

Buku Ajar Mata Kuliah
Pemuliaan Tanaman
Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian
Universitas Malikussaleh

PEMULIAAN TANAMAN

Semester Ganjil 2016/2017

Elvira Sari Dewi, S.P., M.S

Pemuliaan Tanaman

Copyright © 2016 oleh penulis

Kata Pengantar

Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia yang diberikan Allah SWT kepada penulis sehingga buku ajar ini dapat diselesaikan. Buku ajar ini dimaksudkan untuk melengkapi kebutuhan rujukan pustaka terutama untuk mata kuliah Pemuliaan Tanaman pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh. Buku ajar ini dibuat berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang disusun oleh Tim Mata Kuliah Pemuliaan Tanaman.

Dalam edisi kali ini, penulis hanya membahas mengenai beberapa materi pembelajaran. Bab 1 membahas mengenai Hibridisasi, termasuk didalamnya pemilihan tetua, prosedur seleksi dalam hibridisasi, kultivar hibrida, prosedur lain hibrida, dan pertanyaan serta diskusi berdasarkan tujuan. Bab 2 membahas mengenai Pemuliaan Resistensi, dimulai dengan definisi dan mekanisme ketahanan tanaman terhadap serangga, ketahanan terhadap kondisi kering, dan disertain dengan pertanyaan dan diskusi. Bab 3 membahas mengenai Mutasi, materi ajar termasuk asal mutasi, agen mutasi, mutasi sel somatik, serta pertanyaan dan diskusi. Bab 4 membahas mengenai Sumber Daya Genetik, dimulai dari variasi, sumber daya genetik dalam pemuliaan tanaman, konservasi sumber daya genetik dan plasma nutfah, serta pertanyaan dan diskusi. Terakhir adalah Bab 5 yang membahas mengenai Produksi dan Distribusi Benih, termasuk bahasan mengenai produksi dan klasifikasi benih, tata cara pelepasan varietas dan pemberian nama, hak pemulia tanaman, serta pertanyaan dan diskusi.

Tentu buku ajar ini masih memerlukan tambahan dan masukan untuk memperdalam materi ajar yang disajikan.

Terima Kasih,

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Bab 1. Hibridisasi	1
1.1 Tujuan	1
1.2 Pendahuluan.....	1
1.3 Pemilihan Tetua.....	2
1.4 Prosedur Seleksi dalam Hibridisasi	5
1.5 Kultivar Hibrida	16
1.6 Prosedur Lain Hibrida	22
1.7 Pertanyaan dan Diskusi	23
Bab 2. Pemuliaan Resistensi	24
2.1 Tujuan	24
2.2 Pendahuluan.....	24
2.3 Definisi dan Mekanisme Ketahanan Tanaman Terhadap Serangga	25
2.4 Ketahanan Terhadap Kondisi Kering	29
2.5 Pertanyaan dan Diskusi	31
Bab 3. Mutasi.....	32
3.1 Tujuan	32
3.2 Pendahuluan.....	32
3.3 Asal Mutasi	33
3.4 Agen Mutasi.....	35
3.5 Mutasi Sel Somatik	36

3.6	Pertanyaan dan Diskusi	36
Bab 4.	Sumber Daya Genetik	37
4.1	Tujuan	37
4.2	Pendahuluan	37
4.3	Variasi	38
4.4	Sumber Daya Genetik Dalam Pemuliaan Tanaman	42
4.5	Konservasi Sumber Daya Genetik dan Plasma Nutfah	45
4.6	Pertanyaan dan Diskusi	49
Bab 5.	Produksi dan Distribusi Benih	50
5.1	Tujuan	50
5.2	Pendahuluan	50
5.3	Produksi Benih	51
5.4	Klasifikasi Benih	54
5.5	Tata Cara Pelepasan Varietas	55
5.6	Tata Cara Pemberian Nama	58
5.7	Hak Pemulia Tanaman	59
5.8	Pertanyaan dan Diskusi	60
Referensi	61

Bab 1.

Hibridisasi

1.1 Tujuan

Bab ini bertujuan untuk membahas mengenai hibridisasi dan kultivar hibrida. Diharapkan mahasiswa akan mampu untuk:

1. Menjelaskan mengenai proses yang terlibat dalam proses hibridisasi
2. Menjelaskan mengenai kultivar hibrida
3. Menjelaskan pentingnya hibridisasi dalam program pemuliaan tanaman

1.2 Pendahuluan

Hibridisasi atau persilangan merupakan proses penyerbukan silang antara tetua yang berbeda susunan genetiknya. Kegiatan ini adalah langkah awal pada program pemuliaan tanaman. Proses ini dapat berlangsung setelah dilakukannya pemilihan tetua atau *parental* terutama pada tanaman menyerbuk sendiri. Sedangkan pada tanaman menyerbuk silang, hibridisasi digunakan untuk menguji potensi tetua dalam pembentukan varietas hibrida.

Kegiatan hibridisasi bertujuan untuk menyilangkan atau menggabungkan semua sifat baik atau yang diinginkan ke dalam satu genotipe baru, memperluas keragaman genetik, dan menguji potensi tetua atau memanfaatkan vigor hibrida. Sebagaimana diketahui bahwa dasar pemuliaan tanaman adalah menyeleksi berbagai sumber tanaman dalam

satu populasi yang memiliki karakter unggul untuk dikembangkan dan diperbanyak sebagai benih atau bibit unggul.

Hibridisasi merupakan cara lain untuk menghasilkan rekombinasi gen. Beberapa tahapan dari kegiatan ini adalah penentuan parental atau tetua, persiapan alat, identifikasi bunga betina, penentuan waktu pelaksanaan persilangan, isolasi polinasi, pembungkusan, dan pemberian label. Dalam bab ini tidak semua tahapan tersebut dibahas hanya bagian pemilihan tetua saja.

1.3 Pemilihan Tetua

Pemilihan tetua baik jantan maupun betina sangatlah penting dalam penentuan keberhasilan hibridisasi. Dalam pemilihan tetua yang akan digunakan, perlu menentukan sumber plasma nutfah untuk persilangan. Beberapa sumber plasma nutfah yang dapat dijadikan sumber antara lain:

1. Varietas komersial,
2. Galur elit pemuliaan,
3. Galur pemuliaan dengan satu atau beberapa sifat superior,
4. Spesies introduksi, dan
5. Spesies liar.

Berikut beberapa teknik yang dapat digunakan untuk menentukan tetua dalam hibridisasi.

1. Pemilihan tetua berdasarkan data fenotip
2. Pemilihan tetua berdasarkan kombinasi data morfologi dan analisis molekuler

Penentuan tetua berdasarkan data fenotip umumnya dapat menggunakan data dari penampilan genotipe individu tanaman, adaptabilitas dan stabilitas, persilangan diallel, persilangan atas, data pedigree, dan penanda DNA.

Penampilan genotipe individu tanaman

Pemuliaan tanaman adalah tindakan untuk memodifikasi tampilan tanaman sehingga menjadi tanaman yang ideal. Meskipun perkembangan bidang bioteknologi dan bioinformasi telah begitu pesat, namun penentuan tetua dengan teknik ini masih sering dilakukan oleh seorang pemulia. Tentu cara ini sangat tergantung pada tujuan dari si pemulia sehingga dapat ditentukan karakter yang sesuai dengan tujuan tersebut, misalnya komponen hasil, kualitas gabah, siklus vegetatif atau generatif, ataupun ketahanan terhadap hama dan penyakit tertentu.

Dalam pelaksanaannya, mungkin saja pemilihan tetua ini dilakukan berdasarkan beberapa sifat gabungan dari satu individu tanaman yang diamati. Dalam hal ini, pemulia haruslah mendapatkan beberapa persilangan dan mengevaluasi turunan atau menggunakan teknik tertentu untuk memperkirakan genotipe dengan sifat gabungan tersebut sebelum selanjutnya melakukan persilangan (Mihaljevic et al. 2005).

Adaptabilitas dan stabilitas

Kemampuan adaptasi dan stabilitas hasil merupakan karakter yang dapat digunakan sebagai penentu tetua yang akan dipilih dalam hibridisasi. Hal ini umumnya digunakan sebagai pertimbangan dalam pemuliaan tanaman untuk cakupan wilayah geografi yang lebih luas, terutama daerah dengan perbedaan sifat tanah dan iklim. Telah banyak model dan metode yang dikembangkan untuk penentuan kedua sifat ini diantaranya adalah genotipe x analisis lingkungan.

Persilangan Diallel

Persilangan diallel merupakan strategi terbaik untuk menentukan GCA (*general combining ability*) dan SCA (*specific combining ability*) antar calon tetua. Namun, hambatan utama penerapan diallel ini adalah memerlukan evaluasi terhadap jumlah persilangan yang besar. Sehingga

interpretasi data dapat dipengaruhi oleh jumlah dan kualitas data yang dihasilkan. Selain itu, peningkatan jumlah genotipe yang digunakan dalam persilangan dapat menghambat ketelitian dan kesulitan dalam analisis.

Cara ini perlu menyalangkan semua genotipe yang terpilih (diallel lengkap) dan mengevaluasi turunan atau hanya memilih beberapa bagian persilangan (diallel tidak lengkap). Hambatan lainnya adalah munculnya spesies yang *incompatible* atau membutuhkan kondisi lingkungan tertentu. Meski terdapat beberapa hambatan, namun cara ini menyediakan informasi yang lebih lengkap mengenai genotipe yang disilangkan. Sehingga memungkinkan untuk memilih kombinasi tetua yang paling sesuai dengan karakter yang dituju.

Persilangan atas (top crosses)

Ini merupakan salah satu prosedur untuk mengidentifikasi tetua yang potensial untuk digunakan dalam persilangan buatan. Prosedur ini lebih cepat dan tepat dalam mengevaluasi genotipe dalam jumlah besar (galur elit seperti galur murni, penyerbukan terbuka, atau populasi buatan) sehingga memungkinkan untuk mengevaluasi GCA atau SCA.

Dua aspek penting dalam top cross adalah:

1. Kontribusi setiap tetua diteruskan langsung ke rata-rata turunan melalui aksi gen tambahan.
2. Ketepatan hasil yang didapat tidak terikat pada kuantitas atau kualitas data.

Meskipun genotipe yang dievaluasi dalam jumlah yang besar namun top cross dianggap sebagai cara yang efisien. Ketepatan berdasarkan pengukuran heritabilitas sempit ($h_r^2 = \delta_A^2 / \delta_P^2$; h_r^2 = heritabilitas sempit, δ_A^2 = perbedaan tambahan, δ_P^2 = perbedaan fenotip).

Kekurangan teknik ini adalah tidak selalu galur murni yang terpilih melalui GCA memberikan hasil yang memuaskan saat disilangkan.

Data pedigree

Koefisien didefinisikan sebagai kemungkinan bahwa dua alel akan identik oleh keturunan dalam hasil genotipe yang disilangkan. Cara ini merupakan cara yang murah dan relatif gampang untuk menyeleksi genotipe tetua dan telah banyak digunakan dalam memperkirakan jarak genetik. Seringkali informasi pedigree tidak tersedia untuk umum dan mengharuskan menghubungi si pemulia untuk mendapatkan informasi lengkap mengenai suatu genotipe yang disilangkan.

Penanda DNA (DNA markers)

Penggunaan penanda DNA telah banyak dilakukan seiring dengan perkembangan teknologi melalui berbagai tipe penanda molekuler. 7 sedangkan RAPD (*random amplified polymorphic DNA*) tidak digunakan lagi karena kurangnya ketepatan data yang dihasilkan.

Kombinasi data morfologi dan analisis data molekuler

Kombinasi data ini sering digunakan untuk memperkirakan jarak genetik. Namun sering dikritik karena jumlah data morfologi umumnya lebih banyak dibandingkan dengan data molekuler sehingga sering sering memunculkan bias terhadap analisis data molekuler.

