

PEMBENTUKAN DAN PRODUKSI BENIH VARIETAS BERSARI-BEBAS

Marsum Dahlan
Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang

PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk meningkatkan produksi jagung ialah dengan menggunakan varietas unggul atau hibrida. Hibrida dapat memberikan hasil biji lebih tinggi daripada varietas bersari-bebas. Namun harga benih hibrida jauh lebih mahal daripada benih varietas bersari-bebas, dan setiap kali tanam petani harus membeli benih baru. Hal ini merupakan salah satu kendala utama kurang cepatnya perluasan jagung hibrida. Varietas, atau populasi, merupakan bahan dasar pembentukan jagung hibrida, oleh karena itu tingkat produksi hibrida tergantung kepada bahan dasar atau varietas yang digunakan untuk pembentukan hibrida. Makin tinggi potensi hasil populasi bahan dasarnya, makin tinggi pula hasil jagung hibrida yang diperoleh. Oleh karena itu perbaikan populasi harus terus dilakukan. Selain itu produksi benih varietas bersari-bebas juga sederhana dan dapat dengan mudah dilaksanakan oleh petani atau kelompok tani.

VARIETAS BERSARI-BEBAS

Jagung termasuk tanaman berumah satu (monoecious) karena bunga betina sebagai tongkol dan bunga jantan sebagai malai terletak dalam satu tanaman. Satu malai dapat menghasilkan jutaan tepung sari yang mudah diterbangkan angin. Malai mulai menghasilkan tepung sari 1-3 hari lebih dahulu daripada keluarnya rambut tongkol. Dengan demikian peluang terjadinya penyerbukan silang mencapai 95 % atau lebih.

Pada varietas bersari-bebas, tanaman-tanaman dibiarkan saling menyerbuki satu sama lain. Dengan penyerbukan secara bebas ini, maka varietas bersari-bebas dapat dikatakan sebagai kumpulan hibrida. Frekuensi genotipe dalam varietas ini mengikuti kaidah Hardy-Weinberg.

Varietas bersari-bebas secara umum dapat dipisahkan menjadi dua golongan yaitu varietas sintetik dan varietas komposit. Lonquist (19) mendefinisikan varietas sintetik sebagai populasi bersari-bebas yang berasal dari persilangan antara tanaman hasil persilangan sendiri atau galur yang selanjutnya dipertahankan dengan seleksi massa biasa dalam petak

terisolasi. Jumlah galur umumnya berkisar antara 8-24. Galur yang dipilih sebagai penyusun varietas sintetik biasanya mempunyai daya gabung umum baik. Varietas Permadi yang tersusun dari 17 galur yang berasal dari varietas Calamba, Menado Kuning, Kp 27, Malin dan Metro, termasuk varietas sintetik. Galur-galur penyusunnya mempunyai daya gabung umum baik; hasil silang-puncaknya (top cross) beragam antara 17-29% di atas tetua penguji varietas Harapan.

Varietas komposit disusun dari banyak varietas bersari-bebas, varietas sintetik dan dapat diikuti-sertakan hibrida. Varietas komposit juga disebut sebagai germplasm pool karena merupakan pool dari plasma nutfah. Sewaktu-waktu, bahan baru dapat dimasukkan baik koleksi dari dalam negeri maupun introduksi dari luar negeri, bahkan dapat dimasukkan (diintrogresikan) kembali hasil seleksi komposit tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa komposit merupakan tempat penyimpanan gen yang sewaktu-waktu dapat dimanfaatkan.

Frekuensi gen varietas bersari-bebas tidak akan berubah dari generasi ke generasi apabila tidak terjadi seleksi, diferensiasi mutasi dan migrasi, serta terganggunya kawin acak (misalnya karena jumlah tanaman terlalu sedikit). Oleh karena itu varietas bersari-bebas akan lebih mudah menyebar dari petani yang satu kepada yang lain.

PEMBENTUKAN VARIETAS BERSARI BEBAS

Suatu perbaikan populasi untuk mendapat varietas baru hanya akan berhasil bila dalam populasi tersebut terdapat keragaman yang disebabkan adanya perbedaan genotipe (ragam genetik) antara tanaman dalam populasi. Besarnya proporsi ragam genetik dari ragam total atau heritabilitas menentukan kemajuan atau hasil seleksi. Makin besar nilai heritabilitas, makin mudah dilakukan seleksi. Sebaliknya, makin rendah heritabilitas (berarti karakter yang hendak diseleksi makin banyak dipengaruhi lingkungan), makin sukar untuk mendapatkan kemajuan karena seleksi.

Dalam pembentukan varietas bersari-bebas ada tiga fase untuk mencapai tujuan seleksi, baik jangka pendek maupun jangka panjang. Fase-fase tersebut ialah pemilihan populasi dasar, prosedur, dan daur seleksi dan pemilihan galur atau famili untuk pembentukan varietas baru. Ketiga fase ini sama pentingnya. Populasi dasar yang dapat digunakan untuk pembentukan varietas baru antara lain varietas bersari-bebas yang sudah ada, varietas sintetik, varietas komposit, P1 atau generasi lanjut persilangan antara dua varietas, dan hibrida silang-puncak (top cross dan double topcross). Pembentukan varietas bersari-bebas dapat dilakukan

dengan seleksi massa, seleksi barisan-satu-tongkol (ear-to-row), seleksi saudara-kandung (full-sib), seleksi S1 dan seleksi S2.

