

Variabilitas Genetik F₁ *Orange Fleshed Sweet Potato* (Ofsp) Asal Peru di Jatinangor Berdasarkan Karakter Agromorfologi

Genetic Variability of F₁ *Orange Fleshed Sweet Potato* (Ofsp) Origin Peru in Jatinangor Based On Agromorphological Traits

Haris Maulana¹, Harlino Nandha Prayudha², Yoshua Liberty F.², Rima Suci Mulyani², Debby Ustari¹, Sitaesmi Dewayani³, Eso Solihin⁴, Agung Karuniawan⁴

¹Mahasiswa Program Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Mahasiswa Program Sarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

³Mahasiswa Program Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran dan Staf Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura, Provinsi Jawa Barat

⁴Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Abstract : Sweet potato is a crop that has high genetic variability. Genetic variability is an important source of information needed by plant breeders to develop a plant that can meet human needs. The purpose of this study was to obtain information on genetic variability of F₁ *Orange Fleshed Sweet Potato* origin Peru in Jatinangor based on agromorphological traits. The research was conducted from December 2016 until May 2017, at Ciparanje, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. The material tests used 70 clones of F₁ *Orange Fleshed Sweet Potato* origin Peru and seven varieties sweet potatoes as checks. This research used Augmented Design. Analisis of genetic variability used clusters analisis and Pricipal Component Analisis (PCA). The the results showed that genetic variability 70 F₁ OFSP is high.

Keywords: clusters, genetic variability, pca, sweet potato

Abstrak : Ubi jalar merupakan tanaman yang memiliki variabilitas genetik tinggi. Variabilitas genetik merupakan sumber informasi penting yang dibutuhkan oleh pemulia tanaman untuk mengembangkan suatu tanaman yang dapat memenuhi kebutuhan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi variabilitas genetik F₁ *Orange Flesh Sweet Potato* (OFSP) asal Peru di Jatinangor berdasarkan karakter agromorfologi. Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus 2016 sampai Mei 2017, di Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 70 genotip F₁ OFSP hasil persilangan ubi orange dari Peru dan tujuh varietas cek ubi jalar. Penelitian ini menggunakan rancangan *Augmented Design*. Analisis variabilitas genetik atau keragaman genetik dan hubungan kekerabat menggunakan analisis kluster dan analisis komponen utama (*Principal Component Analisis/PCA*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabilitas genetik 70 genotip F₁ OFSP adalah tinggi.

Kata kunci: kluster, pca, ubi jalar, variabilitas genetik

Pendahuluan

Ubi jalar merupakan salah satu tanaman pangan yang penting. Sebagai tanaman pangan ubi jalar menempati urutan ke tujuh setelah gandum, padi, jagung, kentang, jelai, dan singkong, sedangkan di Indonesia, berdasarkan kandungan karbohidratnya ubi jalar menempati urutan keempat setelah padi, jagung dan ubi kayu. Pemanfaatan ubi jalar pun saat ini semakin meningkat tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan pangan namun juga untuk industri. Arti penting ubi jalar tidak hanya dari segi pemanfaatannya untuk memenuhi berbagai

kebutuhan masyarakat. Menurut Mukhopadhyay *et al.* (2011), fleksibilitas ubi jalar dalam waktu penanaman dan kriteria kesesuaian lahan membuat ubi jalar menjadi jenis umbi-umbian utama yang ditanam di wilayah tropis. Maka dari itu, tanaman ubi jalar memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan. Kebutuhan ubi jalar yang terus meningkat setiap tahunnya tidak berbanding lurus dengan produksi yang dihasilkan. Jumlah produksi yang belum stabil menjadi salah satu penyebab ketersediaan ubi jalar yang fluktuatif. Badan Pusat Statistik (2015), menyatakan bahwa produksi ubi jalar di Indonesia saat ini masih fluktuatif dan

bahkan mengalami penurunan pada tahun 2015. Hal tersebut menunjukkan diperlukan adanya upaya perbaikan kualitas tanaman ubi jalar untuk keperluan produksi yang berkelanjutan. Kegiatan pemuliaan tanaman merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan varietas unggul baru guna meningkatkan produksi ubi jalar.