1.4 Prosedur Seleksi dalam Hibridisasi

Prosedur seleksi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi genotipe yang diinginkan pada tanaman menyerbuk sendiri, diantaranya adalah:

Seleksi Pedigree

Dalam seleksi pedigree, seleksi dimulai pada generasi F₂ dan berlanjut di generasi berikutnya sampai mencapai kemurnian genetik. Berikut tahapan seleksi pedigree:

Tahapan	Kegiatan
Persilangan	Persilangan kultivar A x kultivar B
F1	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam 50-100 tanaman F1. • Buang tanaman yang mungkin dihasilkan dari proses penyerbukan sendiri sebelum dipanen.
F2	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam 2000-3000 tanaman F2. • Beri jarak tanam secukupnya untuk proses evaluasi. • Pilih dan panen tanaman unggul terhadap sifat yang diinginkan. • Panen setiap biji secara terpisah dari setiap tanaman.
F3-F5	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam turunan dalam barisan dari biji tanaman unggul yang dipanen dari generasi sebelumnya. • Beri jarak baris untuk proses pengamatan. Identifikasi tanaman barisan unggul, kemudian pilih dan panen 3-5 tanaman unggul dalam barisan tersebut. • Lanjutkan seleksi antar dan dalam barisan sampai ke generasi F5. Secara umum, 25-50 kelompok/famili akan dihasilkan diakhir seleksi generasi F5. • Pertahankan identitas dan barisan galur unggul yang disimpan.
F6	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam kelompok/famili barisan. Kelompok yang seragam dimungkinkan untuk dipanen secara bersama dan kemudian biji dicampur (bulked). • Benih yang terpisah ditunjuk sebagai baris percobaan.
F7	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam baris percobaan dalam percobaan awal di lapangan dan dibandingkan dengan kultivar yang telah beradaptasi.

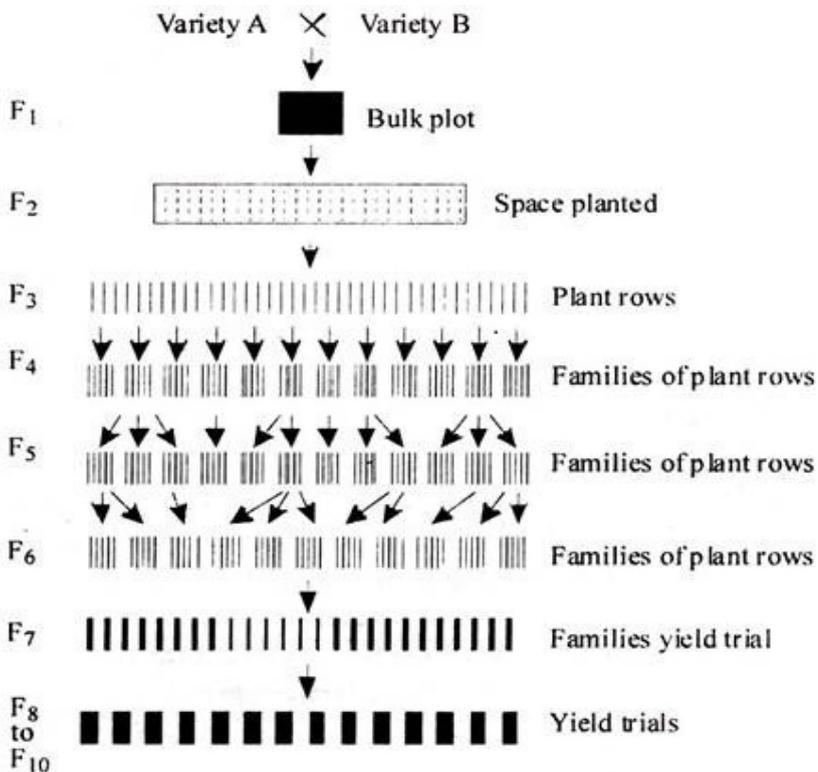
F8 & F10	<ul style="list-style-type: none"> • Percobaan awal lapangan kultivar unggul dilanjutkan di dua atau lebih lokasi lainnya dan dibandingkan dengan kultivar komersial yang telah beradaptasi. • Hanya baris dengan hasil tertinggi akan dipertahankan untuk percobaan lapangan selanjutnya. • Lakukan pengamatan terhadap tinggi, kecenderungan untuk berkumpul, kematangan, ketahanan terhadap hama dan penyakit, kualitas, dan sifat lain yang diperlukan untuk dipelajari selama masa percobaan. • Tanam barisan di satu kawasan untuk uji hasil pada lingkungan berbeda akan membantu dalam mengidentifikasi baris dengan daya adaptasi lingkungan yang luas. • Jika setelah 3-5 tahun uji daya hasil, barisan unggul calon kultivar mungkin telah dapat teridentifikasi, satu galur mungkin akan terpilih untuk dikembangkan dan disebarakan sebagai kultivar baru.
F11 & F12	<ul style="list-style-type: none"> • Kembangkan benih dan disebarakan sebagai kultivar baru.

Modifikasi seleksi pedigree dimungkinkan dengan cara melakukan percobaan atau uji lapangan secepat mungkin misalnya pada generasi F3 atau F4. Hanya baris atau galur dengan hasil tinggi akan dilanjutkan di seleksi berikutnya. Atau cara lain adalah dengan menghentikan seleksi apabila telah ditemukan baris atau galur yang seragam.

Seleksi pedigree merupakan salah satu metode seleksi padat karya dan mengharuskan pencatatan rinci semasa masa awal pemisahan generasi. Keuntungannya adalah hanya garis keturunan yang memiliki gen yang diinginkan akan terbawa ke generasi berikutnya. Metode ini juga memungkinkan untuk mendapatkan informasi genetik yang tidak mungkin didapat pada metode seleksi lainnya. Seleksi pedigree sangat

cocok diterapkan pada seleksi tanaman dimana setiap individu tanaman harus dievaluasi dan dipanen secara terpisah seperti jenis sereal, kacang-kacangan, kedelai, tembakau atau tomat.

Meskipun banyak digunakan untuk seleksi tanaman tertentu, kadang cara ini tidak diterapkan karena banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan. Selain itu, seleksi ini juga membutuhkan waktu yang lama (lebih kurang 12 tahun) untuk menghasilkan kultivar baru apabila setiap generasi membutuhkan satu tahun siklus tanam. Prosedurnya sebagai berikut:



Gambar 1. Skema seleksi pedigree

Keterangan gambar 1: Metode seleksi pedigree. Dari tanaman F2 terpilih, tanam 25-30 keturunan dalam baris di F3. Tanaman unggul dari baris terbaik dipilih dan ditanam dalam famili/kelompok di F4-F6, pilih tanaman terbaik, di baris terbaik, dan famili terbaik. Di F6 famili akan seragam. Percobaan awal lapangan di tanam di F7 dan uji

Bulked population (populasi campuran)

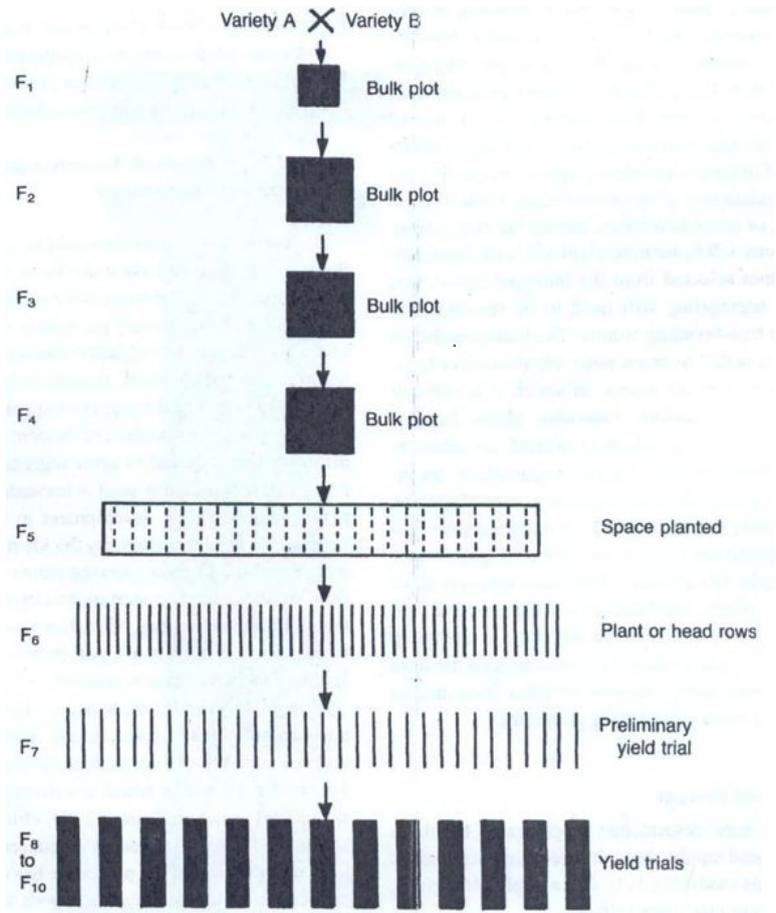
Dalam prosedur ini, biji dipanen pada F2 dan generasi berikutnya dicampur dan ditanam. Seleksi ditunda sampai generasi berikutnya (F5 atau F6). Prosedurnya sebagai berikut:

Tahapan	Kegiatan
Pesilangan	Persilangan kultivar A x B
F1	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam antara 50-100 tanaman F1. • Buang tanaman yang mungkin berasal dari persilangan sendiri. • Panen secara massal dan campur semua biji.
F2	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam sekitar 2000-3000 tanaman F2. • Panen secara massal dan campur semua biji.
F3-F4	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam sekitar 1/5 sampai 1/100 hektar plot dengan biji yang telah dicampur dari generasi sebelumnya.
F5	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam sekitar 3000-5000 biji secara berjarak. • Pilih dan panen 300-500 tanaman unggul, pisahkan biji setiap tanaman.
F6	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam barisan tanaman dari tanaman terpilih. • Panen antara 30-50 keturunan tanaman dengan sifat yang diinginkan.
F7	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman keturunan unggul dari F6 dalam uji daya hasil.
F8-F10	<ul style="list-style-type: none"> • Uji daya hasil dilanjutkan pada lokasi berbeda seperti pada seleksi pedigree.
F11-F12	<ul style="list-style-type: none"> • Kembangkan biji dari tanaman unggul dan disebarakan sebagai kultivar baru.

Metode bulk-population ini lebih mudah, gampang, membutuhkan sedikit tenaga kerja, dan murah dibandingkan dengan metode pedigree. Dibutuhkan populasi yang besar untuk mendapatkan tanaman dengan sifat yang diinginkan. Metode ini mungkin digunakan untuk mendapatkan populasi tanaman yang tahan terhadap wabah penyakit, musim dingin, tahan kering, atau kondisi alam lainnya.

Metode ini sering digunakan terhadap tanaman yang sulit untuk dipisahkan dan berjarak tanam sempit misalnya jenis biji-bijian kecil. Tidak ada informasi atau data yang diambil dari generasi awal seleksi terhadap tampilan galur tertentu sehingga menyebabkan beberapa genotipe yang diinginkan hilang dari populasi. Sebagai contoh, tanaman tinggi dan lambat mungkin saja menekan tanaman pendek dan cepat.

Bulk-population dapat dimodifikasi dengan cara memilih di generasi F3 atau F4 dan memulai uji daya hasil meskipun tanaman masih memisah. Galur dengan hasil unggul mungkin untuk diseleksi ulang sementara uji daya hasil dilanjutkan.



Gambar 2. Metode seleksi bulked population

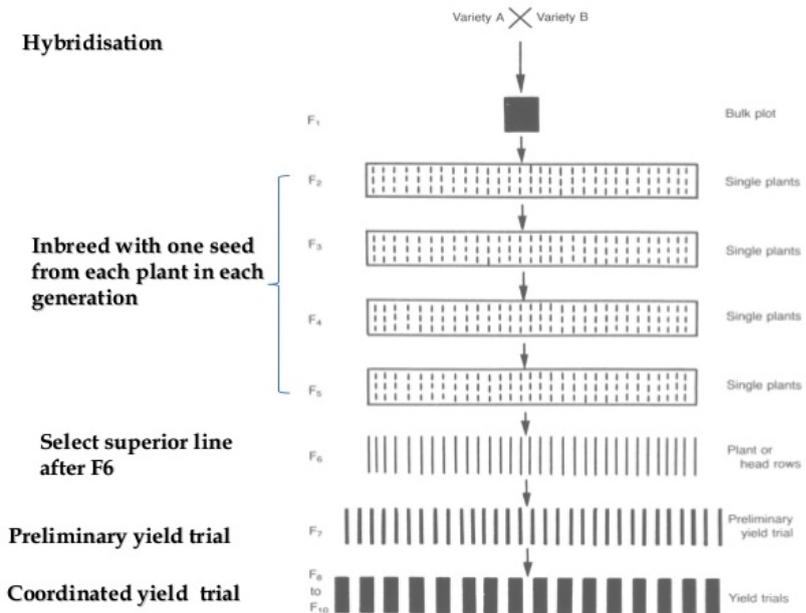
Keterangan gambar 2: Hasil persilangan di tanam dalam campuran pada generasi F₄. Penanaman diberi jarak do F₅. Seleksi tanaman dan ditanam dalam barisan di F₆. Baris unggul dipilih dan ditanam di uji daya hasil di F₇. Galur unggul ditanam dalam uji daya

Single Seed Descent (keturunan benih tunggal)

Keturunan tanaman F2 diseleksi melalui generasi berikutnya dari biji tunggal. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

Tahapan	Kegiatan
Pesilangan	Persilangan kultivar A x B
F1	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam 50-100 tanaman F1
F2	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam 2000-3000 tanaman F2. • Panen satu biji dari setiap tanaman. Identitas tanaman F2 tidak dijaga.
F3-F4	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam biji dari generasi sebelumnya. • Panen satu biji dari setiap tanaman.
F5	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam berjarak di lapangan. • Pilih tanaman unggul berdasarkan sifat yang diinginkan dan panen biji dari tanaman terpilih.
F6	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam tanaman dari keturunan generasi sebelumnya dalam barisan. • Panen barisan unggul yang diinginkan. Setiap barisan berasal dari tanaman F2 berbeda.
F7	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam untuk uji daya hasil awal dari barisan tanaman sebelumnya.
F8-F10	<ul style="list-style-type: none"> • Lanjutnya uji daya hasil di lokasi berbeda seperti pada seleksi pedigree dan bulk-population.
F11 & F12	<ul style="list-style-type: none"> • Galur dikembangkan dan disebarakan sebagai kultivar baru.