Seleksi Massa

Seleksi massa dilakukan dengan memilih tanaman-tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan, dan selanjutnya hasil bijinya dicampur sebagai populasi baru. Pemilihan ini hanya berdasarkan induk betina karena tetua yang menyerbuki tanaman yang terpilih itu tidak diketahui. Oleh karena itu induk jantannya dianggap seluruh anggota populasi. Seleksi sangat berguna untuk karakter-karakter yang mempunyai heritabilitas relatif tinggi seperti umur, adaptasi dan prolififikasi (satu tanaman mempunyai lebih dari satu tongkol). Karena pelaksanaannya sederhana, seleksi massa sejak lama banyak digunakan petani untuk memilih benih. Sebagai ilustrasi dikemukakan apa yang dilakukan Pak Manan seorang petani dari Malang, dalam mempertahankan varietas Harapan. Dia mulai menanam varietas Harapan sejak tahun 1973. Sejak itu, sebelum panen dia memilih tanaman yang hasilnya akan digunakan sebagai benih untuk pertanaman berikutnya. Tanaman yang dipilih ialah tanaman yang tongkolnya besar setelah dikupas mempunyai barisan yang lurus dan biji baik (tidak terserang hama-penyakit). Tanaman yang terpilih cukup untuk pertanaman 2-3 ha. Ternyata pada pengujian tahun 1984, varietas Harapan Pak Manan dapat memberikan hasil yang lebih tinggi daripada varietas Harapan yang dipertahankan oleh Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. Varietas Harapan Pak Manan ini mempunyai batang lebih tinggi dan lebih banyak bijinya yang bertipe semi-gigi-kuda.

Pada prosedur di atas, pemilihan hanya berdasarkan satu tanaman sehingga pengaruh lingkungan besar. Ada kemungkinan tanaman yang terpilih itu baik karena pengaruh lingkungan; umpamanya tanahnya lebih subur, persaingan kurang dan sebagainya. Untuk mengurangi pengaruh lingkungan, petak pertanaman dibagi dalam strata. Urutan prosedur seleksi massa terkontrol untuk meningkatkan hasil biji ialah:

- Tanam populasi dasar sekitar 8000 tanaman dengan kerapatan yang lebih rendah daripada biasa (40.000 tanaman/ha, 1 tanaman per lubang) agar tanaman dapat berkembang dengan kemampuan penuh.
- Petak pertanaman ini terisolasi; sampai 300 m dari petak ini, tidak ada pertanaman jagung lain yang berbunga bersamaan.
- Petak ini dibagi menjadi anak-anak petak, masing-masing dengan 5 baris x 20 tanaman/baris.
- Setelah rambut tongkol kering, pilih 6-7 tanaman yang tongkolnya besar, tanaman tegap, dan tidak terserang hama penyakit. Beri tanda tanaman yang terpilih dengan cat merah atau ikatan tali.

- Pada waktu sudah masak, tanaman terpilih yang masih memenuhi syarat, dipanen dan dikupas. Pilih 5 tongkol yang terbaik dari masing-masing anak petak, sehingga seluruhnya ada 400 tongkol, intensitas seleksinya 5%.
- Untuk daur berikutnya, dari masing-masing tongkol ambil 20 biji, campur menjadi satu, dan tanam dalam petak terisolasi.

Seleksi massa terkontrol ini dipakai untuk memperbaiki varietas Perta dan Metro (29); setelah 5 daur seleksi, hasil bijinya meningkat masing-masing dengan 16 % dan 14% dari populasi asal. Keuntungan seleksi massa ini adalah (a) penyelenggaraannya sederhana; (b) satu daur seleksi hanya membutuhkan 1 musim, sehingga dalam 1 tahun dapat selesai 2-3 daur seleksi; dan (c) jumlah tanaman yang besar menyebabkan intensitas seleksi diperbesar sehingga harapan kemajuan seleksi besar.

Kelemahan seleksi massa adalah (a) pemilihan didasarkan atas penampilan satu tanaman sehingga ada kemungkinan besar untuk salah pilih; (b) perbaikan populasi ini didasarkan atas penampilan di satu lokasi dan satu musim, kemajuan seleksi berkurang bila ada interaksi antara genotipe dengan lingkungan (misalnya yang terpilih pada musim hujan belum tentu baik pada musim kemarau); dan (c) perlu petak terisolasi sehingga dapat menunda waktu tanam; apabila bloknya seragam, seleksi massa terkontrol tidak akan lebih baik daripada seleksi massa biasa.

Seleksi tersebut di atas dapat diperbaiki dengan memilih kedua induknya (induk jantan dan betina). Pada waktu berbunga, tanaman-tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan dikawinkan sendiri (selfing). Pada waktu tanaman sudah tua, tanaman yang dikawinkan sendiri itu dipilih lagi untuk memperoleh tanaman yang dikehendaki. Di musim berikutnya dibuat persilangan antara galur-galur S1 tersebut. Tiap daur prosedur ini memerlukan dua musim.

Dapat juga tanaman-tanaman yang terpilih tidak dikawinkan sendiri, melainkan tepung sarinya dikumpulkan untuk menyerbuki tanaman yang terpilih tersebut (mass-sib).

Dengan cara ini, tiap daur seleksi hanya memerlukan satu musim. Pada galur Malang Komposit 1, yang diperoleh dengan cara seleksi ini, kemajuan seleksi daur pertama sama dengan kemajuan seleksi daur kedua dengan hanya memilih induk betina saja.

Cara tersebut di atas mengurangi kesederhanaan dan kemudahan seleksi massa, karena harus melalui persilangan.