Pemuliaan tanaman merupakan perpaduan antara seni, ilmu dan teknologi dalam mengelola variasi genetik untuk menghasilkan varietas unggul baru. Variasi genetik atau keragaman genetik adalah ukuran bagi kecenderungan berbagai individu dalam suatu populasi untuk memiliki genotip yang berbeda-beda. Semakin tinggi variasi genetiknya maka semakin efektif proses seleksi yang dilakukan dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Selain berperan dalam proses seleksi, informasi mengenai variabilitas genetik juga berperan untuk menentukan tetua dalam persilangan tanaman ubi jalar. Informasi genetik yang dimiliki dapat berperan penting dalam perbaikan tanaman ubi jalar dalam menyediakan gen-gen baru untuk karakter warna dan kandungan nutrisi umbi yang dihasilkan (Lin *et al.*, 2007). Maka dari itu, penelitian mengenai variabilitas genetik tanaman ubi jalar perlu dilakukan

Saat ini Universitas Padjadjaran memiliki koleksi plasma nutfah 70 F₁ OFSP (*Orange Flesh Sweet Potato*) asal Peru. Namun belum didapatkan informasi mengenai variabilitas genetiknya. Secara khusus, variabilitas genetik untuk karakter tertentu adalah modal dasar dalam kegiatan pemuliaan untuk menghasilkan varietas unggul baru (Thiyagu *et al.*, 2013). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis dan mendapatkan informasi mengenai keragaman genetik plasma nutfah ubi jalar asal Peru.

Bahan dan Metode

Bahan uji yang digunakan dalam percobaan ini meliputi 70 genotip ubi jalar F₁ OFSP asal Peru. Bahan uji awalnya dikedambahkan di rumah kaca pada Agustus 2016 kemudian dipindahkan ke lahan pada September 2016. Setelah itu, dilakukan penyetekan pada tiap-tiap genotip dan dipindahkan ke lahan yang baru dengan rancangan *Augmented Design* dengan tujuh varietas ubi jalar sebagai cek. Percobaan dilaksanakan pada Agustus 2016 sampai Mei 2017, di Kebun Percobaan Ciparanje Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Ketinggian tempat 753 m dpl dengan tipe iklim menurut Schmidt-Ferguson (1951) termasuk ke dalam curah hujan tipe C (agak basah). Karakter yang diamati terdiri dari Bobot Ubi

Tanaman (BUT), Bobot Ubi Ekonomis (BUE), Jumlah Ubi per Tanaman (JUT), Jumlah Ubi Ekonomis (JUE), Panjang Ubi (PJG), Diameter Ubi, Warna Kulit Primer (WKP), Warna Kulit Sekunder (WKS), Jenis Bercak Kulit (JBK), Warna Daging Primer (WDP), Warna Daging Sekunder (WDS), Jenis Bercak Daging Ubi (JBD) dan Bentuk Ubi. sesuai dengan deskriptor ubi jalar (CIP/AVRDC/IBPGR, 1991).

Analisis data dilakukan dengan menghitung ragam *Augmented Design* dengan uji F pada taraf 5%. Estimasi varians experimental error dengan melalui anova data varietas cek dalam rancangan ini digunakan untuk mengukur karakter agromorfologi dan komponen hasil, sedangkan varians error dari anova control/ cek digunakan untuk estimasi standard error dalam berbagai perbandingan rata-rata hasil, penyesuaian untuk perbedaan blok berdasarkan selisih antara nilai rata-rata cek dalam blok tertentu dan nilai rata-rata cek seluruh percobaan. Analisis keragaman dan hubungan kekerabatan dianalisis menggunakan analisis kluster dan *Principle Component Analysis* (PCA) dengan bantuan perangkat lunak *Numerical Taxonomy and Multivariate System* (NTSYS).

Hasil dan Pembahasan

Variasi Karakter Komponen Hasil Varietas Cek Ubi Jalar

Analisis ragam terhadap enam karakter kuantitatif pada varietas cek klon ubi jalar unggul unpad bersifat menyebar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat tiga karakter yang memiliki nilai yang bervariasi pada setiap blok uji (Tabel 1). Tiga karakter tersebut yaitu karakter bobot ubi total, bobot ubi ekonomis dan jumlah ubi ekonomis. Variasi pada tiga karakter ini menjadi hal yang penting untuk diidentifikasi karena akan berkaitan dengan produktivitas dan nilai ekonomis ubi yang dihasilkan.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Komponen Hasil Varietas Cek

