

# HIBRIDISASI UBI KAYU

**Kartika Noerwijati, Sholihin, dan Titik Sundari**

*Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang*

## ABSTRAK

Hibridisasi adalah perkawinan antarspesies, suku, ras atau varietas tanaman yang bertujuan untuk memperoleh organisme yang diinginkan. Hibridisasi buatan bertujuan untuk menambah keragaman genetik baru dalam jumlah banyak dan menghasilkan kombinasi genetik dari tetua-tetua yang digunakan dalam persilangan. Ubikayu mempunyai sistem penyerbukan silang yang disebabkan oleh perbedaan masak antarbunga betina dan jantan. Penyerbukan dapat terjadi jika bunga jantan dan betina pada cabang berbeda dalam satu tanaman membuka pada waktu yang sama. Sistem penyerbukan silang menyebabkan tanaman ubikayu mempunyai heterosigositas tinggi. Persilangan terkendali pada tanaman ubikayu relatif mudah dilakukan, karena bunga jantan terpisah dari bunga betina. Hasil hibridisasi intraspesifik ubikayu yang telah dilakukan dalam periode 1995-2003 di Balitkabi Malang sangat beragam. Jumlah kombinasi persilangan berkisar antara 11-59 kombinasi. Jumlah bunga disilangkan berkisar antara 669-3069. Tingkat keberhasilan bunga disilangkan menjadi buah berkisar antara 28,8-63,4%. Kisaran jumlah buah dipanen adalah 56-2145, sedangkan jumlah biji yang berhasil dipanen berkisar antara 108-5882. Jumlah biji per buah berkisar antara 1,36-2,74. Keberhasilan hibridisasi intraspesifik terkendali bergantung pada faktor tanaman, lingkungan, dan manusia. Dari faktor tanaman, yang menentukan adalah varietas, kemampuan bunga betina membentuk biji, kondisi serbuk sari, dan habitus tanaman. Faktor lingkungan yang berpengaruh adalah kesuburan tanah, ketersediaan air pada saat pembungaan, pemasakan buah, panjang hari, suhu, cuaca, dan ketinggian tempat. Sedangkan faktor manusia adalah tingkat ketelitian dan keterampilan dalam melakukan hibridisasi.

Kata kunci: hibridisasi, keragaman genetik, ubikayu

## ABSTRACT

**Cassava Hybridization.** Hybridization is the mating between species, genus, races or varieties of plants which aims to obtain the desired organisms. Plant and animal breeders have conducted hybridization for a long time to transfer useful characters including both intra and interspecific hybridization. The aim of artificial hybridization is to make and add new genetic diversity in large quantities. Hybridization will produce genetic recombination of parents used in crossing. Cassava has a cross pollination system because of different maturity time of male and female flowers. However, self pollination occurs when male and female flowers on different branches of the same plant, mature and open the same time. Cross pollination causes high heterozygosity in cassava plant. The separation of male and female flowers makes controlling pollination in cassava relatively easy. The result of intraspecific hybridization conducted at result ILETRI during 1995 to 2003 varied. The number of cross combination were in between 11 to 59 combinations. The number of flowers crossing were from 669 to 3069 flowers. The percentage of flowers that succeed to form fruit were 28,83-63,44%. The fruit harvested were 56-2145, whereas the number of seeds harvested were in between 108 to 5882 seeds. The average of seeds per fruit was in between 1.36 to 2.74. The success of controlled hybridization dependen upon plant, environment and human. Variety, ability of female flowers to form seeds, pollen condition, and plant habit were the plant factor

that influence the intraspecific hybridization. The rule of the environment factor that influenced the success were soil fertility, water availability at flowering and maturing of fruits, day length, temperature, weather, and altitude.

Keywords: hybridization, genetic variability, cassava.

## PENDAHULUAN

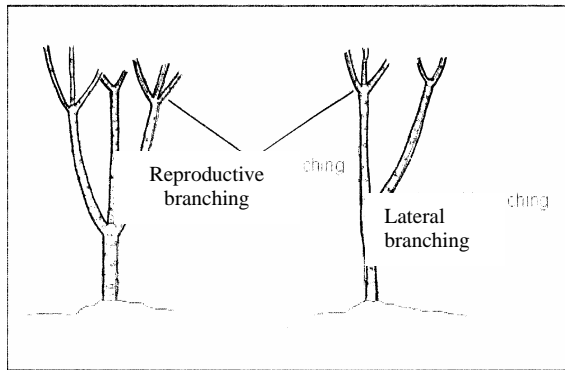
Pemulia tanaman dan hewan telah melakukan hibridisasi untuk mentransfer karakter yang berguna antarspesies (Anonim 2006). Rekombinasi genetik merupakan proses transmisi genetik dimana kombinasi alel teramati pada lokus-lokus berbeda pada dua individu tetua dan menjadi acak pada individu keturunannya. Pengacakan alel pada lokus merupakan hasil dari proses rekombinasi secara intra-kromosomal (*crossing over*) dan inter-kromosomal (*dependent assortment*) (Grant *et al.* 2005). Hibridisasi dapat menghasilkan spesies baru dengan tingkat ploidi sama atau berbeda, mentransfer karakter adaptif antarspesies, dan secara umum melepas kendala genetik pada evolusi fenotipik (Whitney *et al.* 2010).