Seleksi Barisan-Satu-Tongkol (ear-to-row)

Seleksi barisan-satu-tongkol merupakan perbaikan dari seleksi massa, yaitu dengan menguji keturunan tanaman yang terpilih. Seleksi ini juga dikenal sebagai seleksi saudara-tiri (half-sib). Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Populasi dasar ditanam sebanyak 5.000-6.000 tanaman dalam petak terisolasi. Tanaman-tanaman dipilih seperti pada seleksi massa terkontrol sehingga diperoleh 250 tongkol.
- Daya hasil famili saudara tiri ini diuji dalam rancangan lattis sederhana 16 x 16 atau rancangan acak kelompok dengan 2 ulangan. Pengujian dapat dilakukan di lebih dari satu lokasi.
- Dengan menggunakan benih hasil pemilihan pertanaman musim pertama (sisa benih untuk percobaan), benih dari famili terpilih dicampur menjadi satu dan ditanam dalam petak terisolasi, dan seleksi massa dilakukan lagi.

Dengan seleksi barisan-satu-tongkol, satu daur seleksi memerlukan dua musim. Prosedur seleksi ini telah dipakai untuk memperbaiki varietas Genjah Kertas; dengan satu daur seleksi, hasil dapat ditingkatkan sebanyak 5% (10). Contoh yang terkenal adalah usaha peningkatan kadar protein jagung di Universitas Illinois, Amerika Serikat, yang sudah melalui lebih dari 76 daur seleksi.

Lonquist (18) memodifikasi cara seleksi barisan-satu-tongkol (modified ear-to-row) sebagai berikut:

- Populasi dasar ditanam sebanyak 5-6 ribu tanaman. Pilih 250 tanaman yang mempunyai karakter yang dikehendaki.
- Penampilan 250 famili terpilih tali, ditambah 6 pembanding, diuji dalam rancangan lattis sederhana 16 x 16 atau rancangan acak kelompok dengan dua ulangan. Setelah 3 minggu, ulangan ketiga ditanam dalam petak terisolasi dengan menggunakan tetua jantan (pollinator) campuran dari semua famili (tidak termasuk pembanding). Tanam tiap 2-3 famili diseling dengan satu baris induk jantan. Malai tanaman induk betina dibuang sehingga famili-famili ini akan diserbuki hanya oleh tanaman induk jantan. Pada ulangan ketiga ini, setelah rambut tongkol kering, dari tiap famili dipilih enam tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan.
- Berdasarkan data percobaan hasil ulangan pertama dan kedua, dipilih 50 famili terbaik. Pada ulangan ketiga, dari famili-famili yang terseleksi ini, dipilih 5 tanaman terbaik, sehingga akan diperoleh 250 tongkol lagi.
- Daur seleksi kedua mengevaluasi lagi 250 famili saudara-tiri seperti pada daur pertama.

Modifikasi seleksi barisan-satu-tongkol ini mempertinggi kemajuan seleksi karena seleksi dilakukan antar famili dan dalam famili. Untuk mendapatkan varietas baru, dipilih hanya 10 famili yang superior baik dalam hal hasil biji maupun karakter lainnya. Keuntungan seleksi saudara tiri ini adalah (a) evaluasi dapat dilakukan di dua lokasi atau musim, untuk menentukan besarnya pengaruh interaksi antara famili dengan lingkungannya, dan (b) satu daur seleksi hanya memerlukan satu musim.

Kekurangan prosedur ini adalah perlunya penanaman ulangan ketiga dalam petak terisolasi yang dapat menghambat penanaman. Selain itu intensitas seleksi dalam famili (5 dari 20 tanaman) rendah. Untuk meningkatkan kemajuan seleksi, rekombinasi tidak dilakukan dalam ulangan ketiga, tetapi dalam musim berikutnya dan hanya pada famili terpilih saja, sehingga intensitas seleksi dalam famili dapat ditingkatkan. Tetapi prosedur ini memerlukan dua musim per daur seleksi.

Seleksi modifikasi barisan-satu-tongkol di Nebraska, Amerika Serikat, pada varietas Hays Golden dapat meningkatkan hasil 5,3 % per daur setelah selesai 10 daur seleksi (3).

Seleksi Saudara Kandung (Full-sib)

Keturunan dari persilangan antara dua tanaman yang mempunyai induk jantan dan betina yang sama disebut famili saudara-kandung. Evaluasi atas keturunan famili ini dapat menentukan famili yang memiliki gen superior. Prosedur seleksi saudara-kandung ini mula-mula dikemukakan oleh Harland pada tahun 1946, dengan menyederhanakan cara rekombinasi famili yang terpilih. Prosedur seleksinya adalah sebagai berikut:

- Populasi dasar ditanam dengan jumlah 2.500-5.000 tanaman. Tanaman yang mempunyai karakter yang baik dipilih. Dibuat persilangan sejoli 1 x 2, 3 x 4, 5 x 6, dan seterusnya sampai mencapai 300 pasang. Persilangan dibuat timbal balik (reciprocal) untuk mendapatkan benih yang cukup. Pada waktu panen, dipilih lagi tanaman yang masih tegap, tidak terserang hama-penyakit, tongkol besar, dan berbiji penuh. Ambil 250 pasang yang benihnya cukup untuk evaluasi lebih lanjut.
- Famili saudara-kandung ini, ditambah 6 pembanding, dievaluasi dalam rancangan latis 16 x 16 dengan 2-3 ulangan di 2-3 lokasi. Pilih 50 famili yang hasil bijinya tinggi dan karakter lainnya baik (umur, ketahanan terhadap hama/penyakit, tahan rebah, dan sebagainya).
- Famili terpilih ditanam dalam petak terisolasi dengan menggunakan induk jantan dari campuran semua famili terpilih. Benihnya diambil

dari sisa benih hasil musim pertama. Tiap empat baris famili diseling dengan dua baris induk jantan. Malai induk betina dibuang sebelum menghasilkan tepungsari. Dari persilangan antara famili terpilih ini diperoleh populasi daur pertama C1.

