

MERE VOLUSI REVOLUSI HIJAU



Pemikiran Guru Besar IPB

MEREVOLUSI REVOLUSI

HIJAU

Pemikiran Guru Besar IPB

(Buku III)

Penyunting:

Roedhy Poerwanto

Iskandar Zulkarnaen Siregar

Ani Suryani



4.3

PEMULIAAN TANAMAN DALAM MEREVOLUSI REVOLUSI HIJAU

Oleh

Sriani Sujiprihati dan Muhamad Syukur

Departemen Agronomi dan Hortikultura

Fakultas Pertanian IPB

Pendahuluan

Revolusi hijau adalah pengejawantahan dari kemajuan ilmu pengetahuan di bidang pemuliaan tanaman. Gagasan revolusi hijau sebenarnya dimulai dari hasil penelitian Norman Borlaug, peneliti dari Amerika Serikat yang bekerja di Meksiko. Pada tahun 1960-an, Borlaug merakit varietas gandum yang responsif terhadap pupuk namun hasilnya belum memuaskan. Kemudian Borlaug menyilangkan varietas gandum lokal Meksiko dengan varietas asal Jepang yang pendek (*dwarf*) untuk menghasilkan tanaman yang dapat memanfaatkan pupuk lebih efisien. Varietas gandum temuannya kala itu mampu mengatasi kelaparan di negara-negara sedang berkembang pada tahun 1960-an. Varietas gandum ajaib tersebut dikembangkan secara luas oleh petani Meksiko, India, dan Pakistan. Pada tahun 1970, Borlaug menerima hadiah Nobel di Bidang pangan. Keberhasilan Borlaug dalam merakit varietas gandum menarik perhatian para pemulia di International Rice Research Institute (IRRI) yang kemudian berhasil pula menciptakan padi ajaib IR5 dan IR8. Inilah tonggak sejarah revolusi hijau (Adnyana 2005).

Terminologi revolusi hijau digunakan untuk menjelaskan peningkatan aktivitas fotosintesis dari pigmen hijau daun atau klorofil, untuk dapat menghasilkan lebih banyak karbohidrat. Proses ini tidak hanya melibatkan penggunaan energi matahari dan karbon dioksida secara efektif dari atmosfer, tetapi juga air dan unsur hara terutama nitrogen, fosfor, dan kalium dari tanah.

Lintasan teknologi utama pada revolusi hijau tahun 1960-an adalah modifikasi arsitektur tanaman dan karakter fisiologi. Sebagai contoh, pada padi, melalui proses penyilangan dan seleksi, arsitektur tanaman dimodifikasi dari varietas lokal dengan postur tanaman tinggi menjadi varietas unggul dengan anakan lebih banyak, daun tegak, berbatang pendek dan kokoh untuk dapat menahan gabah yang lebih banyak pada malai yang terbentuk, bila lahan diberi pupuk dan air yang mencukupi. Arsitektur tanaman yang lebih pendek dan kokoh ini mampu menggunakan *external input* secara efisien yang berasal dari pupuk kimia dan air irigasi, untuk berproduksi dalam jumlah yang lebih banyak dengan umur tanaman yang lebih pendek (Zaini 2009). Teknologi tersebut berhasil mendorong peningkatan produktivitas beberapa tanaman sereal seperti gandum, padi, jagung, dan sorgum.

Bagaimanapun, revolusi hijau tidak terlepas dari berbagai kritikan, terutama dari pakar lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Kritikan tersebut berkaitan dengan terjadinya degradasi lingkungan sebagai akibat penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan, perlunya irigasi karena penggunaan air yang lebih banyak, menurunnya biodiversitas akibat hilangnya berbagai varietas lokal, patahnya berbagai ketahanan genetik terhadap hama dan penyakit, teknologi yang hanya dinikmati oleh petani berpendapatan tinggi karena lebih mampu mengadakan *input* untuk memperoleh hasil tinggi dari varietas unggul baru yang diintroduksi (Kesavan dan Swaminathan 2006).

Langkah untuk mengantisipasi kerusakan lingkungan lebih lanjut akibat modernisasi pertanian tersebut dibahas dalam the *Science Academic Summit* tahun 1996 di Madras, India, yang kemudian mendeklarasikan revolusi hijau lestari (*evergreen revolution*), yang diartikan sebagai *new green revolution* dalam *World Food Summit* di FAO, Roma (Fagi *et al.* 2009). Konsep revolusi hijau lestari menekankan pada peningkatan produktivitas tanaman tanpa merusak ekologi dan sosial masyarakat. Untuk mencapai produktivitas yang lebih tinggi harus dikembangkan manajemen sumber daya alam yang secara progresif dapat mendorong peningkatan kualitas lahan, biodiversitas, dan produktivitas (Kesavan dan Swaminathan 2006).

Transformasi revolusi hijau ke revolusi hijau lestari akan mengantarkan pada *win-win solution* antara petani dan ekosistem (Zaini 2009). Strategi pemuliaan yang digunakan untuk mencapai revolusi hijau lestari ini adalah (1) pemuliaan yang merakit varietas tanaman dengan arsitektur baru (*new ideotype*) untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen (Notohadiprawiro



1995; Las 2008), (2) pemuliaan adaptif yang menghasilkan varietas unggul berdaya hasil tinggi meskipun pada lingkungan tercekam (Notohadiprawiro 1995; Las 2008), (3) pemuliaan dengan pendekatan partisipasi petani (pemuliaan tanaman partisipatif) dalam rangka menghasilkan tanaman yang beradaptasi pada lokasi tertentu (Swaminathan 2006; Las 2008), (4) pemuliaan dengan memanfaatkan bioteknologi (Adnyana 2005).

Pemuliaan Tanaman Menggunakan Pendekatan Ideotipe

Sejak varietas IR8 yang sangat responsif terhadap pemupukan tersebar luas di berbagai negara tahun 1970-an, revolusi hijau dimulai dan produksi padi meningkat luar biasa. Ciri utama padi IR8 (PB8) yang disebut juga padi modern adalah batang pendek, anakan banyak, daun tegak, malai sedang, responsif terhadap pupuk nitrogen dan umur pendek (125–135 hari). Padi tipe modern tersebut menjadi motor teknologi revolusi hijau yang telah berhasil menyelamatkan penduduk Asia dari bahaya kelaparan (Abdullah 2008).