Alternatif lain adalah dengan menanam secara berjarak generasi F4 dan F5 dalam barisan sehingga dapat dipercepat satu generasi ke uji daya hasil. Dikarenakan hanya satu biji yang dipanen dari setiap tanaman, pertumbuhan tanaman optimum tidak diperlukan pada generasi F2 s/d F4. Penanaman benih secara rapat dalam rumah kaca, menanam pada tanah kurang subur, dan menggunakan suhu dan cahaya ekstrim untuk mempercepat kematangan mengakibatkan satu atau dua generasi dapat dipanen dalam periode setahun. Sehingga uji daya adaptasi dapat dipercepat 1 sampai 2 tahun lebih awal. Metode ini banyak dijumpai pada seleksi kedelai, serealia musim panas (gandum, oat, jelai).



Gambar 3. Seleksi single seed descent

Keterangan gambar 3: Seleksi SSD; biji dipanen dari tanaman F1 ditanam berjarak di F2. Satu biji dipanen dari setiap tanaman F2 dan digunakan untuk F3. Generasi berikutnya ditanam dari biji tunggal penanaman sebelumnya. Generasi F5 dipanen dan ditanam dalam barisan di F6. Uji daya hasil awal ditanam di F7 dan uji dilanjutkan

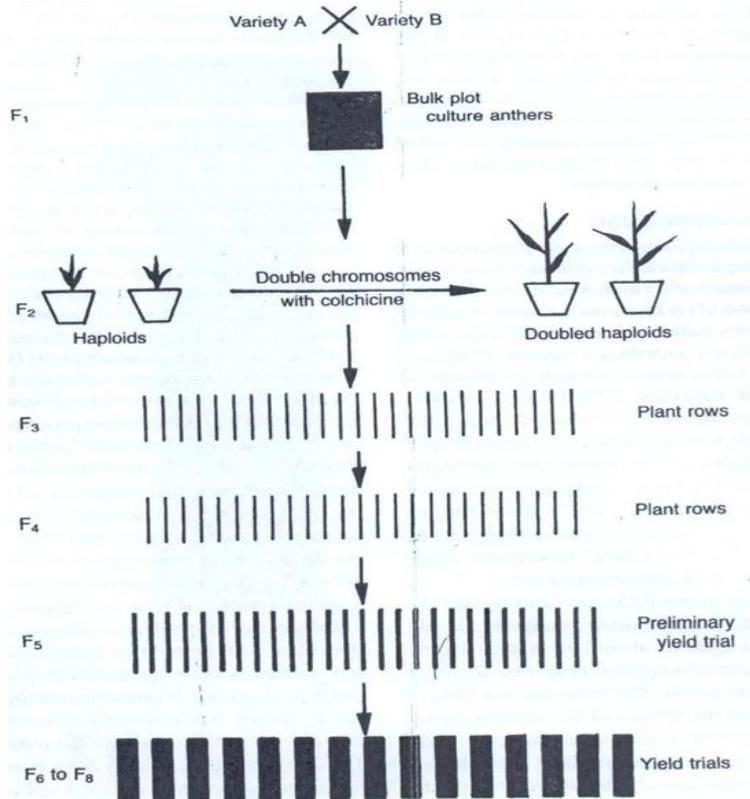
Haploid ganda (Doubled Haploid)

Dalam prosedur haploid ganda, tanaman haploid diperoleh dari anther tanaman generasi F1 atau dari sumber lain. Kemudian kromosom tanaman tersebut digandakan menggunakan *colchicine* untuk menghasilkan tanaman diploid. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

Tahapan	Kegiatan
Pesilangan	Persilangan kultivar A x B
F1	<ul style="list-style-type: none"> Kultur anther untuk menghasilkan 2000-3000 tanaman haploid.
F2	<ul style="list-style-type: none"> Gandakan kromosom tanaman haploid Panen biji dari tanaman haploid ganda yang dihasilkan.
F3	<ul style="list-style-type: none"> Tanam keturunan haploid ganda yang dihasilkan dalam barisan dan panen biji dari barisan unggul.
F4	<ul style="list-style-type: none"> Tanam keturunan dalam barisan di lapangan dan pilih galur unggul.
F5	<ul style="list-style-type: none"> Tanam uji daya hasil awal di lapangan.
F6-F8	<ul style="list-style-type: none"> Lanjutkan uji daya hasil di lapangan.
F9 & F10	<ul style="list-style-type: none"> Pengembangan dan penyebaran galur unggul sebagai kultivar baru.

Tanaman haploid ganda biasanya homozigot sehingga tidak diperlukan pemisahan generasi. Galur dihasilkan dari haploid ganda dapat dilakukan uji daya hasil, dua atau tiga generasi lebih awal dibandingkan dengan seleksi pedigree ataupun bulk-population. Guna menjamin keberhasilan dalam seleksi ini diperlukan teknik yang efisien dan tepat untuk menghasilkan haploid dan haploid ganda. Haploid ganda mestilah vigor,

stabil, bebas dari variasi dari induksi kultur jaringan, dan mewakili seleksi acak gamet polen generasi F1.



Gambar 4. Doubled Haploid metode

Keterangan gambar 4: Persilangan dihasilkan dan keturunan generasi F1 ditanam sebagaimana pada seleksi sebelumnya. Anther tanaman F1 dikulturkan dan jumlah kromosom digandakan dengan colchicine untuk mendapatkan haploid ganda. Turunan haploid ganda dievaluasi di lapangan pada generasi F3 dan F4, galur unggul

1.5 Kultivar Hibrida

Kultivar hibrida merupakan generasi pertama dari persilangan tetua inbrida yang berbeda genotipenya. Galur inbrida dihasilkan dari persilangan sendiri atau *inbreeding* dari populasi persilangan silang. Kultivar hibrida berbeda dari kultivar yang dihasilkan dari proses hibridisasi. Pada proses hibridisasi, galur homozigot dihasilkan dari beberapa kali generasi persilangan. Sedangkan kultivar hibrida dihasilkan dari persilangan galur murni atau galur inbrida dengan generasi F1 heterozigot.

Kultivar hibrida dihasilkan dalam tiga langkah, yaitu:

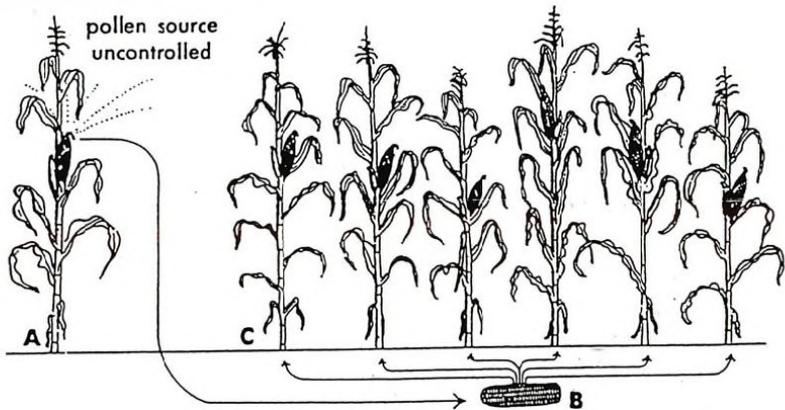
1. Pengembangan galur inbrida, biasanya dari beberapa kali generasi persilangan dalam atau *inbreeding* secara alami atau pemisahan atau pemisahan populasi pada spesies kawin silang.
2. Persilangan pasangan galur inbrida yang tidak berhubungan untuk menghasilkan persilangan tunggal atau *single cross* F1 kultivar hibrida dengan beberapa lokus heterozigot.
3. Menghasilkan biji kultivar hibrida *single cross* untuk disebarakan ke petani.

Awal pembentukan kultivar hibrida

Pemuliaan tanaman hibrida dimulai sekitar tahun 1909 saat George H. Shull mengajukan metode untuk menghasilkan kultivar hibrida jagung. Tahun sebelumnya Shull pernah menyatakan bahwa *tanaman jagung yang melakukan penyerbukan terbuka (secara alami) terdiri dari berbagai macam hibrida komplek, memiliki daya vigor menurun melalui inbrida, oleh sebab itu pemulia harus mengusahakan untuk melestarikan kombinasi hibrida terbaik*. Shull menggambarkan prosedur dalam pembentukan galur inbrida pada jagung dan menyilangkan galur inbrida untuk menghasilkan kultivar hibrida persilangan tunggal. Pernyataan ini

merupakan sebuah revolusi dalam pemuliaan tanaman jagung dan mulai diterapkan terhadap jenis tanaman pertanian lainnya (Gambar 5).

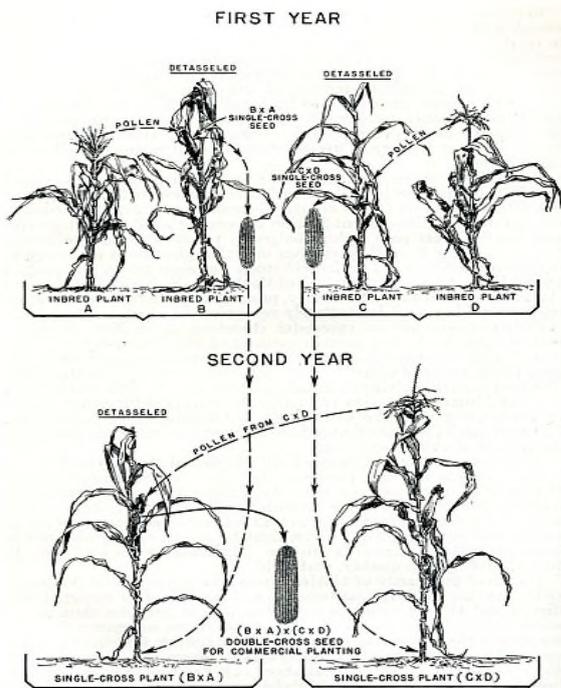
Kemudian banyak ahli mulai meneliti mengenai hal ini termasuk diantaranya adalah Edward M. East yang bekerja pada *Connecticut Agricultural Experiment Station* di tahun yang sama, 1909. Namun, East tidak menjelaskan prosedur yang rinci mengenai proses penggunaan galur inbrida. Selanjutnya East dan muridnya Donald F. Jones dan Herbert K. Hayes, membuat terobosan penting dalam pengembangan prosedur pembentukan jagung hibrida. Jones tahun 1918 mengajukan untuk menyilangkan pasangan galur inbrida guna menghasilkan hibrida persilangan tunggal dan kemudian menyilangkan dua hibrida persilangan tunggal yang tidak berhubungan untuk menghasilkan kultivar hibrida persilangan ganda (Gambar 6).



Gambar 5. Penyerbukan terbuka pada tanaman jagung

Sebenarnya Shull bukanlah yang pertama sekali meneliti hibrida pada jagung. Jauh sebelum itu, tahun 1763, Kölreuter telah menemukan adanya pertumbuhan yang subur dari tembakau hibrida. Darwin, 1877 juga menyebutkan bahwa dampak dari kawin silang sangatlah menguntungkan. Sementara persilangan sendiri akan menghasilkan tanaman yang merugikan.

