

Pemuliaan Tanaman

T. Sundari

INTERAKSI GENOTIPE DENGAN LINGKUNGAN

Salah satu tujuan pemuliaan tanaman adalah mendapatkan varietas unggul adaptif spesifik agroekologi. Potensi genetik varietas unggul dapat terekspresi bila penanamannya pada lingkungan optimal. Lingkungan tumbuh optimal, baik secara alamiah maupun rekayasa agronomis, tidak selalu dapat terwujud, sedangkan tanggap varietas terhadap kondisi lingkungan yang tidak optimal cukup variatif. Lingkungan tumbuh di sentra produksi ubikayu tidak optimal, sehingga rekayasa genetik dalam perakitan varietas unggul yang adaptif terhadap lingkungan tumbuh yang kurang optimal menjadi penting dalam upaya peningkatan produksi. Di lain pihak, perakitan varietas unggul untuk kondisi lingkungan tumbuh optimal juga penting dalam upaya mendorong usahatani dan komersialisasi secara berkelanjutan melalui pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT).

Aspek Lingkungan

Cekaman lingkungan, baik abiotik maupun biotik, merupakan faktor yang paling mempengaruhi kesenjangan hasil antara potensi genetik dengan hasil aktual (Blum 1982). Cekaman lingkungan abiotik di antaranya kekeringan, keracunan dan kahat hara, dan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Cekaman biotik adalah gangguan hama, penyakit, dan gulma. Lingkungan optimal didefinisikan sebagai lingkungan tumbuh tanpa cekaman biotik dan abiotik. Sebaliknya, lingkungan bermasalah didefinisikan sebagai lingkungan tumbuh dengan satu atau lebih hambatan, baik biotik, maupun abiotik yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman hingga tidak dapat berproduksi optimal.

Setiap organisme memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap lingkungan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Oleh karena itu, pemuliaan tanaman bertujuan untuk merakit varietas unggul yang adaptif terhadap lingkungan bermasalah dengan memanfaatkan mekanisme tanaman untuk mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tumbuh.

Respon Varietas terhadap Lingkungan

Ubikayu merupakan salah satu tanaman pangan yang dapat diperbanyak secara vegetatif (stek) dan generatif (biji). Perbanyakan vegetatif menghasilkan individu yang serupa dengan induknya, sehingga lebih mudah dan lebih ekonomis dibandingkan dengan perbanyakan secara generatif (Abelardo Castro 1980). Perbanyakan secara generatif, proses produksi biji membutuhkan waktu cukup lama, dan biji yang dihasilkan tiap tanaman mempunyai sifat yang heterosigositasnya tinggi, sehingga populasi tanaman heterogen dan berbeda dengan induknya. Namun perbanyakan dengan biji dari hasil persilangan buatan (*hand polination*) dan persilangan bebas (*open polination*) dalam kegiatan pemuliaan tanaman tetap diperlukan untuk mendapatkan populasi dasar (F1) sebagai bahan seleksi dalam upaya mendapatkan varietas unggul dengan karakter yang diinginkan. Perbanyakan varietas unggul tersebut harus secara vegetatif agar karakter yang diinginkan seperti (1) berpotensi hasil tinggi, (2) adaptif terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik, dan (3) konsistensi penampilannya pada berbagai lingkungan dapat dipertahankan.

MASALAH DAN MEKANISME

Masalah dan Potensi

Tujuan program pemuliaan tanaman antara lain adalah memecahkan masalah yang berkaitan dengan ekologi, kegunaan, ketahanan/toleransi, umur panen, pola tanam, dan referensi petani/konsumen, yang selanjutnya diarahkan untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas.

Ubikayu umumnya dibudidayakan pada lahan suboptimal, yang dicirikan oleh dominasi iklim yang kering, kadar hara makro dan organik rendah, pH rendah (masam) dan pH tinggi (alkalin) serta kadar AI tinggi. Oleh karena itu, pemuliaan ubikayu diarahkan kepada perbaikan genetik untuk meningkatkan potensi hasil, kadar pati, dan mengembangkan genotipe yang konsisten penampilannya di berbagai lingkungan, baik lingkungan normal maupun bermasalah seperti pada lahan suboptimal beriklim kering.

Sifat gen unggul yang akan dimasukkan ke dalam varietas unggul yang stabil dan adaptif terhadap lingkungan normal dan bermasalah melalui persilangan tersebut adalah:

1. Umur genjah, merupakan pendekatan untuk memanfaatkan ketersediaan air terbatas di lingkungan dengan periode basah (musim hujan) yang pendek, dan meningkatkan intensitas panen. Varietas tersebut dapat ditanam dua kali per tahun (MH dan MK) di daerah

beriklim basah karena dapat dipanen pada umur enam bulan dengan kadar pati yang sudah optimal.

2. Tahan terhadap gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama hama dan penyakit utama yang merupakan komponen penting dalam pengelolaan tanaman terpadu, sehingga berpotensi diadopsi petani karena tidak memerlukan tambahan biaya dan mudah dilakukan.
3. Efisien dan responsif terhadap pemupukan, sehingga dapat meningkatkan keuntungan karena hasilnya tinggi, sementara biaya produksinya relatif murah.
4. Toleran kekeringan atau efisien dalam memanfaatkan air, sehingga potensial dikembangkan di wilayah beriklim kering, atau tanam dapat dilakukan mulai awal sampai akhir musim hujan di wilayah beriklim basah agar panen dapat berlangsung sepanjang tahun.
5. Pertumbuhan cepat pada fase awal (umur 2-10 minggu) agar mampu berkompetisi dengan tanaman sela dalam pola tumpangsari.
6. Tidak bercabang reproduktif atau bercabang setelah tanaman berumur tujuh bulan untuk menekan biaya pemeliharaan dan panen serta potensial dikembangkan dalam pola tumpangsari.
7. Kadar bahan kering, pati, dan gula reduksi tinggi agar secara teknis layak digunakan sebagai bahan baku industri tepung, tapioka, etanol, aneka gula, dan industri yang lebih hilir.