No.	Karakter	F Hitung	KV (%)
1.	Bobot Ubi Total	4,07*	10,45
2.	Bobot Ubi Ekonomis	2,71*	21,26
3.	Jumlah Ubi Total	2,59	24,06
4.	Jumlah Ubi Ekonomis	2,95*	41,5
5.	Panjang Ubi	1,66	24,11
6.	Diameter Ubi	2,60	18,7

Ket : *berbeda nyata pada taraf 5%

Berbedanya nilai F pada tiga karakter tersebut menunjukkan bahwa varietas cek yang digunakan pada setiap blok memiliki respons yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh kondisi lahan pada setiap blok uji bersifat heterogen. Menurut Solihin dkk. (2016), perbedaan potensi dan kualitas hasil ubi jalar disebabkan oleh variasi lingkungan uji. Selain itu, kontribusi faktor genetik setiap varietas cek juga berbeda terhadap pengaruh lingkungan (Karuniawan et al., 2015). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa tidak hanya satu faktor yang berperan dalam menghasilkan variasi pada ubi jalar.

Pada Tabel 1 tersebut pun terdapat nilai koefisien variasi (KV) yang menunjukkan nilai ketepatan pada suatu percobaan. Semakin rendah nilai KV maka tingkat ketelitian suatu penelitian semakin tinggi, sebaliknya jika nilai KV semakin tinggi maka tingkat ketelitian semakin rendah. Menurut Gaspersz (1995) nilai KV yang baik adalah yang memiliki nilai kurang dari 20%, dimana hal tersebut menunjukkan bahwa galat percobaan tersebut relatif kecil. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai KV yang dihasilkan cukup bervariasi, dengan nilai KV terendah untuk karakter bobot ubi per tanaman yaitu 10,45% dan nilai KV tertinggi untuk karakter jumlah ubi ekonomis yaitu mencapai 41,5%. Menurut Gomez dan Gomez (1995) besaran nilai KV bergantung pada jenis percobaan, lingkungan percobaan, tanaman yang diuji, dan karakter yang diamati. Maka dari itu, nilai KV yang berbeda dan adanya nilai KV yang melebihi 20% kemungkinan disebabkan oleh desain percobaan yang di gunakan, karena tidak dilakukan pengulangan pada desain percobaan ini.

Variabilitas Genetik Ubi Jalar

Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk melihat karakter yang berpengaruh terhadap keragaman genetik tanaman ubi jalar atau melihat karakter yang berpengaruh terhadap variasi. Metode ini dapat membantu mengurangi jumlah variabel dalam data yang dimiliki untuk membantu proses seleksi (Placide et al., 2015). Menurut Sing et al. (2015), PCA dapat menyederhanakan data yang kompleks dengan mengubah jumlah variabel besar menjadi sejumlah variabel kecil yang dinamakan komponen utama. Pada komponen utama (PC) terdapat nilai *eigenvalue*, dimana nilai *eigenvalue* yang dapat menjelaskan faktor kumulatif dan keragaman yaitu yang lebih atau sama dengan satu (Jeffers, 1967; Suprpto, 2004). Maka dari itu, jumlah PC yang digunakan ditentukan oleh nilai *eigenvalue* yang lebih dari satu.

Berdasarkan hasil analisis komponen utama (PCA) pada 70 genotip F1 OFSP yang diuji

berdasarkan karakter komponen hasil, terdapat lima sumbu dengan *eigenvalue* antara 2,15 – 1,10 dan nilai kumulatif 63,46% (Tabel 2). Analisis komponen utama (PCA) pada keragaman genetik 70 genotip yang diuji menunjukkan variasi komponen pertama (PC1) sebesar 16,57%, dengan karakter yang berpengaruh adalah bobot ubi ekonomis, diameter ubi, warna daging sekunder ubi dan bentuk ubi.

Tabel 2. Nilai Kontribusi Variasi Terhadap Keragaman 70 Genotip F1 OFSP

Pci	<i>Eigenvalue</i>	Percent (%)	Cumulative
1	2.15400745	16.5693	16.5693
2	1.83429195	14.1099	30.6792
3	1.63868490	12.6053	43.2845
4	1.51926615	11.6867	54.9712
5	1.10325366	8.4866	63.4577