Selanjutnya tahun 1880, W.J. Beal melaporkan bahwa varietas hibrida lebih produktif dari pada varietas persilangan terbuka pada jagung. Prosedur yang Beal lakukan untuk menghasilkan varietas hibrida adalah dengan menyilangkan varietas dari persilangan terbuka melalui *detasseling* (penghilangan tassel/bunga jantan) dari satu baris tanaman, kemudian diserbuki oleh varietas lainnya pada barisan tambahan.



Gambar 6. Skema pembentukan kultivar jagung persilangan ganda

Inbrida dalam tanaman menyerbuk silang

Inbrida terdiri dari berbagai cara persilangan bertujuan untuk meningkatkan homozigositas. Pendekatan yang paling cepat dalam menghasilkan homozigositas adalah melalui penyerbukan sendiri. Heterozigositas dalam populasi akan berkurang setengah dari setiap persilangan sendiri (*self-fertilization*). Dalam persilangan sendiri,

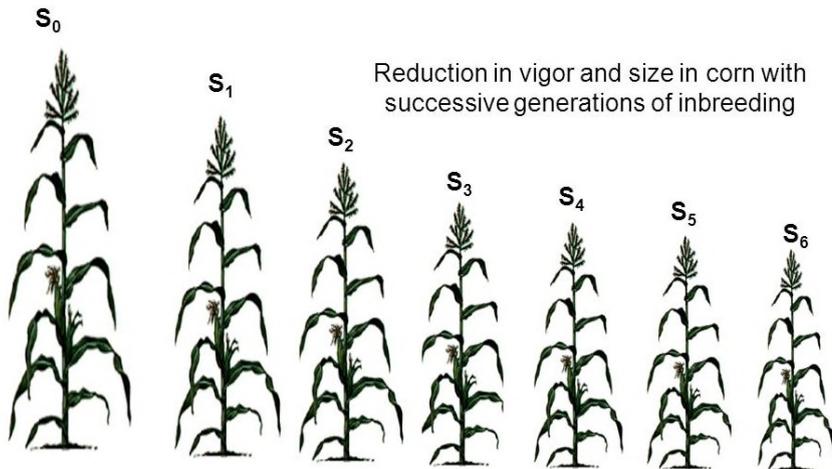
heterozigot (Aa) terpisah kedalam kombinasi genotipe $1AA:2Aa:1aa$; alel homozigot (AA dan aa) terus memproduksi genotipe homozigot yang sama. Sejalan dengan meningkatnya homozigositas dalam populasi, frekuensi genotipe akan berubah meskipun frekuensi gen tetap (Gambar 7). Inbrida pada tanaman menyerbuk silang sering berakibat berkurangnya ukuran dan vigor pada tanaman hasil persilangan. Vigor berkurang secara signifikan pada keturunan pertama hasil persilangan inbrida. Fenomena ini dikenal dengan *inbreeding depression* atau tekanan inbrida.



Gambar 7. Proporsi genotipe homozigot dan heterozigot dalam populasi setelah perkawinan dari generasi menyerbuk sendiri. S_0 , tanaman asli; S_1 , generasi pertama, dst.

Hal ini mengakibatkan lokus homozigot dengan dampak yang merusak. Meningkatnya homozigositas, banyak alel dominan hilang dan dampak yang merusak pada alel resesif terhadap sifat fenotipe suatu tanaman. Misalnya pada beberapa jenis tanaman dari keluarga rumput-rumputan

seperti alfalfa yang kehilangan kesuburan dan menurunnya jumlah biji yang dihasilkan.



Gambar 8. Tekanan inbrida atau *inbreeding depression*

Hibrida vigor atau heterosis

Heterosis adalah adanya peningkatan ukuran, vigor atau produktifitas tanaman hibrida dibandingkan dengan rata-rata tetuanya. Tanaman hibrida yang dihasilkan haruslah dalam kondisi heterosis terhadap sifat hasil dan produktifitas untuk dapat dimanfaatkan. Tanaman heterosis dipengaruhi oleh peningkatan pertumbuhan vegetatif dan hasil, ukuran sel, tinggi tanaman, ukuran daun, perkembangan akar, ukuran tongkol atau pucuk, jumlah biji, ukuran biji, dan sebagainya.

Ada beberapa teori yang dapat digunakan dalam menjelaskan proses terjadinya heterosis atau hibrida vigor meskipun masih menyisakan banyak pertanyaan, diantaranya adalah:

1. *Heterosis dihasilkan dari penyatuan berbagai karakter yang menguntungkan dalam gen dominan.*

Berdasarkan teori ini, alel yang berhubungan dengan vigor dan pertumbuhan adalah dominan, sedangkan alel resesif mungkin

saja netral, berbahaya, atau dapat merusak individu tanaman. Jika salah satu tetua beralel dominan sesuai dengan tetua lainnya maka F1 akan memiliki kombinasi sifat yang lebih baik dari kedua tetuanya.

Berikut skema sederhananya: gen dominan pada jagung untuk sifat hasil tinggi adalah $ABCDE$, inbrida A memiliki genotipe $AABBccddEE$ (ABE dominan), inbrida B memiliki genotipe $aabbCCDDEE$ (CDE dominan), maka:

$$\frac{\text{inbrida A}}{AABBccddEE} \times \frac{\text{inbrida B}}{aabbCCDDEE}$$

$$\frac{\text{F1 hibrida}}{AaBbCcDdEe}$$

Hibrida F1 terdiri dari lima lokus gen dominan ($ABCDE$) dibandingkan dengan masing-masing tetua yang hanya terdiri dari tiga lokus.

2. *Lokus heterozigot menyumbang lebih ke sifat produktifitas dibandingkan dengan lokus homozigot; tanaman hibrida yang paling produktif adalah tanaman dengan jumlah lokus heterozigot terbanyak.*

Teori ini berdasarkan anggapan bahwa adanya alel yang bertolak belakang misalnya a_1 dan a_2 untuk satu lokus. Setiap alel berdampak baik pada setiap tanaman. Pada tanaman heterozigot (a_1a_2), dampak akan lebih baik dibandingkan bila hanya terdapat salah satu dari kedua gen tersebut ($a_1 a_1$) atau ($a_2 a_2$). Fenomena ini dikenal dengan sebutan *over dominance* yang didasari pada interaksi alel selokus.

1.6 Prosedur Lain Hibrida

Emaskulasi

Emaskulasi adalah pembuangan anther pada kuncup atau bunga sebelum polen keluar. Umumnya dilakukan untuk menghindari terjadinya penyerbukan sendiri. Emaskulasi dan penyerbukan buatan dengan tangan merupakan cara yang sering diterapkan dalam persilangan untuk menghasilkan tanaman hibrida pada generasi F1. Tidak semua jenis tanaman dapat diterapkan cara ini, terkadang membutuhkan tenaga dan biaya yang mahal. Namun pada beberapa jenis tanaman yang menghasilkan biji dalam jumlah yang banyak dari satu tanaman, cara ini sangat sesuai untuk menghasilkan tanaman hibrida untuk tujuan komersil, misalnya kapas, tembakau, tomat, timun, melon dan cabai.

Self-incompatibility (ketidakserasian)

Self incompatibility atau ketidakserasian adalah suatu kondisi dimana tanaman hermaphrodit fertil berbiji tidak mampu menghasilkan zigot meski telah terjadi penyerbukan sendiri. Hal ini dapat saja disebabkan oleh adanya gangguan fisiologis sehingga proses fertilisasi terhalang. Berbagai cara telah dilakukan untuk memanfaatkan *self incompatibility* dalam memproduksi tanaman hibrida. Cara sederhana adalah dengan memanfaatkan jenis tanaman menyerbuk silang bergamet tipe *self incompatible* atau inkompatibilitas.

Propogasi klonal tanaman F1 hibrida

Tanaman vigor dari hibrida F1 mungkin saja untuk diperbanyak secara klonal. Cara ini banyak digunakan pada perbanyakan tanaman seperti tebu, kentang, jenis tanaman pakan (rumput bermuda), berbagai jenis tanaman hias, buah dan tanaman hutan. Dikarenakan biayanya yang mahal, cara ini hanya digunakan untuk memperbanyak tanaman bernilai ekonomi tinggi saja.

Apomiksis

Apomiksis merupakan cara memproduksi biji tanpa melalui penyerbukan. Ada dua tipe apomiksis yaitu *obligate* apomiksis dan *facultative* apomiksis. Apomiksis obligate adalah reproduksi melalui apomiksis sendiri, sedangkan apomiksis fakultatif adalah kondisi tanaman yang bereproduksi secara seksual dan juga apomiksis. Jika tanaman hibrida F1 dihasilkan dari jenis tanaman apomiktik, maka bila diubah ke apomiksis obligate akan menghasilkan tanaman hibrida yang sama.

Genetic male sterility (jantan mandul)

GMS dikendalikan oleh gen resesif homozigot (*msms*), memiliki dampak beragam dari pengurangan ukuran anther dan produksi pollen untuk aborsi pollen lengkap. Produksi pollen dikembalikan dengan gen dominan, baik dari homozigot (*MsMs*) ataupun heterozigot (*Msms*). Cara ini telah banyak diterapkan pada jelai, jagung, sorgum, dan gandum.

1.7 Pertanyaan dan Diskusi

Setelah menyelesaikan Bab ini mahasiswa diharapkan akan mampu menjawab beberapa persoalan berikut:

1. Jelaskan proses yang terlibat dalam proses hibridisasi
2. Jelaskan kultivar hibrida
3. Diskusikan pentingnya hibridisasi dalam program pemuliaan tanaman

Bab 2.

Pemuliaan Resistensi

2.1 Tujuan

Bab ini bertujuan untuk membahas mengenai pemuliaan resistensi atau ketahanan tanaman terhadap faktor biotik dan faktor abiotik. Diharapkan mahasiswa akan mampu untuk:

1. Menjelaskan bagaimana ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama.
2. Menjelaskan bagaimana ketahanan tanaman terhadap faktor abiotik.
3. Menjelaskan bagaimana mekanisme dan pewarisan sifat resistensi pada tanaman.

2.2 Pendahuluan

Pemuliaan resistensi atau ketahanan dapat diartikan sebagai suatu sifat ketahanan tanaman terhadap sifat-sifat yang merusak baik dari hama dan penyakit, dan dari kondisi lingkungan ekstrim seperti kekeringan. Sifat resistensi seharusnya dapat diturunkan dan mempengaruhi tingkat kerusakan oleh serangga. Adanya sifat ketahanan ini diharapkan akan mampu mengurangi kerentanan terhadap kondisi yang merusak atau masih dalam ambang batas toleransi kerusakan.

Teknologi rekayasa genetik telah terbukti mampu meningkatkan kemampuan perkembangan dan perlindungan terhadap tanaman. Beberapa upaya yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan cara memanipulasi gen dari berbagai sumber dan memasukkan

gen ke dalam tanaman. Manipulasi atau rekayasa gen ini dimaksudkan untuk:

1. Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit;
2. Toleran terhadap herbisida;
3. Tahan terhadap kekeringan;
4. Meningkatkan kualitas nutrisi;
5. Meningkatkan efektifitas dalam *bio control agents*;
6. Mengerti secara lebih mendalam tentang aksi gen serta jalur metabolik.

Rekayasa gen penyebab ketahanan pada tanaman telah dilakukan pada beberapa jenis tanaman budidaya, diantaranya adalah Padi, Jagung, Kedelai, Kapas,

Pada beberapa daerah, tanaman hasil rekayasa genetik atau GMO (*genetically modified organism*) telah ditanam dan dibudidayakan dalam skala luas seperti Amerika, Australia, Cina, Jepang dan beberapa negara di Eropa. Areal penanamannya pun terus meningkat dari 1.7 juta hektar di tahun 1996 menjadi 100 juta hektar di tahun 2007.

2.3 Definisi dan Mekanisme Ketahanan Tanaman Terhadap Serangga

Definisi resistensi tanaman menurut Painter (1951) merupakan sifat-sifat tanaman yang dapat diturunkan dan dapat mempengaruhi tingkat kerusakan oleh serangga.

Definisi resistensi menurut Beck (1965) adalah semua ciri dan sifat tanaman yang memungkinkan tanaman terhindar, mempunyai daya tahan atau daya sembuh dari serangan serangga dalam kondisi yang akan menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman lain dari spesies yang sama. Dalam praktek pertanian, merupakan kemampuan tanaman untuk berproduksi lebih baik dibandingkan tanaman lain dengan tingkat populasi hama yang sama.

Evaluasi koleksi plasma nutfah berhasil mengidentifikasi beberapa sumber resistensi terhadap hama pada beberapa tanaman. Saat ini sudah banyak varietas tahan hama yang telah diidentifikasi dan dilepas untuk dibudidayakan. Tingkat ketahanan yang dihasilkan dari rendah sampai sedang. Kurangnya informasi mengenai mekanisme resistensi hama, jumlah gen yang terlibat dan aksi gen merupakan hambatan yang besar dalam proses pemuliaannya.