Keberhasilan memasukkan gen-gen unggul tersebut dipengaruhi oleh jumlah varietas dari tetua yang tersedia di bank plasma. Oleh karena itu, plasma nutfah yang memiliki gen unggul perlu dimanfaatkan dalam perakitan varietas unggul.

Peranan Plasma Nutfah

Koleksi plasma nutfah ubikayu merupakan sumber genetik yang penting artinya dalam program pemuliaan. Koleksi plasma nutfah terdiri atas varietas liar, varietas unggul, varietas lokal, varietas introduksi, dan populasi/galur yang terawat dan teridentifikasi dengan baik. Di samping sebagai sumber gen unggul, koleksi plasma nutfah juga dapat berfungsi sebagai varietas cadangan yang memiliki arti strategis dan setiap saat dapat digunakan apabila terjadi kerapuhan ketahanan suatu genotipe terhadap gangguan lingkungan biotik maupun abiotik, pada saat varietas baru yang sesuai belum terbentuk. Pemeliharaan plasma nutfah meliputi inventarisasi dan dokumentasi, peremajaan, penyimpanan bibit jangka panjang dalam bentuk kultur jaringan di ruang dingin, dan pemantauan daya tumbuh bibit di ruang simpan. Bibit ubikayu dalam bentuk stek akan mati bila penyimpanannya di ruang dingin. Oleh karena itu, koleksi plasma nutfah ubikayu perlu

dilestarikan dengan cara menanamnya di lapangan. Dengan demikian koleksi plasma nutfah selalu tersedia untuk dimanfaatkan.

Dasar Genetik

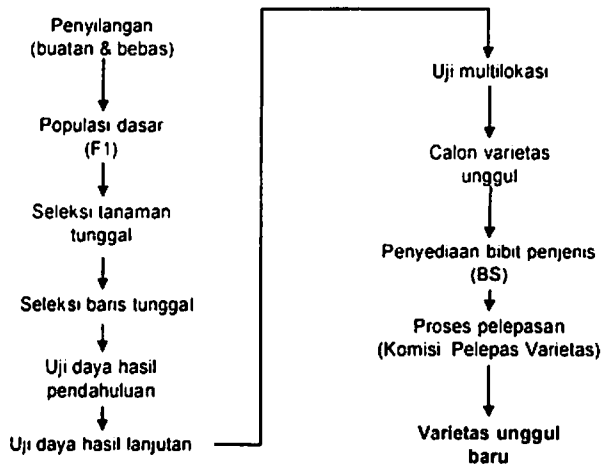
Spesies *Manihot* mempunyai jumlah kromosom $2n = 36$. Berdasarkan hasil studi miosis disimpulkan bahwa spesies ini merupakan Allopolyploid (Jennings 1963), termasuk segmental allopolyploid (Mangoon *et al.* 1969).

Heterosigositas tanaman ini sangat tinggi, sehingga dalam program hibridisasi mudah diperoleh biji-biji yang susunan genetiknya sangat beragam. Dari hibridisasi juga mudah memperoleh biji yang jumlahnya banyak dan genotipnya superior (Kawano *et al.* 1978).

Terdapat beberapa sifat tanaman ubikayu yang diketahui dikendalikan oleh gen sederhana dan dapat dibedakan sifat resesif dan dominannya (Hershey dan Ocampo 1989). Sifat-sifat tersebut di antaranya adalah warna daun normal (dominan), warna daun albino (resesif), batang lurus (dominan), batang zig-zag (resesif), warna daging ubi kuning (dominan) dan putih (resesif), bentuk tepi helaian daun berlekuk (dominan) dan lurus (resesif).

Prosedur Pembentukan Varietas Unggul

Prinsip perbaikan sifat-sifat varietas ubikayu secara sederhana adalah memunculkan keragaman genetik terhadap karakter-karakter yang akan diperbaiki dan mencari sumber gen yang diperlukan.



Gambar 1. Prosedur pemuliaan tanaman ubikayu.

Pembentukan Populasi Dasar (F1)

Dalam pembentukan populasi dasar perlu memperhatikan keragaman genetik yang luas untuk karakter-karakter yang diperbaiki. Keragaman populasi dasar dapat dihasilkan melalui pemanfaatan koleksi varietas liar, lokal, introduksi, dan hasil persilangan dengan keragaman genetik yang luas.

Pembentukan populasi F1 dilakukan melalui cara konvensional yang meliputi penyilangan buatan atau *hand polination* (tetua jantan dan betina dipilih) dan penyilangan terbuka atau *open polination* (tetua betina dipilih tetapi tetua jantannya bebas), dan nonkonvensional (poliploidi, mutasi, dan kultur jaringan).

Persilangan

Meskipun penyilangan buatan dan terbuka dianggap sebagai cara yang konvensional, tetapi sebagian besar varietas unggul ubikayu berasal dari hasil persilangan konvensional. Tujuan persilangan adalah untuk mendapatkan gabungan gen-gen terbaik dari tetuanya, sehingga diperoleh varietas unggul adaptif, baik spesifik agroekologi maupun agroekologi yang berbeda (nasional).

Pembentukan populasi F1 melalui penyilangan dapat dikelompokkan ke dalam dua tahap, yaitu: (1) perencanaan, dan (2) pelaksanaan penyilangan.