Kelebihan dari varietas tipe pendek dengan anakan banyak adalah kemampuannya menghasilkan malai per rumpun yang tinggi, yaitu sekitar 20 malai per rumpun atau 1000 malai/m² yang menjadi penentu tingginya hasil. Daun yang berwarna hijau tua dan tegak memberi peluang fotosintesis lebih baik karena daun mempunyai klorofil lebih banyak, intersepsi cahaya matahari lebih baik sampai permukaan daun di bagian bawah tanaman, sehingga banyak menghasilkan asimilat yang nantinya akan disimpan dalam bentuk beras. Daun dan daun bendera yang tidak cepat menguning (*sense*) sangat menentukan pengisian gabah. Sekitar 60% hasil fotosintesis daun bendera disimpan dalam gabah (Abdullah 2008).

Pada tahun 1986, varietas IR64 diintroduksi dan dilepas sebagai varietas unggul di Indonesia. Varietas ini sangat digemari oleh petani dan konsumen, terutama karena rasa nasi yang enak, umur genjah, dan hasil relatif tinggi. Selama beberapa tahun, IR64 merupakan varietas yang paling luas ditanam di Indonesia. Karakteristik varietas tipe IR64 antara lain adalah umur sedang (100–125 HSS), postur tanaman pendek sampai sedang (95–115 cm), bentuk tanaman tegak, posisi daun tegak, jumlah anakan sedang (20–25 anakan/rumpun, dengan anakan produktif 15–16 anakan/rumpun), panjang malai sedang, responsif terhadap pemupukan, tahan rebah, daya hasil agak tinggi (5–6 ton/ha), tahan hama dan penyakit utama, mutu giling baik, dan rasa nasi enak. Contoh varietas



ipe IR64 adalah Way Apo Buru, Widas, Ciherang, Tukad Unda, dan Konawe (Susanto *et al.* 2003). Way Apo Buru dan Ciherang dewasa ini mampu bersaing dengan IR64 (IR generasi baru).

Namun, sejak tahun 1980-an, produktivitas padi sawah relatif tidak meningkat. Tipe tanaman padi yang beranak banyak dapat mengakibatkan rendahnya indeks panen dan rendahnya kualitas beras. Dengan anakan banyak, tidak semua anakan menghasilkan malai dan atau tidak semua malai masak bersamaan, sehingga indeks panen rendah dan kualitas gabah rendah akibat banyaknya butir hijau dan beras pecah (Abdullah 2008). Selain itu, terjadi arus balik dari *green revolution* (GR) dengan sistem HEIA (*high external input agriculture*) ke *evergreen revolution* dengan sistem LEISA (*low external input sustainable agriculture*). Upaya terobosan yang dilakukan adalah membentuk arsitektur tanaman yang memungkinkan peningkatan produktivitas tanaman (Susanto *et al.* 2003). Pendekatan pemuliaan yang digunakan adalah memformulasikan kembali *ideotype* tanaman (bentuk tanaman ideal). Ideotype tanaman adalah kombinasi spesifik dari karakter yang mendukung fotosintesis, pertumbuhan dan produksi (Trikoesoemaningtyas 2006).

Ideotype tanaman padi sebelum tahun 1970-an, yang disebut tipe tradisional, adalah batang tinggi, anakan sedikit dan malai panjang. Ideotype padi modern (padi revolusi hijau) adalah seperti ditunjukkan oleh IR8 yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil formulasi kembali ideotype padi dalam rangka meningkatkan produktivitasnya disebut dengan padi tipe baru (PTB) atau *new plant type rice*.

Padi tipe baru adalah tipe padi yang mempunyai ciri batang pendek dan kuat, jumlah anakan sedikit (8–10 batang) tapi produktif semua, gabah per malai 200-150 butir, bobot 1000 gabah bernas 25 g, daun tegak, warna daun hijau tua, dan sistem perakaran yang banyak dan dalam. Sifat-sifat tersebut akan menjadikan varietas PTB dapat mengaktualisasikan potensi hasil maksimum pada lingkungan yang mendukung. Padi japonica tropis (*javanica*) mempunyai batang kokoh, anakan sedikit, malai panjang dan jumlah gabah per malai banyak, oleh sebab itu banyak varietas padi lokal subspecies dari Indonesia yang digunakan sebagai sumber gen atau tetua dalam program perakitan PTB (Abdullah 2008).

IRRI mulai mengembangkan padi tipe baru pada tahun 1989 dan pada tahun 2000 hasilnya telah didistribusikan ke berbagai negara untuk dikembangkan lebih lanjut. Menurut Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (2011), varietas unggul padi tipe baru (VUTB) telah dilepas tahun 2003 yang diberi nama Fatmawati dengan potensi hasil 6–9 ton GKG/ha.



Sejak tahun 1978 sampai dengan 2010 BB Padi (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi) telah melepaskan 111 varietas unggul padi, baik varietas VUB (Varietas Unggul Baru), VUTB (Varietas Unggul Tipe Baru) maupun VUS (Varietas Unggul Spesifik) baik dalam bentuk Inbrida maupun Hibrida. Padi tipe baru yang telah dilepas adalah Cimelati (semi PTB) potensi hasil 7 ton/ha, Gilirang (semi PTB) potensi hasil 6,15 ton/ha, Ciapus (semi PTB) potensi 8.2 ton/ha, selain Fatmawati yang telah dijelaskan sebelumnya (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2011). Institut Pertanian Bogor (IPB) telah merakit varietas padi tipe baru sejak lima tahun terakhir, ada 4 calon varietas PTB yang pada akhir tahun 2011 sedang menunggu SK Pelepasan dari Menteri Pertanian.

