

Pemuliaan Jagung Khusus

M. Azrai, Made J. Mejaya, dan M. Yasin H.G.
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Kebutuhan jagung untuk bahan baku industri pakan, pangan, dan industri lainnya semakin meningkat. Sekitar 3,5 juta ton biji jagung per tahun diserap oleh pabrik pakan di Jawa Timur, dan sisanya sekitar 2,0 juta ton diserap oleh pabrik pakan di Jawa Tengah, Jawa Barat, Lampung, dan Sulawesi Selatan. Untuk pakan ternak monogastrik (unggas dan babi) diperlukan tambahan asam amino esensial lisin dan triptofan dari sumber lain yang sebagian besar masih diimpor. Pada tahun 2004, di Cilegon, Banten, telah beroperasi pabrik pengolahan jagung terpadu untuk menghasilkan tepung, protein, minyak, dan tetes jagung dengan kapasitas 1.000 ton biji jagung per hari atau 330.000 ton jagung per tahun, di mana 70% bahan bakunya masih diimpor.

Mengingat kebutuhan jagung untuk industri makin meningkat dan beragam maka diperlukan jagung dengan sifat-sifat khusus, seperti jagung protein mutu tinggi (QPM = *Quality Protein Maize*), jagung berkadar tepung, minyak, dan bioetanol tinggi, jagung manis, jagung pulut, jagung biomas, dan jagung umur genjah. Jagung dengan sifat khusus tersebut dapat dibentuk melalui program pemuliaan tanaman yang berulang dan terprogram. Metode pemuliaan silang balik dapat diterapkan untuk meng-introgresikan gen-gen donor dari jagung khusus yang berproduktivitas rendah ke jagung yang berproduktivitas tinggi. Dengan demikian, akan diperoleh jagung yang memiliki sifat khusus yang diinginkan dengan produktivitas tinggi.

JAGUNG KHUSUS

Jagung Protein Mutu Tinggi (QPM)

Jagung merupakan tanaman multiguna, karena hampir seluruh bagian tanamannya bernilai ekonomis yang dapat dimanfaatkan oleh ternak dan manusia. Sebagai bahan pangan dan pakan, jagung adalah sumber energi dan protein. Kandungan protein jagung umumnya berkisar 8-11%, namun kandungan lisin dan triptofannya rendah, masing-masing 0,225% dan 0,05% sehingga masih kurang dari separuh yang disarankan oleh Food and Agriculture Organization (FAO 1992).

Upaya peningkatan kadar protein pada biji jagung sudah lama dilakukan. Dudley *et al.* (1974) melaporkan keberhasilan peningkatan kadar protein populasi asal dari 10,9% menjadi 26,6% pada galur jagung *Illinois High Protein*. Selain itu juga dilaporkan korelasi negatif antara kenaikan kadar protein dengan hasil.

Komposisi biji jagung yang matang secara fisiologis terdiri atas 6% perikarp, 82% endosperma, dan 12% lembaga. Pada lembaga, kadar dan mutu proteinnya tinggi tetapi mutu protein endosperma rendah. Berdasarkan kelarutannya, protein pada endosperma biji jagung terdiri atas fraksi-fraksi albumin larut dalam air, globulin larut dalam larutan garam, prolamin atau zein-larut dalam alkohol, dan glutelin larut dalam asam atau basa (Bjarnason and Vasal 1992). Proporsi fraksi zein pada endosperma cukup tinggi yakni sekitar 60%, tetapi tidak terdapat lisin dan triptofan. Pada ketiga fraksi lainnya, komposisi asam amino cukup seimbang. Hal ini menjadi penyebab rendahnya mutu protein jagung biasa (Vasal 2000, 2001). Untuk itu, pemuliaan jagung berprotein mutu tinggi perlu diarahkan pada perbaikan genetik endospermanya.

Awal dari perbaikan genetik terhadap mutu protein dipicu oleh penemuan gen-gen opaque (buram) dan floury yang dilaporkan dapat mengubah kandungan lisin dan triptofan pada endosperma biji (Zuber *et al.* 1975). Dari sejumlah gen yang telah berhasil diidentifikasi, hanya gen opaque-2 (*o2*) dan floury2 (*fl2*) yang sering dimanfaatkan dalam memperbaiki sifat endosperma jagung (Mertz *et al.* 1964, Nelson *et al.* 1965). Pada awalnya, CIMMYT menggunakan kedua gen tersebut, namun dalam perkembangan berikutnya lebih memfokuskan kepada pemanfaatan gen *O₂* (Vasal 2000).

Pemanfaatan gen *o2* dan *fl2* dalam pemuliaan jagung mulai intensif pada dekade 1970an. Untuk mentransfer kedua gen tersebut ke bahan genetik target, biasanya digunakan metode seleksi silang balik. Biji yang mengandung gen *o2* dan *fl2* memperlihatkan sifat lunak berkapur (*soft chalky*), namun fenotipe yang lunak dan berkapur inilah yang merupakan penanda atau markah morfologis yang efektif dalam seleksi gen *o2* pada populasi yang bersegregasi (Vasal 2001). Oleh karena sifatnya yang resesif, maka pada setiap tahap silang balik masih diperlukan satu generasi silang dalam untuk identifikasi individu tanaman yang mengandung gen homisigot resesif opaque-2.