Keragaman genetik baru dalam jumlah banyak, dapat dibuat melalui hibridisasi, baik intra maupun interspesifik. Hibridisasi intra dan interspesifik pada ubikayu dapat dilakukan secara terbuka (*open pollination*) maupun terkendali (*cross pollination*). Hibridisasi pada tanaman ubi kayu relatif mudah dilakukan dan hibridisasi terbuka banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan jumlah biji F1 yang dihasilkan.

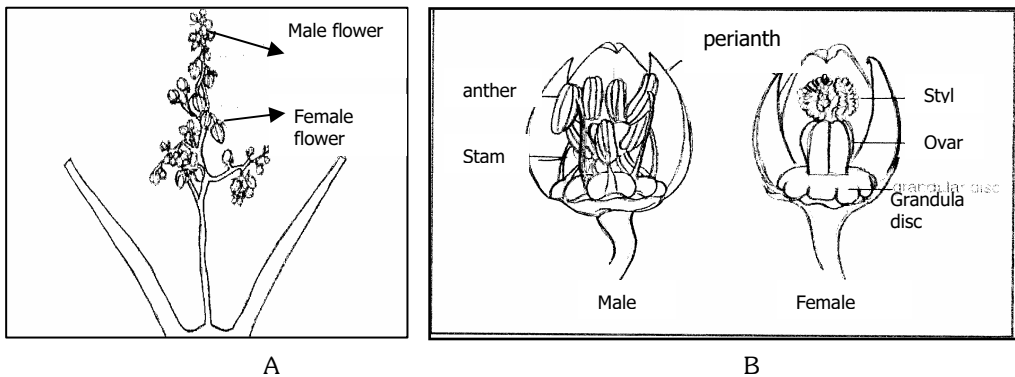
## PEMBUNGAAN

Ubikayu merupakan tanaman berumah satu (*monoecious*), bunga jantan dan betina terdapat pada tanaman yang sama. Pembungaan yaitu waktu berbunga dan jumlah bunga yang dihasilkan, bergantung pada varietas. Bunga penting artinya dalam pemuliaan tanaman dan ditentukan oleh lama penyinaran dan suhu (Ekanayake *et al.* 1997, Nassar 2006, CIAT 1983). Pembungaan ubikayu dikontrol oleh interaksi kompleks antara faktor genetik dan lingkungan. Di beberapa daerah, ubikayu dapat berbunga sepanjang waktu, sedangkan di daerah lain tidak berbunga sepanjang tahun. Normalnya, satu buah ubikayu menghasilkan biji rata-rata 1–1,5 (FAO 2006).

Rangkaian bunga ubikayu terbentuk pada cabang reproduktif (Gambar 1), bunga jantan di ujung dan bunga betina di dasar rangkaian bunga (Gambar 2A). Bunga jantan dan betina mempunyai mahkota bunga (perianths) berwarna kekuningan atau kemerahan. Perianths terdiri atas lima petal. Bunga jantan mempunyai 10 stamen yang tersusun menjadi dua lingkaran, masing-masing terdiri dari lima stamen (Gambar 2B). Polen ubikayu mempunyai ukuran besar dan kecil pada beberapa varietas, fertilitas beragam dari mendekati steril hingga 95%. Viabilitas (daya hidup) polen berkurang sekitar 50% satu hari setelah membuka dan akan hilang dua hari setelah membuka. Bunga betina mempunyai ovarium dengan panjang sekitar 1 cm dan mempunyai tiga lokulus (masing-masing satu ovule) dan enam ridges (Ekanayake *et al.* 1997, Nassar 2006).



Gambar 1 Pola percabangan tanaman ubikayu.  
 Sumber: Ekanayake et al. (1997).



Gambar 2. Rangkaian bunga (A) serta bunga jantan dan betina ubikayu yang telah masak.  
 Sumber: Ekanayake et al. (1997).

Bunga betina membuka satu sampai dua minggu sebelum bunga jantan, sehingga disebut protogyneous. Biasanya bunga betina membuka pada pukul 11.00–12.00 WIB. Reseptivitas stigma terjadi 6 jam sebelum bunga membuka (Ekanayake et al. 1997, Nassar 2006). Bunga betina mempunyai ukuran lebih besar daripada bunga jantan (Onwueme 1978).

