

Keragaman Morfologi dan Molekuler Empat Kelompok Kultivar Jagung (*Zea mays* L.)

The Morphological and Molecular Diversity of Four Cultivar Groups of Maize

Yeni Fatmawati¹⁾, Aziz Purwanto^{2*)}, Panjisakti Basunanda²⁾

¹⁾ Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

²⁾ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

^{*)} Penulis untuk korespondensi E-mail: azizp@ugm.ac.id

ABSTRACT

Maize germplasm has various types. Hybrid corn, sweet corn, and popcorn are used mainly to be cultivated and for human consumption as well. Each type of maize has different traits. The diversity in some groups of maize can be determined based on morphological and molecular characterization. The aim of this research was to determine the similarity distance of four groups of maize based on morphological characters; to calculate the value of diversity between and within populations of those maize; to calculate the coefficients of similarity in four groups of maize by RAPD, and to determine their differences of anthocyanin and starch genes in fourth group of maize. The fourth groups of maize used were hybridcorn (Indurata group), sweet corn (Saccharatagroup), strawberry popcorn and yellow popcorn (Everta group). To characterize the 13 quantitative morphology traits and genotypes used 8 RAPD primers i.e. OPA3, OPA5, OPA9, OPC8, OPC10, OPC3, OPC5, OPC8, as well as using anthocyanin genes namely Chs, Chi, Pr1 and starch gene (Sh1). The results showed that based on morphological characters, strawberry popcorn and yellow popcorn population had close similarity. The results of RAPD showed that diversity values in the within and among population are 47% and 53%, respectively based on RAPD the value of coefficient similarity was 0,34 to 0,98. Furthermore, there were no differences of anthocyanin and starch genes among the fourth groups of maize.

Keywords: diversity, maize, morphological characters, RAPD, anthocyanin

INTISARI

Plasma nutfah jagung memiliki berbagai jenis. Jenis jagung yang sering dibudidayakan dan dikonsumsi adalah jagung hibrida, jagung manis, dan jagung berondong. Setiap jenis kelompok jagung memiliki sifat yang beragam. Keragaman pada beberapa kelompok jagung dapat diketahui berdasarkan karakterisasi morfologi dan molekuler. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jarak kemiripan empat kelompok jagung berdasarkan karakter morfologi, menghitung nilai keragaman antar dan dalam populasi jagung, dan menghitung koefisien kemiripan pada empat kelompok jagung berdasarkan penanda RAPD, serta menentukan adanya perbedaan gen-gen pembentuk senyawa antosianin dan sukrosa-pati. Empat kelompok jagung yang yaitu jagung hibrida (kelompok *Indurata*), jagung manis (kelompok *Saccharata*), jagung berondong stroberi dan berondong kuning

(kelompok *Everta*) dikarakterisasi pada 15 sifat kuantitatif morfologi dan genotipenya menggunakan delapan primer RAPD (OPA3, OPA5, OPA9, OPC8, OPC10, OPC3, OPC5, OPC8), serta menggunakan gen antosianin (*Chs*, *Chi* dan *Pr1*) dan gen sukrosa-pati (*Sh1*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan karakter morfologi, populasi jagung berondong stroberi dan jagung berondong kuning memiliki kemiripan yang dekat. Hasil pengujian RAPD menghasilkan nilai keragaman dalam populasi sebesar 47 % dan antar populasi sebesar 53 %. Nilai koefisien kemiripan berdasarkan RAPD sebesar 0,34–0,98. Keberadaan gen *Chs*, *Chi* dan *Pr1* tidak dapat mengindikasikan adanya perbedaan pada keempat kelompok jagung, begitu juga dengan gen *Sh1* tidak mengindikasikan adanya perbedaan diantara keempat kelompok jagung.

Kata kunci : keragaman, jagung, karakter morfologi, RAPD, antosianin

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays*) merupakan salah satu sereal yang strategis dan bernilai ekonomi karena kedudukannya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein kedua setelah beras. Sebagai salah satu sumber bahan pangan, jagung telah menjadi komoditas utama setelah beras. Jagung manis sebagai bahan pangan dipanen saat masih muda, biasanya dikonsumsi segar, dikalengkan dan dibekukan atau didinginkan (Klingman, 1965). Jagung manis memiliki kandungan gula yang tinggi pada stadia masak susu dan permukaan kernel yang menjadi transparan dan berkerut saat mengering, jagung ini termasuk tipe *saccharata* (Syukur dan Rifianto, 2013). Jagung jenis gigi kuda memiliki permukaan kernel yang bening dan keras, dengan biji mengandung banyak sari tepung (Johnson, 1991). Jagung jenis mutiara (*flint*) memiliki biji keras dan licin, jagung jenis lokal Indonesia umumnya tipe jagung mutiara. Pada jagung tipe *everta* atau jagung berondong sangat digemari masyarakat di seluruh dunia untuk dikonsumsi sebagai snack/camilan. Jagung berondong memiliki banyak tipe dan warna seperti jagung berondong kuning dan merah. Jagung berondong merah juga disebut sebagai jagung berondong stroberi, banyak digemari karena keindahan warna merah dan bentuknya seperti stroberi. Jagung berondong kuning memiliki biji yang lebih besar daripada jagung berondong stroberi, sehingga lebih banyak dikomersialkan (Podojil, 2013).

Kelompok jagung dapat menunjukkan berbagai macam atau variasi berdasarkan sifat yang muncul. Karakterisasi morfologi dan molekuler dapat menunjukkan adanya keragaman genetik pada tanaman. Menurut Sudre *et.al.* (2007) analisis keragaman suatu populasi tanaman dapat dilakukan baik terhadap karakter morfologi dengan pengamatan langsung terhadap fenotip tanaman atau karakter molekuler dengan menggunakan

penanda molekuler. Salah satu penanda molekuler, yaitu penanda *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) digunakan karena kemampuannya untuk mendeteksi tingkat polimorfisme yang tinggi pada tanaman berdasarkan eksplorasi genom yang luas (Williams *et. al.*, 1990). RAPD merupakan salah satu penanda molekuler yang dapat digunakan untuk mendeteksi keragaman genetik pada tingkat DNA (Lengkong, 2005).