Walaupun fenotipe biji yang lunak dan berkapur merupakan markah morfologis yang efektif untuk mendeteksi gen *o2*, namun sifat tersebut merupakan salah satu kelemahan yang dimiliki oleh QPM saat itu (Bjarnason and Vasal 1992). Hal ini terkait dengan pengaruh pleiotropi, sehingga kelemahan tersebut juga terekspresi pada biji sehingga tanaman berdaya

hasil rendah, rentan terhadap hama gudang dan penyakit busuk tongkol. Kelemahan lainnya adalah biji jagung opaque membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pengeringan setelah masak fisiologis. Biji yang lunak dan kusam tidak disukai oleh petani yang sudah biasa dengan tipe endosperma keras dan jernih (Kasim 2004).

Dengan munculnya karakter yang tidak dikehendaki dari mutan *fl2*, penggunaan materi genetik QPM saat itu makin berkurang. Untuk itu, selama satu dekade penelitian, CIMMYT menitikberatkan program konversi QPM ke jagung normal, baik pada varietas sintetik maupun inbrida elit untuk menjadi genotipe QPM. Upaya pemuliaan QPM berendosperma keras dimulai dengan mencari sumber gen baru. Walaupun teridentifikasi mutan-mutan lain, seperti *o6* dan *fl3*, tetapi mutan tersebut belum bisa mengungguli gen *o2* dalam meningkatkan mutu protein. Gen *o2* dan *fl2* secara tunggal hanya akan menghasilkan fenotipe dengan endosperma lunak. Untuk memecahkan permasalahan tersebut, para peneliti mencoba menggabungkan dua gen (*o2* dan *fl2* atau *o2* dan *su2*) dan penggunaan secara serempak gen *o2* dengan gen modifier *o2*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gen modifier *o2* yang pertama sekali dilaporkan oleh Paez *et al.* (1969) cukup efektif untuk mengubah kekerasan endosperma biji setelah digabungkan dengan gen *o2*. Bahan genetik hasil perbaikan tersebut juga memperlihatkan proporsi berbeda antara fenotipe yang opaque dan yang translucent (jernih).

Hal yang lebih penting, penggabungan gen *o2* dengan modifier *o2* telah terbukti dapat mengubah fenotipe biji dengan tetap mempertahankan mutu protein (Bjarnason dan Vasal 1992). Untuk mendapatkan genotipe dengan warna biji yang lebih jernih, maka kriteria seleksi diperketat, hanya memilih biji-biji terbaik dari tongkol terpilih yang digunakan pada generasi-generasi seleksi selanjutnya dan membuang sifat biji yang tampilannya kabur dan kurang menarik serta tongkol-tongkol dengan biji renggang. Jika program pemuliaan dilakukan secara hibridisasi biasa, biji QPM yang jernih dan biji jagung normal sulit dibedakan sehingga mutu protein, terutama kandungan lisin dan triptofan endosperma biji, harus selalu dimonitor di laboratorium (Vasal 2000, 2001).

Kemajuan di bidang pemuliaan molekuler (*molecular breeding*) dengan memanfaatkan marker sebagai alat bantu seleksi (*Marker Assisted Selection* = MAS) dapat membantu mengatasi masalah yang dihadapi dalam pemuliaan hibridisasi. Penggunaan bioteknologi terutama dalam teknologi markah molekuler, dapat mempercepat waktu perakitan QPM dan hasilnya lebih akurat. Markah molekuler yang mengendalikan gen *o2* telah berhasil diklon. Sekuen primer untuk tiga marka SSR yang telah berhasil dikloning adalah phi112, umc1066, dan phi057 pada lokus *o2*. Lokasi phi 112 adalah antara G box dan ujung pangkal 3 pengkode protein (*upstream open reading*

frames = uORF) (Schmidt *et al.* 1990) dalam sekuen leader pada gen *o2*, dan mutasinya dapat mempengaruhi transkripsi gen *o2*. SSR *umc1066* berada pada ekson 1 dan *phi057* berada pada ekson 6, dan merupakan ekson yang paling besar di antara enam ekson di dalam gen *o2*. Mutasi yang terjadi pada kedua ekson ini akan meningkatkan atau mengurangi jumlah prolin di dalam protein *o2* dan mempengaruhi aktivitas protein *o2* sebagai aktivator transkripsial. Hal ini disebabkan oleh posisi residu prolin mempengaruhi tingkat dan arah putaran pada struktur 3-dimensi protein *o2* (Yang *et al.* 2004).