Tanaman ubikayu dapat berbunga dengan baik pada suhu sedang, sekitar 24 °C (Goldsworthy dan Fisher 1992). Menurut Keating (1981), pembungaan ubikayu yang paling baik terjadi pada suhu siang 28 °C dan malam 16 °C. Di daerah tropis belahan utara seperti Brasil, ubikayu berbunga pada bulan Juli–Januari dan mencapai puncaknya pada bulan Oktober–Desember. Di belahan selatan seperti Indonesia, pembungaan terjadi pada bulan Januari–Juli dan mencapai puncak pada bulan April–Juni (Hahn et al. 1979). Tanaman ubikayu tidak dapat berbunga pada dataran rendah. Pada ketinggian tempat 300 m dpl, tanaman ubikayu dapat menghasilkan umbi dengan baik karena

kondusif bagi pertumbuhan, tetapi tidak dapat menghasilkan bunga. Pada ketinggian 800 m dpl, tanaman ubikayu dapat berbunga dan berbiji (Hendroatmodjo 1991).

## **BUAH DAN BIJI**

Setelah penyerbukan dan pembuahan, ovarium berkembang menjadi buah. Buah masak dalam 70–90 hari. Buah yang masak berbentuk kapsul berdiameter 1–1,5 cm, dengan enam ridge/wing yang secara alami akan pecah ketika biji mengering. Bagian endokarp berisi tiga lokulus, masing–masing berisi satu biji.

Biji yang baru dipanen mempunyai daya kecambah yang rendah, karena biji mengalami dormansi selama 3–6 bulan. Biji ubikayu dapat berkecambah dengan baik apabila ditangani dengan benar (Jennings dan Hershey 1985). Biji ubikayu dapat berkecambah jika mendapat perlakuan suhu lebih dari 30 °C selama setengah hari dan rata-rata suhu harian di atas 24 °C. Perkecambahan biji terbaik terjadi pada kisaran suhu 30–35 °C (Ellis *et al.* 1982). Perlakuan panas selama 14 hari pada suhu 60°C dapat meningkatkan perkecambahan biji segera setelah biji dipanen (CIAT 1980). Suhu tanah 30–35 °C dapat meningkatkan perkecambahan biji (Hahn *et al.* 1973). Biji ubikayu dapat kehilangan viabilitasnya (mendekati nol) pada tahun ketiga penyimpanan (Kawano 1978). Namun, biji ubikayu yang disimpan di IITA pada suhu 5 °C dan kelembaban 60% selama 7 tahun tidak nyata kehilangan viabilitasnya (IITA 1978).

## **HIBRIDISASI**

Ubikayu mempunyai sistem penyerbukan silang (cross pollination) karena perbedaan masak antarbunga betina dan jantan. Sistem penyerbukan silang menyebabkan tanaman ubikayu mempunyai heterosigositas tinggi. Kadang-kadang pada kondisi tertentu, bunga betina dan jantan pada tanaman berbeda namun dari varietas yang sama masak secara bersamaan dan terjadi penyerbukan sendiri. Biji hasil penyerbukan sendiri merupakan inbred dan menghasilkan tanaman dengan tingkat heterosigositas yang lebih rendah (Nassar 2006).

Penyerbukan ubikayu secara alami dibantu oleh serangga (entomophilus), biasanya dari golongan Hymenoptera dan Coleoptera, namun paling banyak adalah lebah. Apabila penyerbukan berlangsung sempurna maka satu buah ubikayu akan berisi tiga biji (Ekanayake *et al.* 1997, Nassar 2006).

Hibridisasi buatan/terkendali dapat dilakukan dengan mudah (Gambar 4), karena ubikayu mempunyai bunga betina dan jantan yang terpisah sehingga tidak perlu dilakukan emaskulasi (menghilangkan bunga jantan), seperti halnya pada tanaman menyerbuk sendiri. Hibridisasi buatan bertujuan untuk membentuk satu tanaman (varietas) baru atau memperbaiki varietas yang sudah ada, sehingga memiliki karakter yang sesuai dengan yang dikehendaki. Hibridisasi dilakukan dengan cara menggabungkan gen-gen penentu karakter yang diinginkan dalam satu tanaman baru atau ke varietas yang sudah ada.