Pada komponen kedua (PC2) kontribusi variasinya sebesar 14,11%, yang dipengaruhi oleh karakter diameter ubi, warna daging primer ubi dan jenis bercak daging pada ubi. Kemudian pada komponen ketiga (PC3) kontribusi variasinya sebesar 12,61%, dengan karakter yang berpengaruh meliputi bobot ubi per tanaman, jumlah ubi per tanaman dan jumlah ubi ekonomis. Pada komponen keempat (PC4) karakter warna kulit primer dan jenis bercak kulit ubi memberikan kontribusi variasi sebesar 11,69%. Sedangkan pada komponen kelima (PC5) kontribusi variasinya adalah sebesar dan 8,49%, dengan karakter yang berpengaruh adalah karakter panjang ubi dan warna kulit sekunder ubi. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dilihat bahwa karakter-karakter kuantitatif ubi jalar mendominasi penyebab terjadinya variasi. Nilai karakter yang berpengaruh terhadap keragaman genetik 70 genotip F1 ubi jalar tersaji pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 terdapat karakter yang memberikan kontribusi positif dan kontribusi negatif. Menurut Haydar (2007) Karakter yang berkontribusi positif menunjukkan bahwa karakter-karakter tersebut berkontribusi secara maksimal terhadap keragaman, sedangkan untuk karakter yang berkontribusi negatif menunjukkan bahwa karakter-karakter tersebut berkontribusi namun tidak maksimal terhadap keragaman. Maka dari itu, pada PC1 karakter bentuk ubi merupakan karakter yang berkontribusi maksimal pada keragaman. Sedangkan pada PC2 karakter yang berkontribusi maksimal adalah karakter diameter ubi dan jenis bercak daging ubi. Pada PC3, karakter yang berkontribusi maksimal diantaranya adalah karakter jumlah ubi per tanaman dan bobot ubi tanaman.

Pada PC₄, tidak terdapat karakter yang berkontribusi secara maksimal yang berpengaruh terhadap keragaman. Data yang diperoleh pada PC₅ menunjukkan bahwa karakter panjang ubi berkontribusi maksimal terhadap keragaman. Beberapa hasil yang diperoleh menunjukkan hasil yang serupa dengan studi yang dilakukan sebelumnya oleh Solankey dan Singh (2018). Pada studi tersebut diperoleh hasil bahwa jumlah ubi per tanaman, bobot ubi per tanaman, dan ketebalan ubi (diameter) memiliki kontribusi yang maksimal terhadap keragaman, terutama dengan hal yang berhubungan dengan produktivitas tanaman.

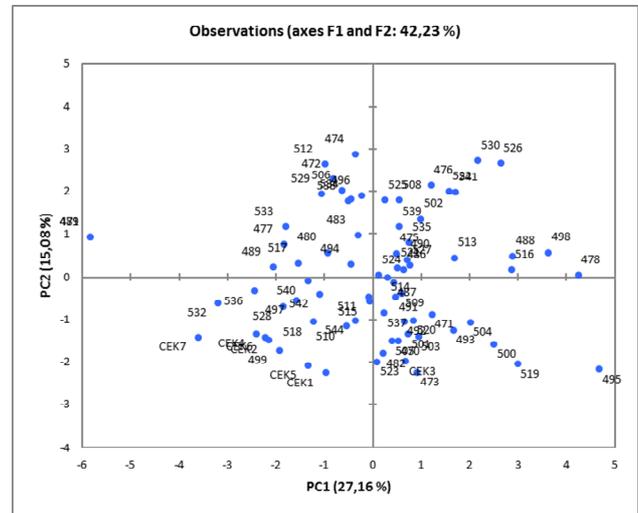
Tabel 3. Nilai Karakter yang Berpengaruh Terhadap Keragaman 70 Genotip F₁ OFSP

Karakter	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
BUT	0.4420	0.2551	0.5662	0.3376	0.0761
BUE	-0.6552	0.2952	0.0764	0.0193	0.0010
JUT	0.3375	0.3182	0.6273	0.4161	0.0485
JUE	0.3224	0.3535	-0.6669	0.2816	-0.0433
PJG	-0.0582	-0.3331	-0.1138	0.2019	0.6305
DIAMETER	-0.5742	0.5885	-0.1028	0.0433	0.1104
WKP	0.4125	0.1172	-0.1200	-0.5489	0.1245
WKS	-0.0994	-0.2896	-0.0459	0.0813	-0.7359
JBK	0.1306	0.1543	-0.0311	-0.7010	0.1739
WDP	-0.1143	-0.5878	-0.2140	0.3561	0.2914
WDS	-0.5282	0.4676	0.1764	-0.0935	0.1038
JBD	0.2507	0.5234	-0.5967	0.3829	-0.0186
BENTUK	0.6529	0.1978	0.0072	-0.1682	0.0157