Lazzari *et al.* (2002) mengemukakan bahwa di antara alel-alel gen *o2* yang berbeda memiliki tingkat homologi yang sangat tinggi, kecuali pada dua daerah yang sangat bervariasi (*hypervariable*) di dalam ekson 1. Oleh karena itu, penggunaan marka *phi112*, *umc1066*, dan *phi057* dapat menggambarkan variasi di dalam gen *o2* dengan variasi alelik SSR yang terjadi pada daerah pengorganisasian serta daerah 5' dan daerah 3' pada gen *o2*.

Jagung Pulut

Di beberapa daerah, jagung pulut (*waxy corn*) digunakan sebagai jagung rebus karena rasanya yang enak dan gurih. Kandungan amilopektin pada jagung pulut hampir mencapai 100%. Endosperm jagung biasa terdiri atas campuran 72% amilopektin dan 28% amilosa (Jugenheimer 1985). Menurut Bates *et al.* (1943) dalam Alexander dan Creech (1977), kandungan endosperm jagung pulut hampir semuanya amilopektin. Pada jagung pulut terdapat gen resesif *wx* dalam keadaan homosisot (*wxwx*) yang mempengaruhi komposisi kimia pati sehingga menyebabkan rasa yang enak dan gurih.

Hasil jagung pulut umumnya rendah, hanya 2-2,5 t/ha dan tidak tahan penyakit bulai. Sampai saat ini pemuliaan jagung pulut belum banyak mendapat perhatian, terutama dalam peningkatan potensi hasilnya, padahal permintaan jagung pulut terus meningkat, terutama untuk industri jagung marning. Untuk pembuatan jagung marning dibutuhkan biji jagung pulut yang ukurannya lebih besar agar kualitasnya lebih bagus dibanding menggunakan biji kecil. Untuk itu perlu diintrogresikan gen jagung pulut ke jagung putih yang bijinya lebih besar, produktivitasnya lebih tinggi, dan memiliki nilai biologis yang tinggi atau dengan membentuk jagung pulut hibrida yang berdaya hasil tinggi dan berbiji lebih besar.

Jagung Manis

Jagung manis (*sweet corn*) umum dikonsumsi sebagai jagung rebus atau jagung kukus (*steam*), terutama bagi masyarakat di kota-kota besar. Jagung ini dikonsumsi dalam bentuk jagung muda, mempunyai rasa manis dan enak karena kandungan gulanya tinggi. Jagung manis mempunyai biji-biji yang berisi endosperm manis, mengkilap, tembus pandang sebelum masak dan berkerut bila kering.

Pada varietas jagung manis terdapat suatu gen resesif yang mencegah perubahan gula menjadi pati (Purseglove 1992). Gen yang sudah umum digunakan adalah su_2 (*standard sugary*) dan sh_2 (*shrunk*). Gen su_2 merupakan gen standar, sedangkan gen sh_2 menyebabkan rasa lebih manis dan dapat bertahan lebih lama atau disebut *supersweet*. Apabila kedua gen berada dalam satu genotipe maka disebut *sugary supersweet*. Menurut Straughn (1907) dalam Alexander dan Creech (1977), kandungan gula pada biji yang masak berbeda pada setiap kultivar jagung manis, bergantung pada derajat kerutannya. Kerutan yang dalam lebih banyak mengandung gula dibandingkan kerutan yang dangkal.

Jagung Biomass Tinggi

Kebutuhan hijauan pakan jagung cacah semakin meningkat, terutama di Jawa Timur, Jawa Barat, dan Yogyakarta. Sulawesi Selatan telah mengekspor silase jagung ke Korea Selatan dan Jepang. Korea Selatan mengharapkan impor biomass jagung cacah dari Indonesia sekitar 1-2 juta t/tahun.

Untuk biomass jagung cacah, tanaman jagung dipanen pada saat tongkolnya masih muda (setengah dewasa atau fase masak susu) atau pada saat tanaman berumur 65-75 hari bagi varietas berumur masak fisiologis 90-110 hari. Tanaman dipanen dengan cara memotong batang pada permukaan tanah, kemudian seluruh bagian tanaman (batang, daun, tongkol muda) dicacah dengan mesin, ukuran cacah sekitar 5,0 cm, kemudian difermentasi menjadi silase. Hasil cacahan juga dapat digunakan langsung untuk pakan ternak dengan kadar total nutrisi tercerna (TNT) 60-75%, protein 11-15%, kaya akan asam amino, mineral, dan lebih disukai oleh ternak (Tangendjaja dan Gunawan 1988).

