

Studi Kekerabatan Genetik Aksesori Uwi (*Dioscorea sp*) yang dikoleksi dari Beberapa Daerah di Pulau Jawa dan Sumatera

*Genetic Relationship of Yam (*Dioscorea sp*) Accessions Collected from Several Regions in Java and Sumatera Island*

Catur Herison, Edhi Turmudi dan Merakati Handajningsih

Jurusan BDP Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu

Jln. Raya Kandang Limun Bengkulu 38371A

herisoncatur@yahoo.com

ABSTRACT

The gap between increasing demand for food due to increasing population and the increase of rice production increases annually so that the government have to import a large number of rice as our staple food. To cope with that problem, development of alternative source of carbohydrate is very important. A research was aimed to explore species in dioscorea family from different farming area in order to characterize, to analyse genetic relationship and to select accessions that could be developed as an alternative staple food. In this research, there were 63 accessions of yams from several farming areas of East Java, Central Java, Jambi and Bengkulu Provinces. Generally, yam plants were rarely cultivated and used as traditional foods. *Dioscorea* tuber weight was approximately 0.1 - 3 kg tuber⁻¹. Tuber formation is irregular oval to rounded. Flesh of tuber is white, brownish yellow to purple. Those accessions were able to be clustered into 16 genetic groups based on their morphological and physiological characters. Some accessions, such as 'uwi putih' and 'gembili', seemed to be potential as staple food.

Key words: yam, characterization, genetic relationship

ABSTRAK

Kesenjangan antara peningkatan kebutuhan pangan akibat pertambahan jumlah penduduk dengan peningkatan produksi beras setiap tahun semakin besar sehingga setiap tahun pemerintah harus melakukan impor beras dalam jumlah besar. Oleh karena itu pengembangan pangan alternatif sebagai sumber karbohidrat perlu digalakkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi berbagai kultivar uwi dari beberapa daerah dalam rangka mempelajari sifat-sifatnya, menganalisis kekerabatan genetiknya dan memilih aksesori yang dapat dikembangkan sebagai pangan alternatif. Tahapan koleksi diperoleh 63 aksesori uwi dari beberapa daerah dari Jawa Timur, Jawa Tengah, Jambi dan Bengkulu. Tanaman uwi sudah semakin sulit dijumpai di lahan petani. Berat umbi uwi berkisar antara 100 g sampai dengan 3 kg umbi⁻¹. Bentuk umbi tidak beraturan, lonjong hingga bulat. Daging umbi berwarna putih, kuning kecoklatan sampai ungu. Aksesori koleksi dapat dikelompokkan menjadi 16 kelompok genetik berdasarkan karakteristik morfologi dan fisiologi. Berdasarkan rasa dan tingkat produksinya secara visual, uwi putih dan gembili memiliki potensi sebagai sumber karbohidrat.

Kata kunci: uwi, karakterisasi, kekerabatan genetik

PENDAHULUAN

Tantangan pengadaan beras nasional pada masa yang akan datang semakin berat karena antara lain: (a) konversi lahan sawah menjadi lahan non pertanian seperti untuk perumahan, infrastruktur, industri dan lahan non pertanian lainnya yang meningkat secara signifikan, terutama di pulau Jawa dan Bali, (b) pencetakan sawah-sawah baru belum berhasil dengan baik, dan (c) laju peningkatan produktivitas padi sangat rendah, yaitu hanya sekitar 0,66 ton ha⁻¹ selama 20 tahun (BPS, 2004). Kenyataan tersebut mengindikasikan bahwa ketahanan pangan nasional akan sangat riskan jika hanya mengandalkan satu komoditas pangan utama yaitu beras. Oleh karena itu upaya pengembangan pangan sumber karbohidrat alternatif sesuai dengan potensi wilayah mendesak harus dilakukan. Beragam jenis tanaman dapat dikembangkan sebagai sumber karbohidrat, antara lain tanaman umbi-umbian, yang salah satunya adalah famili Dioscoreaceae.