Ada 4 strategi yang dapat dipakai tanaman sebagai mekanisme pertahanan untuk mengurangi kerusakan akibat serangan serangga herbivora:

1. *Escape*, menghindari serangan berdasarkan waktu dan tempat. Misalnya tumbuh pada tempat yang tidak mudah diakses. Sebagian tanaman akan menghasilkan bahan kimia yang sifatnya menolak herbivora atau *repellen*.
2. Toleran, mengalihkan ke bagian tanaman yang tidak penting atau mengembangkann kemampuan *recovery* atau penyembuhan.
3. Menarik datangnya musuh alami.
4. Melindungi secara konfrontasi seperti menghasilkan toksin dan mengurangi kemampuan untuk mencerna atau antibiosis.

Suatu varietas dapat dikatakan tahan apabila:

1. Memiliki sifat yang memungkinkan tanaman menghindar atau *recover*;
2. Memiliki sifat genetik yang dapat mengurangi tingkat kerusakan;
3. Memiliki sekumpulan sifat yang dapat diturunkan yang dapat mengurangi kemungkinan hama menggunakan tanaman tersebut sebagai inang, atau;
4. Mampu menghasilkan produk yang lebih baik dibandingkan dengan varietas lain pada tingkat populasi hama yang sama (Sumarno, 1992).

Mekanisme ketahanan menurut H. C. Sharma et al., (1994) dan Painter (1995):

1. Antixenosis atau non-preference

2. Antibiosis
3. Toleran

Antixenosis merupakan suatu sifat ketidaksukaan yang dapat menolak kehadiran serangga pada tanaman. Antixenosis dapat dibagi menjadi:

1. Antixenosis kimiawi: adanya senyawa allelokimia. Misalnya kumbang mentimun *Diabrotica under cimpuntata* yang menyukai mentimun dengan kandungan kukurbitasin (zat antraktan & penggairah makanan).
2. Antixenosis fisik: adanya struktur/morfologi tanaman. Misalnya *Conomorpha cramella* tidak menyukai meletakkan telurnya pada buah kakao yang licin/halus

Antibiosis merupakan pengaruh fisiologi pada serangga yang merugikan dan bersifat sementara atau tetap. Serangga yang memakan dan mencerna jaringan atau cairan tanaman akan memperlihatkan gejala seperti kematian larva atau pradewasa, pengurangan laju pertumbuhan, peningkatan mortalitas pupa, ketidakberhasilan serangga dewasa keluar dari pupa, imago tidak normal dan fekunditas serta fertilitas rendah, masa hidup serangga berkurang, terjadi malformasi morfologik, kegagalan mengumpulkan makanan dan kegagalan hibernasi, perilaku gelisah dan abnormalitas lainnya. Abnormalitas diakibatkan oleh:

1. Adanya metabolik toksik pada jaringan tanaman (alkaloid, glukosid dan quinon);
2. Tidak atau kurangnya persediaan unsur nutrisi utama bagi serangga;
3. Ketidakseimbangan perbandingan unsur nutrisi yang tersedia;
4. Adanya antimetabolik yang menghalangi ketersediaan beberapa unsur nutrisi bagi serangga;
5. Adanya enzim penghalang proses pencernaan atau pemanfaatan nutrisi. Misalnya adanya kandungan gosipol untuk ketahanan terhadap *Heliothis*, pengurangan kadar asparagin pada varietas tahan wereng coklat padi, adanya kandungan DIMBOA (glucoside) pada jagung untuk ketahanan terhadap penggerek batang (*Ostrinia sp*)

Toleran merupakan respon tanaman terhadap serangga yang diakibatkan oleh kekuatan tanaman secara umum, pertumbuhan kembali jaringan tanaman yang rusak, ketegaran batang dan ketahanan terhadap rebah, produksi cabang tambahan, pemanfaatan lebih efisien oleh serangga dan kompensasi lateral oleh tanaman tetangganya. Contohnya pada tanaman jagung dengan volume perakaran besar yang lebih tahan terhadap kumbang akar *Diabrotica virgifera*.

Penggunaan tanaman transgenik tahan serangga hama (*insect-resistant*) menyebabkan:

1. Pengurangan yang signifikan terhadap penggunaan insektisida;
2. Pengurangan ekspos petani terhadap insektisida;
3. Pengurangan residu insektisida dalam makanan dan dalam produk makanan;
4. Berkurangnya bahaya insektisida terhadap organisme bukan sasaran (*non-target organisms*);
5. Mengontrol hama-hama yang resistan terhadap insektisida yang umum atau sering digunakan.

Beberapa persyaratan yang harus dimiliki oleh tanaman hasil transgenik diantaranya seperti:

1. Ramah lingkungan;
2. Daya adaptasi tinggi atau dapat hidup pada berbagai agroekosistem;
3. Skala yang luas dalam melawan hama-hama target;
4. Tidak berbahaya bagi organisme non-target.

Dalam membahas sifat ketahanan suatu tanaman harus memperhatikan:

1. Strategi dalam manajemen pengendalian hama, interaksi hama dengan tanaman, pengaruhnya terhadap organisme non-target di dalam ekosistem.
2. Kombinasi gen eksotis atau asing dengan tanaman inang yang resistan.
3. Galur yang resistan terhadap hama dan penyakit lainnya.

4. Mengikuti aturan keselamatan lingkungan hidup (*bio-safety regulation*)
5. Penyediaan tanaman hasil bioteknologi kepada masyarakat luas.
6. Penggunaan teknik molekuler untuk mendiagnosa hama dan musuh alaminya.
7. Interaksi hama dengan tanaman inang untuk pengembangan kultivar *insect-resistant*.

Sejauh ini rekayasa genetik dapat digunakan untuk menghasilkan musuh alami yang kuat, stabil, berbahaya bagi bakteri patogen, jamur, virus dan nematoda melalui pengendalian hama terpadu. Identifikasi kemampuan molekul insektisida baru untuk memonitor ketahanan hama terhadap insektisida. Perkembangan adopsi bioteknologi tergantung pada sejauh mana pengetahuan menginteraksi gen dalam lingkungan genomik dan dalam ekosistem.

2.4 Ketahanan Terhadap Kondisi Kering

Pemuliaan tanaman terhadap kondisi kering atau cekaman kering pada dasarnya sama dengan resistensi terhadap hama dan penyakit dalam hal konsep dan desain, tentu dengan beberapa pengecualian. Pendekatan terhadap cekaman kekeringan dalam hal ini dikenal beberapa istilah yaitu pengelakan dehidrasi, toleransi dehidrasi, dan lepas dehidrasi (*escape*).

Pengelakan dehidrasi atau *dehydration avoidance* adalah kemampuan untuk menjaga kondisi kekurangan air yang dikontrol oleh komponen tertentu dan kemampuan tanaman. Ini merupakan metode yang paling umum dan efektif dalam menghadapi cekaman kering pada tanaman. Toleransi dehidrasi atau *dehydration tolerance* adalah kemampuan untuk tetap berfungsi dalam kondisi tercekam kekeringan.

Pemuliaan telah banyak memberikan dampak terhadap pembentukan tanaman baik yang tahan terhadap kondisi kering ataupun tidak. Diantaranya adalah peningkatan hasil oleh pemulia tanaman. Penelitian yang dilakukan di Canada dari tahun 1950an sampai 1980an menunjukkan

bahwa peningkatan hasil secara genetik mencapai 2.5% per tahun pada jagung hibrida. Peningkatan ini mempengaruhi resistensi terhadap stres. Sedangkan tahun 1953 dan 2001 studi di Amerika terhadap 80 jagung hibrida terhadap beberapa tingkat kekeringan. Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh genetik terhadap hasil saat kondisi stres selama pembungaan dan masa pengisian biji masing-masing mencapai 124 dan 91 kg per hektar per tahun. Meskipun hasil lebih tinggi pada kondisi normal yaitu 211 kg per hektar per tahun, namun intinya adalah adanya peningkatan hasil tanaman jagung pada kondisi kering.

Hingga sampai ini, belum ada pendekatan dan rancangan khusus yang digunakan dalam pemuliaan terhadap cekaman kekeringan untuk setiap kasus. Namun, peneliti telah mencoba untuk menerapkan paling tidak dua pendekatan, yaitu fenotipe dan seleksi terhadap cekaman kering diawal generasi atau di akhir generasi. Pemanfaatan heterosis dan hibrida yang dipaparkan terhadap lingkungan dengan kondisi air terbatas juga dapat dijadikan pilihan untuk pendekatan lain.

1. Seleksi generasi awal: dilakukan pada population yang memiliki potensi terpisah tinggi seperti pada generasi F₂, dimana genotipe yang diinginkan diharapkan akan terlihat pada setiap fenotipe tanaman. Terkadang genotipe dapat juga tampil pada generasi F₃. Sukses tidaknya cara ini tergantung pada beberapa kondisi, diantaranya adalah:
 - a. Sifat ketahanan kekeringan yang ditargetkan khusus dan apakah sifat tersebut merupakan fenotipe yang cocok pada populasi yang terpisah dari setiap tanaman. Misalnya suhu kanopi rendah, memerlukan teknik yang sangat sulit namun bukanlah hal yang tidak mungkin. Susunan genetik karakter pada gandum mengharuskan fenotipenya muncul di generasi homozigot selanjutnya.
 - b. Kekurangan air pada setiap tanaman tergantung pada kompetisi lingkungan di lapangan. Karenanya pengamatan secara visual atau terhadap parameter lainnya untuk

penentuan status air setiap tanaman generasi F2 mungkin saja bias. Misalnya terhadap karakter tinggi tanaman, tanggal pembungaan dan luas daun.

- c. Hasilnya juga tergantung pada susunan genetik populasi. Banyak kasus sumber sifat ketahanan kekeringan ini berasal dari donor eksotik dengan sifat agronomi yang tidak diinginkan. Kondisi ini sering muncul pada generasi F2.
2. Seleksi generasi lanjut: dimulai saat pemilihan tanaman berdasarkan sifat agronomi yang diinginkan (F2-F3). Di generasi selanjutnya (F4) seleksi dilanjutkan terhadap hasil dan karakter agronomi lainnya. Galur generasi F4 yang terpilih akan terus diseleksi untuk hasil dan karakter lain. Pada saat yang sama sample duplikat galur generasi F4 dan F5 akan diseleksi berdasarkan sifat fenotipe terhadap sifat resistensi kekeringan di beberapa kondisi lingkungan berbeda. Pendekatan ini lebih umum dilakukan dalam menciptakan tanaman tahan terhadap lingkungan kering.

2.5 Pertanyaan dan Diskusi

Setelah menyelesaikan Bab ini diharapkan mahasiswa dapat mengerti dan menjawab pertanyaan, diantaranya adalah:

1. Jelaskan bagaimana ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama.
2. Jelaskan bagaimana ketahanan tanaman terhadap faktor abiotik.
3. Diskusikan bagaimana mekanisme dan pewarisan sifat resistensi pada tanaman.

Bab 3.

Mutasi

3.1 Tujuan

Bab ini bertujuan untuk menjelaskan mengenai mutasi, asal mutasi dan bagaimana peranan mutasi dalam pemuliaan tanaman. Diharapkan mahasiswa akan mampu:

1. Menjelaskan asal mutasi
2. Menjelaskan agen yang terlibat dalam proses mutasi
3. Mendiskusikan peranan mutasi dalam pemuliaan tanaman itu sendiri.

3.2 Pendahuluan

Mutasi didefinisikan sebagai perubahan yang dapat diturunkan dalam susunan nukleotida genome suatu tanaman. Mutasi bisa genetik yang sifatnya merusak atau perubahan molekuler fisik gen; ataupun kromosomal yang melibatkan pengaturan ulang, kehilangan, atau duplikasi bagian kromosom. Mutasi mungkin saja dapat terlihat, terutama perubahan pada sifat fenotipe tanaman misalnya sifat-sifat morfologi (tinggi tanaman, warna pericarp, ciri daun, klorofil defisiensi, dan lain-lain). Sementara ada mutasi yang menyebabkan perubahan kuantitatif yang tidak terlihat seperti ukuran, aktivitas fisiologis, kandungan kimia, atau produktivitas.