Gambar 3. Hibridisasi buatan pada tanaman ubi kayu.  
Dokumentasi: Kartika Noerwijati

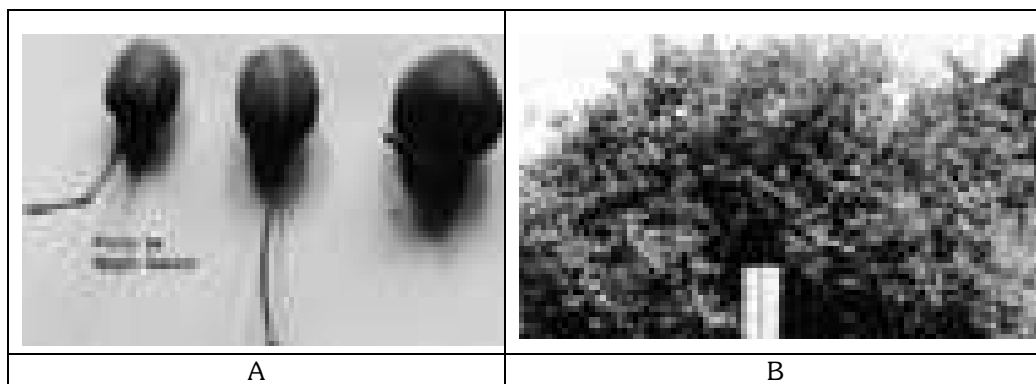
Hibridisasi pada Ubi kayu ada dua macam yaitu interspesifik dan intraspesifik.

### **Hibridisasi Interspesifik**

Hibridisasi alami dan terkendali antara ubikayu dengan kerabat liarnya dapat terjadi. Penghalang dalam genus *Manihot* menjadi lemah yang disebabkan oleh evolusi genus *Manihot* yang terjadi baru-baru ini. Penghalang interspesifik yang lemah akan diikuti oleh gene pool yang sangat heterosigous. Introgresi dari ubikayu ke spesies liar dapat dideteksi dengan gen penanda morfologi dan teknik molekuler (Chavarriga-Aguirre dan Halsey 2005).

Semua spesies *Manihot* termasuk ubikayu budidaya diketahui mempunyai jumlah kromosom  $n = 36$  dan menunjukkan pasangan bivalen pada saat meiosis (Jennings dan Iglesias 2002). Meskipun jumlah kromosomnya banyak, perilaku secara meiotik adalah diploid. Oleh karena itu, ubikayu sering disebut sebagai tanaman aloploid.

Hibridisasi interspesifik pada tanaman ubikayu mempunyai keberhasilan yang beragam. Sebagai contoh, Nassar (2003) melaporkan tidak ada buah yang terbentuk dan biji tidak ada yang viabel dari 145 bunga *M. pohl* yang disilangkan dengan polen ubikayu budi daya. Nassar (1989) melaporkan persilangan alami ubikayu dengan *M. neusana* dan *M. anomala* lebih berhasil dibandingkan dengan persilangan buatan, tetapi biji hibrid yang terbentuk tetap kurang dari 5% dengan susunan satu baris ubikayu budi daya (sebagai sumber polen) dan bersebelahan dengan baris spesies liar. Buah hibrid interspesifik ubikayu x *M. pohl* dan tanaman hibrid *M. neusana* x ubikayu disajikan pada Gambar 4, sedangkan bunga dan buah ubikayu budi daya dan ubikayu liar disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Buah hibrid interspesifik ubikayu x *M. pohlii* (A) dan tanaman hibrid *M. neusana* x ubikayu (B). Sumber: Nassar (1989; 2003).

Ubikayu liar, memiliki gen yang dapat digabungkan ke kultigen gen ubikayu budi daya dan akan memperkaya gene pool dengan karakter yang bermanfaat. Untuk memperluas genetic dapat dilakukan melalui persilangan interspesifik (Nassar 1980; 1989; 1995). Namun, hibridisasi interspesifik hanya akan berhasil untuk beberapa spesies, yang secara genetik dekat dengan kultigen (Nassar *et al.* 1996). Pada spesies tertentu dapat dilakukan hibridisasi, namun mempunyai tingkat sterilitas tinggi yang menghambat persilangan. Untuk mengatasi masalah ini, jumlah kromosom hibrid interspesifik dapat digandakan secara sistematis.

Pemulia ubikayu semakin tertarik pada gene pool kerabat liar karena menawarkan banyak peluang untuk memperbaiki tanaman dengan mentransfer gen asing. Aliran gen antara kerabat liar dan ubikayu merupakan faktor pembatas dalam mengubah sumber genetik tersedia yang belum dimanfaatkan dan dimanipulasi dalam program pemuliaan.

Aliran gen ubikayu ke kerabat liar mempunyai peran penting dalam evolusi populasi liar. Tetua polen pada persilangan awal dapat melibatkan klon budi daya. Sebaliknya, persilangan ini dapat melibatkan tanaman Manihot liar sebagai tetua polen dalam persilangan dengan ubikayu budidaya dan membentuk hibrid yang akan disilangbalik dengan tanaman liar. Setelah beberapa generasi, hibrid yang terbentuk adalah ubikayu budidaya yang mempunyai gen liar.