Pemuliaan Tanaman untuk Lingkungan Bercekaman dan *Input* Rendah

Upaya mempertahankan stabilitas hasil di lahan pertanian suboptimal dengan perbaikan lingkungan merupakan pendekatan bermasukan tinggi (*high input approach*). Pendekatan ini sering kali tidak dapat diterapkan secara luas karena sebagian besar petani di lahan-lahan sub-optimum merupakan petani dengan kemampuan yang rendah untuk memperoleh *input* (*resource poor farmers*). Hal ini dapat disebabkan oleh jarak dan ketersediaan infrastruktur yang menyebabkan *input* seperti pupuk dan kapur dapat tidak tersedia dalam jumlah yang cukup, waktu yang tepat dan harga yang terjangkau bagi petani di lahan-lahan sub-optimum. Di samping itu, sebagian besar petani di lahan-lahan suboptimum merupakan petani dengan daya beli yang rendah.

Pendekatan alternatif yang tersedia adalah dengan menyesuaikan tanaman dengan lingkungan tumbuhnya, yaitu dengan menanam varietas tanaman yang berdaya hasil tinggi dan adaptif terhadap cekaman lingkungan yang spesifik di lahan sub-optimum. Pendekatan ini merupakan pendekatan bermasukan rendah (*low input approach*), karena varietas yang toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik di lingkungan tumbuhnya akan memerlukan lebih sedikit *input* untuk dapat mempertahankan stabilitas produksi dibandingkan dengan varietas yang tidak toleran (Trikoesoemaningtyas 2006).

Lingkungan sub-optimum merupakan lingkungan yang beragam dan tidak sama tingkat cekamannya. Tujuan pemuliaan untuk perbaikan stabilitas hasil di lingkungan suboptimum ditentukan oleh taraf cekaman pada lingkungan targetnya. Fukai *et al.* (2004) menjelaskan kompleksitas lingkungan suboptimum dengan cekaman kekeringan sebagai contoh. Model



yang dikembangkan menunjukkan interaksi antara tujuan pemuliaan dengan intensitas cekaman kekeringan. Pada lingkungan dengan cekaman yang tidak terlalu berat, pendekatan yang dapat diambil adalah dengan memanfaatkan varietas-varietas unggul dengan adaptasi yang luas (*high yielding varieties* HYV). Pada lingkungan dengan taraf cekaman yang tidak berat, varietas berdaya hasil tinggi akan mengalami penurunan hasil, namun tetap dapat memberikan hasil yang lebih tinggi dari varietas lokal. Pada lahan suboptimal dengan taraf cekaman yang berat mutlak diperlukan varietas toleran.

Cekaman Biotik

Cara pengendalian organisme pengganggu tanaman telah dirumuskan oleh para ahli. Cara ini memanfaatkan semua unsur pengendalian yaitu (1) penggunaan varietas tahan, (2) pemanfaatan musuh alami, (3) kultur teknis (perempak, tepat musim tanam, rotasi tanaman, tumpang sari), (4) sanitasi dan karantina, (5) penyediaan lingkungan tumbuh optimal bagi tanaman, dan (6) penggunaan insektisida secara bijaksana (Sumarno 1992).

Penggunaan varietas tahan memiliki beberapa keuntungan, yaitu (1) biayanya murah dan penerapannya mudah, (2) tidak menimbulkan ancaman terhadap hasil tanaman maupun lingkungan, (3) dapat melestarikan musuh alami (parasit, predator), (4) tidak mengganggu keseimbangan lingkungan, (4) tidak memerlukan alat untuk penerapannya (Sumarno 1992). Ketersediaan varietas tanaman tahan terhadap hama dan penyakit telah mengurangi penggunaan bahan kimia, sehingga meningkatkan kesehatan masyarakat pertanian. Selain itu, teknik ini membuat lebih banyak tanaman yang tersedia bebas pestisida dan melindungi flora dan fauna yang bermanfaat (Kush 2001).

Pemanfaatan varietas tahan hama dan penyakit telah banyak dilakukan pada padi. Hama penting pada padi adalah wereng, ganjur, dan sundep-beluk, sedangkan penyakit penting adalah blast, tungro, hawar daun, busuk batang, dan rdil rumput. Dengan penanaman varietas unggul tahan hama dan penyakit tersebut, telah dihemat bermiliar rupiah, yang diperuntukkan bagi pembelian pestisida. Perakitan varietas tahan hama juga diterapkan pada tanaman lain, yang memiliki banyak hama dan pengendaliannya masih menggantungkan pada penggunaan pestisida.

Varietas padi pertama yang mempunyai ketahanan ganda (*multiple resistance*) adalah IR26. Sejak itu, banyak varietas dengan ketahanan ganda dikembangkan oleh IRRI dan beberapa negara. Sebagai contoh, IR36 membawa



gen Xa4 untuk ketahanan terhadap busuk bakteri (*Xanthomonascampestris*); Pita, Piz, Pib1 dan Pib2, dan Pik-S untuk ketahanan terhadap *blast*; Gs untuk ketahanan terhadap kerdil rumput; bph2 untuk ketahanan terhadap wereng coklat, dan glh10 untuk ketahanan terhadap wereng hijau (Kush 2001).

Penggunaan skala luas varietas padi yang mempunyai ketahanan ganda telah membantu menstabilkan produksi beras dunia, dan fluktuasi hasil dari tahun ke tahun relatif rendah. Lain halnya jika menggunakan varietas rentan, sebagai contoh fluktuasi hasil dari IR8 yang rentan sangat tinggi sebagai akibat serangan hama dan penyakit. Namun demikian, varietas tahan tidak akan tetap tahan selamanya, karena kemungkinan varietas ini menjadi rentan untuk ras atau biotipe baru penyakit dan hama. Oleh karena itu, identifikasi gen baru untuk ketahanan terhadap biotipe yang berbeda mutlak diperlukan sehingga ketika muncul biotipe baru tersebut, gen tersebut dapat segera diintroduksi ke tanaman.