Tipe mutasi dapat berupa resesif (A ke a) atau dominan (a ke A). Mutasi gen resesif merupakan mutasi yang paling sering terjadi pada jaringan somatik tanaman homozigot. Dampaknya tidak terlihat sampai pada

generasi berikutnya yang berasal dari alel mutan yang dibawa oleh biji tanaman. Ini disebabkan oleh hanya satu gen pada homozigot yang termutasi (AA ke Aa) dan gen dominan yang berada pada heterozigot akan menutupi alel mutan resesif. Setelah terjadinya penyerbukan, pemisahan terjadi sehingga gen mutan tanaman (aa) tereksresi pada generasi berikutnya. Mutasi gen resesif akan segera muncul jika kedua gen termutasi secara serentak, meskipun hal ini jarang sekali terjadi.

Dampak mutasi gen dominan juga jarang terjadi dikarenakan perkembangan jaringan somatik (Aa) akan memunculkan karakter dominan. Pada penyerbukan sendiri akan menyebabkan pemisahan ($1AA: 2Aa: 1aa$) dan produksi tanaman mutan homozigot pada keturunannya. Saat mutasi terjadi pada jaringan somatik hanya bagian kecil (*chimera*) dari tanaman yang membawa gen termutasi tersebut misalnya cabang tanaman, sedangkan bagian lainnya tidak akan terdampak. Jika mutasi resesif terjadi di gamet dan terikut alel dominan, maka tanaman dari biji tersebut akan terdampak terhadap mutasi.

3.3 Asal Mutasi

Berdasarkan asalnya, mutasi dapat digolongkan kedalam:

1. Mutasi spontan dan
2. Mutasi induksi

Mutasi spontan adalah mekanisme mutasi dimana karakter genetik muncul di alam. Bentuk mutan ini kemudian menyatu dengan bentuk yang sudah ada atau terduplikat dengan perubahan dalam ploidi dan berperan dalam proses evolusi di alam. Sebenarnya tidak ada perbedaan yang nyata antara mutasi spontan dan terinduksi, sebab bisa saja mutasi spontan di alam juga disebabkan oleh induksi radiasi secara perlahan. Begitu juga sebaliknya, mutasi pada bahan tanaman yang disebabkan oleh induksi mutagen dapat saja sebagai mutasi yang terjadi secara spontan.

Mutasi induksi lebih menguntungkan diterapkan terhadap biji biji dorman dibandingkan dengan bagian lain tanaman. Faktor lingkungan lebih mudah untuk dikendalikan terhadap biji bijian seperti kelembaban, suhu, dan kandungan oksigen. Dapat dilakukan dalam jumlah biji yang banyak dan biji dalam perlakuan dapat disimpan tanpa menyebabkan kerusakan pada biji tersebut atau si penyimpan. Dosis mutagen harus cukup untuk mematikan 50% dari jumlah biji guna menghasilkan mutasi maksimum. Penggunaan mutagen kimia biasanya adalah dengan merendam biji dalam larutan dan kemudian segera ditanam.

Berikut beberapa istilah umum dalam pembentukan mutasi, yaitu:

X = sinar X

R = radiasi ion

C = mutagen kimia

M = mutasi

Misalnya, M1 adalah generasi pertama setelah diberi perlakuan dengan mutagen, M2 adalah generasi kedua, dan seterusnya.

Tanaman M1 yang dihasilkan dari perkecambahan biji yang telah diberi perlakuan akan mengalami kemunduran daya vigor, sementara yang bertahan hidup sampai berbunga akan mengalami steril dan tidak menghasilkan biji. Pada sereal seperti gandum, sel terdapat pada embrio dorman yang berasal dari anakan. Jika mutasi terjadi pada sel ini maka mutasi gen hanya akan terjadi pada anakan yang berasal dari sel tersebut saja. Generasi M2 merupakan generasi yang memisah. Anakan lain dari tanaman yang sama tidak akan terdampak kecuali apabila terjadinya mutasi pada anakan tersebut.

Mutasi juga dapat diinduksi pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif seperti tebu, pisang, kentang, tanaman buah-buahan dan tanaman hias. Pemuliaan mutasi ini menjadi penting dalam menciptakan keragaman genetik terutama pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif tersebut. Pada jenis tanaman ini, radiasi lebih banyak digunakan

daripada mutagen kimia. Bagian yang umum diberi perlakuan seperti rimpang, rizoma, stek, penyambungan, pucuk, atau dasar petiol daun dimana tunas berasal.

3.4 Agen Mutasi

Radiasi ion dan mutagen kimia merupakan agen yang sering digunakan pada mutasi tanaman. Radiasi ion seperti sinar X, neutron, sinar γ , ultraviolet, dan laser. Sinar X termasuk radiasi yang paling banyak digunakan dalam membentuk mutasi pada biji, tanaman atau pollen. Sedangkan radiasi neutron mulai digunakan seiring perkembangan reaktor nuklir dewasa ini. Radiasi neutron menyebabkan kerusakan yang lebih parah pada kromosom dibandingkan dengan radiasi sinar X seperti yang digunakan pada biji. Radiasi sinar γ diperoleh dari radioaktif yang dikeluarkan Cobalt atau isotop, menyebabkan kerusakan yang lebih kecil pada sel tanaman sehingga sering digunakan untuk meradiasi keseluruhan atau sebagian tanaman termasuk pollen. Sementara penggunaan sinar laser sebagai agen mutasi pada tanaman, belum lama mulai diterapkan.

Dosis radiasi ditentukan berdasarkan intensitas dan panjang radiasi yang dihasilkan dalam *Roentgen* (*r*) unit (mengukur jumlah ionisasi yang terjadi). Jika ionisasi terjadi di dalam atau dekat kromosom dapat menyebabkan pemutusan ikatan kimia yang mengarah pada perubahan struktural dalam DNA seperti perubahan pada basa tunggal nukleotida dari gen (disebut *point mutation*). Selain itu juga dapat menyebabkan pergantian satu basa nukleotida dengan basa yang lain, atau kerusakan satu atau lebih basa dalam urutan DNA. Mutasi gen diakibatkan oleh perubahan dalam DNA pada gen. Mutasi kromosom disebabkan adanya kerusakan gen, perubahan urutan gen, penyatuan kembali kromosom yang rusak secara terbalik atau lainnya.

Mutagen kimia lebih disukai dari pada radiasi karena lebih mudah diaplikasi dan menghasilkan dampak kerusakan yang lebih kecil. Mutagen

kimia yang paling banyak digunakan adalah EMS (*ethyl methane sulfonate*). Biji, rimpang, akar, dan stek dorman dapat dicelupkan ke dalam mutagen kimia seperti EMS. Mutagen kimia biasanya memiliki dampak yang sedikit dibandingkan dengan radiasi ion, menghasilkan mutasi gen lebih banyak, dan kerusakan kromosom sedikit.

3.5 Mutasi Sel Somatik

Mutasi sel somatik berasal dari batang, daun, bagian bunga, atau jaringan meristem. Bagian sel jaringan dikulturkan pada media steril dan dengan prosedur yang tepat, jaringan tersebut akan diinduksi untuk memisah dan menghasilkan tanaman baru. Awalnya, tanaman tebu yang dihasilkan dari teknik kultur memiliki karakter morfologi, ketahanan terhadap penyakit, dan hasil yang tidak sama dengan klon tetuanya. Mutasi jenis ini telah banyak dijumpai pada jelai, gandum, padi, oat, kentang, tembakau, jagung dan tanaman lainnya. Mutasi induksi jaringan juga disebut sebagai variasi somaklonal atau *somaclonal variations*. Tingkat mutasi ini termasuk tinggi namun banyak yang tidak dapat diturunkan dan sedikit yang digunakan dalam program pemuliaan.

3.6 Pertanyaan dan Diskusi

Setelah menyelesaikan Bab ini, diharapkan mahasiswa dapat menjawab beberapa pertanyaan mengenai materi mutasi, diantaranya adalah:

1. Diskusikan bagaimana peranan mutasi dalam pemuliaan tanaman.
2. Jelaskan asal dan agen yang terlibat dalam proses mutasi tanaman.

Bab 4.

Sumber Daya Genetik

4.1 Tujuan

Bab ini bertujuan untuk membahas sumber daya genetik tanaman yang ada terkait dengan dengan variasi dan sumber plasma nutfah dalam program pemuliaan tanaman. Diharapkan mahasiswa akan dapat:

1. Mendiskusikan pentingnya sumber daya genetik dalam pemuliaan.
2. Mengetahui pengelompokkan, jenis dan sumber daya genetik yang ada.
3. Mengetahui pentingnya konservasi sumber daya genetik.

4.2 Pendahuluan

Keragaman sumber daya genetik merupakan hal yang paling penting dalam pemuliaan tanaman. Tersedianya sumber daya genetik ini merupakan langkah awal dalam program pemuliaan tanaman. Sehingga keberadaannya perlu diorganisir dan dikarakterisasi dengan baik untuk dapat digunakan oleh seorang pemulia tanaman. Penting halnya untuk mengetahui sumber dimana plasma nutfah ini dapat ditemukan dan bagaimana memilih genotipe yang tepat dan sesuai dengan program yang akan dilaksanakan oleh pemulia. Tentu setiap metode yang diterapkan memiliki konsekuensi tersendiri dalam sistem produksi pertanian. Bab ini akan membahas mengenai variasi sumber daya genetik yang ada dan sumber daya genetik dalam pemuliaan tanaman (sedikit pengenalan di Bab 1).

4.3 Variasi

Klasifikasi tumbuhan

Keragaman sumber daya genetik di alam diklasifikasikan berdasarkan taksonomi tumbuhan, suatu keilmuan yang membahas mengenai pengelompokan dan penamaan tumbuhan. Hingga saat ini pengelompokan makhluk hidup terdiri dari *Animalia*, *Plantae*, *Fungi*, *Protista* dan *Monera*. Secara umum, urutan taksonomi tanaman dijabarkan mulai dari tingkatan *Kingdom*, *Division*, *Class*, *Order*, *Family*, *Genus*, dan *Species*. Hubungan kekerabatan antar tanaman adalah salah satu yang menentukan keberhasilan program pemuliaan tanaman. Oleh karena itu pengetahuan ini sangat penting dimiliki oleh seorang pemulia agar dapat sukses terhadap program yang dijalankan.

Tanaman dapat saja dikelompokkan berdasarkan kebutuhan khusus misalnya berdasarkan:

1. Musim pertumbuhan
Pengelompokkan berdasarkan siklus hidup tanaman, terdiri dari:
 - a. Annual (tahunan)
 - b. Biennial (dua tahunan)
 - c. Perennial (kekal/lama)
 - d. Monocarp
2. Tipe batang
Pengelompokkan berdasarkan tipe batang terdiri dari:
 - a. Herba (batang tidak berkayu)
 - b. Semak (bercabang banyak, berasal dari bagian tanaman dekat permukaan tanah)
 - c. Pohon (memiliki satu batang tegak di bagian tengah)
3. Bentuk pertumbuhan
Pengelompokkan berdasarkan bentuk pertumbuhan terdiri dari:
 - a. Tegak atau *erect*
 - b. Berbaring atau *decumbent*

- c. Merayap atau *creeping / repent*
- d. Memanjat atau *climbing*
- e. Bergerombolan atau *despitose / bunch*

4. Kegunaan secara agronomi

Pengelompokkan berdasarkan kegunaan agronomis terdiri dari:

- a. Sereal (jenis rumput-rumputan seperti gandum, jelai, oat dan bijian kecil lainnya yang dibudidayakan).
- b. Kacang-kacangan (ditanam untuk menghasilkan biji yang dapat dimakan seperti kacang).
- c. Padi-padian (jenis tanaman budidaya dari golongan biji-bijian kecil yang dapat dimakan).
- d. Padi-padian berbiji kecil (termasuk di dalamnya gandum).
- e. Makan ternak (jenis tanaman yang dibudidayakan bagian vegetatifnya dan dipanen dalam bentuk segar seperti alfalfa).
- f. Akar-akaran (ditanam untuk menghasilkan bagian akar yang dapat dimakan misalnya ubi, dan singkong).
- g. Umbi-umbian (ditanam untuk menghasilkan minyak misalnya kelapa sawit, bunga matahari).
- h. Serat (ditanam untuk digunakan dalam produksi serat misalnya kapas).
- i. Gula (ditanam untuk menghasilkan gula misalnya tebu).
- j. Pupuk hijau (tanaman yang ditanam dan ditanam dalam tanah saat masih muda dan hijau untuk meningkatkan kesuburan tanah misalnya jenis tanaman legume).
- k. Penutup (tanaman yang ditanam diantara tanaman utama, berfungsi sebagai penutup tanah dari erosi dan lainnya misalnya beberapa jenis tanaman tahunan).
- l. Jerami (jenis rumput-rumputan atau legume yang dipanen dan digunakan untuk makanan ternak misalnya alfalfa).