Seringkali hibridisasi interspesifik dapat bertahan dengan baik, dan dalam banyak kasus menunjukkan vigor dan fitness yang baik (Nassar 1989). Pembelahan meiotik berlangsung normal dalam beberapa kasus dan fertilitas polen baik (Nassar *et al.* 1986 dalam Nassar 2003). Fertilitas hibrid ini akan meningkatkan proses introgresi dan penggabungan alel dari satu spesies ke spesies yang lain. Spesies baru yang diperkaya dengan gen-gen baru, akan memperluas distribusi geografisnya (Nassar 2003).



A



B

Gambar 5 Bunga dan buah dari ubikayu liar *M. grahamii* (A) dan ubikayu budidaya *M. esculenta* (B).

Sumber: Anonim (2011), Dok pribadi

### Hibridisasi Intraspesifik

Keragaman karakter ubikayu mengindikasikan derajat hibridisasi intraspesifik yang tinggi, sehingga banyak kultivar dari spesies ubikayu yang dapat dibedakan dengan karakter morfologi, seperti tinggi tanaman, ukuran, bentuk dan warna daun, ukuran, bentuk dan warna umbi (CIAT 1983).

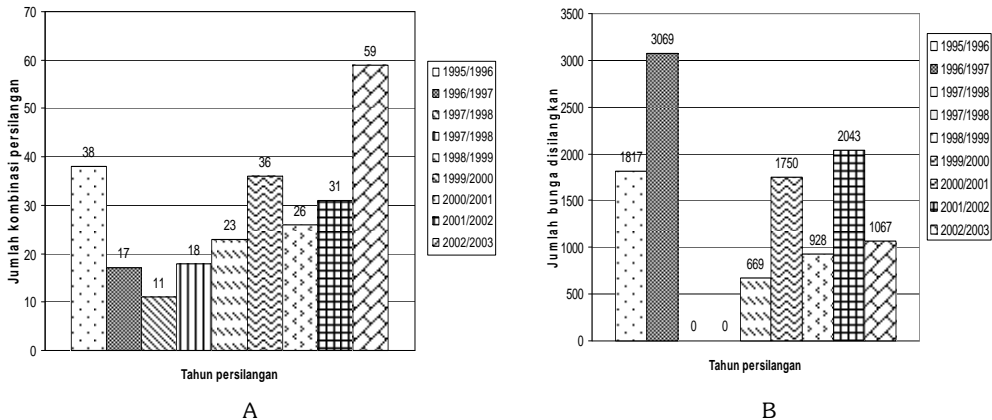
Penyerbukan sendiri maupun silang dapat terjadi pada tanaman ubi kayu. Meski tampaknya tidak ada penghalang genetik pada pembuahan antara klon ubikayu budi daya, dibutuhkan sinkronisasi pembungaan yang merupakan penghalang utama dalam pemuliaan ubikayu (Ceballos *et al.* 2004), dan diduga tidak ada penghalang pada aliran gen alami antara beragam klon ubikayu yang dibudidayakan.

Hibrid yang dihasilkan dapat diidentifikasi secara morfologi maupun studi molekuler. Identifikasi secara molekuler membutuhkan beberapa penanda independen dari hibrid

putatif dan tetua putatif, data sequencing dari beberapa isolat atau pustaka expressed sequence tag (EST) . Pendugaan secara morfologi menyediakan indikator yang dapat diandalkan. Kebanyakan hibrid putatif yang diidentifikasi secara morfologi akan menjadi subyek studi molekuler (Whitney *et al.* 2010)

### Hasil Hibridisasi Intraspesifik

Hasil hibridisasi tanaman ubi kayu selama periode 1995–2003 disajikan pada Gambar 6, 7 dan 8.