Cara lain untuk memperoleh pakan dari tanaman jagung adalah memangkas daun tanaman di bawah dan di atas tongkol, menjelang masak fisiologis. Pemangkasan daun tanaman di atas dan di bawah tongkol pada 20 hari setelah bunga jantan keluar pada varietas Arjuna tidak berpengaruh terhadap hasil biji (Fauziati *et al.* 1998). Usaha penyediaan pakan dalam bentuk hijauan yang berasal dari panen jagung sayur (*baby corn*) dan jagung

muda memiliki potensi besar. Jagung yang ditanam dengan populasi 50.000 tanaman/ha memberikan hasil jagung sayur 1,0 t/ha dan hijauan 16,0 t/ha pada umur 52 hari dengan nilai R/C 1,22. Pada umur 70 hari, hasil jagung muda 14,0 t/ha dan hijauan 17,0 t/ha dengan nilai R/C 2,21 (Suhardjono dan Moegijanto 1998). Balitsereal telah meneliti varietas jagung dan populasi tanaman optimum untuk biomas hijauan (jagung cacah). Varietas bersari bebas (komposit) Lamuru dengan populasi 357.142 batang/ha memberikan biomas segar 120,0 t/ha dan hasil biji 4,1 t/ha dengan nilai R/C 2,8 (Subandi *et al.* 2004).

Pemuliaan jagung untuk menghasilkan varietas dengan bobot biomas tinggi baru dimulai pada tahun 2005, yang diawali dengan evaluasi daya gabung aksesi plasma nutfah jagung biomas pada populasi 66.666 tanaman/ha. Hasil evaluasi menunjukkan bobot biomas jagung biji putih silang tunggal berkisar antara 90,0-110 t/ha. Silang tunggal MZ-0159 x MZ-0332 memberikan bobot biomas tertinggi (115 t/ha) atau terjadi heterosis sebesar 31% terhadap tetua tertinggi (MZ-0159, dengan bobot biomas 85,0 t/ha). Varietas Srikandi Putih-1 memberikan bobot biomas 71,0 t/ha. Untuk jagung biji kuning, bobot biomas silang tunggal berkisar antara 51,0-72,0 t/ha. Varietas Bima-1 memberikan bobot biomas 72,0 t/ha, dan varietas Sukmaraga 71,0 t/ha (Mejaya *et al.* 2005).

Perbaikan genetik populasi jagung dapat dilakukan dengan metode seleksi daur berulang, sedangkan pembentukan dan perbaikan galur jagung dengan metode seleksi pedigree atau silang balik (*back cross*). Galur yang terpilih pada uji daya gabung dapat digunakan untuk membentuk hibrida (Hallauer and Miranda 1981).

Jagung Umur Genjah

Persyaratan utama untuk mendapatkan produktivitas jagung yang optimal pada wilayah pengembangan yang beriklim kering adalah tersedianya varietas unggul umur genjah, benih berkualitas tinggi, dan paket teknologi budidayanya. Sekitar 50% pertanaman jagung terdapat di lahan tegalan dan 10% di lahan sawah tadah hujan yang sering mengalami cekaman kekeringan sehingga memerlukan varietas umur genjah (+80 hari). Varietas jagung berumur genjah diperlukan untuk menyesuaikan pola tanam pada lahan sawah dan pemanfaatan ketersediaan air setelah panen padi. Jagung berumur genjah berpeluang terhindar dari kekeringan sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan panen (Subandi *et al.* 1988).

Tanaman jagung pada lahan tegalan sering mengalami kekeringan pada fase pengisian biji. Cekaman kekeringan akan menurunkan hasil biji, bobot tongkol, memperlambat waktu berbunga, dan memperbesar interval

berbunga (perbedaan antara antesis dan keluarnya rambut tongkol), memperpendek tanaman, dan meningkatkan jumlah tanaman yang mandul. Vasal *et al.* (1995) melakukan seleksi untuk umur genjah dan hasil tinggi terhadap tujuh populasi jagung selama 5-9 daur. Kemajuan seleksi 87-123 kg/ha per daur seleksi. Troyer dan Larkins (1987) melaporkan kemajuan seleksi selama 11 daur terhadap 10 populasi jagung. Kemajuan seleksi rata-rata per daur 167 kg/ha hasil biji dan satu hari lebih genjah untuk keluar rambut tongkol dibandingkan populasi dasar.

Di beberapa daerah seperti Madura, petani menanam jagung umur genjah yang ditumpangsarikan dengan kacang hijau. Petani lebih menyukai varietas jagung dengan ukuran biji kecil dan warna biji oranye sebagai bahan pangan pokok atau diekspor untuk pakan burung. Varietas lokal berumur genjah umumnya berdaya hasil rendah sehingga perlu diperbaiki. Balitsereal telah melepas varietas jagung umur genjah (82 hari), berbiji kuning, dan potensi hasil tinggi (9,0 t/ha) dengan nama Gumarang yang berasal dari populasi MS.K(RRS)C2. Varietas Gumarang dapat dipakai sebagai salah satu tetua untuk memperbaiki daya hasil varietas lokal Madura dengan menggunakan seleksi berulang.

