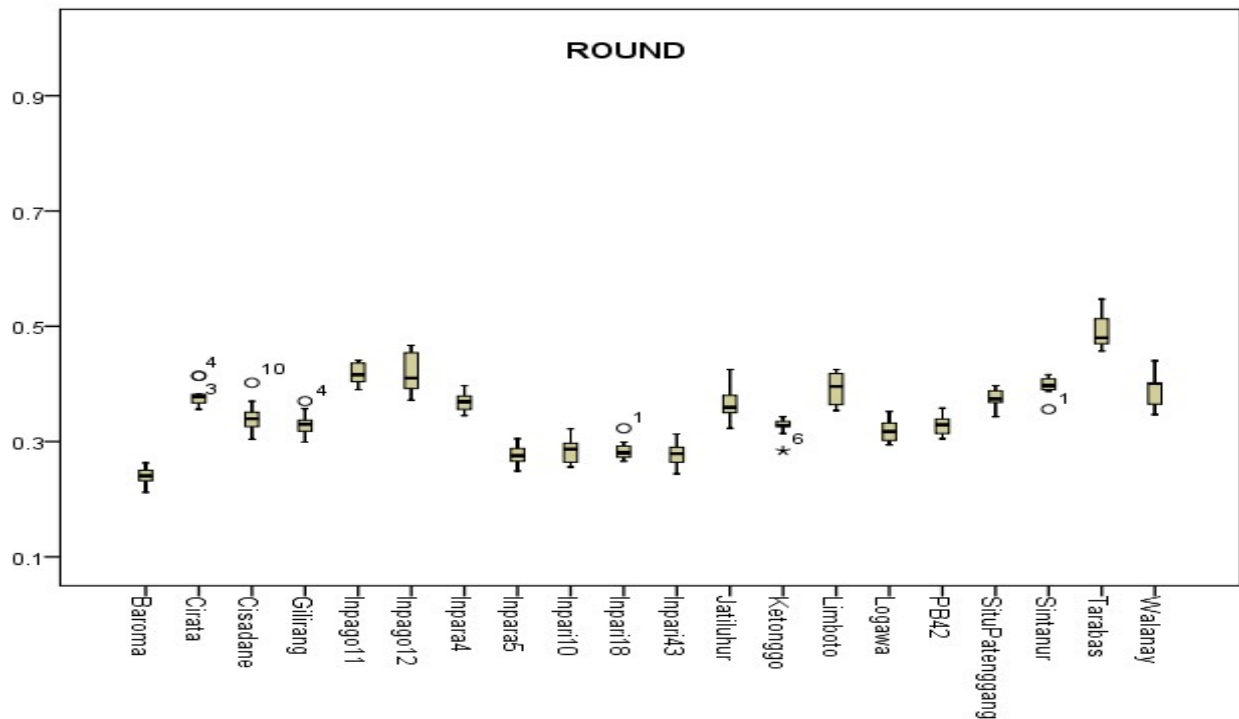
Gambar 3. Boxplot morfologi benih 20 varietas padi berdasarkan variabel *Circularity* dan *Aspect ratio (AR)*.

Tabel 4 menunjukkan variabel *perimeter* merupakan keliling dari sisi tepi benih yang diukur. Nilai maksimum ditunjukkan oleh benih varietas Baroma yang memiliki bulu/*awn* pada ujung biji. Selanjutnya benih varietas Inpari-18 dan Ketonggo berbentuk panjang ramping dan bulat besar. Varietas Inpari-10 dikategorikan sebagai benih panjang ramping dan memiliki tingkat kebulatan yang tinggi, berkisar antara 0,50-0,59. Perbedaan *perimeter* di antara 20 varietas unggul tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk melihat nilai kebalikan dari rasio panjang dan lebar dapat dilihat berdasarkan variabel *round*. Variabel tersebut dapat mengklasifikasikan benih berdasarkan bentuknya dengan tiga dimensi. Tabel 4 menunjukkan nilai *round* tertinggi terdapat pada benih varietas Tarabas yaitu 0,55 dan nilai terendah pada benih varietas Baroma yaitu 0,21. Nilai *round* mengindikasikan tingkat kebulatan dari sebuah obyek, jika bernilai 1 maka bentuknya bulat dan makin pipih jika nilainya mendekati 0 (Adnan *et al.* 2015).