Dioscoreaceae (uwi atau ketela rambat) berpotensi sangat besar sebagai pangan alternatif sumber karbohidrat. Beragam spesies dalam famili ini secara tradisional telah biasa digunakan sebagai bahan pangan. Setiap 100 g umbi dioscorea mengandung berkisar antara 320 – 470 kalori dan 2,0 g – 2,7 g protein (French, 2006; Fahmi dan Artalina, 2007). Tanaman ini juga memiliki beberapa keunggulan, yaitu (a) potensi produksinya dapat mencapai 40 ton ha⁻¹, (b) syarat tumbuh sangat luas dari permukaan laut hingga ketinggian lebih dari 1500 dpl, dan mulai dari tanah lembab (rawa) hingga lahan kering, (c) relatif toleran terhadap naungan, (d) umumnya tahan terhadap penyakit *soilborn*, (e) umbi relatif tahan disimpan, dan (f) memiliki kandungan antioksidan dan berkhasiat obat (French, 2006; Fahmi dan Artalina, 2007).

Pada masa yang lalu, secara tradisional, uwi telah digunakan sebagai bahan pangan tambahan beras, terutama bagi masyarakat di Jawa. Sekarang ini tanaman tersebut telah ditinggalkan dan menjadi tanaman minor sekalipun berpotensi besar sebagai sumber pangan alternatif. Untuk menggali lagi potensi tersebut diperlukan upaya koleksi dan identifikasi plasma nutfah yang

sekarang ini sudah semakin sulit ditemukan. Informasi agronomis, fisiologi, morfologi dan karakteristik genetik tanaman uwi yang bermanfaat masih sangat terbatas (Zannou, 2006)

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kekerabatan genetik aksesori uwi dari beberapa daerah di Indonesia. Kajian ini sangat diperlukan dalam rangka mengetahui apakah tanaman yang tersebar di berbagai daerah tersebut memiliki kemiripan satu sama lain atau tidak.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan April s/d November 2009 dalam dua tahap kegiatan, yaitu tahap koleksi dan tahap karakterisasi. Pencarian plasma nutfah uwi dilakukan di beberapa daerah di provinsi Bengkulu, Jambi, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Seluruh jenis uwi yang berbeda di areal tersebut diambil sampelnya dan dicatat nama lokal dan asal tanaman. Aksesori-aksesori koleksi yang dikumpulkan tersebut selanjutnya ditanam dengan rancangan acak lengkap (RAL) tiga ulangan. Sebagai perlakuan adalah seluruh aksesori koleksi. Penelitian dilakukan di kebun petani di Desa Kandang Limun Bengkulu dengan ketinggian 10 m dpl.

Sebelum ditanam, bibit disimpan di tempat gelap untuk merangsang pembentukan tunas. Bibit yang telah berkecambah ditanam dalam polibag untuk merangsang perakaran. Setelah tumbuh menjadi tanaman, bibit selanjutnya dipindah ke lapangan dengan jarak tanam 1 m x 2 m. Lapangan percobaan disiapkan dengan cara dicangkul dua kali hingga gembur dan diberi pupuk kandang sebagai pupuk dasar dalam alur dengan dosis 10 ton ha⁻¹.

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi pemberian ajir, pemupukan, penyiraman, dan pengendalian hama dan penyakit. Pada umur 3 minggu setelah tanam, tanaman diajir dengan kayu sepanjang 3 m yang dipasang saling-silang dan diikat dengan tali. Pemupukan dilakukan dengan dosis setara 100 kg urea ha⁻¹, 100 kg SP36 ha⁻¹, dan 100 kg KCl ha⁻¹. Separuh dosis urea dan seluruh SP36 dan KCl diberikan pada saat tanam, dan sisa urea diberikan pada 8 mst. Penyiraman dilakukan setiap pagi hari hingga mencapai kapasitas lapang. Pengendalian hama dan penyakit

dilakukan secara preventif setiap tiga minggu sekali dengan menggunakan campuran insektisida dan fungisida dengan takaran 2 mL dan 2 g L⁻¹.