Untuk melengkapi karakterisasi morfologi dan molekuler dalam menganalisis keragaman, maka dibutuhkan karakter dari sifat biokimia. Salah satu sifat biokimia yang terdapat pada jagung yaitu kandungan antosianin dan sukrosa-pati. Antosianin memiliki peran dalam pembentukan warna merah pada tanaman (Fosket, 1994). Pembentukan reaksi antosianin dipengaruhi oleh beberapa gen seperti gen *C2* (atau *Chs*) yang mengekspresikan enzim kalkona sintase, gen *Chi* mengekspresikan kalkona isomerase dan gen *Pr1* mengekspresikan warna bulir pada jagung (Sharma *et.al.*, 2011), sedangkan gen *Sh1* yang bertanggung jawab pada enzim sukrosa sintase (Whitt *et al.*, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jarak kemiripan pada empat populasi kelompok jagung berdasarkan karakter morfologi; menghitung nilai keragaman antar populasi dan dalam populasi jagung (*Zea mays*); menghitung koefisien kemiripan pada empat populasi kelompok jagung berdasarkan RAPD; dan menentukan perbedaan antar empat populasi kelompok jagung berdasarkan gen-gen pembentuk senyawa antosianin dan sukrosa-pati.

BAHAN DAN METODE

Ada empat populasi kelompok jagung yang digunakan yaitu jagung hibrida 'Bisi-2' (*Zea mays* kelompok *Indurata*), jagung manis 'King Sweet' (*Zea mays* kelompok *Saccharata*), dan jagung berondong (*Zea mays* kelompok *Everta*) yaitu berondong stroberi dan berondong kuning. Perbanyakan bahan tanam dan budidaya tanaman dilakukan di Kebun daerah Sleman, dan penelitian karakter molekuler dilakukan di Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada Bulan Maret 2015 sampai dengan Oktober 2015. Setiap jenis jagung yang digunakan dalam penelitian ini diwakili oleh 15 tanaman. Pengamatan morfologi dilakukan terhadap 15 karakter kuantitatif morfologi empat populasi jagung. Sedangkan pengamatan molekuler menggunakan sampel daun masing-masing 15

tanaman dengan analisis molekuler berdasarkan penanda RAPD dan gen terkait Antosianin dan Sukrosa-pati.

Pengamatan molekuler meliputi tahap-tahap berikut, ekstraksi DNA, kuantifikasi DNA, pengenceran, optimasi suhu dan seleksi primer, amplifikasi DNA (PCR), elektroforesis dan kuantifikasi elektroforesis gel. DNA diekstraksi dari daun segar dan sehat, menggunakan buffer CTAB. Seleksi primer (RAPD) dilakukan terhadap 8 primer (Tabel 1) dengan suhu *annealing* 37°C. Primer menunjukkan polimorfisme yang digunakan untuk *genotyping* menggunakan PCR (RAPD). Sedangkan optimasi suhu primer terkait gen Antosianin (Tabel 2) dan gen terkait Sukrosa-pati (Tabel 3) dilakukan dengan suhu gradien pada mesin PCR (BOECO). Hasil amplifikasi kemudian dielektroforesis gel menggunakan 1,5 % gel agarose di dalam tangki elektroforesis yang berisi larutan penyangga TBE pH 8 dengan tegangan 100 volt selama 50 menit. Proses pembuatan gel agarose, ditambahkan 4 µl *flourosafe* DNA stain sebagai pewarna, kemudian didiamkan selama 30 menit. Visualisasi menggunakan sinar UV dan citra direkam dengan kamera digital.

Tabel 1. Daftar delapan primer RAPD terpilih

No.	Primer	Urutan DNA (5'- 3')
1.	OPA 3	AGTCAGCCAC
2.	OPA 5	AGGGGTCTTG
3.	OPA 9	GGGTAACGCC
4.	OPC 8	TGGACCGGTG
5.	OPC 10	TGTCTGGGTG
6.	OPC 3	GGGGGTCTTT
7.	OPC 5	GATGACCGCC
8.	OPC 8	TGGACCGGTG

Tabel 2. Primer PCR untuk gen antosianin (*C2/Chs*, *Chi* dan *Pr1*)

Gen	Primer	Urutan DNA (5'- 3')
<i>Chalcone synthase 2 (C2)</i>	C2-F	GTATAGTTGCGGGTAACGG (19 bp)
	C2-R	TTAGGTCAGTTGGACGGG (18 bp)
<i>Chalcone isomerase 1 – (Chi1)</i>	CHI1-F	GACATTCCACCACTTTCC (18 bp)
	CHI1-R	CGATACGAAGTCTCTCCAAG (20 bp)
<i>Flavonoid 3-hydroxylase (Pr1)</i>	PR1-F	AGGTGGACGGGTTCCGCATC (20bp)
	PR1-R	GTATGCCTCCTCCATGTCTAGC(22bp)

Tabel 3. Primer PCR untuk gen sukrosa-pati

Gen	Primer	Urutan DNA (5'- 3')
<i>Sucrose synthase 1/Shrunken1 (Sh1)</i>	SH1-F	CAAGGCCTGGTGTCTGGGATTAC (23 bp)
	SH1-R	AGGTGCGAGAAGCAAGTGGAGTGTG (24 bp)