Keterangan: yang dicetak tebal merupakan nilai karakter yang berpengaruh karena diskriminant > 0,5 (Zubair, 2004). Bobot Ubi Tanaman (BUT), Bobot Ubi Ekonomis (BUE), Jumlah Ubi per Tanaman (JUT), Jumlah Ubi Ekonomis (JUE), Panjang Ubi (PJG), Diameter Ubi, Warna Kulit Primer (WKP), Warna Kulit Sekunder (WKS), Jenis Bercak Kulit (JBK), Warna Daging Primer (WDP), Warna Daging Sekunder (WDS), Jenis Bercak Daging Ubi (JBD) dan Bentuk Ubi.

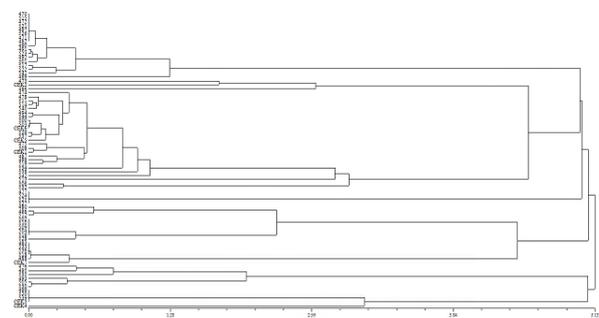
Hubungan kekerabatan antar genotip dapat dilihat dari grafik biplot pada Gambar 1. Berdasarkan hasil yang didapatkan menunjukkan terbentuknya empat kuadran meliputi kuadran I, II, III dan IV. Menurut Waluyo *et. al.* (2011) menyatakan bahwa karakter pada kuadran yang sama menunjukkan hubungan yang dekat atau kemiripan yang tinggi, sedangkan jika terdapat pada kuadran yang berbeda menunjukkan tidak adanya hubungan yang dekat. Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa 70 genotip tersebut terlihat menyebar pada

empat kuadran, dan ada genotip yang memiliki jarak cukup jauh dengan genotip lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa genotip tersebut memiliki karakter yang berbeda dengan yang lainnya atau paling variatif.



Gambar 1. Grafik Biplot 70 Genotip OFSP

Hasil analisis keragaman genetik 70 genotip F₁ ubi jalar berdasarkan karakter agromorfologi menggunakan analisis kluster diperoleh dendrogram seperti yang terlihat pada Gambar 2. Analisis kluster digunakan untuk mengklasifikasikan objek ke dalam kelompok yang relatif homogen (Safitri *et al.*, 2012). Gambar tersebut menunjukkan bahwa hasil keragaman genetik yang luas pada beberapa aksesinya dengan jarak *euclidean* antara 0,00 hingga 5,13. Karuniawan dkk. (2017) menyebutkan bahwa keragaman genetik ubi kayu pada rentang 0,00-3,32 adalah luas.



Gambar 1. Dendrogram 70 Genotip OFSP asal Peru di Jatinangor berdasarkan karakter agromorfologi

Analisis kluster berdasarkan karakter agromorfologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kemiripan dan kekerabatan diantara genotip-genotip yang diuji. Berdasarkan

grafik dendrogram terlihat bahwa genotip-genotip yang diuji terbagi menjadi dua kluster utama yaitu I dan II. Informasi genotip-genotip yang tersebar pada setiap kluster tersaji Tabel 4. Genotip-genotip yang berada pada subkluster yang sama menunjukkan kemiripan karakter agromorfologi. Begitupun sebaliknya, genotip yang berada pada sub kluster yang berbeda menunjukkan karakter yang bervariasi. Pada kluster utama I terdapat subklster I.1 dan I.2.