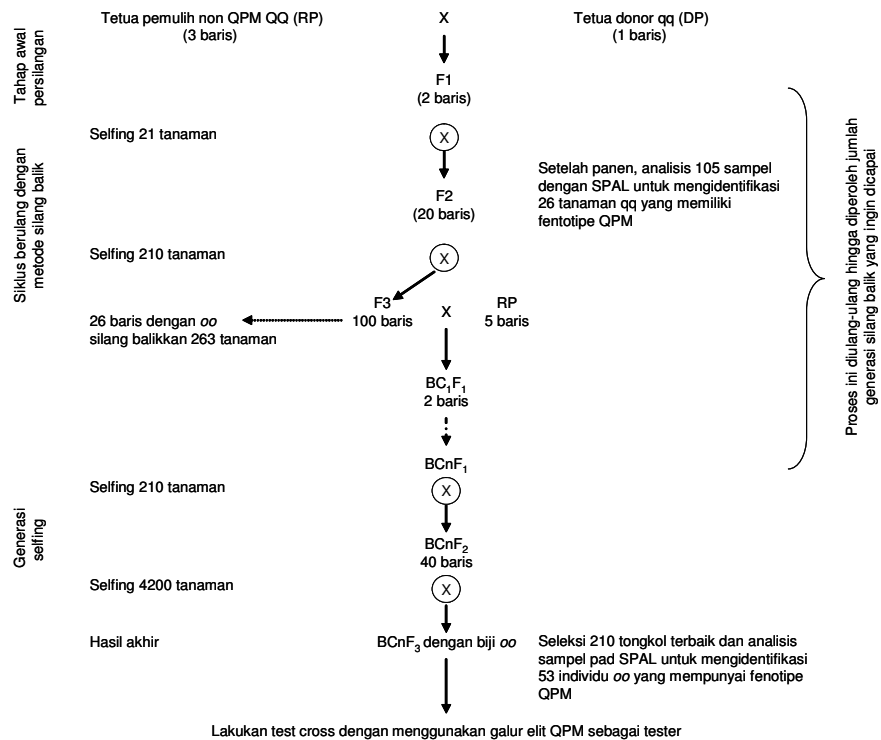
METODE PEMULIAAN

Metode pemuliaan jagung khusus untuk biomas tinggi dan umur genjah sama dengan metode pemuliaan varietas komposit maupun hibrida. Untuk jagung QPM, jagung pulut, dan jagung manis, ada sedikit perbedaan karena sifat kekhususannya dikendalikan oleh gen sederhana, yang bersifat homosigot resesif. Ketiga jenis jagung khusus tersebut memiliki kelemahan, yaitu hasil rendah dan rentan terhadap penyakit bulai dan hawar daun.

Bahan genetik atau galur elit sebagai populasi dasar yang hendak dikonversi menjadi jenis jagung khusus adalah populasi atau galur yang memiliki sifat baik dan tahan penyakit, terutama penyakit bulai, hawar dan karat daun. Program konversi tersebut dapat menggunakan seleksi silang balik (Kasim 2004).

Untuk mendeteksi individu tanaman yang membawa sifat homosigot resesif pada seleksi silang balik secara hibridisasi biasa diperlukan *selfing* pada setiap generasi silang balik. Hasil panen generasi *selfing* yang terseleksi ditanam lagi untuk disilangbalikkan dengan tetua pemulihnya. Sebagai contoh disajikan bagan untuk mengkonversi gen resesif *opoque-2* (*qq*) ke galur elit sebagaimana yang dikemukakan pada Gambar 1.

Untuk menghasilkan varietas hibrida dan atau sintetik, jumlah galur elit yang mesti dikonversi dengan gen *oo* minimal dua kelompok galur yang



Gambar 1. Skema pemuliaan silang balik untuk mengkonversi gen resesif opaque (oo) ke galur elit secara hibridisasi biasa. Sumber: Dreher *et al.* (2000)

sudah diketahui latar belakang genetiknya sebagai pasangan heterotik yang baik. Dengan demikian, galur-galur hasil konversi tersebut dapat saling disilangkan untuk menghasilkan varietas QPM unggul baru.