Analisis karakter morfologi dengan pendekatan analisis kluster atau pengelompokan menggunakan perangkat lunak R. Perangkat lunak ini digunakan untuk

analisis kluster dengan menampilkan dendrogram dan untuk analisis komponen utama (*Principal Component Analysis, PCA*) dengan menampilkan grafik koordinat utama. Analisis karakter molekuler dengan melakukan skoring terhadap keberadaan pita hasil amplifikasi, apabila terdapat pita diberikan nilai "1", apabila tidak terdapat pita diberikan nilai "0". Hasil skoring berupa data biner, data dianalisis menggunakan perangkat lunak GENALEX 6.1 dan NTSYS 2.02.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi morfologi merupakan pengamatan karakter pada fenotipe tanaman baik berdasarkan sifat kualitatif maupun kuantitatif. Fenotipe merupakan hasil interaksi antara genotipe dan lingkungan, fenotipe digunakan untuk mendeteksi adanya keragaman tanaman secara morfologi. Pengamatan morfologi dilakukan terhadap 21 karakter baik sifat kualitatif maupun kuantitatif. Berdasarkan karakter kualitatifnya (Tabel 4), meliputi bentuk ujung daun, warna daun, warna batang, bentuk ujung tongkol, tipe biji dan warna biji. Karakter keempat kelompok populasi jagung tersebut memiliki fenotipe yang hampir sama/mirip, terkecuali pada karakter tipe jagung dan warna biji jagung. Populasi jagung hibrida memiliki warna biji kuning-oranye, jagung manis memiliki warna biji kuning, berondong stroberi memiliki warna merah dan berondong kuning memiliki warna biji kuning (Gambar 1). Menurut Ford (2000) terdapat tiga warna biji jagung yaitu kuning, merah dan ungu. Ketiga warna tersebut diproduksi oleh sintesis pigmen dari satu atau dua jalur metabolik, yaitu karotenoid yang mensintesis pigmen kuning dan antosianin yang mensintesis pigmen merah dan ungu.

Tabel 4. Karakter kualitatif morfologi empat populasi jagung

Karakter	Jagung Hibrida	Jagung Manis	Jagung Berondong Stroberi	Jagung Berondong Kuning
Bentuk ujung daun	runcing	runcing	Runcing	Runcing
Warna daun	hijau	hijau	Hijau	Hijau
Warna batang	hijau-merah	hijau-kuning	hijau-merah	hijau-merah
Bentuk ujung tongkol	mengerucut	mengerucut	mengerucut	Mengerucut
Tipe biji	jagung mutiara	jagung manis	jagung berondong	jagung berondong
Warna biji	kuning-oranye	kuning	merah	Kuning



Gambar 1. Biji empat kelompok populasi jagung, (A) biji jagung hibrida (B) biji jagung manis (C) biji jagung berondong stroberi (D) biji jagung berondong kuning.

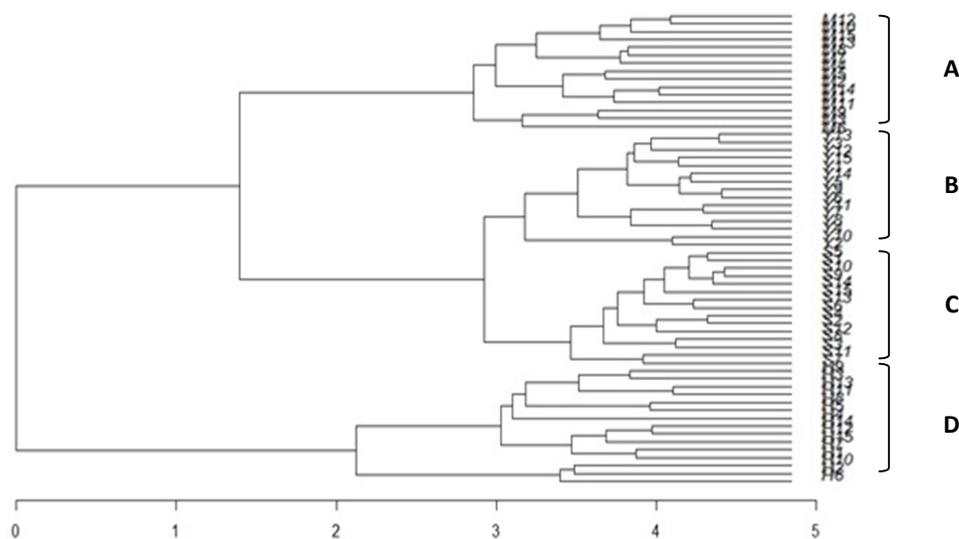
Karakter kuantitatif merupakan pengamatan fenotipe pada tanaman berdasarkan ukuran atau jumlah sifat yang teramati sesuai dengan satuan yang ada (Tabel 5). Karakterisasi morfologi jagung berdasarkan karakter kuantitatif meliputi panjang malai, umur bunga betina, umur bunga jantan, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, tinggi tanaman, tinggi tongkol, jumlah baris biji, panjang tongkol tanpa kelobot, diameter tongkol, bobot butir, panjang butir, lebar butir dan tebal butir. Empat kelompok populasi jagung yang diamati memiliki karakter kuantitatif yang berbeda-beda.