Tabel 4. List Genotip Pada Setiap Kluster

I	I1	I1A	470	
			515	
			472	
			521	
			497	
			526	
			471	
			482	
			490	
			491	
			523	
			492	
			501	
			517	
			522	
			541	
			489	
			I1A2	473
				cek 2
				496
		474		
		478		
		511		
		514		
		540		
		494		
		544		
		500		
		503		
		cek 6		
		529		
		537		
		cek 5		
		475		
		508		
		cek 1		
		487		
		498		
		519		
		534		
		538		
		542		
		513		
		506		
		532		
I1B	477			
	524			
	525			
	527			

Tabel 4. Lanjutan

I	I2	I2A1	480
			486
			512
		I2A2	502
			510
			509
			504
			516
		I2B	528
			483
			533
			536
			518
			488
			cek 7
II	II 1	II1A	476
			495
			535
		II 1B	493
			505
			530
	II 2	II 2 A	499
			520
			539
		II 2 B	cek 3
			cek 4

Genotip-genotip yang berada pada sub kluster I.1 adalah 470, 515, 472, 521, 497, 526, 471, 482, 490, 491, 523, 492, 501, 517, 522, 541, 489, 473, cek 2, 496, 474, 478, 511, 514, 540, 494, 544, 500, 503, cek 6, 529, 537, cek 5, 475, 508, cek 1, 487, 498, 519, 534, 538, 542, 513, 506, 532, 477, 524, 525 dan 527. Pada sub kluster I.2 adalah 480, 486, 512, 502, 510, 509, 504, 516, 528, 483, 533, 536, 518, 488 dan cek 7. Pada kluster utama II terdapat dua sub klater yaitu II.1 dan II.2. Genotip-genotip yang terdapat pada sub kluster II.1 yaitu 476, 495, 535, 493, 505, dan 530, sedangkan genotip-genotip yang berada sub kluster II.2 yaitu 499, 520, 539, cek 3 dan cek 4.

Pada subkluster I.1 menunjukkan bahwa genotip 470, 515, 472, 521, 497, 526, 471, dan 482 memiliki kekerabatan yang dekat karena memiliki nilai koefisien ketidakmiripan yang kecil. Genotip yang memiliki hubungan kekerabatan yang dekat pada sub kluster sub kluster I.2 yaitu 503, cek 6, 477, 524, 525, 527, 502, 510, 509, 504, 516, 483, 533, 536, dan 518. Pada subkluster II.1 genotip-genotip yang memiliki hubungan kekerabatan yang dekat yaitu 499, 520 dan 539. Adanya genotip yang terdapat pada sub kluster yang sama disebabkan oleh kesamaan karakter morfologi. Begitu pula letak genotip sejenis yang tidak berdekatan dengan genotip sejenisnya dikarenakan adanya ketidakmiripan karakter morfologi pada genotip tersebut. Keakuratan pada analisis kluster ini ditentukan oleh banyaknya karakter yang diamati.

Semakin banyak karakter yang diamati, maka semakin terlihat jelas besarnya perbedaan dan persamaan antar aksesi (Rohlf, 2001). Melalui analisis yang dilakukan, dapat diestimasi bagaimana variabilitas yang dimiliki oleh koleksi ubi jalar berdaging orange asal Peru yang dimiliki oleh UNPAD untuk keperluan pengembangan varietas di masa yang akan datang.

Kesimpulan

1. Analisis komponen utama (PCA) dan grafik biplot menunjukkan terbentuknya empat kuadran dan genotip menyebar pada tiap-tiap kuadran dengan proporsi variasi total sebesar 63,4577% pada PC5.
2. Hasil analisis kluster 70 genotip F₁ OFSP asal Peru di Jatinangor menunjukkan keragaman yang luas dengan jarak *euclidian* 0,00 – 5,13.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh SKEMA PUSNAS 2016/2017. Terima kasih kepada CIP Indonesia dan CIP Peru yang telah berkontribusi dalam hal sumberdaya genetik hasil persilangan.