- Dari populasi C1 dibuat lagi perkawinan sejoli untuk daur kedua.
- Sebelum memulai daur kedua, populasi C1 dapat ditanam dulu untuk memperoleh populasi C1 generasi kedua, sehingga rekombinasinya menjadi lebih baik. Tetapi tiap daur seleksi bertambah menjadi 4 musim. Selain itu, pada waktu evaluasi hasil, famili-famili ini dapat juga ditanam dalam nurseri untuk penyaringan terhadap penyakit; tanaman yang sehat dikawinkan sendiri untuk memperoleh galur S1 ini, sehingga rekombinasi famili terpilih dengan menggunakan galur S1. Pertanaman ini dapat dilakukan tidak untuk penyaringan terhadap penyakit tetapi untuk seleksi dalam famili (seleksi individu).

Seleksi saudara-kandung ini dapat dipersingkat menjadi dua musim per daur, dengan menggabungkan rekombinasi melalui persilangan sejoli daur berikutnya. Untuk persilangan ini, 100 baris famili terpilih ditanam dengan menggunakan sisa benih musim pertama. Tiap baris merupakan campuran famili terpilih. Perkawinan sejoli dilakukan dalam barisan.

Subandi (28) menyeleksi varietas lokal Penjalinan dengan prosedur seleksi saudara-kandung berdasarkan hasil biji dan persentase tanaman yang tidak terserang penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*). Hasil biji masing-masing seleksi dapat meningkat sebanyak 23,6 % dan 5,6 % di atas populasi asal.

Dalam prosedur seleksi saudara-kandung, benih yang diperoleh dari persilangan sejoli lebih banyak daripada melalui cara lain. Karena itu evaluasi dapat dilakukan di beberapa lokasi dan musim; penyaringan terhadap hama-penyakit pun dapat dilakukan pada nurseri tersendiri. Dengan demikian dapat diperoleh varietas baru dengan daya adaptasi yang lebih luas. Namun karena dilakukan di beberapa lingkungan, penanamannya tidak dapat serentak dan waktu dalam satu daur menjadi lebih panjang. Untuk pembentukan varietas baru, diambil 8-10 famili yang mempunyai penampilan terbaik. Varietas Harapan Baru, yang merupakan hasil seleksi saudara-kandung, diambil dari hanya 7 famili saja.

Seleksi S1

Seleksi S1 banyak digunakan dan galur S1 diperoleh dengan mengawinkan sendiri (selling) tanaman dalam populasi. Karena kawin sendiri, terjadi segregasi sehingga lokus-lokus dengan genotipe homozigot

muncul dan karakter-karakter yang tidak diinginkan tampak. Karena ada keragaman sangat besar antara galur S1 ini, galur-galur yang mengandung karakter-karakter yang dikehendaki lebih mudah terlihat. Prosedur seleksinya sebagai berikut:

- Dari populasi dasar yang berjumlah sekitar 3000, dipilih 400-tanaman dengan karakter yang diinginkan. Tanaman-tanaman pilihan itu dikawinkan sendiri untuk memperoleh galur S1. Pada waktu panen dipilih 250 tanaman yang masih tegap, tidak terserang hama dan penyakit, bertongkol besar dan berisi penuh biji.
- Evaluasi galur S1 tersebut ditambah 6 pembanding dalam latis 16 x 16. Pengujian dapat dilakukan di dua lokasi. Selain evaluasi untuk hasil, dapat diuji ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit (bulai, lalat bibit, penggerek batang, bercak daun, dsb). Pilih 50 galur S1 terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.
- Rekombinasi galur-galur S1 terpilih dengan cara seperti pada rekombinasi famili-saudara-kandung menghasilkan populasi daur pertama (C1).
- Tanam populasi C1 dan buat perkawinan sendiri lagi untuk seleksi daur kedua.

Tiap daur seleksi S1 memerlukan 3 musim. Bila mungkin, ketiga penanaman itu dilakukan dalam setahun. Rekombinasi dapat dilakukan dengan menggunakan galur S2 yang berasal dari nurseri S1 untuk penyaringan terhadap suatu penyakit atau tekanan (stress) lain (kekeringan, keracunan aluminium, lalat bibit, dsb).

Seleksi S1 memberi kemajuan seleksi harapan (expected selection gain) lebih tinggi daripada prosedur lain. Varietas Arjuna adalah hasil seleksi S1 dari Thai Composite DMR 1 di Thailand. Bogor Composite-2 diperbaiki dengan seleksi ini dan kenaikan hasil pada daur pertama rata-rata 13%.

Seleksi S2

Seleksi S2 pada dasarnya sama dengan seleksi S1, hanya evaluasi hasil dilakukan pada S2. Dengan demikian tiap daur seleksi memerlukan 4 musim. Program ini sudah dapat dikaitkan dengan program hibrida. Populasi yang digunakan merupakan pilihan dari populasi yang mempunyai potensi untuk menghasilkan galur bagi program hibrida. Untuk kompensasi karena waktu yang diperlukan lebih lama, maka intensitas seleksi pada S1 untuk mendapatkan S2 diperkeras. Prosedur seleksinya adalah sebagai berikut:

- Dari populasi dasar, dipilih 400-600 tanaman untuk dikawinkan sendiri.
- Galur S1 tersebut ditanam dalam suatu nurseri untuk penyaringan

terhadap penyakit dan hama. Dari galur-galur yang diinginkan, dilakukan kawin-sendiri pada tanaman yang mempunyai karakter yang baik untuk memperoleh galur S2. Pada waktu panen dipilih 250 tanaman yang bijinya cukup untuk evaluasi lebih lanjut.