Tabel 5. Karakter kuantitatif morfologi empat populasi jagung

Karakter	Jagung Hibrida	Jagung Manis	Jagung Berondong Stroberi	Jagung Berondong Kuning
Panjang malai (cm)	33,40±0,798	28,93±0,801	16,93±0,573	21,80±0,480
Umur bunga jantan	64,00	63,00	56,00	61,00
Umur bunga betina	67,00	66,00	60,00	64,00
Panjang daun (cm)	79,07±1,909	67,27±1,469	55,00±1,019	58,80±1,212
Lebar daun (cm)	8,67±0,311	7,58±0,210	5,26±0,156	5,79±0,119
Jumlah daun	9,67±0,210	8,27±0,182	7,07±0,153	7,40±0,131
Tinggi tanaman (cm)	163,53±4,786	156,27±2,322	136,47±1,348	139,33±1,644
Tinggi tongkol (cm)	76,30±1,741	66,23±1,130	45,11±0,940	46,53±0,945
Jumlah baris biji	15,87±0,456	13,87±0,413	7,73±0,384	8,93±0,473
Panjang tongkol tanpa kelobot (cm)	15,23±0,334	13,79±0,452	6,487±0,136	6,80±0,134
Diameter tongkol (cm)	4,80±0,145	3,87±0,103	2,73±0,067	2,76±0,081
Bobot butir (g)	29,34±0,121	9,15±0,026	10,64±0,064	19,97±0,114
Panjang butir (cm)	1,05±0,021	0,85±0,215	0,78±0,014	0,85±0,021
Lebar butir (cm)	0,89±0,022	0,67±0,035	0,52±0,010	0,54±0,016
Tebal butir (cm)	0,47±0,024	0,31±0,022	0,48±0,010	0,47±0,013

Empat kelompok jagung masing-masing diamati untuk mengetahui pengelompokan beberapa spesies berdasarkan ukuran kemiripan morfologi terhadap 15 karakter kuantitatif, yaitu panjang malai, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, tinggi tanaman, tinggi tongkol, jumlah baris biji, panjang tongkol tanpa kelobot, diameter tongkol, bobot

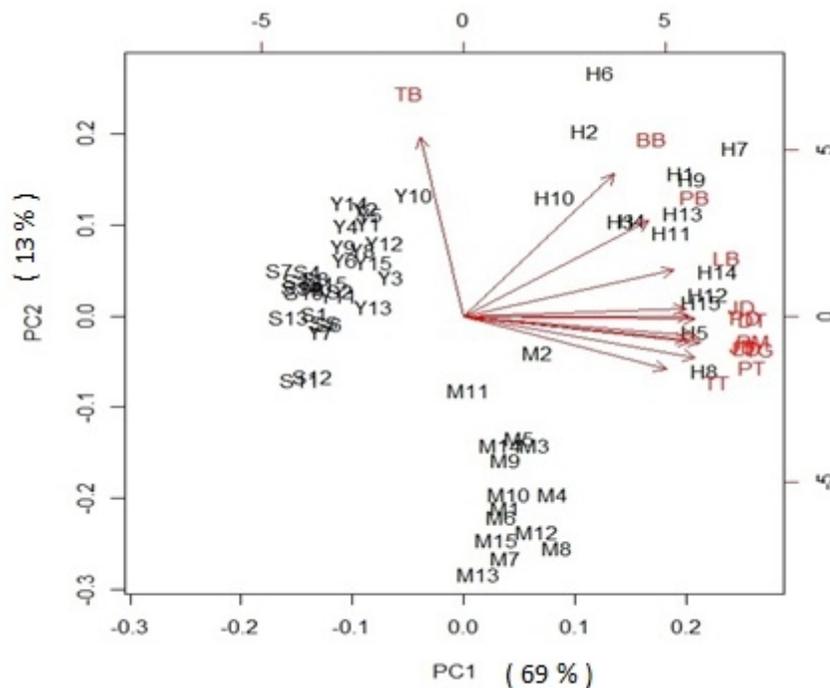
butir, panjang butir, lebar butir, tebal butir. Analisis kluster ini menggunakan perangkat lunak R, yang disajikan dalam bentuk dendrogram (Gambar 2). Hasil dendrogram menunjukkan bahwa pada jarak 1 % memisah menjadi dua kelompok besar. Kelompok pertama merupakan kelompok dari populasi jagung hibrida (D) yang memisah pada jarak 2,1 % dan kelompok kedua terdiri atas populasi jagung manis (A), jagung berondong kuning (B) dan jagung berondong stroberi (C) yang memisah pada jarak 1,5 %. Keempat populasi jagung tersebut mengelompok sendiri sesuai dengan populasinya masing-masing. Populasi jagung berondong stroberi dan berondong kuning memiliki kedekatan yang sempit, artinya kedua populasi jagung tersebut memiliki sifat yang sama atau mirip berdasarkan karakter morfologi yang diamati. Hal ini sesuai dengan Purwono dan Hartono (2005) kedua populasi jagung tersebut merupakan jenis kelompok jagung *Everta* (tipe *popcorn*).



Gambar 2. Dendrogram empat kelompok populasi jagung berdasarkan 15 karakter morfologi. Keterangan : H=jagung hibrida, M=jagung manis, S=jagung berondong stroberi dan Y=jagung berondong kuning. Nomor 1 sampai 15 merupakan nomor individu perpopulasi jagung.

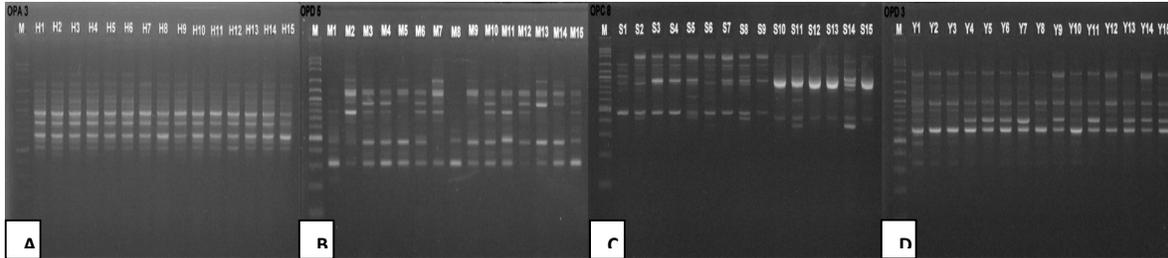
Analisis komponen utama merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui pengelompokan suatu individu dalam populasi berdasarkan karakter morfologi yang terlibat dalam komponen utama. Analisis PCA menggunakan perangkat lunak R yang disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan analisis komponen utama (Gambar 3) menunjukkan hubungan empat populasi jagung terhadap sifat kuantitatif karakter