5. Adaptasi

Pengelompokkan dilakukan berdasarkan adaptasi terhadap suhu, terdiri dari:

- a. Tanaman musim dingin atau *temperate* (beriklim sedang), suhu berkisar antara 15-18°C.
- b. Tanaman musim hangat atau *tropical* (beriklim tropis), suhu berkisar 18-27°C.

Jenis variasi

Keragaman tanaman ini mengindikasikan bahwa setiap fenotipe akan dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan dimana suatu tanaman itu tumbuh dan berkembang. Definisi ini dirumuskan menjadi $P = G + E$. Terdapat dua sumber dasar perubahan fenotipe yang mendasari keragaman atau variasi yaitu:

1. Variasi lingkungan, dan
2. Variasi genetik

Variasi atau keragaman yang disebabkan oleh lingkungan dapat terlihat saat tanaman dari spesies atau klon yang sama di tanam pada lingkungan yang berbeda, maka setiap individu tanaman akan berpenampilan berbeda tergantung kondisi lingkungan masing-masing. Keadaan lahan sering kali heterogen atau tidak sama terutama terhadap faktor lingkungan seperti kandungan hara, kelembaban, cahaya, dan suhu. Perbedaan kondisi lingkungan tersebut terkadang menyebabkan timbulnya stress pada tanaman yang akan mempengaruhi hasil. Misalnya, tingkat serangan hama atau penyakit yang akan dipengaruhi oleh keberadaan tanaman dalam suatu lahan yang sama. Apabila kondisi lahan baik maka serangan lebih rendah dibandingkan dengan kondisi lahan yang buruk. Bagi seorang pemulia, sangat penting memilih tanaman yang tepat untuk menjamin keberhasilan program pemuliaan baik menggunakan metode yang sesuai ataupun statistik dalam pemilihan tersebut.

Keragaman tanaman juga disebabkan oleh adanya perbedaan susunan genetik dan biasanya dapat diturunkan sehingga disebut juga sebagai *heritable variation* atau dapat diwarisi. Dikarenakan ekspresi gen terjadi di lingkungan, maka tingkat ekspresi sifat yang diwariskan tentu

dipengaruhi oleh lingkungan tersebut, ada yang pengaruhnya besar namun ada juga yang kecil. Variasi yang dapat diturunkan sangat diperlukan untuk dalam pemuliaan tanaman. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, seorang pemulia mencari perubahan fenotipe suatu sifat yang permanen dan perubahan genetik yang dapat diwariskan. Perubahan yang dapat diturunkan biasanya bersifat tetap dari generasi ke generasi. Misalnya, tanaman berwarna bunga merah maka akan menghasilkan tanaman berbunga merah juga. Namun mutasi dapat saja mengakibatkan perubahan permanen dari warna asli bunga tersebut. Di bidang bioteknologi, variasi genetik dapat dilihat di tingkat molekuler seperti penggunaan DNA *markers* atau penanda DNA. Sehingga pemulia dapat menaksir keragaman genetik bahan tanaman di tingkat molekuler. Beberapa variasi genetik dapat dilihat pada variasi morfologi seperti tinggi tanaman, warna, dan ukuran. Sedangkan komposisi atau kandungan senyawa kimia seperti kandungan protein dan gula memerlukan uji dan peralatan pendukung yang berbeda. Selanjutnya seorang pemulia lebih tertarik pada interaksi gen dengan lingkungan (G x E).

Tingkat keragaman

Keragaman genetik atau variasi yang dapat diturunkan berasal dari:

1. Rekombinasi gen
2. Modifikasi jumlah kromosom, dan
3. Mutasi

Dikarenakan variasi secara biologi sangatlah luas, maka akan lebih mudah penggunaannya bila dikelompokkan. Untuk itu para ahli telah mengklasifikasikan karakter tersebut menjadi:

1. Variasi kualitatif, dan
2. Variasi kuantitatif

Variasi kualitatif mudah untuk diklasifikasikan, pelajari dan dimanfaatkan dalam program pemuliaan tanaman. Karakter kualitatif dapat dengan mudah diturunkan dan umumnya dikendalikan oleh satu atau beberapa

gen dan sesuai dengan analisis Mendel. Contoh sifat kualitatif adalah penyakit, karakteristik biji, dan komposisi sifat. Dikarenakan sesuai dengan analisis Mendel maka penggunaan prosedur statistik seperti chi-square dapat dipakai untuk menentukan gen kualitatif. Sejauh ini telah diterapkan pada transfer gen tunggal (beberapa gen) seperti *Bt* dan *Ht* (toleran herbisida).

Kebanyakan sifat yang digunakan dalam pemuliaan tanaman merupakan dapat diwariskan secara kuantitatif. Banyak gen mengendalikan karakter tersebut, masing-masing berkontribusi terhadap perubahan kecil pada fenotipenya. Penentuan karakter kuantitatif sangat relatif. Misalnya tinggi tanaman, penentuan suatu tanaman tinggi relatif terhadap tanaman yang tingginya lebih rendah dari kelompok tanaman tinggi tersebut. Sifat kualitatif yang dikendalikan oleh beberapa gen, mengakibatkan perubahan kecil dan sulit untuk dibedakan disebut *polygenic inheritance* atau *minor genes*. Pemuliaan sifat kuantitatif lebih menantang dibandingkan sifat kualitatif.

4.4 Sumber Daya Genetik Dalam Pemuliaan Tanaman

Jelas bahwa sumber daya genetik merupakan sumber utama dalam pemuliaan tanaman untuk dapat berlangsung. Sumber daya genetik atau plasma nutfah merupakan bahan dasar atau tetua yang digunakan untuk menginisiasi program pemuliaan. Guna memfasilitasi penggunaan plasma nutfah, telah banyak didirikan bank plasma nutfah yang bertugas mengumpulkan, mengkatalog, menyimpan, dan mengatur semua plasma nutfah yang ada.

Sumber keragaman

Sumber daya genetik dapat dikelompokkan paling tidak kedalam lima golongan yaitu:

1. Plasma nutfah elit
2. Plasma nutfah yang telah ditingkatkan
3. Kultivar lokal yang telah ditingkatkan (*landrace*)
4. Relatif liar
5. Stok genetik

Berdasarkan sumber keragaman dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

1. Tanaman yang telah didomestikasi
2. Tumbuhan yang belum didomestikasi
3. Spesies atau genera lain

Tanaman yang telah didomestikasi

Tanaman yang telah didomestikasi adalah bahan tanaman yang telah diseleksi untuk kegunaan manusia baik sebagai pangan ataupun fungsi lainnya. Beberapa sumber tanaman ini adalah:

1. Kultivar komersial. Dua bentuk bahan tanaman ini adalah kultivar yang ada saat ini dan kultivar yang telah mengalami kemunduran atau usang. Kultivar jenis ini diharapkan akan memiliki kombinasi gen unggul, daya adaptasi yang baik, dan penampilan yang baik. Kultivar usang berasal dari kultivar komersial yang telah mengalami kemunduran atau tergantikan dengan kultivar baru berdaya hasil tinggi.
2. Bahan pemuliaan. Suatu program pemuliaan baik yang sedang berjalan atau telah selesai biasanya menyimpan beragam tanaman dari kegiatan sebelumnya. Produk menengah ini umumnya telah mulai memiliki beberapa keunggulan karena didasarkan pada jumlah genotipe atau populasi yang sedikit. Misalnya saja seorang pemulia pasti mengeluarkan satu genotipe tanaman untuk dikembangkan dan disebar, namun galur unggul lainnya mungkin akan disimpan sebagai bahan pemuliaan di program berikutnya.

3. *Landraces*/kultivar petani. Kultivar yang digunakan dan dikembangkan oleh petani merupakan kultivar *landraces*. Biasanya kultivar ini telah lama dikembangkan dan telah memiliki gen yang beradaptasi dengan baik. Selain itu, juga lebih heterogen, sehat, memiliki ketahanan terhadap tekanan lingkungan yang baik. Meski terkadang memiliki daya hasil rendah namun lebih stabil. Kultivar *landraces* dapat dijumpai pada sistem pertanian tradisional. Bahan tanaman ini sering digunakan sebagai bahan awal dalam seleksi massal atau *pure-line*.
4. Tanaman introduksi. Jenis tanaman yang diperkenalkan ke suatu wilayah, umumnya belum beradaptasi baik di daerah luar daerah produksinya disebut sebagai tanaman introduksi. Bahan tanaman ini akan dievaluasi dan diadaptasikan ke suatu wilayah atau digunakan sebagai tetua dalam program pemuliaan tanaman.
5. Stok genetik. Terdiri dari tanaman hasil manipulasi genetik (misalnya menggunakan mutagen untuk menghasilkan kromosom berbeda atau mutan).

Tanaman yang belum didomestikasi

Saat gen yang dibutuhkan tidak didapat pada tanaman yang telah terdomestikasi, maka seorang pemulia akan mulai mencari dari populasi liar di alam. Beberapa karakter yang sering didapat dari populasi liar adalah kulit biji tebal, kerontokan, dan ketidakpastian. Sifat ini tentu kurang disukai dalam budidaya maju. Plasma nutfah liar telah banyak digunakan sebagai sumber donor pada sifat resistensi terhadap penyakit dan hama, dan tekanan lingkungan.

Spesies dan genera lain

Transfer gen melalui persilangan mengharuskan tetua kompatibel atau fertil. Sehingga persilangan dapat berjalan dengan baik. Namun, perbedaan genetik yang tinggi terkadang sering berakibat kurang berhasilnya persilangan yang melibatkan tetua dari spesies atau genera liar.

Kerentanan genetik

Kerentanan genetik merupakan permasalahan kompleks yang melibatkan permasalahan seperti evolusi tanaman, kecenderungan dalam pemuliaan, kecenderungan dalam teknologi biologi, keputusan oleh produser tanaman, permintaan dan minat konsumen, dan lain sebagainya. Maka dibentuklah kultivar tanaman yang dapat mengakomodir semua permasalahan di atas. Kerentanan genetik mengindikasikan homogenitas genetik dan ketidakseragaman kelompok tanaman yang mempengaruhi kerentanannya terhadap hama, patogen atau lingkungan dalam skala yang besar. Kerentanan ini disebabkan oleh:

1. Keinginan pemulia atau konsumen terhadap ketidak seragaman sifat yang mengendalikan kerentanan terhadap tekanan biotik dan lingkungan.
2. Lahan yang digunakan dan metode produksi.

Berikut beberapa hal yang dapat dilakukan dalam menghadapi kerentanan genetik, diantaranya adalah:

1. Pengecekan kenyataan bahwa kerentanan genetik ini merupakan permasalahan penting dan harus dihadapi secara serius
2. Penggunaan plasma nutfah liar
3. Pergeseran pola pikir bahwa pemuliaan tanaman sesederhana menyilangkan tanaman yang berbeda namun juga melibatkan karakter-karakter yang sulit untuk diwariskan sehingga memerlukan pendekatan berbeda.

4.5 Konservasi Sumber Daya Genetik dan Plasma Nutfah

Konservasi sumber daya genetik merupakan hal penting dan pondasi terhadap ketahanan pangan. Dibutuhkan peningkatan produksi pertanian

sebanyak paling sedikit 60% untuk memenuhi kebutuhan pangan dunia yang diperkirakan akan mencapai 9,2 milyar pada tahun 2050. Sementara keberadaan sumber daya genetik tersebut juga diancam oleh perubahan lingkungan seperti peningkatan suhu global dan perubahan iklim, alih fungsi lahan dan sumber daya air serta degradasi lingkungan. Hal ini tentu menyebabkan semakin terbatasnya sumber untuk ketahanan pangan, pertumbuhan ekonomi dan juga berdampak terhadap perdamaian dunia.

Dalam rancang tindak kedua untuk sumber daya genetik tanaman untuk pangan dan pertanian telah dijelaskan perlunya konservasi dan pemanfaatan sumber daya genetik tanaman untuk pangan dan pertanian yang berkelanjutan. Hal ini didasarkan pada perlunya perubahan dalam kemampuan adaptasi berbagai jenis tanaman dan pakan terhadap perubahan iklim yang terjadi. Kondisi ini juga mengharuskan perubahan terhadap kegiatan pertanian dan areal produksi serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan keanekaragaman hayati.