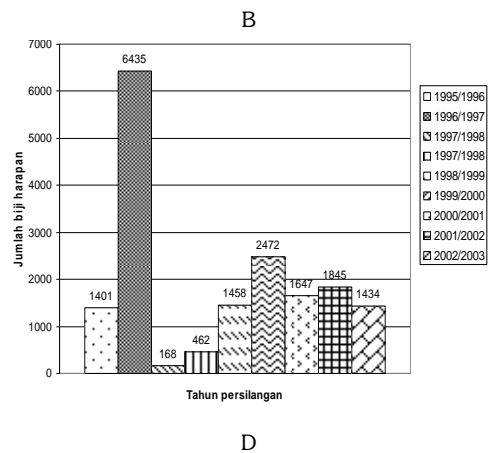
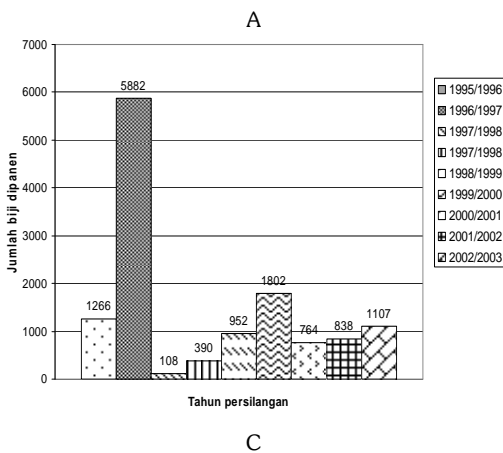
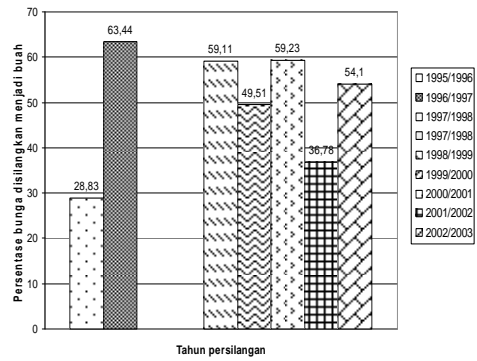
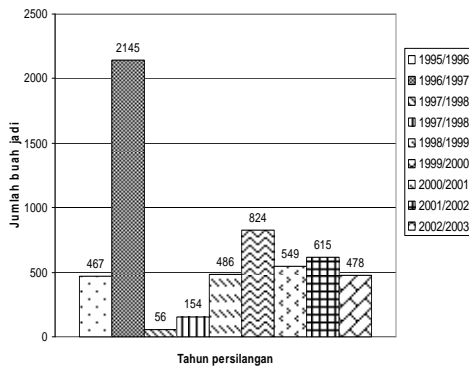


Gambar 6. Jumlah kombinasi persilangan (A) dan jumlah bunga yang disilangkan (B) pada tanaman ubikayu, 1995–2003.

Jumlah kombinasi persilangan tertinggi terdapat pada persilangan tahun 2002/2003, yaitu 59 kombinasi (Gambar 6A). Jumlah tersebut ditentukan oleh jumlah tetua yang digunakan dalam persilangan. Jumlah bunga terbanyak yang berhasil disilangkan dicapai pada tahun 1996/1997 yaitu mencapai 3069 bunga (Gambar 6B).

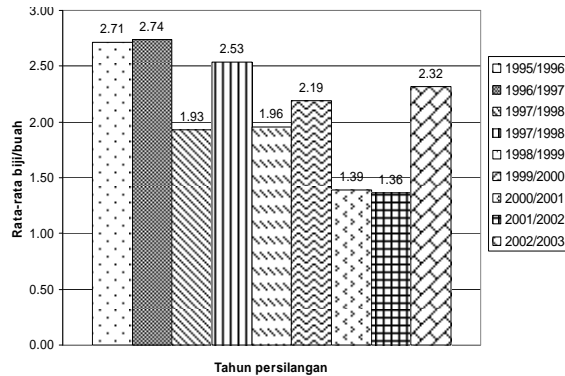
Jumlah bunga yang berhasil disilangkan menentukan tingkat keberhasilan bunga yang disilangkan menjadi buah, jumlah buah, dan jumlah biji yang dipanen. Persilangan pada tahun 1996/1997 mempunyai jumlah buah dipanen tertinggi yaitu 2145 (Gambar 7A), tingkat keberhasilan bunga yang disilangkan tertinggi 63,4% (Gambar 7B), dan jumlah biji dipanen tertinggi yaitu 5.882 biji (Gambar 7C).





Gambar 7. Jumlah buah jadi (A), tingkat keberhasilan bunga disilangkan menjadi buah (B), jumlah biji dipanen (C), dan jumlah biji harapan berdasarkan buah jadi (D) dari hasil persilangan tanaman ubikayu periode 1995–2003.

Berdasarkan jumlah biji harapan yang bisa terbentuk, persilangan pada tahun 2000/2001 dan 2001/2002 mempunyai tingkat keberhasilan pembentukan biji paling rendah, yaitu dari 549 buah jadi hanya menjadi 764 biji dari harapan yang bisa terbentuk, yaitu 1.647 biji pada tahun 2000/2001, dan dari 615 buah jadi hanya menjadi 838 biji dari harapan yang ada, yaitu 1.845 biji pada tahun 2001/2002 (Gambar 7D). Hal tersebut tercermin pada rata-rata jumlah biji per buah yang terbentuk, dimana pada tahun persilangan 2000/2001 mempunyai jumlah biji per buah rata-rata hanya 1,39 dan pada tahun 2001/2002 rata-rata 1,36 biji per buah (Gambar 8). Menurut FAO (2006), satu buah ubikayu dapat menghasilkan biji dengan rata-rata 1–1,5, meskipun potensi dari genotipe ubikayu yang baik dapat menghasilkan biji rata-rata 2 biji/bunga.



Gambar 8. Rata-rata jumlah biji per buah hasil persilangan tanaman ubi kayu periode 1995–2003.