- Galur S2 tersebut dan pembandingan, dievaluasi dalam rancangan tertentu dengan ulangan. Evaluasi dapat dilakukan di beberapa lingkungan tergantung pada ketersediaan benih dan biaya, lalu-dipilih 50 galur terbaik.
- Galur-galur terpilih direkombinasikan dalam petak terisolasi seperti pada rekombinasi famili saudara-kandung. Untuk membuat varietas baru, rekombinasi dibuat dari 10 galur S2 terbaik.
- Benih hasil rekombinasi ditanam untuk membuat galur S1 daur kedua.

Dalam evaluasi galur S1 dengan hanya satu ulangan, mungkin ada tanaman yang terhindar dari serangan penyakit/hama; tetapi dengan seleksi beberapa daur, frekuensi gen untuk ketahanan akan meningkat. Galur S2 dengan penampilan baik dapat dipakai untuk program hibrida.

Kombinasi Berbagai Metode Seleksi

Dalam praktek, prosedur seleksi tidak berdasarkan pada hanya satu metode saja. Seleksi massa selalu disertakan dalam prosedur yang lain. Dalam persilangan sejoli pada seleksi saudara-kandung dan perkawinan sendiri, dari S1/S2 dipilih tanaman-tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan, tidak secara acak, sehingga sudah melibatkan seleksi massa. Selain itu pada waktu rekombinasi famili/galur terpilih, dilakukan seleksi massa negatif dengan membuang tanaman yang tidak diinginkan pada tetua jantan dan hanya memilih tongkol-tongkol dari tanaman induk betina yang baik.

Dalam pembentukan varietas, prosedur seleksi tidak harus tetap, dapat berubah; misalnya seleksi saudara-kandung diikuti oleh seleksi S1. Dianjurkan agar salah satu daur seleksi menggunakan seleksi S1 Dengan prosedur ini gen yang resesif dan merugikan dapat terlihat dan disingkirkan. Dengan prosedur seleksi lain, peluang homozigot resesif lebih kecil dibandingkan dengan seleksi Si.

Rekombinasi pada seleksi saudara-kandung yang dilakukan CIMMYT (2) menggunakan galur S1. Dengan demikian hanya dipilih tanaman yang berkarakter baik untuk persilangan antar galur. Thompson (31) pada program ketahanan terhadap kerebahan menggunakan metode testcross (silang-puncak S1) pada daur 1, 4, dan 5, seleksi famili S1 daur 2, serta seleksi saudara-kandung daur 3, 6, dan 7. Hasilnya, setelah daur

ke 7 tanaman yang tidak rebah menjadi 2,28 kali populasi awal.

Pada varietas yang menghasilkan lebih dari satu tongkol per tanaman, dapat dilakukan kombinasi seleksi S1 dan seleksi saudara-tiri (barisan satu-tongkol). Rekombinasi famili berdasarkan rata-rata kedua evaluasi galur S1 dan famili saudara-tiri. Dengan cara ini Goulas dan Lonquist (9) dapat meningkatkan hasil biji 24% di atas populasi asal.

Seleksi Daur Berulang

Seleksi daur berulang mulai dikembangkan tahun 1940. Dengan metode ini, seleksi dilakukan berulang-ulang dari generasi ke generasi melalui persilangan antara genotipe terpilih pada tiap generasi untuk mengumpulkan gen-gen yang baik dalam populasi baru. Dengan demikian, maka seleksi massa, seleksi saudara-tiri (seleksi barisan-satu-tongkol dan silang-puncak S1), seleksi saudara-kandung, dan seleksi S1 /S2, termasuk seleksi berulang.

Karakter kuantitatif (seperti hasil biji) diatur oleh banyak gen. Untuk meningkatkan frekuensi gen yang diinginkan tentu diperlukan beberapa daur seleksi. Dengan rekombinasi, genotipe yang mengandung gen-gen baik, secara berangsur-angsur, jumlah lokus yang mengandung gen baik pada individu-individu dalam populasi akan meningkat. Dengan demikian, bila populasi yang baru dikawinkan sendiri beberapa kali maka akan diperoleh galur superior.

Pada umumnya seleksi berulang digolongkan menjadi (a) seleksi berulang sederhana (fenotipe); (b) seleksi berulang untuk daya gabung umum; (c) seleksi berulang untuk daya gabung spesifik; (d) seleksi berulang timbal-balik (reciprocal recurrent selection); dan (e) seleksi saudara-kandung timbal-balik (reciprocal full-sib).

Langkah-langkah seleksi berulang pada prinsipnya ialah:

- Tanam populasi, pilih tanaman-tanaman dan kawinkan sendiri untuk memperoleh galur S1.
- Evaluasi galur-galur S1.
- Rekombinasi galur S1 terpilih.

Perbedaan antara prosedur seleksi berulang di atas hanya terletak pada bagaimana cara mengevaluasi galur S1 itu. Pada seleksi berulang sederhana (fenotipe) evaluasinya adalah penampilan S1 itu sendiri. Jadi seleksi berulang sederhana tidak lain seleksi S1, hanya pemilihannya berdasarkan fenotipe saja. Seleksi ini telah digunakan untuk meningkatkan kadar minyak jagung, dan ketahanan terhadap penyakit becak daun.

Pada seleksi berulang untuk daya gabung umum, S1 dievaluasi secara tidak langsung melalui silang-puncaknya yaitu persilangan antara galur S1 dengan suatu varietas bersari-bebas (sintetik, komposit) sebagai tetua penguji. Penampilan silang-puncak ini menggambarkan penampilan rata-rata galur apabila disilangkan dengan galur-galur yang lain, karena varietas bersari-bebas dapat dianggap sebagai campuran dari banyak galur. Pada seleksi ini silang-puncaknya dapat dibuat pada S0 bukan pada S1. Pada waktu mengawinkan sendiri, tepung sari tanaman itu digunakan juga untuk menyerbuki 5 tanaman tetua penguji. Biji dari 3 tanaman ini dicampur untuk digunakan sebagai pengujian. Lonquist dan McGill (19) dengan tetua penguji varietas yang diperbaiki itu sendiri, setelah 2 daur mendapat kenaikan hasil sebesar 22, 9, dan 9% masing-masing pada varietas Krug, Reid, dan Dawes.