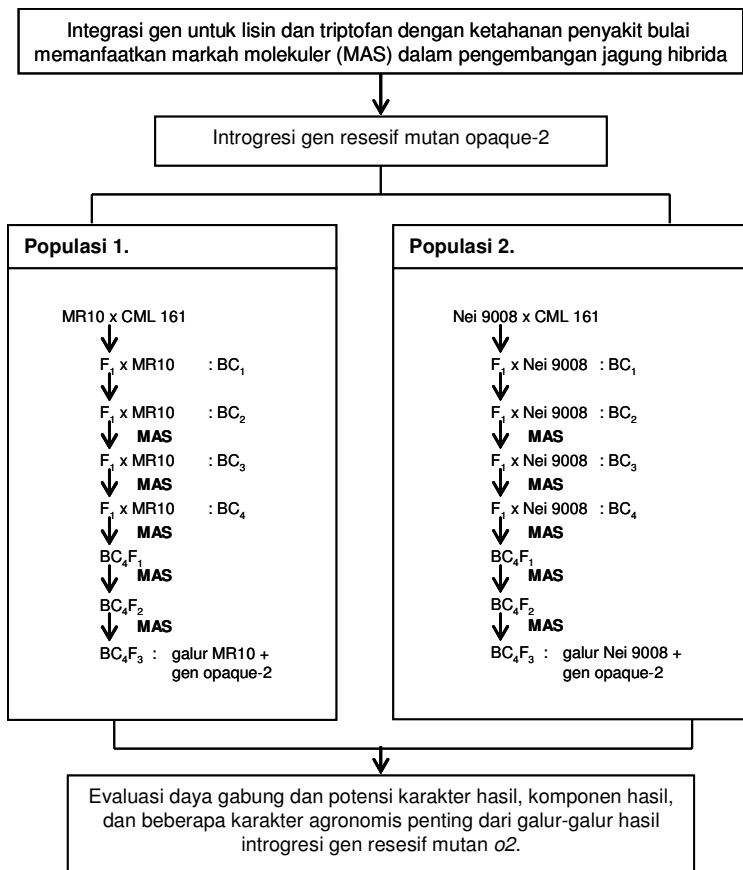
PEMULIAAN DENGAN TEKNOLOGI MARKAH MOLEKULER

Penerapan teknologi markah molekuler pada tanaman jagung semakin berkembang sejalan dengan semakin banyaknya pilihan markah DNA yaitu: (1) markah berdasarkan hibridisasi DNA seperti RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*); (2) markah berdasarkan reaksi rantai polimerase (*Polymerase Chain Reaction = PCR*) dengan menggunakan sekuen-sekuen nukleotida sebagai primer, seperti RAPD (*Randomly Amplified Polymorphic DNA*) dan AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*); (3) markah

berdasarkan PCR dengan menggunakan primer yang menggabungkan sekuen komplementer spesifik dalam DNA target, seperti STS (*Sequence Tagged Sites*), SCARs (*Sequence Characterized Amplified Regions*), SSRs (*Simple Sequence Repeats*) atau microsatellites, dan SNPs (*Single Nucleotida Polymorphism*) (Azrai 2006).

Markah DNA dapat digunakan untuk mengidentifikasi plasma nutfah yang memiliki karakter khusus untuk program pemuliaan jika markah DNA tersebut berasosiasi kuat dengan gen yang mengendalikan karakter yang diinginkan. Identifikasi galur-galur dengan bantuan markah molekuler juga sangat bermanfaat dalam analisis sidik jari (*fingerprinting*) karena dapat memberikan informasi dalam perencanaan program pemuliaan, terutama untuk pembentukan segregasi baru, varietas hibrida, dan sintetik unggul baru atau dapat digunakan oleh pemulia tanaman dalam menentukan tetua yang digunakan untuk memilih pasangan persilangan baru. Walaupun informasi dari kelompok heterotik tidak selalu mampu menghasilkan kombinasi persilangan terbaik, namun dengan pendekatan ini dapat membantu mengurangi jumlah persilangan maupun keturunan bersegregasi yang diperlukan untuk dievaluasi lebih lanjut. Selain itu, sidik jari DNA sangat diperlukan dalam perlindungan galur elit dari pencurian (klaim). Dengan demikian efisiensi pemuliaan dapat ditingkatkan secara nyata melalui seleksi terarah berdasarkan data molekuler dan ekspresi genetik secara fenotipik di lapangan.

Untuk memasukkan karakter yang diatur oleh gen resesif dari tetua donor ke dalam tetua pengulang, seleksi/identifikasi fenotipik pada progeni (keturunan) yang mengandung gen resesif pada program silang balik tidak bisa dilakukan langsung seperti pada sifat yang diatur oleh gen dominan, sehingga harus dilakukan *selfing* (silang diri) yang dilanjutkan dengan uji progeni. *Selfing* dapat menyebabkan terjadinya segregasi genotipe heterozigot, dan hanya genotipe homosygous resesif yang disilangbalik dengan tetua pengulang. Pembuatan *selfing* ini akan menambah waktu yang diperlukan untuk mencapai keragaan tetua pengulang yang diinginkan dan mengandung gen donor. Dengan bantuan markah molekuler tidak perlu lagi melakukan *selfing*/uji progeni, dan genotipe heterozigot dapat diidentifikasi yang dilanjutkan dengan membentuk BC2. Pada BC4 telah dicapai 96,9% genotipe tetua pengulang, dilanjutkan dengan *selfing* progeni heterozigot, dan identifikasi hanya untuk individu yang homozigot resesif. teknik pemuliaan untuk mengkonversi galur-galur elit tahan penyakit bulai menjadi galur-galur QPM untuk memperoleh galur-galur yang memiliki kedua karakter unggul tersebut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Teknik pemuliaan silang balik untuk mengkonversi gen resesif opaque (*oo*) ke galur elit dengan memanfaatkan markah molekuler (Azrai 2007).