## FAKTOR PENENTU KEBERHASILAN HIBRIDISASI

Keberhasilan hibridisasi buatan bergantung pada faktor tanaman, lingkungan, dan manusia. Dari faktor tanaman, kemampuan bunga betina membentuk biji berbeda-beda. Genotipe ubikayu yang baik dapat menghasilkan biji rata-rata 2 biji/bunga betina. Kondisi serbuk sari yang digunakan dalam hibridisasi juga sangat mempengaruhi. Serbuk sari yang digunakan berasal dari bunga yang baru membuka (Kawano 1980). Satu bunga jantan dapat menghasilkan sekitar 1.600 serbuk sari, namun hanya 50% yang hidup (Bueno 1985). Jennings dan Hershey (1985) menyebutkan bahwa genotipe tetua betina lebih menentukan keberhasilan hibridisasi dibandingkan tetua jantan. Pembungaan dipengaruhi oleh habitus tanaman (Chavariaga-Aquirre and Halsey 2005). Faktor lingkungan yang berpengaruh adalah kesuburan tanah dan ketersediaan air pada saat pembungaan dan pemasakan buah. Suhu dan cuaca berpengaruh terhadap proses pemekaran bunga. Cuaca mendung dapat menyebabkan bunga gagal membuka. Faktor manusia berkaitan dengan ketelitian dan keterampilan dalam melakukan hibridisasi (Sundari 2003).

## KESIMPULAN

1. Hibridisasi bermanfaat untuk memperluas keragaman genetik.
2. Hibridisasi ubikayu yang dilakukan dalam periode 1995–2003 berhasil dengan baik, tercermin dari hasil hibridisasi dengan tingkat keberhasilan bunga disilangkan menjadi buah di atas 50% dan pembentukan biji rata-rata > 1 biji per buah.
3. Untuk meningkatkan keragaman genetik, perlu dilakukan hibridisasi intraspesifik dengan jumlah kombinasi persilangan dan jumlah bunga yang disilangkan lebih banyak, dan melakukan hibridisasi interspesifik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Study provides new understanding of spontaneous hybridization. <http://www.biology-online.org/articles/study-provides-understanding-spontaneous-hybridization.html>. diakses tanggal 7 November 2011.

- Anonim. 2011. Graham's cassava. [www.hsu.edu/WorkArea/linkit.aspx?](http://www.hsu.edu/WorkArea/linkit.aspx?)  
Diakses tanggal 10 November 2011.
- Bueno A. 1985. Hybridization and breeding methodologies appropriate to cassava. Cassava breeding workshop. PRCRTC, Philippines. 13pp.
- Ceballos H, Iglesias CA, Perez JC, and Dixon AGO. 2004. Cassava breeding: opportunities and challenges. *Plant Molecular Biology* 56(4): 503–516.
- Chavarriaga-Aguirre P and Halsey M. 2005. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): reproductive biology and practices for confinement of experimental field trials. Program for Biosafety System. International Food Policy Research Institute. 25p.
- CIAT. 1980. Annual Report. CIAT, Cali.
- CIAT. 1983. Morphology of the cassava plant. Study Guide. CIAT, Cali, Colombia.
- Ekanayake IJ, Osiru DSO, and Porto MCM. 1997. Morphology of cassava. IITA Research Guide 61. [http://www.iita.org/info/trn\\_mat/irg61/irg61.html](http://www.iita.org/info/trn_mat/irg61/irg61.html), diakses tanggal 28 April 2006
- Ellis RH, Hong TD, and Robert EH. 1982. An investigation of the influence of constants and alternating temperature on the germination of cassava seed using a two-dimensional temperature gradient plate. *Annals of Botany* 49: 241-246.
- FAO. 2006. Genetic resources of cassava: potential of breeding for improving storage potential. <http://www.fao.org/docrep/V4510E/V4510E06.htm>. Akses tanggal 13 Juli 2006.
- Goldsworthy dan Fisher. 1992. Fisiologi tanaman budidaya tropik. Tohari (pent.). Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 699p.
- Grant PR, Grant BR, and Petren K. 2005. Hybridization in the recent past. *Science daily*, 165:7 July 2005. <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/05/060511082319.htm>. Akses tanggal 20 Juli 2006.
- Hahn SK, Howland AK, and Terry ER. 1973. Cassava breeding at IITA. In, Leakey, C.L.A. (ed.) *Proceeding of the 3rd Symposium of the international society for tropical root crops*. Ibadan, Nigeria, 2-9 Dec 1973. IITA, Ibadan, Nigeria. pp.4-10.
- Hahn SK, Terry ER, Leuschner K, Akobundu IO, Okali C and Lal R. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field crops research* 2, 193-226.
- IITA. 1978. Annual Reports of the International Institute of Tropical Agriculture. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Jennings DL and Hershey CH. 1985. Cassava breeding: a decade of progress from international programmes. p89–115. In Russell, G.E. (Ed.) *Progress in plant breeding—1*. London, Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington.
- Jennings DL and Iglesias CA. 2002. Breeding for crop improvement. In: hillocks, R.J., thresh, J.M. and Belloti, A.C. (Eds.), *Cassava: biology, production, and utilization*. CABI Publishing, pp 149-166.
- Hartojo K dan Sholihin. 1997. Hibridisasi dan Seleksi ubi kayu. P107-109. *Dalam* Manshuri A.G., dkk (Eds.) laporan tahunan Balitkabi tahun 1995/1996. Badan Litbang Pertanian, Puslitbangtan, Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan umbi-umbian Malang.
- Hartojo K, Sholihin dan Sundari T. 1999. Pewarisan karakter penentu rasa enak dan potensi hasil pada tanaman ubi kayu. P1-10. *Dalam* Hartojo, K. dkk (Eds.) *Pembentukan varietas unggul ubikayu*. Lapnis 1996/1997.
- Hartojo K, Sundari T, dan Sholihin. 1999. Pembentukan populasi F1 untuk mengembangkan varietas unggul yang toleran terhadap hama tungau. P1-7. *Dalam* Hartojo, K. dkk (Eds.) *Pembentukan klon unggul tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik*. Lapnis 1997/1998.