Selain pada padi, pemuliaan untuk merakit varietas yang mempunyai ketahanan ganda terhadap hama dan penyakit penting juga dilakukan pada tanaman lain seperti gandum dan jagung. Sebagai contoh, varietas gandum modern adalah tahan terhadap karat batang, daun karat, dan Fusarium. Pemulia jagung telah merakit varietas tahan terhadap beberapa penyakit, seperti penyakit bulai, jamur berbulu halus, hawar daun, virus gores jagung (*maize streak virus* (MSV)), bercak daun kelabu dan *corn stunt*; dan serangga, seperti ulat tentara (*armyworms*), penggerek tongkol (*earworms*), dan penggerek batang (*stemborers*).

Masalah kerapuhan genetik perlu diperhatikan dalam teknologi budi daya dan pemuliaan tanaman. Bencana epidemi *corn leaf blight* (*Helminthosporium maydis*) di Amerika Serikat tahun 1970 yang disebabkan oleh penanaman varietas unggul dengan ketahanan gen utama yang seragam dalam areal yang luas sekali, keseragaman genetik bukan hanya pada gen ketahanan saja tetapi juga pada karakter genetik lainnya, dan kemajuan teknologi produksi dan pengolahan memang menghendaki dikembangkannya varietas yang seragam. Kondisi keseragaman genetik ini, disebutkan bahwa tanaman bersangkutan adalah rapuh genetik (*genetically vulnerable*), artinya jika berkembang ras baru patogen yang dapat menyerang gen utama tahan tadi, seluruh varietas yang awalnya tahan menjadi peka terhadap patogen bersangkutan. Hampir seluruh tanaman yang bernilai ekonomi penting, dan padanya dilaksanakan pemuliaan ke arah keseragaman genetik yang intensif adalah rapuh genetik (Makmur 2001).



Berbagai teknik pemuliaan tanaman dianjurkan untuk mengatasi masalah di atas, diantaranya mengutamakan gen-gen ketahanan lapang (*field resistance*) daripada resistensi vertikal (*vertical resistance*). Namun, yang paling intensif dimasyarakatkan ialah pembentukan *multiline varieties* atau *pyramiding genes*, didasari pada kenyataan bahwa masyarakat petani masih menuntut varietas seragam. Pada teknik pemuliaan ini, berbagai gen utama resisten dihimpun dalam varietas yang sama, sehingga penampilan fenotipenya tetap seragam. Tetapi teknik ini memerlukan kerja keras yang terpadu dari ahli penyakit dengan ahli pemuliaan (Makmur 2001).

Cekaman Abiotik

Pemuliaan tanaman untuk lingkungan bercekaman abiotik diarahkan pada pembentukan varietas yang mempunyai karakteristik adaptif pada lingkungan tersebut. Sebagai contoh, karakter adaptasi terhadap kekeringan diarahkan pada indeks panen lebih tinggi, umur berbunga lebih awal, periode pengisian biji lebih pendek, warna daun hijau gelap pada awal vegetatif, warna daun hijau terang pada vegetatif aktif, tinggi tanaman lebih rendah pada musim kering, jumlah anakan banyak, efisien transpirasi lebih rendah, jumlah biji fertil lebih tinggi, indeks toleransi kekeringan lebih, dan lain-lain.

Untuk lingkungan bercekaman abiotik (sub-optimum), seperti lahan sawah tadah hujan, lahan pasang surut dengan tanah sulfat masam, atau lahan kering bertanah masam, kegiatan pemuliaan tanaman diarahkan pada pembentukan varietas yang mempunyai toleransi terhadap cekaman lingkungan tumbuhnya sehingga mengarah kepada pengembangan varietas spesifik lokasi.

Untuk lahan kering bertanah masam telah dikembangkan varietas padi gogo dengan potensi hasil yang lebih tinggi dan toleran terhadap kekeringan dan keracunan Al. Varietas Situ Bagendit dan Situ Patenggang yang dilepas tahun 2002 mempunyai potensi hasil mencapai 5–6 ton/ha lebih tinggi dari varietas padi gogo Cirata (3,0–4,0 ton/ha) (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2011). Varietas unggul jagung bersari bebas Sukmaraga mempunyai potensi hasil 8,4 ton/ha dan toleran terhadap tanah masam. Varietas unggul kedelai yang spesifik untuk lahan kering bertanah masam adalah varietas Ratai dan Seulawah yang dilepas tahun 2004 mempunyai potensi hasil 1,6–2,6 ton/ha dan toleran terhadap lahan dengan pH 5,5 dengan kejenuhan Al sampai 35%. Untuk lahan pasang surut dengan lahan sulfat masam, telah dilepas 16



varietas unggul padi sejak tahun 1981. Beberapa varietas seperti Indragiri, Pungkur, dan Siak Raya mempunyai potensi hasil yang tinggi 4,5–5,5 ton/ha di lahan pasang surut karena toleran terhadap keracunan Al, Fe, dan juga salinitas (Trikoesoemaningtyas 2006).

Untuk lahan-lahan sub-optimal di mana produktivitas umumnya lebih rendah, arah perakitan varietas harusnya tidak terfokus pada pencapaian hasil tinggi tetapi justru pada kualitas yang lebih baik dengan nilai jual yang lebih tinggi. Thailand adalah negara dengan ekspor beras berkualitas yang terbesar di ASEAN, walaupun produktivitasnya termasuk terendah. Varietas padi gogo berkualitas tinggi seperti Situ Patenggang yang aromatik harus lebih dikembangkan di masa datang untuk meningkatkan pendapatan petani.

Toleransi terhadap Tumpang Sari

Sistem tumpang sari telah lama diterapkan di wilayah tropis, terutama di negara-negara berkembang yang rata-rata kepemilikan tanah pertanian relatif sempit. Tumpang sari adalah proses produksi dua atau lebih tanaman pada lahan sama dan waktu sama atau sebagian sama. Sistem ini merupakan cara efektif dalam mengintensifkan produksi pertanian melalui penggunaan faktor tumbuh (cahaya, air, dan hara), ruang dan waktu yang lebih efisien. Tumpang sari antarspesies yang mempunyai kesamaan masa pertumbuhan hanya akan memanfaatkan ruang saja, sedangkan yang berbeda masa pertumbuhannya dapat memanfaatkan ruang dan waktu (Poespodarsono 1992).