morfologi. Masing-masing populasi jagung tersebut mengelompok sesuai dengan populasinya. Komponen Utama 1 memiliki nilai variabel paling kuat diantara komponen-komponen yang lainnya. Populasi jagung berondong stroberi dan kuning mengelompok dalam bagian komponen utama 2 dengan nilai sebesar 13 %, sedangkan kelompok jagung manis mengelompok pada bagian komponen utama 1 dengan nilai sebesar 69 %. Komponen utama 1 dan 2 cukup mewakili adanya keragaman dan kedekatan pada populasi jagung berdasarkan karakter morfologinya, dengan nilai sebesar 82 %. Populasi jagung berondong kuning memiliki kemiripan atau kedekatan dengan jagung berondong stroberi berdasarkan pengamatan sifat kuantitatif karakter morfologi.



Gambar 1. Hasil analisis komponen utama (*Principal Component Analysis, PCA*) pada empat kelompok kultivar jagung berdasarkan karakter morfologi (sifat kuantitatif).
Keterangan : H=jagung hibrida, M=jagung manis, S=jagung berondong stroberi dan Y=jagung berondong kuning. Nomor 1 sampai 15 merupakan nomor individu perpopulasi jagung. PM=Panjang Malai, TT=Tinggi Tanaman, PT=Panjang Tongkol Tanpa Kelobot, PD=Panjang Daun, TG=Tinggi Tongkol, BB=Bobot Butir, LD=Lebar Daun, JB=Jumlah Baris Biji, PB=Panjang Butir, JD=Jumlah Daun, LB=Lebar Butir, TB=Tebal Butir, DT=Diameter Tongkol.

Hasil amplifikasi DNA empat populasi jagung terhadap ke-8 primer RAPD terpilih yaitu OPA 3, OPA 5, OPA 9, OPC 8, OPC 10, OPD 3, OPD 5, dan OPD 8, hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.



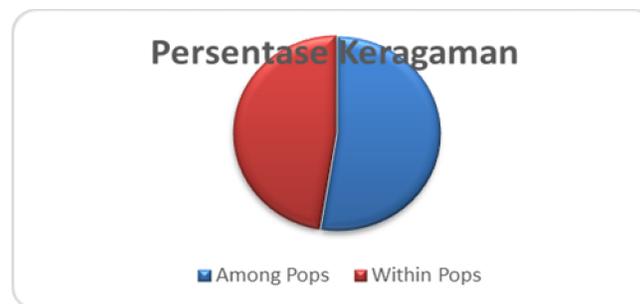
Gambar 4. Hasil amplifikasi sampel DNA empat kelompok populasi jagung yaitu (A) sampel DNA jagung hibrida (H) no. 1 sampai 15 terhadap primer OPA3, (B) sampel DNA jagung manis (M) no. 1 sampai 15 terhadap primer OPD 5, (C) jagung berong stroberi (S) no. 1 sampai 15 terhadap OPC 8, dan (D) sampel DNA jagung berondong kuning (Y), no. 1 sampai 15 terhadap primer OPD 3, dan M adalah markaladder DNA.

Keragaman dalam populasi dan antar populasi menunjukkan adanya variasi individu dalam suatu populasi maupun variasi antar populasi tersebut. Nilai keragaman dalam populasi dan antar populasi pada empat populasi jagung disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil AMOVA terhadap empat kelompok populasi jagung

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Estimasi Varians	Persentase Keragaman
Antar Populasi	3	486,533	162,178	10,199	53%
Dalam Populasi	56	514,800	9,193	9,193	47%
Total	59	1001,333		19,392	100%

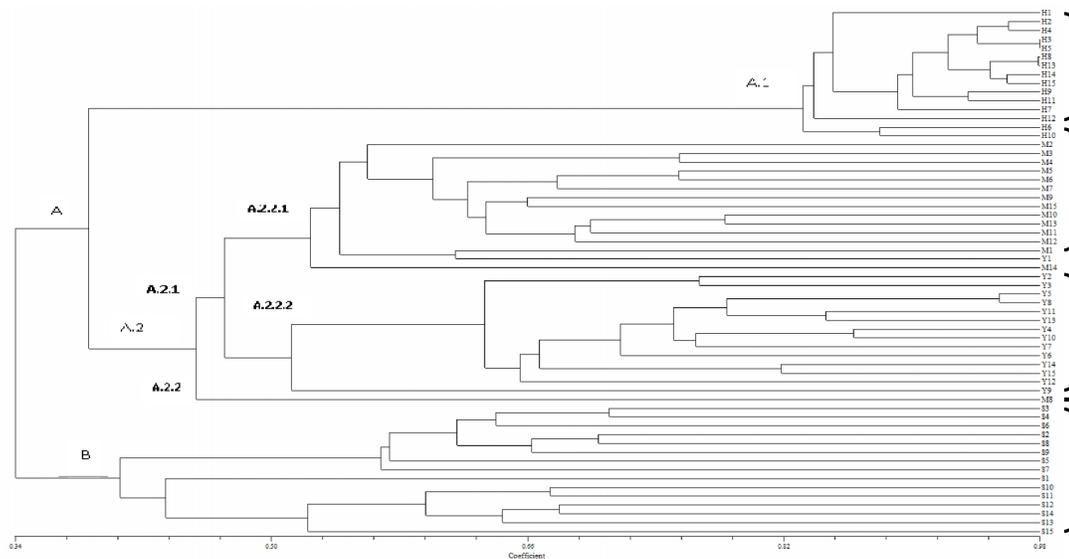
Ket.DB : derajat bebas JK : jumlah kuadrat KT : kuadrat tengah



Gambar 5. Diagram persentase keragaman pada empat kelompok populasi berdasarkan primer RAPD

Diagram persentase varian genetik terhadap empat kelompok populasi jagung (Gambar 5) menunjukkan bahwa nilai persentase variasi antar populasi kultivar jagung lebih tinggi sebesar 53%, dibanding dengan nilai variasi dalam populasi kultivar jagung sebesar 47%. Keragaman genetik antar populasi yang tinggi memberikan kontribusi terhadap nilai keragaman genetik total.