Pada seleksi berulang untuk daya gabung spesifik, tetua pengujinya menggunakan galur homozigot. Prosedur seleksi ini dianjurkan oleh Hull (14) berdasarkan anggapan bahwa heterosis itu sebagai hasil interaksi antara gen pada lokus yang berbeda dan/atau interaksi antara gen pada lokus yang sama. Dengan demikian, pengujian memerlukan genotype homozigot.

Dengan seleksi berulang, akan diperoleh galur yang cocok untuk membuat hibrida dengan galur penguji. Dengan menggunakan tetua penguji galur, Russel et al. (22) mendapat kenaikan hasil sebesar 4,5 % per daur setelah 5 daur seleksi. Demikian pula Horner et al. (13) mendapat kenaikan hasil 5,4%. Kedua hasil seleksi berulang untuk daya gabung spesifik ternyata juga meningkatkan daya' gabung umum, sehingga Sprague dan Eberhart (25) berpendapat bahwa istilah di atas tidak tepat lagi untuk digunakan.

Seleksi berulang timbal-balik melibatkan dua populasi yang diperbaiki bersama-sama. Prosedur ini dianjurkan oleh Comstock, Robinson, dan Harvey (4) yang berpendapat bahwa efek heterosis itu mungkin disebabkan adanya gen-gen dominan dan sebagian lagi oleh adanya gen overdominan. Populasi yang satu digunakan sebagai tetua penguji untuk yang lain. Jadi apabila ada populasi A dan B, maka populasi galur S1 (S0). A disilang-puncakkan dengan populasi B dan sebaliknya galur S1 (S0) B disilang-puncakkan dengan populasi A. Seleksi ini diharapkan dapat meningkatkan heterosis antara kedua populasi sehingga hibrida yang didapat memberikan hasil lebih tinggi. Hasil varietas Jarvis dan Indian Chief yang diperbaiki oleh Moll dan Stuber (20), setelah 6 daur meningkat masing-masing 2,3 dan 1,2 % per daur, dan hasil persilangan varietas dapat meningkat sebesar 3,5% per daur.

Seleksi saudara-kandung timbal-balik dianjurkan oleh Hallauer dan Eberhart (11). Prosedurnya mirip dengan seleksi berulang timbal

balik, hanya evaluasi pada famili saudara-kandung, bukan saudara-tiri. Seleksi ini digunakan pada jagung yang jumlah tongkolnya 2 atau lebih per tanaman. Tongkol pertama tanaman populasi A diserbuki tanaman populasi B; dan persilangan dibuat timbal-balik. Tongkol keduanya dikawinkan sendiri. Seleksi ini dapat lebih hemat dibandingkan dengan seleksi berulang timbal-balik, karena hanya satu kelompok famili saudara-kandung; pada seleksi berulang timbal-balik, masing-masing populasi dievaluasi sendiri. Di Iowa, Amerika Serikat, seleksi ini dapat meningkatkan hasil rata-rata 17% setelah 5 daur seleksi, dan heterosis naik dari 10,8% menjadi 16,5%.

Evaluasi Hasil Seleksi

Daya hasil varietas baru yang dihasilkan suatu program seleksi harus diuji sebelum dilepas untuk dibudidayakan petani. Pengujian ini dilakukan di daerah-daerah pusat pertanaman jagung. Karena adanya interaksi antara genotipe dengan lingkungan, suatu varietas yang memberikan hasil baik di suatu tempat belum tentu memberikan penampilan yang sama di tempat lain. Dengan kata lain, ada varietas-varietas yang baik hanya di lingkungan tertentu. Oleh karena itu pengujian varietas baru dilakukan di semua agro-ekosistem yang ada di pusat-pusat produksi jagung, dengan cara budidaya yang mengikuti anjuran.

Pengujian 10-15 varietas jagung biasanya menggunakan rancangan percobaan acak kelompok dengan empat ulangan. Suatu varietas baru dapat dilepas apabila mempunyai karakter-karakter yang lebih baik daripada varietas yang telah ada. Dengan demikian perlu dilakukan pengujian di beberapa musim dan lokasi untuk menyatakan adanya beda nyata antara hasil varietas baru dengan hasil varietas yang telah ada. Jumlah lingkungan ditentukan oleh besar ragam galat dan ragam interaksi antara lingkungan, apabila lingkungan dianggap sebagai contoh dari semua lingkungan produksi jagung. Pada percobaan-percobaan di Jawa Timur, besarnya ragam galat berkisar antara '200.000-500.000 dengan rata-rata 400.000; sedang ragam interaksi antara genotipe dengan lingkungan berkisar antara 100.000-400.000 dengan rata-rata 250.000 (hasil dinyatakan dalam kg/ha, dengan koefisien keragaman antara 10-20 %). Untuk perbedaan hasil yang hanya 300 kg/ha diperlukan pengujian di 32 lingkungan (4 musim dan 8 lokasi) untuk mendapatkan beda nyata pada taraf 5%. Apabila perbedaan itu 400 kg/ha, maka diperlukan pengujian di 18 lingkungan (3 musim dan 6 lokasi).

Perbaikan varietas hanya dapat meningkatkan hasil sekitar 3-5% per daur. Oleh karena itu, untuk mendapatkan beda nyata dengan populasi asal, diperlukan banyak ulangan. Dengan demikian analisisnya

menggunakan regresi sehingga akan diperoleh hasil seleksi rata-rata per daurnya.