Penentuan spesies yang dikombinasikan amat penting dalam keberhasilan sistem tumpang sari. Lebih jauh lagi, penggunaan varietas yang tepat akan menjamin keberhasilan sistem ini. Varietas yang mendukung sistem tumpang sari adalah varietas yang mempunyai ideotipe tertentu, sehingga mampu berkompetisi pada lingkungan terbatas dan juga tahan terhadap serangan organisme pengganggu tanaman.

Karakter tanaman yang mendukung idiotipe tanaman yang ideal untuk sistem tumpang sari adalah lebar kanopi. Struktur kanopi tertentu dapat menunjang pertumbuhan tanaman menjadi lebih efektif dan dapat meningkatkan efektivitas tumpang sari. Struktur kanopi mempengaruhi pertumbuhan dalam dua hal, yaitu (1) berkaitan dengan distribusi dan intensitas penyerapan cahaya matahari, (2) berkaitan dengan perubahan morfologi, fisiologi, dan perkembangan tanaman.



Pada tanaman kacang-kacangan seperti kedelai, lebih efektif apabila kanopinya tegak dengan banyak ruas tempat tumbuh polong, karena pengisian biji berasal terutama dari daun bagian atas. Pada tanaman serealia, yang terpenting adalah susunan morfologi pada pengisian biji. Suplai asimilat untuk pengisian biji sebagian besar berasal dari daun bendera dan daun di bawahnya. Pada tanaman padi, di samping sifat daun atas ini, juga perlu dikaitkan dengan ketahanan terhadap kerebahan yakni tinggi tanaman jumlah anakan. Tanaman jagung yang mempunyai daun tegak di atas tongkol akan memberikan pengaruh lebih baik pada hasil biji. Pada tanaman ubi kayu, varietas yang cocok untuk sistem tumpang sari adalah yang bercabang lambat dan mempunyai vigor sedang. Tipe ini dapat memberikan lebih banyak cahaya masuk pada ruang di antara tanaman, terutama pada awal pertumbuhannya (Poespodarsono 1992).

Pemuliaan Tanaman untuk Lingkungan Spesifik Lokasi

Penggunaan varietas unggul yang bersifat *broad adaptation* seperti halnya IR64 dewasa ini telah berubah ke penggunaan varietas unggul baru (VUB) spesifik lokasi. Istilah *high yielding variety*—varietas berdaya hasil tinggi—berubah menjadi varietas modern karena tidak semua varietas unggul mampu memberikan hasil yang tinggi pada kondisi lingkungan yang beragam. Hal ini mengindikasikan perlunya uji multilokasi galur-galur harapan berdaya hasil tinggi dan uji adaptasi berbagai varietas unggul baru pada kondisi spesifik lokasi. Ketersediaan berbagai alternatif pilihan varietas unggul pada suatu wilayah akan berdampak terhadap stabilitas ketahanan pangan dari cekaman biotik dan abiotik di wilayah tersebut (Zaini 2009).

Pada pengembangan varietas bagi lingkungan target, perlu pertelaan lingkungan target dalam kaitannya dengan beberapa parameter yang bersifat umum seperti wilayah geografis, tipe tanah, sistem budi daya tanaman dan ketinggian tempat, atau bahkan dalam cakupan yang lebih kecil keragaman lingkungan yang akan ditemukan. Seleksi untuk adaptasi lokal hanya dapat dilakukan pada lingkungan tertentu yang menjadi target pemuliaan, sehingga varietas dengan daya adaptasi tinggi untuk lingkungan tersebut umumnya kurang baik untuk lingkungan lainnya. Keuntungan seleksi adaptasi lokal adalah kesesuaian varietas yang dihasilkan dengan kondisi setempat dan kebutuhan petani. Sedangkan kelemahannya adalah rendahnya efektifitas seleksi terutama untuk sifat-sifat dengan heritabilitas rendah yang hanya dapat dievaluasi dengan baik pada lingkungan yang lebih beragam (Sobir 2005).



Pemuliaan tanaman memainkan peranan sangat penting dalam pembangunan dan penguatan sistem pertanian lokal dan perlindungan keanekaragaman genetik. Dengan demikian, orientasi pada petani sebagai pengguna sangat penting dalam pemuliaan untuk lingkungan spesifik lokasi. Tanpa partisipasi petani, program pemuliaan untuk keperluan lokal tidak akan mencapai sasaran. Pemuliaan berbasis pengguna memiliki kelebihan mendasar, seperti kriteria seleksi yang sesuai untuk kebutuhan lokal dan kesesuaian dengan lingkungan target yang lebih baik (Elings *et al.* 2001). Menteri Pertanian telah melepas padi IPB 1R Dadahup dan IPB 2R Bakumpai yang spesifik untuk lokasi rawa pasang surut dan lebak pada tahun 2010 (Institut Pertanian Bogor 2010).

Pemuliaan Tanaman Partisipatif

Perkembangan pemuliaan tanaman di suatu negara tidak hanya tergantung pada ketersediaan dan penguasaan teknologi, tetapi juga sangat tergantung dari organisasi/kelembagaan dan partisipasi masyarakat. Kegiatan pemuliaan tanaman seharusnya melibatkan unsur perguruan tinggi (*academic*), swasta (*business*) di samping lembaga penelitian pemerintah (*government*). Ketiga komponen ini harus membagi tugas dengan jelas, karena sumber daya yang dapat digunakan saat ini masih terbatas. Perguruan tinggi bertugas mengembangkan ilmu dan teknologi pemuliaan tanaman dan mendidik sumber daya manusia, sedangkan perusahaan swasta dapat bergerak di bidang pemuliaan hibrida dan komersialisasi benih-benih hibrida. Lembaga penelitian pemerintah lebih memfokuskan diri pada menghasilkan varietas publik, mengembangkan varietas tanaman minor, dan pengelolaan plasma nutfah (Trikoesoemaningtyas 2006).