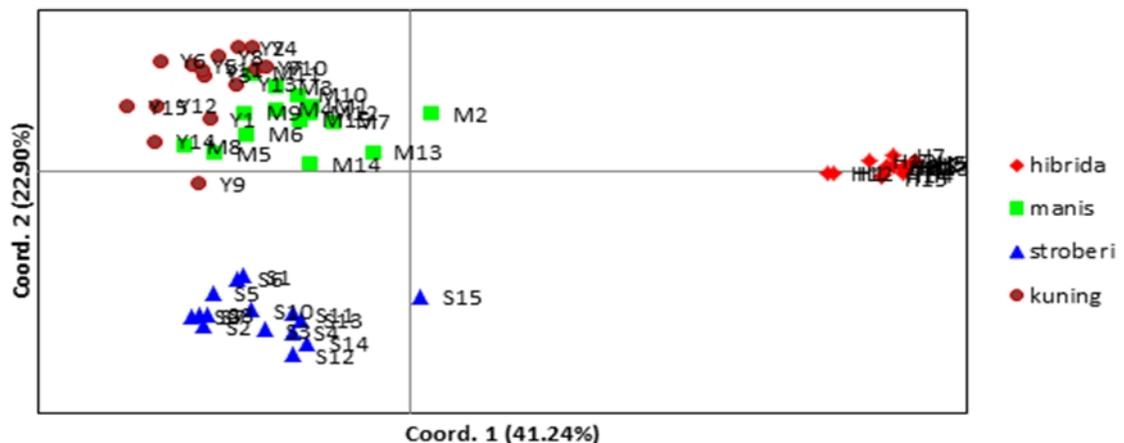
Analisis gerombol dengan perangkat lunak NTSYS 2.02 menggunakan metode UPGMA (*Unweight Pair - Group Method With Arithmetic Averaging*) berdasarkan nilai *similarity* untuk mengetahui hubungan kemiripan genetik antar individu dari populasi yang ditampilkan dalam bentuk dendrogram. Berikut ini dendrogram hasil analisis secara molekuler, ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Dendrogram empat populasi kelompok jagung berdasar primer RAPD.

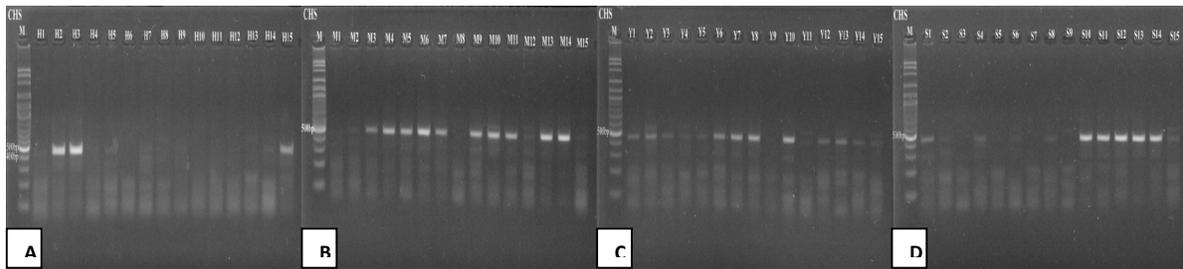
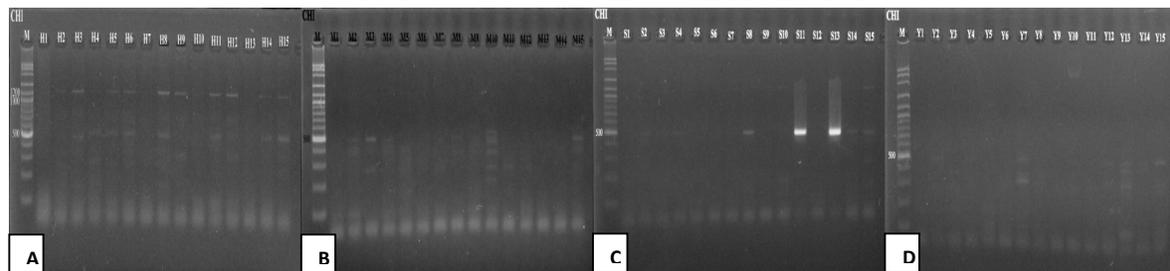
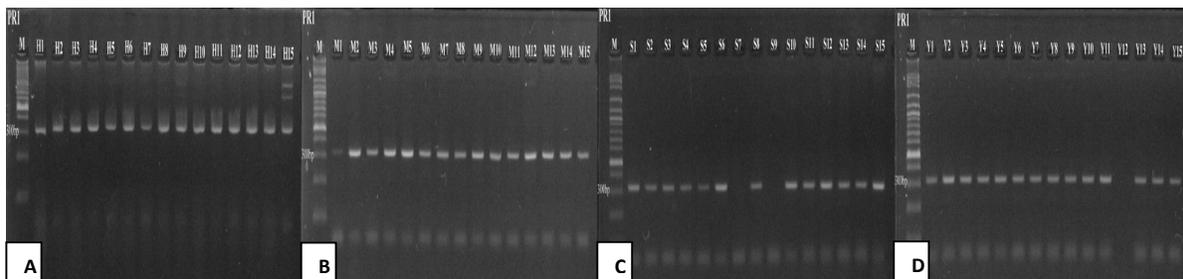
Koefisien kemiripan pada empat kelompok populasi jagung dengan masing-masing nomor (ulangan) berdasarkan hasil amplifikasi DNA dengan primer RAPD berkisar antara 0,34 sampai 0,98 (Gambar 6). Dendrogram hasil analisis empat populasi jagung memisah pada koefisien kemiripan sebesar 0,34 dengan terbagi atas dua kelompok besar. Kedua kelompok itu yaitu kelompok A dengan koefisien kemiripan sebesar 0,388 dan kelompok B sebesar 0,404. Kelompok B yaitu populasi jagung berondong stroberi, sedangkan kelompok A terdapat tiga populasi jagung yaitu jagung hibrida (A.1), jagung manis dan jagung berondong kuning (A.2).