- Hartojo K, Sundari T dan Sholihin. 1999. Pembentukan populasi F1 untuk mengembangkan varietas unggul yang toleran terhadap penyakit bercak daun. P16-23. *Dalam* Hartojo, K. dkk (Eds.) Pembentukan klon unggul tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Lapnis 1997/1998.
- Hartojo K, Sundari T dan Sholihin. 1999. Pembentukan populasi F1 ubi kayu toleran terhadap hama tungau. P1-8. *Dalam* lapnis 1998/1999 Pembentukan varietas unggul ubi kayu.
- Hartojo K dan Sundari T. 2000. Pembentukan populasi F1 untuk perbaikan varietas ubi kayu tidak pahit toleran terhadap hama tungau. pE11E12. *Dalam* Hartojo, K., T. Sundari, S.W. Indiati, E. Ginting, dan W. Unjoyo (Eds.) Pembentukan varietas unggul ubi kayu tidak pahit toleran terhadap serangan tungau merah dan adaptif terhadap lahan marginal jenis lahan Alfisol dan Ultisol. Deptan, Badan Litbang Pertanian, Puslitbangtan, Balitkabi Malang.
- Kawano K. 1980. Cassava. In, Fehr, W.R. and Hadley, H.H. (Eds.), Hybridization of crop plants. ASA, Madison. WI, pp. 225-233.
- Keating BA. 1981. Environment effect on growth and development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with special reference to photoperiod and temperature. Ph.D Thesis, Univ. of Queensland.
- Nassar NMA. 1980. Attempts to hybridization wild *Manihot* species with cassava. *Econ. Bot.* 34: 13-15
- Nassar NMA. 1989. Broadening the genetic base of cassava, *Manihot esculenta* Crantz, by interspecific hybridisation. *Can. J. Plant Sci.* 69: 1071-1073.
- Nassar NMA. 1995. Developmant of cassava interspecific hybrids for savanna (cerrado) conditions. *J. Root Crops* 22 ; 9–17
- Nassar NMA. 1996. Overcoming barrier between cassava, *Manihot esculenta* Crantz and wild relative *M.pohlii* warwa. *Brazilian J. Genetics* 19: 617-620.
- Nassar NMA. 2003. Gene flow between cassava, *Manihot esculenta* Crantz, and wild relatives. *Genet.Mol.Res.* 2(4): 334 -347.
- Nassar NMA. 2006. Cassava: some ecological and physiological aspects related to plant breeding. Gene conserve–article. [http://www.geneconserve.pro.br/artigo\\_24.htm](http://www.geneconserve.pro.br/artigo_24.htm), diakses tanggal 28 April 2006.
- Nassar NMA. 2006. The syntesis of new cassava-derived spesies *Manihot vieiri* Nassar. *Genet.Mol.Res.*5(3):536-541.
- Onwueme IC. 1978. The tropical tuber crops: Yams, Cassava, Sweet Potato, Cocoyams. John Wiley and Sons. Chicester, New York, Brisbane, Toronto. 234p.
- Sundari T. 2003. Peluang persilangan buatan pada tanaman ubikayu. *Dalam* K. Hartojo, Heriyanto, Sudaryono, D.M. Arsyad, Suharsono, dan I.K. Tastra (Eds.) PEMBERDAYAAN ubikayu mendukung ketahanan pangan nasional dan pengembangan agribisnis kerakyatan. Balitkabi Malang.
- Whitney KD, Ahern JR, Campbell AG, Albert LP, and King MS. 2010. Pattern of hybridization in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution, and Systematics* 12 (2010): 175–182.