Pengamatan dilakukan terhadap morfologi daun dan batang yang meliputi tipe daun, pangkal daun, sudut cangap, ujung cangap, warna tulang, jumlah tulang daun, panjang daun, lebar daun, warna pangkal tangkai, sayap tengah tangkai, sayap ujung, bulu, bentuk batang, permukaan, warna batang muda, warna batang tua, ukuran sirip, warna sirip, pilin batang, jumlah duri bentuk duri, ukuran duri, warna duri, panjang (cm) ruas ke 5, diameter ruas ke 5 (mm), jumlah tunas ruas ke 5 per buku, tingkat kehijauan daun dan kepadatan stomata, bentuk umbi, warna kulit dan daging umbi, tekstur dan ada tidaknya akar pada permukaan kulit. Data dianalisis klaster (*cluster*) menggunakan perangkat lunak Minitab 14 dengan parameter derajat keserupaan (*similarity*). Penentuan tingkat kekerabatan menggunakan tingkat keserupaan sebesar 75%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koleksi yang dilakukan dari beberapa daerah berhasil mendapatkan 63 aksesi dalam bentuk umbi dengan nama daerah yang berbeda-beda (Tabel 1). Dari desa-desa yang dikunjungi selama proses pengumpulan koleksi baik yang

berada di P Jawa maupun di luar P Jawa menunjukkan bahwa tanaman uwi sudah relatif sulit ditemukan di pekarangan petani. Tidak setiap desa yang dikunjungi ditemukan petani yang masih menanam uwi. Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman ini cenderung ditinggalkan petani dan tidak lagi menjadi sumber pangan pendamping nasi, setelah jagung, singkong dan ubi jalar. Di pasar tradisional pun juga demikian, sudah semakin sulit mendapatkan pedagang yang menjual uwi.

Penampilan fisik umbi uwi yang dikoleksi sangat bervariasi, baik ukuran, bentuk, dan warna daging umbi sesuai dengan jenisnya (Gambar 1). Ukuran umbi ada yang sangat besar, hingga mencapai lebih dari 3 kg umbi⁻¹, tetapi ada juga yang kecil hanya sekitar 100 g umbi⁻¹. Bentuk umbi ada yang tidak beraturan, lonjong, hingga bulat. Daging umbi ada yang berwarna putih, kuning kecokelatan, hingga ungu. Uwi yang biasa disebut uwi kelapa, sego, atau uwi putih memiliki umbi tunggal, berbentuk tidak beraturan dengan ukuran yang cenderung besar, daging umbi warna putih kecokelatan dengan warna kulit kuning kecokelatan hingga ungu kehitaman. Sedangkan jenis uwi yang serupa uwi kelapa tetapi dengan kulit dan daging umbi warna ungu dikenal dengan nama daerah uwi senggani. Uwi jenis ini termasuk dalam spesies *Dioscorea alata* (French, 2006).