Perencanaan. Tahap perencanaan meliputi pemilihan tetua dan perumusan tujuan persilangan, yang jelas perlu ditunjang oleh (1) sumber gen yang memadai, (2) cara persilangan (terkendali dan bebas), dan (3) cara seleksi. Sumber genetik dapat dibedakan ke dalam dua kelompok, yaitu sumber genetik yang sudah diketahui ciri dan latar belakang genetiknya, dan sumber genetik yang belum diketahui ciri dan latar belakang genetiknya. Untuk sumber genetik yang sudah diketahui ciri dan latar belakang genetiknya dapat digunakan dalam persilangan terkendali (*hand polination*), sedangkan untuk yang belum diketahui ciri dan latar belakang genetiknya digunakan dalam persilangan terbuka (*open polination*).

Sebelum penyilangan terlebih dahulu dilakukan seleksi tetua sesuai dengan tujuan program pemuliaan. Apabila tetua sudah didapatkan, persilangan dapat difasilitasi dengan menentukan genotipe yang akan digunakan sebagai tetua betina atau jantan secara hati-hati.

Untuk menentukan dan memilih sumber genetik perlu dilakukan identifikasi dan evaluasi (Cock 1985, Hersey 1985) untuk selanjutnya

diberdayakan melalui persilangan (Kawano 1985 dan Bueno 1985), seleksi, uji daya hasil, dan uji daya adaptasi (Hersey 1988).

Pemilihan tetua berdasarkan ciri dan latar belakang genetik hasil identifikasi dan seleksi terhadap plasma nutfah ubikayu yang telah dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) adalah:

1. Sumber genetik tahan hama tungau merah (*Tetranychus bimaculatus*): MLG 10075, DHL 12 dan MLG 10077 (Wahyuni 1999).
2. Sumber genetik potensial untuk tanah masam: CMM 95014-13 (Sundari *et al.* 2000).
3. Sumber genetik potensial lahan suboptimal: MLG 10027, MLG 10032, MLG 10033, MLG 10067, MLG 10089, MLG 10095, MLG 10112, MLG 10197, MLG 10231, Faroka dan CMM 95014-13 (Sundari *et al.* 1999 dan 2000).
4. Sumber genetik potensi hasil tinggi: MLG 10033, MLG 10055, MLG 10032, MLG 10004, MLG 10212, MLG 10153 dan MLG 10012 (Sundari *et al.* 2000).
5. Sumber genetik rasa enak: Valenca, MLG 10128, MLG 10007, MLG 10021, MLG 10018 dan MLG 10020 (Ginting 1997).
6. Sumber genetik kadar pati dan gula reduksi tinggi, umur genjah adalah CMM 99008-3, CMM 99008-4, UJ-5, Adira-1, Adira-4, Malang 0331, dan lokal Bali.

Klon-klon tersebut digunakan sebagai sumber gen dalam persilangan yang bertujuan untuk merakit varietas unggul ubikayu dengan potensi hasil tinggi, rendemen tapioka dan ethanol tinggi, umur genjah, sedang atau dalam, dengan penampilan yang konsisten di berbagai lingkungan, baik lingkungan normal maupun bermasalah.

Pelaksanaan. Persilangan merupakan upaya penggabungan gen-gen penentu karakter-karakter yang diinginkan ke dalam genotipe atau varietas yang sudah ada untuk membentuk populasi dasar dengan variabilitas genetik tinggi, sebagai bahan seleksi untuk merakit varietas unggul baru.

Cara penyilangan. Tanaman ubikayu merupakan tanaman menyerbuk silang. Penyilangan dapat dilakukan dengan cara (a) buatan (*hand polination*) dan (b) terbuka (*open polination*).

Persilangan buatan. Persilangan buatan adalah yang proses penyerbukan tanaman berlangsung atas bantuan manusia. Persilangan buatan pada tanaman ubikayu dapat dengan mudah menghasilkan biji yang susunan genetiknya amat beragam, karena tanaman ini mempunyai heterosigositas yang tinggi. Populasi F1 hasil persilangan ubikayu memiliki tingkat keragaman yang tinggi karena berasal dari tetua heterosigot (Kawano *et al.* 1978).

Persilangan buatan pada tanaman ubikayu relatif mudah, karena bunga jantan dan betina terpisah secara jelas dalam satu malai dan membuka pada waktu tidak bersamaan (Bueno 1985, Wargiono 1979). Karakteristik bunga yang perlu dicermati (Wargiono 1979) dalam pelaksanaan persilangan adalah:

- Malai bunga tumbuh di setiap ketiak (pangkal) percabangan reproduktif yang tumbuh setiap 3-4 minggu,
- Bunga betina tumbuh lebih dulu dan masak (siap diserbuki) setelah berumur 3-4 minggu,
- Bunga betina mulai mekar sempurna sekitar pukul 08.00, akan layu bila selama 24 jam tidak terjadi penyerbukan dan gugur 10 hari kemudian,
- Penyerbukan yang menghasilkan buah akan masak fisiologis sekitar 135 hari kemudian,
- Bunga jantan dalam satu tangkai atau berbeda tangkai bunga dari setiap pohon, tumbuh dan masak 3-4 minggu lebih lambat dari bunga betina,
- Bunga jantan mulai membuka sekitar pukul 08.00 dan tepungsarinya dapat bertahan hingga 6-7 hari untuk penyerbukan secara normal,
- Bunga jantan atau bunga betina beberapa varietas ubikayu sering tidak normal.

Persiapan persilangan berdasarkan karakteristik bunga tersebut harus dimulai sekitar pukul 07.00 pagi hari pada saat bunga jantan dan bunga betina belum membuka sempurna.