Partisipasi masyarakat dalam pemuliaan tanaman harus lebih besar. Dengan luas lahan pertanian yang mencapai 8,9 juta ha dengan keragaman agroekosistem yang tinggi, tidak mungkin dikembangkan varietas yang seragam. Pengembangan varietas spesifik akan dapat berhasil melalui program pemuliaan partisipatif yang melibatkan pemulia, petani dan konsumen dalam proses seleksinya. Pemuliaan partisipatif memanfaatkan pengetahuan pemulia tentang materi genetik yang digunakan, pengetahuan petani tentang lingkungan produksi dan kendala yang dihadapi serta permintaan konsumen/ industri yang spesifik. Pemuliaan partisipatif akan meningkatkan jumlah varietas yang diadopsi oleh petani dan diterima oleh industri/konsumen, sehingga meningkatkan efisiensi ekonomi program pemuliaan.



Pemuliaan Tanaman Partisipatif (PTP) adalah program pemuliaan tanaman yang mengikutsertakan para pengguna hasil pemuliaan, termasuk petani, pedagang, pengolah hasil, dan konsumen (Sperling *et al.* 2001). Pemuliaan Tanaman Partisipatif merupakan pendekatan komplemen bagi pemuliaan yang secara formal dilakukan di lembaga-lembaga penelitian. Pemuliaan ini sebagai jawaban keterbatasan cakupan kegiatan yang dapat dilakukan lembaga formal, baik dari sisi ketersediaan sumber daya manusia, keragaman agroklimat yang harus ditangani, besarnya sumber daya genetik yang dikelola, serta skala cakupan adaptasi yang relatif kecil (Sobir 2005). Partisipasi aktif petani dapat meliputi semua tahapan kegiatan pemuliaan tanaman, meliputi penentuan tujuan, pemilihan tetua, pemilihan galur, kriteria seleksi, pengujian galur, dan pelepasan kultivar. Pemuliaan partisipatif terutama sangat diperlukan untuk menyediakan kultivar unggul adaptif bagi lingkungan marginal dan petani lemah modal. Selanjutnya petani dapat melakukan seleksi dengan kriteria yang diinginkan, kemudian memutuskan apakah akan mengadopsi genotipe baru tersebut atau tidak. Genotipe (kultivar) baru yang disukai petani, tentunya mempunyai sifat unggul yang sesuai dengan keinginan petani (Sujiprihati 2005).

Pemuliaan partisipatif sekaligus dapat meningkatkan kandungan plasma nutfah pada kultivar unggul yang dihasilkan, karena kultivar lokal adaptif banyak digunakan sebagai tetua dalam persilangan. Menurut Sperling *et al.* (2001), terdapat dua metode dalam pemuliaan partisipatif yaitu (1) pemuliaan partisipatif yang dibina oleh peneliti, yaitu apabila petani ikut menyeleksi dan menguji galur-galur hasil perakitan pemulia (peneliti); (2) pemuliaan partisipatif yang dikendalikan petani, apabila peneliti hanya membantu petani dalam tahapan pemuliaan yang tidak dapat dilakukan petani, sedangkan tahapan selanjutnya dilakukan oleh petani dengan berkonsultasi ke peneliti.

Kelebihan program pemuliaan partisipatif adalah terdapatnya umpan balik dari petani, seleksi secara langsung dari petani, dan galur yang sesuai di tingkat usaha tani mereka. Dalam program pemuliaan partisipatif, banyak digunakan kultivar lokal sebagai tetua persilangan dan mungkin akan dilepas sebagai kultivar bersari bebas (*open pollinated variety*) yang dapat beradaptasi terhadap lingkungan setempat.

Penelitian tentang partisipasi petani dalam pemuliaan tanaman telah diimplementasikan oleh Ceccarelli *et al.* (2001) pada tanaman barley di Syria, Marocco dan Tunisia. Hasilnya menunjukkan bahwa seleksi oleh petani biasa efektif, walaupun secara individu berbeda-beda. Seleksi yang dilakukan oleh kelompok petani ternyata lebih baik daripada seleksi yang dilakukan



oleh petani secara individual. Karena itu, pemuliaan tanaman partisipatif menjadi strategi yang efektif dalam perbaikan produksi tanaman. Apalagi di daerah-daerah yang terlalu jauh, atau yang sukar untuk diakses oleh pemulia, partisipasi petani dalam melakukan seleksi menjadi sangat bermanfaat.

Pemanfaatan Sumber Daya Genetik Lokal

Perakitan varietas modern bergantung pada ketersediaan keragaman genetik tanaman. Karakter-karakter unggul yang diperlukan untuk memperbaiki varietas yang telah ada, hampir semuanya dipunyai oleh varietas tradisional yang ditanam petani dan diseleksi selama beberapa generasi, serta sejumlah spesies liar. Sebab itu, meskipun varietas modern saat ini telah diadopsi secara luas oleh petani, namun keberadaan varietas tradisional harus dipertahankan, walaupun selama ini belum banyak dimanfaatkan. Dengan berlangsungnya proses intensifikasi budi daya tanaman, sejumlah varietas lokal sering kalah bersaing dengan varietas-varietas modern yang potensi hasilnya tinggi, sehingga di daerah-daerah tertentu keberadaan varietas lokal sudah hampir punah (Daradjat *et al.* 2008). Dalam memberdayakan varietas lokal, Kementerian Pertanian telah melepas ratusan varietas lokal, terutama buah-buahan (Kementerian Pertanian 2010). Institut Pertanian Bogor (IPB) telah membantu pemerintah daerah dalam pengusulan pelepasan varietas lokal diantaranya adalah Salak Salman (lokal Tasikmalaya), Pisang Raja Buluh Kuning (lokal Bogor), Pisang Kepok Unti Sayang (lokal Sulwaesi Selatan), Nenas Mahkota Bogor (lokal Bogor), Manggis Malinau (lokal Malinau), Manggis Marel (lokal Rejang Lebong, Bengkulu), Manggis Wanayasa (lokal Purwakarta) dan Manggis Puspahiyang (lokal Tasikmalaya) (Institut Pertanian Bogor 2010).

Dalam program pemuliaan tanaman, varietas lokal banyak digunakan sebagai donor gen sifat mutu baik (rasa enak dan aromatik), ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, serta toleransi terhadap cekaman abiotik seperti suhu rendah, lahan salin, toleran, sulfat masam, dan genangan.