Gambar 1. Variasi bentuk dan ukuran umbi uwi koleksi

Tabel 1. Nama daerah dan asal koleksi uwi

No	Kode	Nama daerah	Asal koleksi	No	Kode	Nama daerah	Asal koleksi
1	ABU1	Uwi ungu	Bengkulu tengah, Bengkulu	33	E30	uwi	Banyumas, Jateng
2	C10	uwi kuning	Kediri, Jatim	34	E34	uwi	Banyumas, Jateng
3	C13	uwi ulo	Bojonegoro, Jatim	35	E36	Gembili	Banyumas, Jateng
4	C14	uwi lus	Bojonegoro, Jatim	36	E38	Gembili	Banyumas, Jateng
5	C15	Gembolo	Bojonegoro, Jatim	37	E39	Gembili	Banyumas, Jateng
6	C16	uwi bangkulit	Bojonegoro, Jatim	38	E4	uwi	Banyumas, Jateng
7	C17	tapak	Jombang, Jatim	39	E44	uwi	Banyumas, Jateng
8	C19	uwi senggani	Pemalang, Jateng	40	E45	uwi	Banyumas, Jateng
9	C2	Gembili brul	Bojonegoro, Jatim	41	E46	uwi	Banyumas, Jateng
10	C22	uwi sembung	Pemalang, Jateng	42	E49	uwi	Banyumas, Jateng
11	C23	uwi tapak	Pemalang, Jateng	43	E50	uwi	Banyumas, Jateng
12	C24	uwi welut	Pemalang, Jateng	44	E51	uwi	Banyumas, Jateng
13	C25	senggani gede	Pemalang, Jateng	45	E53	uwi	Banyumas, Jateng
14	C3	uwi kelapa	Bojonegoro, Jatim	46	E54	uwi	Banyumas, Jateng
15	C4	uwi tapak	Bojonegoro, Jatim	47	E56	uwi	Banyumas, Jateng
16	C5	uwi lojo	Bojonegoro, Jatim	48	E57	uwi	Banyumas, Jateng
17	C6	uwi kuning	Bojonegoro, Jatim	49	E62	Uwi tb rekso	Kota Bengkulu, Bengkulu
18	C7	gadung	Kediri, Jatim	50	E63	Uwi merah	Kota Bengkulu, Bengkulu
19	E1	uwi	Banyumas, Jateng	51	E64	Uwi katak	Bengkulu Tengah, Bengkulu
20	E13	uwi	Banyumas, Jateng	52	E66	uwi putih	Bengkulu Tengah, Bengkulu
21	E15	uwi	Banyumas, Jateng	53	E67	uwi putih	Bengkulu Tengah, Bengkulu
22	E16	uwi	Banyumas, Jateng	54	E68	uwi	Banyumas, Jateng
23	E17	uwi	Banyumas, Jateng	55	E7	uwi	Banyumas, Jateng
24	E18	uwi	Banyumas, Jateng	56	E70	uwi	Banyumas, Jateng
25	E19	uwi	Banyumas, Jateng	57	E8	uwi	Banyumas, Jateng
26	E2	uwi	Banyumas, Jateng	58	JB1	Kubek Gantung Kerinci, Jambi	
27	E20	uwi	Banyumas, Jateng	59	JB2	Kubek Gantung Kerinci, Jambi	
28	E22	uwi	Banyumas, Jateng	60	JB3	Kubek Unggu Kerinci, Jambi	
29	E23	uwi	Banyumas, Jateng	61	Mal22	Uwi sego	Karanganyar Jateng
30	E26	Gadung	Cilacap, Jateng	62	Xa	Uwi cacing	Karanganyar Jateng
31	E27	Gadung	Banyumas, Jateng	63	YN	Uwi sego	Kota Bengkulu
32	E29	uwi	Banyumas, Jateng				

Muncul tunas tanaman sangat bervariasi antar aksesori yang dikoleksi, berkisar dari 1 minggu hingga lebih dari 2 bulan. Variasi yang sangat tinggi ini terutama disebabkan oleh kondisi umbi hasil koleksi. Variasi tersebut meliputi umur umbi saat dipanen, lama uwi disimpan, dan bagian uwi yang dikoleksi. Variasi tersebut menyebabkan tingkat dormansi uwi yang berbeda-beda sehingga saat tunas muncul juga menjadi tidak sama (Ile *et al.*, 2006). Umbi yang dipanen akan tetap dorman tanpa bisa tumbuh selama 30-150 hari bergantung pada umur panen, spesies, dan kondisi lingkungan tumbuh dan penyimpanan (Orkwor dan Ekanayake, 1998).

Terdapat keragaman yang sangat besar dalam pertumbuhan dan perkembangan morfologis