Tahap-tahap pelaksanaan persilangan buatan pada tanaman ubikayu (Wargiono 1979) adalah sebagai berikut:

- Memilih bunga dari tetua betina yang diperkirakan akan membuka pada saat penyilangan. Bunga betina terpilih selanjutnya dibungkus dengan kantong kertas guna menghindari terjadinya persarian bebas (Hershey dan Amaya 1980 dalam Bueno 1985). Penutupan bunga betina sebaiknya dimulai pukul 15.00 sehari sebelumnya agar tersedia cukup waktu bila jumlah bunga betina yang ditutup cukup banyak. Pemilihan bunga jantan dan penyilangan dilaksanakan antara pukul 08.00–14.00, karena pada periode tersebut bunga betina membuka sempurna.
- Pengumpulan serbuk sari bunga jantan dilakukan pada pukul 09.00, karena pada saat itu bunga jantan membuka sempurna. Serbuk sari dari setiap tetua jantan dikumpulkan dalam wadah yang berbeda dan masing-masing wadah diberi label dengan identitas tetua jantan yang bersangkutan. Serbuk sari yang sudah terkumpul disimpan pada tempat yang aman dan masih efektif selama enam hari.

- Penyerbukan dilaksanakan pada saat bunga betina membuka sempurna. Pada saat bunga betina yang terpilih membuka sempurna, penyerbukan dilakukan dengan cara menempelkan serbuk sari bunga jantan yang telah dikumpulkan ke kepala putik secara perlahan-lahan.
- Bunga betina yang sudah diserbuki ditutup dengan kantong kertas dan diberi label yang mencatat tanggal penyilangan, tetua betina, tetua jantan, dan jumlah bunga betina yang diserbuki.
- Buah dari hasil persilangan yang sudah tua dan masak, tanaman berumur sekitar 135 sejak hari dilakukannya persilangan (Wargiono 1979, Byrne 1984,). Untuk menghindari hilangnya biji maka, buah dibungkus dengan kantong kertas tahan air. Biji hasil panen selanjutnya diproses, yang kemudian digunakan sebagai materi untuk ditanam dalam seleksi tanaman tunggal.

Keberhasilan persilangan buatan sangat beragam, berkisar antara 15-90% (Sholihin 1996). Tingkat keberhasilan persilangan buatan ditentukan oleh kondisi bunga jantan yang digunakan dalam persilangan. Bunga jantan yang digunakan sebaiknya yang baru membuka (Kawano 1980).

Penyilangan terbuka. Penyilangan terbuka (*open polination*) adalah persilangan yang penyerbukannya terjadi secara alami baik oleh agensia biotik maupun abiotik. Penyilangan terbuka dibedakan menjadi dua, yaitu: persilangan terbuka yang terjadi secara alami dan penyilangan terbuka yang dikendalikan.

Keturunan dari penyilangan terbuka yang terjadi secara alami dari dua kultivar sebagian besar merupakan hasil persilangan sendiri dan rata-rata hasilnya rendah (Kawano *et al.* 1978). Oleh karena itu, tetuanya harus banyak agar diperoleh keturunan yang hasilnya tinggi.

Penyilangan terbuka terkendali, dapat dilakukan di antara tetua terseleksi dan ditempatkan pada lokasi terisolir untuk meningkatkan laju persilangan secara alami dan mengurangi terjadinya penyilangan sendiri yaitu tetua betina dan jantan ditanam dalam barisan yang berselang-seling (Hahn *et al.* 1979, Wargiono 1979).

Individu tanaman yang diperoleh dari penyilangan buatan dapat diketahui kedua induknya, sedangkan individu dari penyilangan terbuka hanya diketahui tetua betinanya saja.

Poliploidi

Manipulasi ploidi memberikan peluang besar pada pemulia untuk memindahkan gen di antara ploidi dan dari spesies liar ke ubikayu. Poliploidi buatan telah digunakan sebagai tahapan dalam proses transfer karakter

penting seperti ketahanan terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik dari satu spesies ke spesies lain. Poliploidi juga memungkinkan bagi pemulia untuk memproduksi tipe baru dengan karakter baru.

Ubikayu mempunyai hampir semua ciri-ciri penting yang dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan pemuliaan melalui poliploidi, karena perbanyakannya secara vegetatif, sehingga fertilitas bukan merupakan faktor penentu (Sreekumari *et al.* 2000). Peluang penggunaan poliploidi dalam pemuliaan ubikayu cukup besar.

Poliploidi pada tanaman ubikayu dapat dicapai dengan menggunakan Colchicine yang diaplikasikan pada meristem apikal. Cara ini berhasil mengembangkan tanaman dari diploid ($2n=36$) menjadi tetraploid ($4n=72$). Keturunan tetraploid mengalami penurunan fertilitas dan set biji secara nyata dibandingkan keturunan diploid. Sterilitas pollen pada tetraploid mencapai 62-78% (Sreekumari *et al.* 2000). Namun, tanaman tetraploid mempunyai kelebihan yaitu lebih tahan terhadap CMD (*cassava mosaic disease*) dan kandungan proteinnya lebih tinggi dibandingkan tanaman diploid (Byrne, 1984). Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa upaya mendapatkan varietas berkadar protein tinggi dan tahan terhadap bakteri (CBB) dapat dilakukan melalui poliploidi.

Triploid ($3n=54$) dapat diproduksi melalui penyilangan antara betina tetraploid dengan jantan diploid (Bueno 1985). Tingkat keberhasilan triploid berkisar antara 6,4-57,1% (Sreekumari *et al.* 2000). Sterilitas pollen pada tanaman triploid mencapai 95,8%. Triploidi juga dapat dimanfaatkan dalam pemuliaan setelah teridentifikasi keunggulannya.