Analisis koordinat utama (*Principal Coordinates Analysis, PCoA*) menggunakan perangkat lunak GENALEX 6.1 dengan menampilkan grafik koordinat utama. Hasil analisis *PCoA* (Gambar 7) pada empat kelompok populasi jagung (jagung hibrida, manis, berondong stroberi dan berondong kuning) menunjukkan pengelompokan berdasarkan masing-masing kelompok populasi jagung. Analisis ini dapat mendukung dan mempertegas hasil analisis dendrogram (Gambar 6) berdasarkan pengelompokan/pengerombolan suatu individu. Dari hasil analisis *PCoA* diatas kedekatan individu terlihat jelas dengan saling mengelompok. Pada koordinat utama 1 menunjukkan nilai sebesar 41,24% dengan memisahkan dua populasi besar yaitu populasi jagung hibrida dan jagung manis dan jagung berondong, sedangkan pada koordinat utama 2 dengan nilai sebesar 22,90% memisahkan dua populasi jagung berondong stroberi dan jagung manis-jagung berondong kuning, dengan penggabungan nilai kedua koordinat tersebut sebesar 64,15 %, hal ini dirasa masih kurang untuk mendukung analisis pengelompokan empat populasi jagung berdasarkan primer RAPD. Dengan demikian diperlukan grafik *PCoA* tambahan untuk hubungan Koordinat Utama 1 dan 2 dengan Koordinat Utama 3.



Gambar 7. Hasil analisis *PCoA* pita DNA terhadap empat populasi jagung

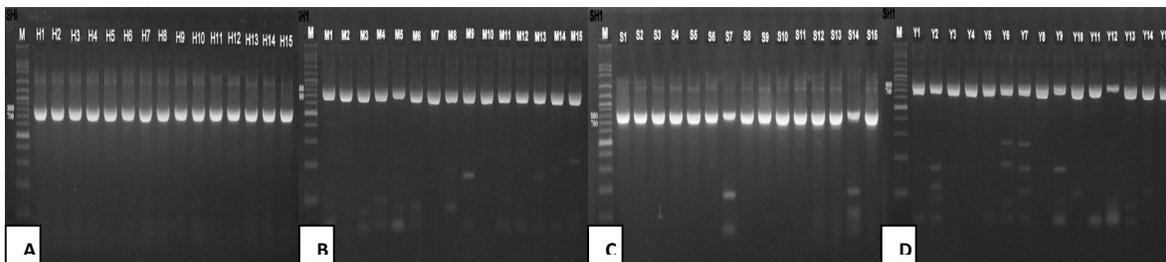
Sebanyak empat populasi sampel DNA dengan masing-masing individu terdapat 15 individu sampel DNA. Sampel DNA jagung hibrida (A), jagung manis (B), jagung berondong stroberi (C) dan jagung berondong kuning (D). Sampel DNA tersebut diamplifikasi menggunakan prosedur PCR dengan tiga gen yang berperan dalam jalur biosintesis antosianin pada jagung yaitu gen C2/Chs, Chi dan Pr1. Hasil amplifikasi DNA menunjukkan pita (band), yang disajikan pada Gambar 8, 9, dan 10.

Gambar 8. Hasil Amplifikasi PCR gen *Chs/C2* pada sampel DNA.Gambar 9. Hasil Amplifikasi PCR gen *Chi* pada sampel DNA.Gambar 10. Hasil Amplifikasi PCR gen *Pr1* pada sampel DNA.

Hasil amplifikasi sampel DNA empat populasi jagung terhadap gen *Chs*, *Chi* dan *Pr1* menghasilkan pita DNA (Gambar 8, 9, 10). Hal ini dapat diduga empat populasi jagung terdapat gen terkait antosianin, namun secara fenotipe bulir jagung berondong stroberi berwarna merah, sedangkan bulir jagung hibrida, jagung manis dan berondong kuning berwarna kuning. Gen *Chs*, *Chi* dan *Pr1* tidak dapat membedakan adanya antosianin pada antar empat populasi jagung yang diujikan. Ketiga gen terkait antosianin ini, dengan adanya pita DNA yang muncul tidak dapat mengindikasikan bahwa pada empat populasi jagung mengandung senyawa antosianin. Warna merah pada bulir jagung stroberi dipengaruhi oleh alel gen *Pr1* yang terekspresi bersifat resesif (Coe, 1957), sedangkan warna kuning pada bulir jagung hibrida, manis dan berondong kuning muncul akibat adanya β -karotena dan lutein pada biji jagung (Zilic *et.al.*, 2012). Pembentukan senyawa

antosianin pada bulir jagung tidak hanya dipengaruhi oleh gen *Chs*, *Chi* dan *Pr1*, tetapi terdapat peran gen lain seperti gen *DFR* yang membentuk senyawa cyanidin dan pelargonidin pada jagung (Tanaka dan Ohmiya, 2008).