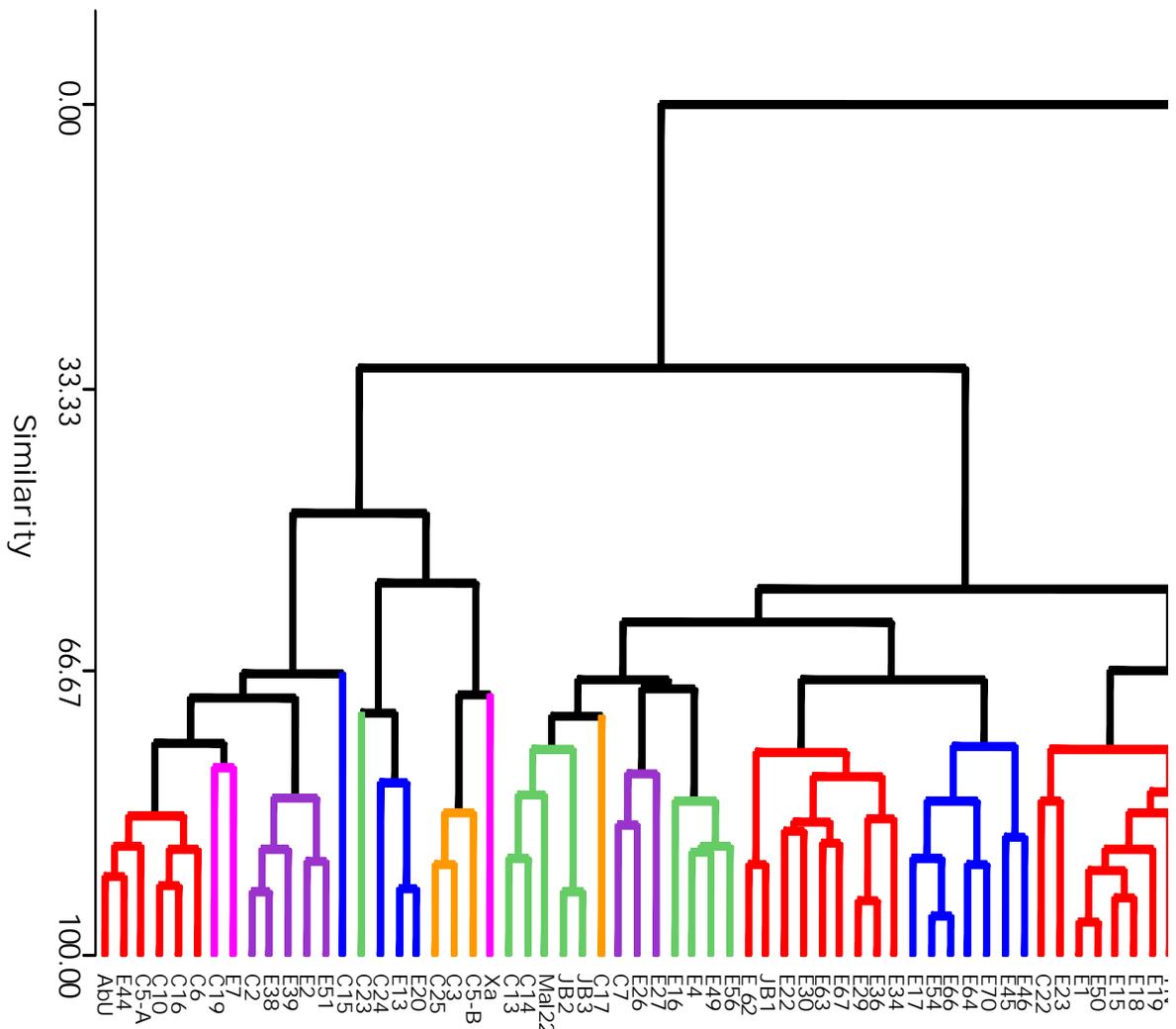
tanaman sebagai pengaruh dari lingkungan tempat dibudidayakan maupun pengaruh genetik yang muncul dari setiap spesies *dioscorea*. Analisis kluster dengan tingkat *similarity* 75% berdasarkan sekitar 40 karakteristik morfologi dan fisiologi mengelompokkan aksesori koleksi ke dalam 16 kelompok (Gambar 2). Tingkat *similarity* dalam analisis kekerabatan genetik mengikuti metode yang digunakan (Zannou, 2006). Antar aksesori dalam satu kelompok terdapat kesamaan karakteristik morfologi maupun fisiologi yang mengindikasikan terdapat hubungan kekerabatan secara genetik antar aksesori tersebut sekalipun dikumpulkan dari daerah yang berbeda. Kemiripan karakteristik pada setiap kelompok dapat dilihat pada Tabel 3. Dari 16 pengelompokan terdapat

4 kelompok yang memiliki anggota cukup besar, yaitu kelompok 1, 12, 13 dan 14 dengan jumlah aksesori berturut-turut adalah 8, 9, 7 dan 9. Ada 5 kelompok yang hanya beranggotakan 1 aksesori, yaitu kelompok 3, 4, 7, 9 dan 16. Sedangkan selebihnya memiliki jumlah aksesori berkisar antara 3 hingga 5 aksesori.