PELEPASAN VARIETAS

Pelepasan suatu varietas dilakukan dengan Surat Keputusan Menteri Pertanian atas usul Badan Benih Nasional. Pemulia tanaman yang ingin melepas varietas baru, mengajukan usul pelepasan itu kepada Komisi Pelepas Varietas/Badan Benih Nasional melalui instansinya dengan disertai:

1. Deskripsi varietas:
 - usul nama varietas
 - jenis varietas
 - daerah penyebaran
 - potensi hasil
 - umur
 - karakteristik tongkol dan biji (tipe, warna dan jumlah baris, warna rambut dan janggal, bobot 1000 biji)
 - karakteristik tanaman
 - warna daun dan batang
 - tinggi tanaman dan tinggi tongkol
 - jumlah ruas dan daun
 - warna anther dan glumes
 - kekompakan malai
 - umur 50% keluar rambut
2. Tersedia benih sebanyak 500 kg
3. Makalah asal-usul varietas untuk dipertahankan di depan Komisi Pelepas Varietas.

KELAS BENIH

Program perbaikan varietas akan menghasilkan populasi-populasi baru, yang apabila dilepas kemudian menjadi suatu "varietas". CIMMYT (2) mendefinisikan varietas sebagai kumpulan fenotipe-fenotipe yang relatif seragam dan merupakan bagian superior suatu populasi dari suatu daur seleksi. Varietas tersusun dari famili yang seragam dalam hal tinggi tanaman dan letak tongkol, umur, dan karakter lainnya.

Benih dibagi dalam kelas-kelas: Benih Penjenis (Breeder Seed = BS), Benih Dasar (Foundation Seed = FS), Benih Pokok (Stock Seed = SS), dan Benih Sebar (Extension Seed = ES).

Benih Penjenis adalah benih asal yang dihasilkan dalam program pembentukan varietas yang selanjutnya dilepas untuk ditanam petani. Perbanyak benih penjenis ini langsung di bawah pengawasan pemulia atau instansinya. Benih ini digunakan sebagai sumber perbanyak lebih lanjut.

Benih Dasar adalah keturunan pertama Benih Penjenis atau Benih Dasar yang diproduksi di bawah bimbingan intensif dan pengawasan ketat sehingga kemurnian varietas dapat dipelihara. Benih Dasar diproduksi oleh instansi/badan yang ditunjuk oleh Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan.

Benih Pokok adalah keturunan dari Benih Penjenis atau Benih Dasar yang diproduksi dan dipelihara sedemikian rupa sehingga identitas dan tingkat kemurniannya dapat dipelihara dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan.

Benih Sebar adalah keturunan Benih Penjenis, Benih Dasar atau Benih Pokok, yang diproduksi dan dipelihara sedemikian rupa, hingga identitas dan tingkat kemurniannya dapat dipelihara dan memenuhi standar mutu benih yang ditetapkan.

Benih Dasar, Benih Pokok, dan Benih Sebar harus mendapat sertifikasi dari Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih.

CARA MEMPRODUKSI BENIH

Benih Penjenis

Benih yang berasal dari perbaikan varietas (hasil persilangan antara famili/galur terpilih) ditanam sekitar 8.000 tanaman dalam petak terisolasi jarak 300 m dan isolasi waktu 1 bulan. Pada waktu berbunga, tanaman-tanaman yang tidak sesuai dengan karakteristik varietas, dibuang.

Dalam suatu seleksi massa, dipilih tanaman-tanaman yang diinginkan. Pada waktu panen pilih tanaman-tanaman yang mempunyai warna dan tipe biji sesuai dengan deskripsi, sehingga diperoleh 500 tongkol. Benih ini merupakan benih asal (originator seed). Untuk mempertahankan benih asal ini, digunakan pertanaman saudara-tiri. Campuran benih dari 500 tongkol ini digunakan sebagai induk jantan (pollinator).

Untuk memproduksi Benih Penjenis: benih campuran dari tongkol di atas ditanam dalam blok terisolasi. Untuk mempertahankan keseragaman varietas, digunakan batas $x + 0,7 s$ (simpangan baku) (2).

Benih Dasar

Benih Penjenis ditanam dalam petak terisolasi, tidak ada tanaman jagung lain yang berbunga bersamaan (selang bulan) pada jarak 200 m. Tanaman yang menyimpang dibuang agar tidak menghasilkan tepungsari. Perlu diperhatikan serangan penyakit, warna batang dan daun, tinggi tongkol dan batang, umur, warna rambut tongkol, serta warna anther dan glume. Namun perlu diingat bahwa varietas yang dilepas sekarang masih berupa komposit; misalnya varietas Arjuna yang warna daun dan batang serta warna rambut tongkol dan malainya masih campuran.

Batas kriteria untuk Benih Dasar ialah $x + 0,155 s$ (2). Apabila banyak benih diperlukan; Benih Dasar dapat diproduksi dari Benih Dasar dengan supervisi dari pemulianya.

Benih Pokok

Benih Dasar ditanam untuk menghasilkan Benih Pokok dalam petak terisolasi. Isolasi seperti pada Benih Dasar. Dianjurkan agar kerapatan tanaman sedikit lebih rendah daripada anjuran sehingga dapat

diperoleh tanaman yang lebih tegap dan tongkol lebih besar dengan hasil mutu benih yang lebih baik. Tanaman-tanaman yang menyimpang dibuang, sebelum menghasilkan tepung sari. Batas yang digunakan untuk Benih Pokok ialah $x + 1,96 s$ (2).

Benih Sebar

Benih Pokok ditanam untuk menghasilkan Benih Sebar dalam petak terisolasi seperti pada Benih Dasar. Tanaman-tanaman yang menyimpang dibuang sebelum menghasilkan tepung sari. Batas untuk pembuangan (rouging) ialah $x + 1,96 s$, sama dengan Benih Pokok (2).