Mutasi

Mutasi dapat dilakukan terhadap stek, biji, dan pollen ubikayu untuk meningkatkan variabilitas genetik. Secara umum radiasi meningkatkan laju mutasi dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman mutan (Bueno 1985). Dengan demikian mutasi ke arah positif juga dapat dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas unggul.

Kultur Jaringan

Kultur embrio merupakan salah satu teknik untuk perbanyak spesies yang sulit berkecambah. Kultur embrio telah dicoba pada beberapa spesies *Manihot* dan berhasil. Pada kultur pollen dan kultur anther, yang diamati adalah kalus dan regenerasi akar. Variasi somaklonal dan fusi sel masih memerlukan sistem regenerasi protoplas dan seleksi fusi sel hybrid. Penggunaan kultur jaringan dalam pemuliaan tanaman untuk mendapatkan

varietas unggul belum diprioritaskan, karena pengombinasian gen-gen unggul masih dapat dilakukan secara konvensional.

SELEKSI

Seleksi merupakan pekerjaan yang relatif sulit. Keberhasilan dan kegagalan program pemuliaan tanaman bergantung pada kemampuan pemulia tanaman dalam memisahkan genotipe-genotipe unggul dalam kegiatan seleksi (Musa 1976). Daya hasil tinggi dan penampilan tanaman yang ideal termasuk salah satu kriteria utama dalam seleksi tanaman hasil persilangan. Karena kriteria tersebut lebih bersifat fenotipe, maka potensi terjadinya kekeliruan cukup besar. Untuk memperkecil kekeliruan dalam seleksi berdasarkan penampilan fenotipe tanaman perlu diperhatikan: (a) korelasi genotipe dan fenotipe antarkarakter, (b) lingkungan yang sesuai untuk seleksi karakter yang diinginkan, (c) ciri genetik karakter yang diseleksi, (d) cara seleksi (langsung atau tidak langsung), dan (e) keragaman genetiknya (Falconer 1950, Frey 1964, Cardenas dan Frey 1972).

Tahapan seleksi dalam pemuliaan ubikayu, adalah seleksi tanaman tunggal (*single plant*) dan seleksi baris tunggal (*single row*). Pada setiap generasi seleksi dilakukan evaluasi. Semakin lanjut generasinya semakin bertambah banyak jumlah karakter yang dievaluasi. Karakter tersebut di antaranya adalah (1) perkecambahan, (2) pertumbuhan awal, (3) ketahanan terhadap hama dan penyakit, (4) ketahanan terhadap cekaman lingkungan abiotik, (5) tinggi tanaman, (6) jarak antar tangkai daun, (7) pembungaan, (8) bentuk daun, (9) warna tangkai daun, (10) warna pucuk, (11) warna batang, (12) percabangan, (13) bentuk ubi, (14) hasil ubi, (15) tangkai ubi, (16) warna kulit dan daging ubi, (17) indeks panen, (18) kadar pati, (19) kadar gula reduksi, (20) kadar HCN, (21) umur kadar pati optimum, (22) daya adaptasi, dan (23) responsif terhadap input.

Seleksi Tanaman Tunggal

Seleksi tanaman tunggal pada ubikayu merupakan seleksi tahun pertama, dengan materi biji F1 hasil persilangan. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap karakter-karakter yang menjadi tujuan pemuliaan, yaitu perkecambahan, pertumbuhan awal, ketahanan terhadap hama dan penyakit, percabangan, bentuk ubi, dan hasil ubi.

Perkecambahan

Biji ubikayu tidak mudah dikecambahkan karena mempunyai masa dormansi yang relatif panjang dan kulit biji yang keras. Teknik yang dapat

digunakan untuk meningkatkan keberhasilan pengecambahan biji ubikayu di antaranya adalah mengatur suhu dan lama penyimpanan untuk mendapatkan daya kecambah 60-95%, yaitu (1) 30-35°C dalam penyimpanan selama masa dormansi (Hahn *et al.* 1979, Kawano 1978 dan CIAT, 1981), (2) 60°C selama dua minggu (CIAT 1981), (3) 30°C selama 8 jam, (4) 38°C selama 16 jam masing-masing dalam kurun waktu 21 hari dan (5) 30°C selama 35 hari (Ellis *et al.* 1982, Sundari dan Hartojo 2003). Tingkat perkecambahan mencapai lebih dari 50% juga dapat dicapai dengan perlakuan gelap, yaitu biji ditutup dengan kain berwarna gelap selama dua minggu (Rajendran *et al.* 2000).

Penyemaian atau pengecambahan biji ubikayu dapat dilakukan di laboratorium dan lapangan. Penyemaian di lapangan adalah dengan cara biji ditanam cukup dalam di bawah permukaan tanah atau biji disebar merata di atas permukaan tanah, kemudian ditutup dengan tanah. Tingkat perkecambahan di pesemaian pertama mencapai 53,7% dan setelah dipindahkan dari pembibitan pertama meningkat menjadi 90% (Rajendran *et al.* 2000). Pesemaian di laboratorium atau rumah kaca dilakukan pada bak pesemaian dengan media tanah dan pasir yang dicampur dengan pupuk organik dengan perbandingan 1:1:1. Kecambah biji ubikayu yang telah berdaun 3-4 tangkai dipindahkan ke pot-pot plastik berisi media tanah, pasir, dan pupuk organik dengan perbandingan 1:1:1. Selanjutnya pot-pot tersebut diatur berjajar pada tempat yang aman. Setelah keteltinggian mencapai sekitar 20 cm, bibit dipindahkan ke lapangan. Penanaman di lapangan dengan jarak tanam 1 m antarbaris dan 0,8 m dalam baris.