PEMULIAAN ALTERNATIF

Untuk menembus 'platou' atau potensi genetik yang telah mendarat dewasa ini, Sumarno (2003) menyarankan perlunya pemuliaan alternatif secara tidak langsung melalui perubahan sifat fisiologis, antara lain: (a) perubahan bentuk tanaman menuju bentuk tanaman ideal yang sama sekali baru; (b) perbaikan arah, letak, bentuk dan warna daun; (c) perbaikan perkembangan perakaran; (d) peningkatan hasil bersih fotosintesis; (e) pengurangan tingkat respirasi; (f) mengubah tanaman C3 menjadi C4, (g) optimalisasi proporsi *sink-source*, (h) memasukkan gen yang dapat menstimulasi tanaman membentuk nitrogen (simbiose dengan bakteri, cendawan) pada tanaman nonleguminose, dan (i) menghasilkan tanaman yang dapat dipanen berulang kali.

Tanaman memiliki kapasitas 'source' (daun sebagai pabrik penyedia bahan baku untuk membentuk buah atau biji) sangat besar. Adakalanya kapasitas 'sink' (tempat penampung hasil metabolisme daun yang berupa bakal buah) terbatas (kurang banyak), sehingga hasil panen menjadi rendah. Pemuliaan dapat diarahkan kepada optimalisasi indeks luas daun (LAI) dan memperbanyak bakal buah atau mengurangi gugur bunga. Untuk itu, penggunaan MAS dapat diterapkan dalam mengidentifikasi gen pengatur atau penyebab gugur bunga dan mengganti dengan gen pasangannya yang dapat mengurangi gugur bakal bunga atau gugur bakal buah (Sumarno 2003). Dengan teknik rekombinan DNA, gen-gen pembentuk nodulasi rhizobium tanaman leguminose secara teoritis dapat dipindahkan ke dalam genom tanaman sereal (padi, jagung, sorgum, gandum, tebu) sehingga tanaman sereal yang memerlukan banyak nitrogen dapat memperoleh N dari udara atas bantuan bakteri rhizobium (Sumarno dan Muljopawiro 1994).

PENGEMBANGAN JAGUNG KHUSUS

Strategi penelitian dan pemuliaan jagung khusus hendaknya mengarah kepada program yang menghasilkan galur-galur/inbrida unggul untuk menghasilkan varietas sintetik dan atau hibrida. Keuntungan program jagung khusus berorientasi hibrida adalah sebagai berikut:

- Dengan memanfaatkan fenomena heterosis, potensi genetik hibrida lebih tinggi dibandingkan dengan varietas bersari bebas.
- Kemurnian mutu genetik jagung khusus, terutama yang dikendalikan oleh gen resesif, akan lebih mudah terjaga jika berupa varietas hibrida karena kemurnian genetik inbridanya lebih mudah dikontrol.
- Penampilan tanaman dan biji lebih seragam dan stabil pada jagung hibrida.

Dalam hal produksi benih jagung khusus mesti dilakukan dengan hati-hati dan secermat mungkin, terutama yang sifat kekhususannya dikendalikan oleh gen resesif. Walaupun teknik produksi benih jagung khusus tidak berbeda dengan produksi benih jagung biasa (dalam hal isolasi), tetapi secara berkala perlu dilakukan analisis laboratorium (sekali setahun) terutama untuk benih kelas penjenis dan benih dasar untuk memastikan mutunya, misalnya analisis kandungan lisin dan triptofan, kandungan amilopektin, kadar gula pada jagung manis, proksimat pada jagung biomas, dan jaringan jagung yang efisien pemupukan nitrogen.

Agar varietas unggul baru yang diperoleh dari program pemuliaan jagung khusus dapat berkembang dan dimanfaatkan oleh masyarakat, perlu dukungan berbagai pihak dalam hal diseminasi dan promosi secara terarah dan terpadu. Hal ini dapat dilakukan melalui jaringan penelitian dan