Di antara karakteristik daun, batang, dan umbi yang diamati membentuk penciri bagi petani untuk membedakan jenis-jenis uwi yang ditanam maupun bagi konsumen untuk memilih uwi yang disukai. Sistem klasifikasi yang lebih rinci membantu pemulia tanaman dan agronomis

menentukan aksesori yang terbaik untuk lingkungan tertentu (Ehlers dan Hall, 1996).

Pengelompokkan yang dihasilkan dari analisis cluster cenderung lebih rinci yang mampu mengelompokkan aksesori di dalam spesies-spesies uwi. Sekalipun dalam intensitas yang kecil, seleksi berulang yang dilakukan petani dengan memilih umbi dan tanaman yang baik untuk periode musim tanam berikutnya yang telah berjalan bertahun-tahun akan menyebabkan variabilitas genetik antar lokasi. Keragaman tersebut dapat terdeteksi menggunakan pengamatan molekuler (Zannou, 2006).



Gambar 2. Keekerabatan genetik aksesori uwi hasil koleksi dari beberapa daerah di Jawa Tengah, Jawa Timur, Jambi dan Bengkulu

Tabel 2. Hasil analisis kluster berdasarkan karakteristik morfologi dan fisiologi tanaman

Kelompok	Aksesori
1	AbU, E44, C5A, C10, C16, C6, C19, E7,
2	C2, E38, E39, E2, E51
3	C15
4	C23
5	C24, E13, E20
6	C25, C3, C5B
7	Xa
8	C13, C14, Mal22, JB2, JB3
9	C17
10	C7, E26, E27
11	E16, E4, E49, E56
12	E62, JB1, E22 E30, E63, E67, E29, E36, E34
13	E17, E54, E66, E64, E70, E45, E46,
14	C22, E23, E1, E50, E15, E18, E19, YN, E58
15	E53, E57, E68
16	C4

Perbanyakannya secara vegetatif yang biasa diterapkan dalam budidaya uwi menyebabkan perkembangan variasi genetik cenderung terjadi karena faktor adaptasi terhadap lingkungan tempat tanaman tersebut dibudidayakan secara terus menerus. Peluang terjadinya mutasi alami dan seleksi yang dilakukan petani sangat mungkin, tetapi tampaknya tidak terlalu signifikan. Hal ini ditunjukkan dari hasil analisis kluster, bahwa uwi yang termasuk dalam spesies *alata*, *esculenta*, *penaphylla*, ataupun *hispida* berada dalam kluster yang terpisah dan aksesori uwi pada setiap spesies tersebut mengelompok sekalipun dikumpulkan dari lokasi yang berbeda. Fakta tersebut juga mengindikasikan bahwa uwi yang dikoleksi berasal dari sumber penyebaran yang sama. Pembiakan secara vegetatif telah mempertahankan sifat genetik masing-masing spesies sehingga variasi di dalam spesies tidak begitu besar.

Variasi morfologi yang terlihat kemungkinan juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah tempat aksesori uwi tersebut ditanam. Penelitian tentang penggunaan pupuk dalam budidaya uwi menghasilkan tingkat pertumbuhan dan daya hasil yang signifikan (Ajayi *et al.*, 2006.). Akibatnya, penampilan morfologis ukuran daun, batang dan ukuran umbi berbeda pada tingkat pemupukan yang berbeda.

Domestikasi uwi dari bentuk liar menjadi

varietas yang biasa ditanam hingga saat ini sebagian besar merupakan proses seleksi yang dilakukan petani (Zannou, 2006). Campur tangan peneliti/pemulia tanaman di Indonesia akan munculnya varietas baru yang biasa ditanam dan berpotensi sebagai pangan alternatif masih terbatas. Banyak sekali aspek yang belum tergalikan dari potensi tanaman ini sebagai bahan pangan pokok maupun sebagai pangan untuk kesehatan.