Evaluasi karakter

Evaluasi dilakukan terhadap karakter (1) tinggi tanaman, (2) percabangan, (3) pertumbuhan, dan (4) ketahanan terhadap hama dan penyakit utama dilakukan terhadap tanaman tunggal sejak tanaman dipindahkan dari pesemaian ke lapangan sampai menjelang panen. Tanaman ideal yang terpilih memiliki sifat-sifat (1) pertumbuhan cepat sejak umur satu bulan, (2) daun tidak cepat gugur dengan jarak antartangkai daun rapat, (3) tidak bercabang atau bercabang setelah tanaman berumur enam bulan, dan (4) cenderung tahan terhadap hama dan penyakit utama.

Evaluasi terhadap hasil berdasarkan karakter bentuk ubi dan hasil ubi dilakukan pada saat panen umur 9 bulan. Tanaman yang hasilnya minimal 1 kg, bentuk ubi gemuk, panjang antara 25-35 cm, dan tangkai ubi pendek-sedang dipilih untuk dievaluasi lebih lanjut.

Tanaman terpilih berdasarkan hasil evaluasi terhadap pertumbuhan dan hasil ditanam lagi masing-masing satu baris dengan jumlah tanaman

tiap baris 10 tanaman, jarak tanam 100 cm x 100 cm atau 100 cm x 80 cm untuk evaluasi lanjutan.

Seleksi Barisan Tunggal

Seleksi barisan tunggal dilakukan tanpa ulangan. Oleh karena itu, keseragaman tingkat kesuburan tanah merupakan faktor kunci agar perbedaan antarpopulasi tidak disebabkan oleh faktor nongenetik.

Seleksi barisan tunggal lebih objektif dibandingkan dengan tanaman tunggal, karena merupakan rata-rata dari satu baris atau 10 tanaman. Karakter yang dievaluasi tidak berbeda dengan seleksi tanaman tunggal. Pemilihan populasi dari seleksi barisan tunggal berdasarkan nilai rata-rata dari seluruh populasi untuk tiap karakter yang dievaluasi. Populasi yang nilainya lebih tinggi dari populasi rata-rata dipilih sebagai bahan evaluasi lanjutan yang difokuskan kepada potensi hasil secara genetis dan interaksinya dengan lingkungan abiotik dan biotik. Panen dilakukan pada umur 9-10 bulan setelah tanam. Klon-klon terpilih selanjutnya digunakan sebagai materi dalam pengujian daya hasil.

Pada seleksi baris tunggal, setiap klon (galur) terpilih diuji responsivitasnya terhadap variasi lingkungan. Dalam pengujian ini, bibitnya telah tersedia secara cukup, sehingga hasilnya lebih akurat karena metodenya sesuai dengan kaidah-kaidah statistik yang dilakukan pada agroekologi yang berbeda selama dua musim tanam untuk mendapatkan varietas unggul baru spesifik lokasi/agroekologi.

Pengujian

Pengujian dimaksudkan untuk mendapatkan informasi tentang produktivitas klon harapan hasil seleksi pada lingkungan yang berbeda. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dikelompokkan menjadi faktor fisik (iklim dan tanah), biologis (hama, penyakit dan gulma), dan fisiologis (proses perkembangan tanaman). Melalui pengujian tersebut diketahui daya adaptasinya terhadap iklim, tanah, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit penting di sentra produksi pada agroekologi yang berbeda.

Pengujian dilakukan pada berbagai lokasi/agroekologi spesifik sesuai dengan tujuan pemuliaan. Apabila tujuan pemuliaan untuk mendapatkan klon tahan/adaptif terhadap suatu cekaman, maka pengujian harus dilakukan pada kondisi lingkungan tercekam. Dari hasil pengujian dapat dievaluasi daya adaptasi klon dan stabilitasnya. Daya adaptasi berkaitan

dengan kemampuan klon dalam menunjukkan potensi maksimalnya apabila persyaratan tumbuhnya optimal. Stabilitas berkaitan erat dengan kemampuan tanaman untuk menunjukkan kestabilan hasilnya pada berbagai macam lingkungan. Stabilitas terhadap perbedaan zona agroklimat mempunyai arti penting bagi pemulia (Cock 1987). Oleh karena itu, pemilihan lokasi untuk pengujian harus kuat/nyata perbedaan agroekologinya agar diperoleh informasi yang nyata pula.

Dalam penilaian genotipe perlu memperhatikan besar interaksi genotipe dan lingkungan untuk menghindari hilangnya genotipe-genotipe unggul dalam kegiatan seleksi (Baihaki *et al.* 1976). Penilaian tersebut dapat dipilah menjadi dua, yaitu spesifik agroekologi untuk mendapatkan varietas unggul spesifik agroekologi dan rata-rata dari berbagai agroekologi untuk mendapatkan varietas unggul yang daya adaptasinya luas. Seleksi untuk stabilitas dapat dilakukan pada tahap ini (Eberhart dan Russell 1966). Kegiatan ini diulangi hingga diperoleh genotipe calon varietas dengan karakter-karakter yang diinginkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu uji daya hasil pendahuluan, lanjutan, dan adaptasi.

Daya Hasil Pendahuluan

Uji daya hasil pendahuluan (UDHP) dilakukan terhadap populasi yang terpilih pada seleksi barisan tunggal. Populasi yang diuji relatif masih banyak dan agroekologi pengujiannya dipilih pada agroekologi yang sangat berbeda masing-masing dua lokasi untuk tiap tipe agroekologi untuk mendapatkan tingkat interaksi genotip dengan lingkungan mantap.