pengkajian (litkaji) di setiap provinsi di Indonesia. Pada saat yang sama, promosi varietas unggul jagung khusus kepada pihak industri yang memerlukan bahan baku jagung dapat dilakukan melalui berbagai forum dan media komunikasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, D.E. and Creech. 1977. Breeding special nutritional and industrial types. *In* Corn and Corn Improvement. The American Society of Agronomy Inc.
- Azrai, M. 2006. Sinergi teknologi marka molekuler dalam pemuliaan tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(3): 81-89.
- Azrai, M. 2007. Integrasi gen untuk lisin dan triptofan dengan ketahanan penyakit bulai memanfaatkan marka molekuler (MAS) dalam pengembangan jagung hibrida. Disertasi Sekolah Pascasarjana IPB. *Tidak dipublikasikan*.
- Bjarnason, M. and S.K. Vasal. 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *In*: Janick (Ed.). *Plant Breeding Review*. 9: 181-216.
- Dreher, K. Morris, M. Khairallah, J.M. Ribaut, S. Pandey, and G. Sinivasan. 2000. Is marker assisted selection cost-effective compared to conventional plant breeding methods? The case of quality protein maize. Paper presented at the fourth annual conference of the international consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICBR). Economics of Agricultural Biotechnology "held in Ravello", Italy, from 24-28 August, 2000. 25p.
- Dudley, J.W., R.J. Lambert, and D.E. Alexander. 1974. Seventy generations of selection for oil content and protein concentration in the maize kernel. *In*: *Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize*. Dudley, J.W., (Eds.), CSSA. Madison, Wisconsin, WI.
- FAO. 1992. *Agrostat, Food Balance Sheets*, FAO, Rome. Italy.
- Fauziati, N., Y. Raihana, dan S. Raihan. 1998. Hasil jagung dan produk hijauan pada beberapa cara pemangkasan daun. p. 443-448. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung*. Maros.
- Hallauer A.R. and J.B. Miranda FO. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State Univ. Press.
- Jugenheimer, R.W. 1985. *Corn Improvement, Seed Production, and Uses*. Robert E. Krieger Publishing Company Malabar, Florida.

- Kasim, F. 2004. Hasil-hasil penelitian dan prospek jagung bermutu protein tinggi. Makalah Seminar Review ilmiah. Puslit Tanaman Pangan. 8 Juli 2004. 12p.
- Lazzari B, C. Cosentino, and A. Viotti. 2002. Gene products and structure analysis of wildtype and mutant alleles at the *Opaque-2* locus of *Zea mays*. *Maydica* 47: 253-265.
- Mejaya, M.J., M. Dahlan, F. Kasim, M. Y. Gafar, W. Wakman, M. Adnan, M. Y. Said, R. N. Iriany, R. Efendi, Fatmawati, H. Talanca, A. Takdir, S.B. Santoso, M. Isnaini, dan M. Nawir. 2005. Ringkasan laporan pembentukan genotipe unggul jagung khusus: jagung QPM, jagung pulut, jagung biomas, jagung manis, dan jagung umur genjah. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Mertz ET., L.S. Bates, and O.E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145: 279-280.
- Nelson, O.E., E.T. Mertz, and L.S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science*. 150: 1469-1470.
- Paez, A.V., J.L.Helm, and M.S Zuber. 1969. Lysine content of opaque-2 maize kernels having different phenotypes, *Crop Sci.* 9: 251-252.
- Purseglove. 1992. *Tropicals Crops, Monocotyledons*. Longmann. London.
- Schmidt, R.J., F.A. Burr, M.J. Aukerman, and B. Burr. 1990. Maize regulatory gene opaque-2 encodes protein with a "leucine zipper" motif that binds to zein DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 8: 46-50.
- Subandi, I. Manwan, and A. Blumenschein. 1988. National Coordinated Research Program: Corn. Central Research Institute for Food Crops. Bogor. p.83.
- Subandi, M. Mejaya, S. Saenong, W. Wakman, Zubachtirodin, I Firmansyah. 2004. Highlight Balai Penelitian Tanaman Serealia 2003. Maros. p.41.
- Suhardjono, H. dan Moegijanto. 1998. Kajian sistem panen tanaman jagung dalam menunjang pakan ternak. p. 439-442. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Maros.
- Sumarno dan S. Muljopawiro. 1994. Pemuliaan tanaman konvensional dan bioteknologi. *Dalam: Sugiyarta et al. (Eds.)*. Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman II. Pasuruan.
- Sumarno. 2003. Pemuliaan tanaman menembus platou potensi genetik. Makalah disampaikan pada Lokakarya Manajemen Mutu Penelitian Pemuliaan Tanaman. Pacet, 8-12 September 2003.

- Tangendjaja, B. dan Gunawan. 1988. Jagung dan limbahnya untuk makanan ternak. *Dalam: Subandi et al. (Eds.). Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 423 p.*
- Troyer, A.F. dan J.R. Larkins. 1987. Selection for early flowering in corn: 10 late synthetics. *Crop Sci. 25:695-697.*
- Vasal, S.K., S. McLean, F.S. Vicente, and S.K. Ramanujam. 1995. Past and future uses of recurrent selection schemes. *CIMMYT, Mexico. p.162.*
- Vasal, S.K. 2000. The Quality Protein Maize story. *Food and Nutrition Bulletin. 21(4): 445-450.*
- Vasal, S.K. 2001. High Quality Protein Corn. *In: Hallauer, A.R. (Ed.). Specialty Corns. Second Ed. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p. 85-129*
- Yang, W., Y. Zheng¹, S. Ni, and J. Wu. 2004. Recessive allelic variations of three microsatellite sites within the *o2* gene in maize. *Plant Mol. Bio. Rep. 22: 361-374.*
- Zuber, M.S., W.H. Skrdla, and B.H. Choe. 1975. Survey of maize selections for endosperm lysine content. *Crop Sci. 15: 93-94.*