Daftar Pustaka

- Ambarsari, Indrie., Sarjana., Choliq, Abdul. 2009. Rekomendasi Dalam Penetapan Standar Mutu Tepung Ubi Jalar. Peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Jawa Tengah.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Luas panen, produktivitas, produksi tanaman ubi jalar seluruh propinsi.
- Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development. Theory and Technique. Vol.1. Macmilian Publishing Company, New York.
- Gaspersz, V. 1995. Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan. Edisi Pertama. Tarsitom Bandung.
- Gomez, K. A. dan Gomez, A. A. 1995. Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian. Edisi Kedua (Terjemahan). Endang Syamsuddin dan Justika S. Baharsyah. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Haydar A, Ahmed MB, Hannan MM et al. 2007. Analysis of genetic diversity in some potato varieties grown in Bangladesh. Middle East J Sci Res 2: 143-145.
- Huaman, Z. 1991. Descriptors For Sweet Potato. International Board for Plant Genetic Resources. International Potato Center (CIP). Peru
- Karuniawan, A., B. Waluyo, N. Istifadah, dan D. Ruswandi. 2013. Karakteristik Umbi dan Kandungan Kimia Ubi Jalar untuk Mendukung Penyediaan Bahan Pangan dan Bahan Baku Industri. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Sumedang.
- Karuniawa, A., Hanny Hidayati Nafah, Fitratul H. Rusli, and Debby Ustary. 2015. Selection Of 180 Sweet Potato Superior Clones In Wet Land And Dry Land. Paper. In SABRAO 13th Congress and International Conference, Bogor 14-16 September 2015.
- Karuniawan, A., H.N. Wicaksono, D. Ustari, T. Setiawati, T. Supriatun. 2017. Identifikasi keragaman genetik plasma nutfah ubi kayu liar (*Manihot glaziovii* muell) berdasarkan karakter morfo-agronomi. Jurnal Kultivasi Vol. 16 (3) : 435-443.
- Laurie SM, Calitz FJ, Adebola PO, Lezar A. 2013. Characterization and Evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) landraces. S A J Bot 85: 10-16.
- Lin, K.-H. et al. (2007) 'Improving breeding efficiency for quality and yield of sweet potato', *Botanical Studies*, 48, pp. 283-292. doi: 10.1039/F29858100383.
- Maulana, H., M. Rachmadi, A. Karuniawan. 2016. Respon Klon Serta Potensi Hasil Ubi Jalar Pada Dua Lokasi Sentra Tanam Di Jawa Barat. Prosiding. Seminar Nasional PERIPI Komda Riau "Strategi Pemuliaan Dalam Mengantisipasi Perubahan Iklim Global" Pekanbaru, 20 Juli 2016.
- Mukhopadhyay, S. K. et al. (2011) 'Crops that feed the world 5. Sweetpotato. Sweetpotatoes for income and food security', *Food Security*, 3(3), pp. 283-305. doi: 10.1007/s12571-011-0134-3.
- Peterson, R. A. 1994. A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. Journal of Consumer Research, 21, 381-391.
- Placide, R. et al. (2015) 'Application of principal component analysis to yield and yield related traits to identify sweet potato breeding parents', *Tropical Agriculture (Trinidad)*, 92(1), pp. 1-15.
- Poehlman, J.M. 1979. Breeding Field Crop. AVI publishing Company Inc. Wetsport. Connecticut. 483 hlm.
- Rohlf, F.J. 2001. NT SYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2.1. User Guide. Departemen of Ecology and Evolution State University of New York.
- Safitri, D. et al. (2012) 'Analisis cluster pada kabupaten/kota di Jawa Tengah berdasarkan produksi palawija', *Media Statistika*, 5(1), pp. 11-16.
- Shaumi, U., B. Waluyo, dan A. Karuniawan. 2011. Diversitas Genetik Ubi Jalar Unggul Hasil Pemuliaan Tanaman Unpad Berdasarkan Analisis Kluster Karakter Morfologi. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Sumedang.
- Solankey, S. S. and Singh, P. K. (2018) 'Principal Component Assessment of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) lam] Genotypes for Yield and Quality Traits', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, (7), pp. 1124-1130.
- Solihin, M. A., Santun R.P. Sitorus, A. S. and W. 2016. 'Biophysic Factors Related to a Local Famous Sweet Potato Variety (*Ipomoea batatas* L.) Production: A Study Based on Local Knowledge and Field Data in Indonesia', *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, Vol. 11, p. 164.174.
- Suprpto dan Narimah, Md. K. 2007. Variasi Genetik, Heritabilitas, Tindak Gen dan Kemajuan Genetik

- Kedelai (*Glycine max* Merrill) pada Ultisol. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia. Vol 9 (2): 183-190.
- Thiyagu, D. *et al.* (2013) 'Genetic variability of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) genotypes selected for vegetable use', *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), pp. 340–344.
- Waluyo B, C. Jamilah and A. Karuniawan. 2011. Multivariate Analysis of Morphological Variability among Sweet potato Crops Wild Relative Indonesia Landrace for ex situ Conservation. Presented at International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: Challenges and Opportunities (ICSAFS).
- Zubair, M. 2004. Genetic Diversity and Gene Action in Mungbean. Thesis. Faculty of Crop and Food Sciences. University of Arid Agriculture, Rawalpindi. Pakistan.