Populasi yang diuji dalam UDHP jumlahnya masih banyak (50-100 klon) dan bibit yang tersedia dari evaluasi baris tunggal cukup untuk 2-3 lokasi masing-masing dua ulangan dengan model statistik "lattice-square". Oleh karena metoda penelitian telah mengikuti kaidah-kaidah statistik, maka akurasi dari pengujian ini cukup tinggi. Populasi yang terpilih dalam UDHP ini lebih sedikit (20-30 klon) dan digunakan sebagai bahan pengujian lanjutan.

Daya Hasil Lanjutan

Uji daya hasil lanjutan (UDHL) dilakukan terhadap populasi yang terpilih dalam UDHP yang populasinya relatif lebih sedikit, tetapi variasi agroekologinya semakin spesifik. Populasi yang diuji berkisar antara 10-20 klon. Untuk mendapatkan klon harapan spesifik lokasi, pengujian dilakukan pada 2-3 agroekologi yang berbeda dan sama masing-masing di 2-3 lokasi. Dari 4-6 lokasi pengujian UDHL tersebut juga dapat diperoleh informasi stabilitas klon harapan. Populasi yang terpilih, baik sebagai klon harapan

yang tingkat adaptasi cukup luas dan hasilnya stabil maupun sebagai klon harapan spesifik agroekologi, diuji lagi daya adaptasinya di beberapa lokasi sesuai dengan kaidah-kaidah statistik agar akurasinya dapat dipertanggungjawabkan. Populasi yang terseleksi dalam UDHL merupakan klon harapan atau calon varietas unggul setelah teruji daya adaptasinya, baik pada berbagai agroekologi maupun spesifik agroekologi.

Multi Lokasi

Informasi tingkat adaptasi dan stabilitas hasil dapat diperoleh melalui uji multilokasi pada berbagai tipe agroekologi di beberapa sentra produksi. Informasi yang ideal untuk calon varietas unggul yang akan dilepas diperoleh dari 10-20 lokasi yang tipe agroekologinya sama untuk varietas unggul spesifik lokasi dan berbeda untuk varietas unggul yang daya adaptasinya luas. Calon varietas unggul yang telah teruji akan dilepas menjadi varietas unggul baru, baik yang daya adaptasinya luas dan hasilnya stabil maupun spesifik agroekologi. Oleh karena itu, calon varietas yang dipilih didasarkan pada tipe agroekologi karena ubikayu mempunyai sifat spesifik dan adaptif pada berbagai tipe agroekologi

Pelepasan Varietas

Pelepasan varietas unggul baru melalui kegiatan pemuliaan dengan tahapan seleksi tersebut merupakan upaya untuk menyediakan varietas unggul adaptif. Beberapa klon harapan telah terseleksi melalui tahapan seleksi sampai tahun 2008 dan yang siap dilepas di antaranya adalah CMM 99008-3, CMM 99008-4, CMM 2361-66-255, dan CMM 990-23-12. Varietas unggul baru tersebut akan berkembang bila didukung oleh ketersediaan bibit. Oleh karena itu, tahapan terakhir dari kegiatan pemuliaan sebelum pelepasan varietas unggul baru adalah penyediaan bibit dasar dari calon varietas unggul yang akan dilepas.

Varietas unggul ubikayu yang telah dilepas sejak tahun 1978-2001 disajikan pada Tabel 1. Varietas-varietas tersebut berasal dari hasil pemuliaan dan introduksi. Usaha untuk mendapatkan varietas unggul adaptif terhadap kondisi kekeringan, lahan suboptimal, dan kekahatan/keracunan unsur hara masih terus dilakukan.

Tabel 1. Varietas unggul ubikayu yang telah dilepas di Indonesia.

Varietas	Asal usul	Tahun dilepas	Umur (bln)	Hasil (t/ha)	Keunggulan
Adira 1	Mangi/ Ambon	1978	7-10	22	- Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Tahan terhadap bakteri hawar daun, <i>Pseudomonas solanacearum</i> , dan <i>Xanthomonas manihotis</i>
Adira 2	Mangi/Ambon	1978	8-12	22	- Cukup tahan tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Tahan terhadap <i>Pseudomonas solanacearum</i>
Adira 4	Silang bebas dari induk betina Muara	1978	10	35	- Cukup tahan tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Tahan terhadap <i>Pseudomonas solanacearum</i> dan <i>Xanthomonas manihotis</i>
Malang 1	CM1015-19/ CM849-1	1992	9-10	36.5	- Toleran tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Toleran bercak daun (<i>Cercospora sp.</i>) - Adaptasi cukup luas
Malang 2	CM922-2/ CM507-37	1992	8-10	31,5	- Agak peka tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Toleran bercak daun (<i>Cercospora sp.</i>)
UJ-3	Thailand	2000	8-10	20-35	- Agak tahan CBB (<i>Cassava Bacterial Blight</i>)
UJ-5	Thailand	2000	9-10	25-38	- Agak tahan CBB (<i>Cassava Bacterial Blight</i>)
Malang 4	Silang bebas dari induk betina Adira 4	2001	9	39,7	- Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus sp.</i>) - Adaptif terhadap hara sub-optimal
Malang 6	MLG10071/ MLG 10032	2001	9	36.4	- Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus sp.</i>) - Adaptif terhadap hara sub-optimal

Sumber: Suhartina (2005).