Amplifikasi DNA terhadap gen *Sh1* (*Shrunken1*) digunakan pada reaksi berantai polimerase (PCR/Polimerase Chain Reaction). Hasil amplifikasi PCR gen *Sh1* (Gambar 11) pada sampel DNA jagung hibrida (A), jagung manis (B), jagung berondong stroberi (C) dan jagung berondong kuning (D) menunjukkan pita DNA yang terang dan jelas. Pita DNA pada keempat populasi tersebut yang dihasilkan yaitu pita monomorfik pada ukuran 800 pasangan basa. Dilihat pada hasil amplifikasi diatas diperoleh bahwa keempat populasi jagung terdapat gen *Sh1*. Gen ini berperan dalam reaksi awal pembentukan sukrosa-pati pada jagung. Gen *Sh1* berperan dalam pengisisan bulir jagung yang menyulpai glukosa. Pada biji jagung manis memiliki kandungan pati yang sedikit (banyak mengandung sukrosa dan air) dibanding dengan populasi jagung hibrida, jagung berondong stroberi dan kuning. Secara fenotipe jagung manis memperlihatkan efek mengkerut/kisut sebagai akibat tidak adanya kandungan pati. Hal lain karena disebabkan adanya mutan terhadap gen *Sh1* yang mengakibatkan biji jagung manis mengkerut jika dikeringkan (Hutchison, 1921). Pada biji jagung berondong stroberi dan kuning mempunyai kandungan pati yang lebih tinggi dibandingkan dengan jagung hibrida, sehingga secara fenotipe jagung berondong memperlihatkan efek meletup/popping apabila dipanaskan pada suhu sekitar 110°C (Podojil, 2013). Dengan kemunculan pita DNA hasil amplifikasi (Gambar 11), bahwa tidak dapat menunjukkan adanya perbedaan antar empat populasi kelompok jagung yang diuji, sehingga gen *Sh1* tidak dapat digunakan untuk mengindikasikan adanya sukrosa-pati pada sampel jagung yang diuji.



Gambar 11. Hasil Amplifikasi PCR gen *Sh1* pada sampel DNA.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan karakter morfologi, populasi jagung berondong stroberi dengan berondong kuning memiliki jarak kemiripan yang paling dekat yaitu sebesar 3 %, sedangkan jarak kemiripan paling jauh yaitu populasi hibrida dengan populasi lainnya.
2. Nilai keragaman dalam populasi diperoleh sebesar 47 % dan keragaman antar populasi diperoleh sebesar 53 %.
3. Nilai koefisien kemiripan secara genetik berdasarkan penanda RAPD sebesar 0,34-0,98.
4. Gen-gen pembentuk senyawa antosianin (Chs, Chi dan Pr1) dan sukrosa-pati (Sh1) tidak dapat menunjukkan adanya perbedaan antar populasi kelompok jagung yang diuji.

SARAN

Keanekaragaman kelompok kultivar jagung merupakan hal penting dalam pemuliaan jagung sehingga plasma nutfah berbagai jenis jagung perlu dibudidayakan dan dirawat menurut prosedur yang ada. Penelitian dengan melibatkan lebih banyak populasi kelompok jagung akan mendapatkan informasi karakter dan keragaman jagung yang lebih lengkap. Penggunaan penanda molekuler yang bersifat spesifik, sehingga dapat dilakukan karakteristik yang sesuai dengan karakter yang akan diamati. Penggunaan gen-gen terkait antosianin dan sukrosa-pati lainnya yang dapat menunjukkan adanya perbedaan antar empat populasi kelompok jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Coe, JR., E.H., 1957. Anthocyanin synthesis in maize-a gene sequence construction. *The American Naturalist*. 91 : 381-385.
- Ford, R.H., 2000. Inheritance of kernel color in corn: Explanation and investigation. *The American Biology Teacher*. University of California Press. 62 :181-188.
- Fosket, D.E. 1994. *Plant growth and development*. Academic, California.
- Hutchison, C.B., 1921. Heritable characters of maize, VIII. Shrunken endosperm. *Journal of Heredity*. 12 : 76-83.

- Johnson, L.A. 2000. *Corn: The major cereal of americas*. Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Klingman, G.C. 1965. *Crop production in the south*. John Willey and Sons, Inc. London. pp. 350-360.
- Podojil, J.J., 2013. *Popcorn favorites*. Trafford Publishing, North America.
- Purwono dan R. Hartono. 2005. *Bertanam jagung unggul*. Penebar Swadaya. Bogor.
- Sharma, M., M. Cortes-Cruz, K.R. Ahren, M. McMullen, T.P. Brutnell, S. Chopra. 2011. Identification of the Pr1 gene product complete the anthocyanin biosynthesis pathway of maize. *Genetic*. 188 : 69-79.
- Sudre, C. P., E. Leonardecz, R. Rodrigues, A. Junior, M. Maria, dan G. Ldanro. 2007. Genetic resources of vegetable crops: a survey in the Brazilian germplasm collections pictured through papers published in the journals of the Brazilian Society for Horticultural Science. *Hortic. Bras.* 25:337-342.
- Syukur, M. dan Rifianto, A. 2013. *Jagung manis*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Tanaka, Y. and A. Ohmiya. 2008. Seeing is believing: Engineering anthocyanin and carotenoid biosynthetic pathways. *Current Opinion in Biotechnology*. *Science Direct*. 19 : 190-197.
- Whitt, S.R., L.M. Wilson, M.I. Tenailon, B.S. Gaut, E.S. Buckler I.V. 2002. Genetic diversity and selection in the maize strach pathway. *PNAS*. 99 : 12959-12962.
- William, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski, and S.V. Tingey. 1990. DNAPolymorphism Amplified by arbitraryPrimers are useful as genetic marker. *Nucleic Acids Research*. 18: 6531-6535.
- Zilic, S., A. Serpen, G. Akillioglu, V. Gokmen, J. Vancetovic. 2012. Phenolic Compounds, Carotenoids, Anthocyanins, and Antioxidant Capacity of Colored Maize (*Zea mays* L.) Kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60: 1224-1231.