Pemanfaatan Bioteknologi dalam Pemuliaan Tanaman

Pemuliaan tanaman telah mampu menjawab tantangan untuk menghasilkan varietas tanaman pangan yang menyediakan pangan bagi penduduk dunia, tetapi tantangan untuk menjaga ketahanan pangan di abad



ke-21 justru semakin berat. Penduduk dunia akan menjadi lebih dari 8 miliar orang yang berarti petani harus dapat menghasilkan 40% lebih banyak pangan dibanding saat ini, adanya perubahan iklim global, degradasi agroekosistem, dan erosi keragaman genetik.

Tantangan ini harus dijawab dengan memanfaatkan semua teknologi pemuliaan tanaman termasuk biologi molekuler dan bioteknologi yang diintegrasikan ke dalam program pemuliaan tanaman. Bioteknologi telah dimanfaatkan dalam kultur jaringan antara lain untuk mengembangkan haploid ganda, menginduksi keragaman somatik, penyelamatan embrio dalam persilangan antarspesies dan rekayasa genetika. Marka molekuler telah dimanfaatkan dalam mengkarakterisasi keragaman genetik untuk sifat-sifat ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, untuk pemetaan karakter kuantitatif (QTL), *functional genomic* dan untuk meningkatkan efektivitas seleksi dalam *Marker Assisted Selection*. Pengembangan tanaman transgenik juga telah dilaksanakan di berbagai lembaga penelitian pemuliaan, untuk ketahanan terhadap kekeringan dan resistensi terhadap penyakit.

Harapan terhadap teknologi baru ini sangat besar, tetapi perkembangan yang teramati tidak secepat yang diharapkan. Varietas-varietas tanaman di Indonesia yang telah dilepas sampai tahun 2010 merupakan varietas-varietas yang dikembangkan dengan metode pemuliaan konvensional. Namun demikian, ke depan peran bioteknologi akan semakin besar, karena teknologi pemuliaan tanaman dituntut untuk memberikan hasil dengan lebih cepat, akurat, dan tepat sasaran.

Penggunaan bioteknologi dan rekayasa genetika menjadi sangat penting dalam merevolusi revolusi hijau. Contoh rekayasa genetika yang telah memberi harapan adalah telah berhasil dikonstruksi jagung transgenik (disebut juga jagung Bt) yang tahan terhadap hama penggerek jagung (kelompok lepidoptera). Tanaman transgenik ini telah ditanam oleh petani Amerika Serikat sejak tahun 1996. Jagung Bt mengandung *gen cry* dari *Bacillus thuringiensis* sehingga dapat menghasilkan protein yang dapat membunuh serangga dari Lepidoptera. Tanaman transgenik ini diharapkan dapat mengurangi jumlah dan dampak pemakaian pestisida kimia sehingga secara teknis-ekonomis lebih menguntungkan petani, dan lebih ramah lingkungan.

Tanaman jagung, kedelai, kapas, dan tembakau tahan herbisida telah dihasilkan. Di antara tanaman transgenik yang telah dipasarkan, tanaman transgenik toleran herbisida adalah yang terbesar. Tanaman transgenik toleran herbisida memungkinkan petani mempraktikkan budi daya tanpa olah tanah dan budi daya konservasi.



Banyak tanaman transgenik yang dilaporkan menunjukkan resistensi terhadap virus dengan penggunaan gen VCP. Gen VCP dari virus mosaik pada alfalfa, virus X pada kentang, virus mosaik pada ketimun, virus dan kuning penggungul pada tomat menghasilkan proteksi pada tanaman tersebut.

Selain itu, tanaman transgenik memberikan harapan dalam peningkatan gizi. Tomat transgenik yang bisa ditunda kematangannya telah dihasilkan dengan memanfaatkan gen antisens. Keberhasilan tim peneliti Swiss dan Jerman dalam mengintroduksi lintasan biosintetik (*biosynthetic pathway*) melalui rekayasa genetik untuk menghasilkan beta karoten sebagai prekursor vitamin A dalam endosperma padi, memperkaya kandungan gizi padi.

Teknologi rekayasa genetika juga dapat diarahkan membentuk ideoti tanaman baru. Sebagai contoh, pada tanaman padi, mengubah asimilasi C₃ dari lintasan C-3 menjadi lintasan C-4 memungkinkan dapat menghasilkan varietas baru yang mempunyai produktivitas tinggi.

Penutup

Walaupun revolusi hijau banyak mendapat kritikan, tidak bisa dipungkiri bahwa revolusi hijau telah mampu meningkatkan produksi padi dan mengatasi kelaparan penduduk dunia dan Indonesia. Keberhasilan peningkatan produktivitas padi erat kaitannya dengan dinamika intensifikasi yang didukung oleh pendekatan dan teknologi revolusi hijau dengan andalan utama varietas unggul baru (VUB) yang didukung oleh sarana irigasi, teknologi pemupukan, dan pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Varietas unggul baru dihasilkan melalui serangkaian kegiatan pemuliaan sehingga bisa dikatakan bahwa revolusi hijau adalah pengejawantahan dan kemajuan ilmu pengetahuan di bidang pemuliaan tanaman.

Gejala pelandaian produktivitas dan produksi padi nasional sejak beberapa dasawarsa terakhir akibat makin tipisnya perbedaan daya hasil berbagai VUB terhadap potensi genetiknya, makin mendorong perlunya koreksi terhadap revolusi hijau. Apalagi makin mengemukanya isu lingkungan, perubahan iklim (*global warming*), konversi dan degradasi lahan, serta makin menggemanya tuntutan terhadap keamanan pangan (*food safety*). Koreksi terhadap revolusi hijau memunculkan istilah *evergreen revolution* (revolusi hijau lestari, RHL) atau *new green revolution* atau *new generation of green revolution*. Strategi utama dari koreksi tersebut adalah untuk memacu kembali laju kenaikan produk pangan tanpa merusak lingkungan dan dengan menggunakan teknologi yang padat IPTEK dengan sebutan *greener food production growth*.