DAFTAR PUSTAKA

- Abelardo Castro, M. 1980. Cassava planting material: management practices for production. p.29-32. *In*: E.J. Weber, J.C. Toro M., and M. Graham (eds.). Cassava Cultural Practices. Proc. of a Workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 18-21 March 1980. EMBRAPA, CIAT, IDRC.
- Baihaki, A., R.E. Stucker, and J.W. Lambert. 1976. Association of genotype x environment interaction with performance level of soybean lines in preliminary yield test. *Crop Sci.* 16:718-721.
- Blum, A. 1982. Evidence for genetic variability in drought resistance and its applications in plant breeding. pp. 56-68. *In*: IRRI. Drought Resistance in Crops With Emphasis on Rice.
- Bueno, A. 1985. Hybridization and breeding methodologies appropriate to cassava. Cassava Breeding Workshop. PRCRTC. Philippines. 13 pp.
- Byrne, D.H. 1984. Breeding cassava. p. 73-134. *In*: J. Janick (ed.). Plant Breeding Review (2). USA.
- Cardenas, M. V. and K.J. Frey. 1972. Optimum environment for maximizing heritability and genetic gain from selection. *Iowa State Journal of Science.* 46(3):341-349.
- Centro International de Agricultura Tropical. 1981. Cassava program. *In*: Annual report for 1980. Cali. Colombia. p. 35-56.
- Cock, J.H. 1985. Cassava new potential for a negegted crop. *Iads Development-Oriented Literature Series.* p.79-83.
- Cock, J.H. 1987. Stability of performance of cassava genotypes. p. 177-206. *In*: Cassava Breeding: A. Multidisiplinary Review. CIAT.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Ellis, R.H., T.D. Hong, and E.H. Roberts. 1982. An investigation of the influence of constant and alternating temperature on the germination of cassava seed using a two dimaltional temperature gradient plate. *Ann. Bo.* 49:241-246.
- Falconer, D.S. 1952. The problem of environment and selection. *Amer. Naturalist* LXXXVI (830):293-298.
- Frey, K.J. 1964. Adaptation reaction of oat strains selected under stress and non-stress environmental conditions. *Crop Sci.* 4:55-58.
- Ginting, E. 1997. Pengujian mutu klon ubikayu. *Lap. Penel. Baliakabil. Malang.* 11 Hal.

- Hahn, S.K., E.R. Terry, K. Leuchner, I.O. Akobunou, and R. Lal. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field Crops. Res.* 2:193-226.
- Hershey, C.H. 1985. Cassava germplasm resources. p.65-86. *In: Cassava Research, Production and Utilization.* UNDP. CIAT.
- Hershey, C.H. 1988. Cassava breeding. CIAT headquarters. p. 99-115. *In: Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia. Proc. of Workshop held in Thailand.*
- Jennings, D.L. 1963. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava and the effect of interspecific crossing on fertility. *Euphytica.* 12:69-76.
- Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) for productivity. *Trop. Agri. Res. Series 11.* Tropical Agriculture Research Centre. Min. Agr. and Forestry. Yakbe. Tsukaba. Ibaraki. Japan.
- Kawano, K. 1980. Cassava. p.225-233. *In: Hybridization of crop plants.* Amer. Soc. Agron, and Crop Sci. Soc. Amer. Medison. Wisc.
- Kawano, K., A. Amaya, P. Daza, and M. Rios. 1985. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. *Crop Sci.* 17:373-376.
- Mangoon, M.L., R. Krishnan, and K.V. Bai. 1969. Morphology of pachytene chromosomes and meiosis in *Manihot esculenta* Crantz. *Cytologia.* 34:612-625.
- Musa, S. 1976. Suatu saran penggunaan statistika untuk program pemuliaan kedelai. Institut Pertanian Bogor.
- Rajendran, P.G., C.S. Ravindran, S.G. Nair, and T.V.R. Nayar. 2000. True cassava seeds (TCS) for rapid spread of the crop in non-traditional areas. CTCRI. Kerala. India. 22 pp.
- Sreekumari, M.T., K. Abrahamn, and S.G. Nair. 2000. Triploidy breeding in cassava. CTCRI. Kerala. India. 34 pp.
- Sri Wahyuni Indiati. 1999. Ketahanan beberapa klon ubikayu terhadap tungau merah *Tetranychus urticae*. *Dalam: K.H. Hendroatmojo, T. Sundari, dan Sholihin (eds.). Pembentukan Klon Unggul Ubikayu Tahan terhadap Cekaman Biotik dan Abiotik.* Lap. Penel. Balitkabi. Malang.
- Sholihin, K.H. Hendroatmojo, dan St.A. Rahayuningsih. 1996. Hibridisasi dan seleksi tanaman ubikayu. *Lap. Penel. Balitkabi.* Malang.
- Suhartina. 2005. Deskripsi varietas unggul kacang-kacang dan umbi-umbian. *Balitkabi.* Malang. 154 hal.

- Sundari, T., Sholihin, dan K. Hartojo. 1999. Identifikasi klon ubikayu sebagai sumber gen untuk pembentukan varietas yang toleran terhadap hara sub-optimal. Hal. 35-42. *Dalam*: K.H. Hendroatmojo, T. Sundari, dan Sholihin (eds.). *Pembentukan Varietas Unggul Ubikayu*. Lap. Penel. Balitkabil, Malang.
- Sundari, T., K. Hartojo, dan Sholihin. 2000. Evaluasi daya adaptasi klon-klon ubikayu terhadap hara sub-optimal. Hal. 338-344. *Dalam*: *Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Hayati Pada Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang, 8-9 Maret 2000. Pusat Penelitian Tanaman Pangan.
- Sundari, T. dan K. Hartojo. 2003. Keragaan hasil umbi tanaman ubikayu asal biji pada seleksi individu. Hal. 173-179. *Dalam*: *Pemberdayaan Agribisnis Ubikayu Mendukung Ketahanan Pangan*. Lokakarya Pemberdayaan Agribisnis Ubikayu. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Wargiono, J. 1979. *Ubikayu dan cara bercocok tanamnya*. LP3. Bogor.