Gambar 4. Boxplot bentuk 20 varietas benih berdasarkan variabel *perimeter*.



Gambar 5 . Boxplot bentuk 20 varietas benih berdasarkan variabel *round*.

KESIMPULAN

Analisis citra digital terhadap benih 20 varietas unggul padi rakitan Badan Litbang Pertanian dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasi morfologi fisik benih berdasarkan bentuk *perimeter*, *circularity*, *AR*, dan *round*.

Analisis citra digital lebih sensitif, teliti, dan akurat untuk mengidentifikasi karakter bentuk benih dibandingkan dengan pengamatan secara visual dengan mata, khususnya benih yang berada pada luar kisaran angka yang ditetapkan seperti benih varietas Cisadane, Gilirang, dan Ketonggo.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M.L. Widiastuti, dan S. Wahyuni. 2015. Identifikasi varietas padi menggunakan pengolahan citra digital dan analisis diskriminan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 40(1): 89-96.
- [BB Padi] Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2009. Padi inovasi teknologi produksi: Sistem perbenihan padi. Buku 2. 91 hlm
- [BB Padi] Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2010. Deskripsi varietas padi. Balitbangtan. Jakarta: Departemen Pertanian.
- [BB Padi] Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2019. Deskripsi varietas unggul baru padi. Balitbangtan. Subang: Kementerian Pertanian.
- National Institute of Health. United States of America. 2019. ImageJ: Image processing and analysis in java. <https://www.imagej.nih.gov/ij/list.html> [20 September 2019].
- Chaugule, A.A. and S.N. Mali. 2016. Identification of paddy varieties based on novel seed angle features. *Computer and Electronics in Agriculture* 123: 415-422.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2002. Standard evaluation system for rice (SES). 31 pp.
- Kaisaat, K., N. Keawdonree, S. Chomkokard, N. Jinuntuya, and B. Pattanasiri. 2017. Colour measurements of pigmented rice grain using flatbed scanning and image analysis. *Journal of Physics Conf.* 901: 1-4.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2018. Peraturan menteri pertanian republik indonesia nomor 12/PERMENTAN/TP.020/4/2018 tentang produksi, sertifikasi, dan peredaran benih tanaman. Jakarta (ID): Kementan.
- Lurstwut B and C. Pornpanomchai. 2017. Image analysis based on color, shape and texture for rice seed (*Oryza sativa L.*) germination evaluation. *Agriculture and Natural Resources XXX*: 1-7.
- Mulsanti, I.W., M. Surahman, S. Wahyuni, dan D.W. Utami. 2013. Identifikasi galur tetua padi hibrida dengan marka *ssr* spesifik dan pemanfaatannya dalam uji kemurnian benih. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 32(1): 1-8.
- Ropelewski E. and Zapotoczny. 2018. Classification of fusarium-infected and healthy wheat kernels based on features from hyperspectral images and flatbed scanner images: a comparative analysis. *European Food Research and Technology* 244(8): 1453-1462.
- Ruslan R, A.A. Aznan, F.A. Azizan, N. Roslan, and N. Zulkifli. 2018. Extraction of morphological feature of Malaysia rice seed varieties using flatbed scanner. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 8(1): 93-98.
- Schneider C.A., W.S. Rasband, K.W. Eliceiri. 2012. NIH image to imageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods* 9: 671-675.
- Widiastuti, M.L., A. Hairmansis, E.R. Palupi, dan S. Ilyas. 2018. Digital image analysis using flatbed scanning system for purity testing of rice seed and confirmation by grow out test. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 19(2): 49-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.21082/ijas.v.19.n2.2018.p>.