Seperti pada revolusi hijau, peran pemuliaan tanaman dalam menghela dan mewujudkan revolusi hijau lestari sangat penting. Hasil-hasil pemuliaan akan sangat menentukan suksesnya revolusi hijau lestari. Oleh karena itu, diperlukan strategi khusus dalam pemuliaan tanaman agar varietas yang dihasilkan sesuai dengan konsep revolusi hijau lestari. Strategi pemuliaan yang digunakan untuk mencapai revolusi hijau lestari ini adalah (1) pemuliaan yang merakit varietas tanaman dengan arsitektur baru (*new ideotype*) untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen (2) pemuliaan adaptif yang menghasilkan varietas unggul berdaya hasil tinggi meskipun pada lingkungan tercekam (biotik dan abiotik), (3) pemuliaan dengan pendekatan partisipasi petani (pemuliaan tanaman partisipatif) dalam rangka menghasilkan tanaman yang beradaptasi pada lokasi tertentu, dan (4) pemuliaan dengan memanfaatkan bioteknologi.

Daftar Pustaka

- Abdullah B. 2008. Perakitan dan Pengembangan Varietas Tipe Baru. *In* Daradjat, A.A., A. Setyono, A. K. Makarim dan A. Hasanuddin (Eds.). Padi, inovasi teknologi dan produksi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.
- Adnyana MA. 2005. Lintasan dan Marka Jalan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan. *Analisis Kebijakan Pertanian* 3(3): 326–3448.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2011. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Ceccarelli S, Grando S, Bailey E, Amri A, El-Feleh M, Nassif F, Rezgui S, Yahyaoui A. 2001. Farmer Participatory in Barley Breeding in Syria, Morocco and Tunisia. *Euphytica* 122:521–536.
- Daradjat AA, Silitonga S, Nafisah. 2008. Ketersediaan Plasma Nutfah Untuk Perbaikan Varietas Padi. *In* Daradjat, A.A., A. Setyono, A. K. Makarim dan A. Hasanuddin (Eds.). Padi, inovasi teknologi dan produksi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.
- Elings AA, Almekinders CJM, Stam P. 2001. Introduction: Why Focus the Thinking on Participatory Plant Breeding? *Euphytica* 122:423–424.
- Fagi AM, Mamaril CP, Syam M. 2009. Revolusi Hijau, Peran dan Dinamika Lembaga Riset. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.



- Fukai S, Fisher K, Basnayake J, Jongde B, Pantuwan G, Mkara O, Tsubo M, Intapanya P. 2004. Improving Drought Resistance in Rainfed Rice for the Mekong Region. p 153-155. Field Screening for Drought Prone Environment. Physiological Approach. CYMMYT.
- Institut Pertanian Bogor (IPB). 2010. Varietas Unggul IPB. Direktorat Riset dan Kajian Strategi IPB, Bogor.
- Kementerian Pertanian. 2010. Daftar Varietas Hortikultura yang Dilepas. Direktorat Perbenihan dan Sarana Produksi, Direktorat Jenderal Hortikultura, Kementerian Pertanian.
- Kesavan PC, MS Swaminathan. 2006. From Green Revolution to Evergreen Revolution: Pathways and Terminologies. *Current Sci.* 91(2): 145-146.
- Kush GS. 2001. Green Revolution: the way forward. *Natural Reviews. Genetics* 1:815-822.
- Las I. 2008. Menyiasati Fenomena Anomali Iklim Bagi Pemantapan Produksi Padi Nasional Pada Era Revolusi Hijau Lestari. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(2): 83-104.
- Makmur A. 2001. Pemuliaan Tanaman Bagi Lingkungan Spesifik. *Bul. Agron.* 29(1):1-18.
- Notohadiprawiro T. 1995. Revolusi Hijau dan Konservasi Tanah. Kursus Sumber daya Alam Angkatan I Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, 21-27 Juni 1995.
- Poespodarsono S. 1992. Pemuliaan Tanaman Untuk Sifat Toleransi Terhadap Tumpang Sari. *In* Kasno, A., M. dahlan dan Hasnam. *Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I.* Perhimpunan Pemulia Tanaman Indonesia (PPTI) Komisariat Daerah Jawa Timur. Malang.
- Sobir. 2005. Pemuliaan Tanaman Partisipatif (PTP) dan Percepatan Perakitan Varietas. *In* S. Sujiprihati dan Sobir. *Participatory plant breeding (pemuliaan tanaman partisipatif).* Pusat Kajian Buah-buahan Tropika, LPPM IPB. Bogor.
- Sperling L, Ashby JA, Smith ME, Weltzien E, McGuire S. 2001. A Framework for Analyzing Participatory Plant Breeding Approaches and Results. *Euphytica* 122:439-450.



- Sujiprihati S. 2005. Partisipasi Petani Dalam Pemuliaan Tanaman. *In* Sujiprihati, S. dan Sobir. Participatory plant breeding (pemuliaan tanaman partisipatif). Pusat Kajian Buah-buahan Tropika, LPPM IPB. Bogor.
- Sumarno. 1992. Pemuliaan untuk Ketahanan terhadap Hama. *In* Kasno, A., M. Dahlan dan Hasnam. Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I. Perhimpunan Pemulia Tanaman Indonesia (PPTI) Komisariat Daerah Jawa Timur. Malang.
- Susanto U, Daradjat AA, Suprihatno B. 2003. Perkembangan Pemuliaan Padi Sawah di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 22(3): 125–131.
- Swaminathan MS. 2006. An Evergreen Revolution. *Crop Sci.* 46:2293–2303.
- Trikoesoemaningtyas. 2006. Peran Teknologi Pemuliaan Tanaman Dalam Menjaga Keberlanjutan Ketahanan Pangan. Forum Diskusi Keberlanjutan Ketahanan Pangan Ditinjau dari sudut Penyediaan lahan. Kementerian Negara Riset dan Teknologi, Jakarta, 19 Desember 2006.
- Zaini Z. 2009. Memacu Peningkatan Produktivitas Padi Sawah Melalui Inovasi Teknologi Budi Daya Spesifik Lokasi Dalam Era Revolusi Hijau Lestari. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 2(1): 35–47.