Dalam produksi, yang harus diperhatikan adalah asal benih, isolasi, dan pembuangan tanaman yang menyimpang. Pertanaman untuk benih tidak boleh lebih jelek daripada pertanaman yang seharusnya. Produksi benih perlu perencanaan yang baik agar petani dapat memperoleh benih tepat pada waktunya. Menurut kelasnya, benih-benih yang dibutuhkan untuk tiap 100.000 ha pertanaman jagung adalah sebagai berikut:

Kelas Benih yang dihasilkan	Perkiraan hasil (t/ha)	Areal (ha)	Benih (kg/ha)	Kebutuhan benih (ton)
Biji	-	100.000	25	2.500
Benih	3	850	20	17
Benih	3	6	20	0,12
Benih	2	0,6	20	0,012
Benih Penjenis	-	0,1	-	

DAFTAR BACAAN

1. **Allard, R.W.** 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley & Sons, New York.
2. **Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz Y Trigo (CIMMYT).** 1984. Development, Maintenance, and Seed Multiplication of Open-Pollinated Maize Varieties. El Batan. p. 10.
3. **Comptom, W.A. and K. Bahadur.** 1977. Ten cycles of progress from modified ear to row selection in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 17: 378-380.
4. **Comstock, R.E., H.F. Robinson, and P.H. Harvey.** 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron. Jour. 41: 360-367.
5. **Direktorat Bina Produksi Tanaman Pangan.** 1984. Pedoman sertifikasi benih. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Jakarta.
6. **Empig, L.T., C.O. Gardner, and W.A. Comptom.** 1972. Theoretical gain for different population improvement procedure. Nebraska Agric. Exp. Stn. Bull. MP 26 (revised).
7. **Food and Agriculture Organization.** 1982. Technical guideline for maize seed technology. Rome. p. 13-23.
8. **Gardner, C.O.** 1961. An evaluation of effect of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop Sci., 1: 241-245.
9. **Goulas, C.K. and J.H. Lonquist.** 1976. Combined half-sib and S1 family selection in a maize composite population. Crop Sci. 16: 461-464.
10. **Hakim, R. and Ponidi.** 1971. An evaluation of ear to row selection based on yield and maturity in corn. Proc. 7th Inter Asian Corn Improvement Workshop. Thailand. p. 16-22.
11. **Hallauer, A.R. and S.A. Eberhart.** 1970. Reciprocal full-sib selection. Crop Sci. 10: 315-316.
12. **Hallauer, A.R. and J.B. Miranda.** 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
13. **Horner, E.S., W.H. Chapman, H.W. Lundy, and M.G. Lutrick.** 1973. Comparison of three methods of recurrent selection in maize. Crop Sci. 13: 485-489.
14. **Hull, H.F.** 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 37: 134-145.
15. **Jenkins, M.T.** 1940. The segregation genes affecting yield of grain in maize. Jour. Amer. Soc. Agron. 32: 429-450.
16. **Jugenheimer, R.W.** 1958. Hybrid Maize Breeding and Seed Production. FAO, Rome. p. 370+63.
17. **Jugenheimer, R.W.** 1976. Corn Improvement, Seed Production and

Uses. John Wiley & Sons, New York.

18. **Lonquist, J.H. 1964.** Modification of the ear to row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Sci.* 4: 227-228.
19. **Lonquist, J.H. and P.P. McGill. 1956.** Performance of corn synthetics in advanced generation of synthesis and selection. *Agron. J.* 48:249-253.
20. **Moll, R.H. and C.W. Stuber. 1971.** Comparison of response to alternative selection procedures initiated in two populations of maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 11: 706-711.
21. **Paliwal, R.L. and E.W. Sprague. 1981.** Improving adaptation and yield dependability in maize in the developing world. CIMMYT, El Batan.
22. **Russell, W.A., S.A. Eberhart, and U.A. Vega. 1973.** Recurrent selection for specific combining ability for yield in two maize populations. *Crop Sci.* 13: 257-261.
23. **Singh, J. 1980.** Breeding, Production and Protection Methodologies of Maize in India. AII-CMIP, IARI, New Delhi. p. 96-121.
24. **Sofjan. 1956.** Suatu tinjauan kritis dari cara-cara seleksi yang dipakai untuk jagung di Indonesia. *Tehnik Pertanian* 5: 40-80.
25. **Sprague, G.F. and G.A. Eberhart. 1977.** Corn breeding. In: *Corn and Corn Improvement*, G.F. Sprague (ed.). Madison, Amer. Soc. Agron. 305-362.
26. **Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1942.** General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 4: 923-932.
27. **Subandi. 1979.** 18 years of corn breeding. *Indonesian Agric. Res. Dev. Jour.* 1: 21-24.
28. **Subandi. 1982.** Full-sib selection in a local variety of corn. *Contr. Centr. Res. Inst. Food Crops Bogor* No. 67 p. 18.
29. **Subandi, A. Sudiana, and M.M. Dahlan. 1982.** Mass selection in two varieties of corn (*Zea mays* L.) *Contr. Centr. Res. Agric. Bogor.* No. 56.
30. **Soegijatni, S., Woerjono Md., L. Kusdianto, M. Dahlan, dan P. Soepangat. 1987.** Evaluasi seleksi mass jagung pada pertanaman monokultur dan tumpangsari kedelai. *Penelitian Palawija* 1: 87-95.
31. **Thompson, D.L. 1972-** Recurrent selection for lodging susceptibility and resistance in corn. *Crop Sci.* 12: 631-634.
32. **Webel, O.D. and J.H. Lonquist. 1967.** An evaluation of modified: ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 7: 651-655.