Di samping karakter morfologis sebagaimana yang telah dieksplorasi dalam penelitian ini, beberapa karakter fisiologis yang meliputi kandungan racun dan antioksidan juga merupakan karakter yang sangat penting untuk diteliti. Kandungan racun dioscorin sangat menentukan palatabilitas umbi uwi. Dioscorin adalah protein yang paling dominan dari umbi uwi dan kandungannya sangat bervariasi antar spesies (Hou *et al.*, 1999). Beberapa jenis uwi juga memiliki potensi sebagai sumber antioksidan (Lin *et al.*, 2005; Nagai *et al.*, 2007). Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan antar spesies dan kultivar dalam aktivitas antioksidan melawan radikal bebas, radikal hidroksil dan radikal superoksida. Oleh karena itu polisakarida dalam umbi uwi adalah antiradikal bebas dan antioksidan (Lin *et al.*, 2005). Selain itu, bioaktivitas senyawa dalam umbi uwi menunjukkan aktivitas antikanker dan antihipertensi (Nagai *et al.*, 2007). Oleh karena itu pada masa yang akan datang dapat dikembangkan sebagai bahan pangan kesehatan.

Memahami lebih lanjut akan variasi genetik dalam plasma nutfah sangat membantu dalam pengembangan teknis budidaya tanaman uwi. Penelitian keragaman genetik berbagai karakter sangat diperlukan untuk mengembangkan teknologi budidaya yang mudah diterapkan petani dalam rangka meningkatkan peran tanaman ini untuk pangan alternatif sumber karbohidrat (Zannou, 2006).

KESIMPULAN

Uwi semakin ditinggalkan oleh petani sebagai pangan sumber karbohidrat. Diperoleh 63 aksesori dari beberapa daerah di Provinsi Bengkulu, Jambi, Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan beragam karakteristik daun, batang dan

umbi. Aksesori uwi yang dikoleksi dapat dikelompokkan ke dalam 16 kelompok dengan tingkat kemiripan dalam kelompok sebesar 75%.

SANWACANA

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu tahapan koleksi uwi. Terima kasih juga disampaikan kepada Mbah Gun yang telah membantu pelaksanaan penelitian di lapangan. Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Bersaing-DP2M Dikti TA. 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajayi, S.S., E.A. Akinrinde, and R. Asiedu. 2006. Fertilizer treatment effect on yam (*Dioscorea* species) tuber yield in two soil types of Nigeria. *J. Agron.* 5(3):492-496
- BPS. 2004 Statistik Indonesia 2003. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- Ehlers, J.D. and A.E. Hall. 1996. Genotypic classification of cowpea based on responses to heat and photoperiod. *Crop Sci.* 36: 673-679.
- Fahmi, A. dan S.S. Antarlina. 2007. Ubi alabio sumber pangan baru dari lahan rawa. Sinar Tani, 24 Januari 2007.
- French, B.R. 2006. Food plants of Papua New Guinea. A compendium. Revised edition. Privately published as an electronic book in pdf format. 38 West St., Burnie. Tasmania 7320, Australia.
- Hou, W.C., H.J. Chen, and Y.H. Lin. 1999. Dioscorin, the major tuber storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne), with dehydroascorbate reductase and monodehydroascorbate reductase activities. *Plant Sci.* 149: 151-156.
- Ile, E. I., P. Q. Craufurd, N. H. Battey and R. Asiedu. 2006. Phases of Dormancy in Yam Tubers (*Dioscorea rotundata*). *Ann. Bot.* 97(4): 497-504
- Lin, S.Y., H.Y. Liu, Y.L. Lu, and W.C. Hou. 2005. Antioxidant activities of mucilages from different Taiwanese yam cultivars *Bot. Bull. Acad. Sin.* 46:183-188
- Nagai, T., N. Suzuki, Y. Tanoue, N. Kai and T. Nagashima. 2007. Antioxidant and antihypertensive activities of autolysate and enzymatic hydrolysates from yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) *ichyoimo* tubers. *J. Food, Agric. Envir.* 5(3 and 4): 64 - 68 .
- Orkwor, G.C. and I.J. Ekanayake. 1998. Growth and development. *In: Orkwor GC, Asiedu R, Ekanayake IJ, Eds. Food yams: advances in research. Nigeria: NRCRI and IITA Ibadan, 39-62.*
- Zannou, A., 2006. Socio-economic, agronomic and molecular analysis of yam and cowpea diversity in the Guinea-Sudan transition zone of Benin. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. With summaries in English, French and Dutch