Tujuan Rancang Tindak Global (RTG) kedua tahun 2011 adalah:

1. Memperkuat implementasi Traktat Internasional;
2. Menjamin konservasi SDGTPP (Sumber Daya Genetik Tanaman untuk Pangan dan Pertanian/*Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (PGRFA)*) sebagai dasar ketahanan pangan, keberlanjutan pertanian dan pengurangan kemiskinan dengan menyediakan pondasi bagi pemanfaatan di masa kini dan yang akan datang;
3. Mempromosikan pemanfaatan yang berkelanjutan dari SDGTPP, dalam rangka mempercepat pembangunan ekonomi dan untuk mengurangi kelaparan dan kemiskinan, khususnya di negara berkembang, juga untuk menyediakan pilihan bagi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, menjawab perubahan global dan respon terhadap pangan, pakan, dan kebutuhan lainnya;
4. Mempromosikan pertukaran SDGTPP dan pembagian keuntungan yang adil dan merata dari pemanfaatannya;

5. Membantu negara-negara, jika sesuai dan tunduk pada perundang-undangan nasionalnya, untuk mengambil tindakan dalam melindungi dan mempromosikan Hak Petani, seperti yang tercantum dalam Pasal 9 dari Traktat Internasional;
6. Membantu negara-negara, region-region, Badan Pengatur dari Traktat Internasional dan lembaga lainnya yang bertanggung jawab kepada konservasi dan pemanfaatan SDGTPP untuk mengidentifikasi aksi prioritas;
7. Menyusun dan memperkuat program nasional, untuk meningkatkan kerjasama regional dan internasional, termasuk penelitian, pendidikan dan pelatihan dalam konservasi dan pemanfaatan SDGTPP dan untuk memperkuat kapasitas lembaga;
8. Mempromosikan berbagi informasi mengenai SDGTPP antar dan di dalam region dan negara;
9. Menyusun dasar konseptual untuk pembangunan dan adopsi kebijakan dan legislasi nasional, yang sesuai, untuk konservasi dan pemanfaatan yang berkelanjutan dari SDGTPP;
10. Mengurangi duplikasi aksi yang tidak diinginkan dan tidak diperlukan dalam rangka mempromosikan efisiensi dan efektivitas biaya pada upaya global untuk konservasi dan pemanfaatan yang berkelanjutan dari SDGTPP.

Beberapa kegiatan prioritas dalam RTG (Rancang Tindak Global) SDGTPP adalah:

1. Konservasi *In Situ* dan pengelolaannya
 - a. Survai dan inventori SDGTPP
 - b. Mendukung pengelolaan dan perbaikan SDGTPP secara lekat-lahan
 - c. Membantu petani dalam situasi bencana untuk memulihkan sistem pertanian
 - d. Mempromosikan konservasi dan pengelolaan secara *in situ* kerabat liar tanaman dan tanaman pangan liar
2. Konservasi *Ex Situ*

- a. Mendukung target pengoleksian SDGTPP
 - b. Mempertahankan dan memperluas konservasi *ex situ* plasma nutfah
 - c. Meregenerasi dan memperbanyak aksesi secara *ex situ*
3. Pemanfaatan yang berkelanjutan
- a. Memperluas karakterisasi, evaluasi, dan pengembangan kelompok koleksi khusus untuk memfasilitasi pemanfaatannya
 - b. Mendukung pemuliaan tanaman, pengkayaan genetik dan upaya perluasan latar belakang genetik
 - c. Mempromosikan diversifikasi produksi pertanian dan perluasan keanekaragaman tanaman untuk pertanian berkelanjutan
 - d. Mempromosikan pengembangan dan komersialisasi semua varietas, terutama varietas petani/*landrace* dan spesies yang kurang dimanfaatkan
 - e. Mendukung produksi dan distribusi benih
4. Pembangunan kapasitas lembaga dan sumber daya manusia yang berkelanjutan
- a. Membangun dan memperkuat program nasional
 - b. Mempromosikan dan memperkuat jejaring kerja SDGTPP
 - c. Membangun dan memperkuat sistem informasi yang komprehensif untuk SDGTPP
 - d. Mengembangkan dan memperkuat sistem pengawasan dan pemeliharaan keanekaragaman genetik dan pengurangan erosi genetik SDGTPP
 - e. Membangun dan memperkuat kapasitas sumber daya manusia
 - f. Mempromosikan dan memperkuat kesadaran masyarakat tentang pentingnya SDGTPP

Sebelum itu, Pemerintah RI telah mengeluarkan Undang-undang No.5 Tahun 1990 tentang konservasi sumberdaya alam hayati dan

ekosistemnya. Pasal 2 menyebutkan bahwa konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya berasaskan pelestarian kemampuan dan pemanfaatan sumber daya alam hayati dalam ekosistemnya secara serasi dan seimbang. Selanjutnya di Pasal 3 menyebutkan bahwa konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya bertujuan mengusahakan terwujudnya kelestarian sumber daya alam hayati serta keseimbangan ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia.

Berdasarkan Pasal 5, konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya dapat dilakukan melalui beberapa kegiatan, diantaranya adalah:

1. Perlindungan sistem penyangga kehidupan;
2. Pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya;
3. Pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.

4.6 Pertanyaan dan Diskusi

Setelah menyelesaikan Bab ini diharapkan mahasiswa akan mampu menjawab pertanyaan berikut:

1. Diskusikan bagaimana pentingnya sumber daya genetik dalam pemuliaan tanaman.
2. Jelaskan pengelompokkan, jenis dan sumber daya genetik yang ada dalam tatanan tanaman pertanian.
3. Sejauh mana pentingnya konservasi sumber daya genetik dalam menjamin ketahanan pangan dan perekonomian dunia?

Bab 5.

Produksi dan Distribusi Benih

5.1 Tujuan

Bab ini bertujuan untuk membahas mengenai produksi dan distribusi benih dalam pemuliaan tanaman. Mahasiswa diharapkan akan mampu untuk:

1. Mengerti bagaimana prosedur dalam produksi benih
2. Memahami klasifikasi benih
3. Memahami tata cara pelepasan dan pemberian nama varietas
4. Memahami hak pemulia dalam kegiatan pemuliaan tanaman

5.2 Pendahuluan

Menurut Undang Undang RI No. 12 Tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman Pasal 1 Butir 4 menyatakan bahwa “Benih tanaman yang selanjutnya disebut benih, adalah tanaman atau bagiannya yang digunakan untuk memperbanyak dan/atau mengembangbiakkan tanaman”. Secara umum benih juga sering didefinisikan sebagai biji tanamna yang telah mengalami perlakuan sehingga dapat dijadikan sarana dalam memperbanyak tanaman atau digunakan untuk tujuan penanaman. Meski berdasarkan fungsi, benih dapat dikatakan sama dengan bibit namun secara biologi istilah bibit digunakan untuk benih yang telah berkecambah.

Keberadaan benih sangat penting dalam usaha pemuliaan tanaman, terutama dalam menghasilkan benih bermutu tinggi. Sebagaimana diketahui bahwa tujuan dari program pemuliaan tanaman adalah untuk

menghasilkan kultivar atau varietas yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan produksi dan ekonomi. Beberapa langkah dalam pemuliaan tanaman yaitu:

1. Usaha koleksi plasma nutfah sebagai sumber keragaman;
2. Identifikasi dan karakterisasi;
3. Induksi keragaman;
4. Proses seleksi;
5. Pengujian dan evaluasi
6. Pelepasan, distribusi dan komersialisasi varietas.

5.3 Produksi Benih

Produksi benih harus dilakukan secara baik guna menghasilkan benih bermutu tinggi melalui proses penelitian dan pengembangan, produksi dan distribusi, sertifikasi dan pengawasan mutu benih serta adanya penunjang seperti lembaga permodalan, informasi, dan sebagainya. Tentu untuk mendapatkan benih bermutu dibutuhkan pengetahuan terhadap bagaimana menangani benih dengan baik mulai dari kegiatan pemanenan, pengeringan, pemilahan, perlakuan benih, pengemasan, penyimpanan, dan pengujian benih.

Secara umum benih dapat diproduksi secara seksual dan aseksual menurut persyaratan yang telah ditetapkan oleh BPSB, berdasarkan tujuan:

1. Menyebarkan varietas unggul baru hasil pemuliaan untuk produksi secara komersial;
2. Mempertahankan identitas genetik varietas unggul tersebut;
3. Menjaga dan memelihara produktivitas varietas unggul.

Berdasarkan asal, produksi benih dapat dikelompokkan kedalam:

1. Produksi benih dari biji non hibrida
2. Produksi benih dari biji hibrida

3. Produksi benih secara kultur jaringan

Produksi benih dari biji non hibrida

Produksi benih dari biji atau non hibrida meliputi inbrida untuk tanaman yang menyerbuk sendiri dan bersari bebas atau terbuka untuk tanaman yang menyerbuk silang. Produksi benih dari biji merupakan proses yang sederhana dikarenakan prosesnya hampir sama untuk budidaya dengan tujuan konsumsi. Dalam prosesnya harus memperhatikan pengendalian mutu internal agar tidak terjadi kemunduran mutu genetik dan bagaimana praktek budidaya tanaman untuk produksi benih.

Mutu internal dapat dikendalikan dengan memperhatikan sejarah lahan yang digunakan, misalnya bebas dari benih asing dari pertanaman sebelumnya. Kondisi lahan harus diolah secara benar dan sebaiknya diberikan jeda yang cukup lama dari penanaman sebelumnya. Benih yang digunakan harus tepat kelas, diketahui asal usulnya, dan bebas dari benih lain. Guna menghindari pencemaran, lahan dapat diisolasi baik berdasarkan jarak maupun waktu penanaman.

Penanaman dapat dilakukan di wilayah adaptasi guna menghindari kemunduran varietas. Meski pada dasarnya praktek budidaya untuk benih dan untuk konsumsi sama, namun membutuhkan perhatian khusus untuk menjamin kualitas generasi berikutnya. Tahapan kegiatan meliputi pemilihan dan penyiapan lahan produksi, penumbuhan, pemanenan, dan penanganan benih siap sebar.

Pemilihan dan dan penyiapan lahan harus memperhatikan beberapa hal berikut:

1. Adaptasi tanaman terhadap lingkungan produksi harus sesuai dengan komoditi dan jenis;
2. Sejarah penanaman sebelumnya dan rotasi;
3. Kemudahan akses transportasi;
4. Tahapan persiapan lahan yang meliputi pembersihan, perataan, isigasi dan drainase, pemberian BO dan unsur hara lainnya.

Kegiatan penanaman harus memperhatikan apakah tanaman memerlukan persemaian seperti persiapan bedengan, lokasi, penyesuaian dan pemedahan tanaman. Pemeliharaan meliputi penjarangan, pendangiran, PHT, pengairan, pemupukan, dan perlindungan tanaman dari kontaminasi serbuk sari asing.

Pemanenan harus dilakukan saat tanaman menghasilkan benih bermutu tinggi dalam jumlah maksimal, untuk memastikan produksi maksimal maka tanaman harus:

1. Tegakan tumbuh baik dan seragam;
2. Proses pematangan berlangsung dalam waktu yang tepat (tidak terlalu lama atau pendek);
3. Tingkat keberhasilan penyerbukan dan pembuahan tinggi;
4. Penentuan saat panen (masak fisiologis dan penundaan sesaat untuk mengurangi kadar air);
5. Proses pemanenan.

Penanganan benih siap salur atau sebar mesti memperhatikan hal-hal berikut:

1. Teknik penyiapan benih harus sesuai dengan daya simpan benih tersebut;
2. Benih harus dibersihkan, dikeringkan dan dikemas dengan baik sebelum disimpan.

Produksi benih dari biji hibrida

Hibrida adalah generasi pertama hasil persilangan dua atau lebih tetua galur murni atau inbred dan bersifat heterosis. Berdasarkan jumlah galur inbred, produksi benih diperoleh dari:

1. Persilangan *single cross* (silang tunggal)
2. Persilangan *double cross* (silang ganda)
3. Persilangan *three way cross* (tiga jalur) A x (BxC)

Permasalahan yang sering terjadi dalam produksi benih hibrida yaitu penyerbukan harus sepenuhnya terkontrol, sedangkan pada jenis tanaman menyerbuk sendiri, metode emaskulasi sering menjadi masalah karena kesulitan. Penjelasan lebih detail mengenai prosedur dalam menghasilkan benih hibrida dapat dilihat pada Bab 1.

Produksi benih secara kultur jaringan

Benih juga bisa diperoleh secara kultur jaringan melalui beberapa teknik yaitu kultur meristem, kultur pucuk, kultur embrio dan kultur embrio somatik. Produksi benih melalui metode ini memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah:

1. Dapat memproduksi benih dalam jumlah yang banyak
2. Bibit yang dihasilkan lebih sehat dan bebas dari virus serta penyakit, dikarenakan adanya *hot treatment* yang menyebabkan molekul besar seperti virus terhambat perkembangannya dan tidak dapat diangkut ke atas (di jaringan meristem)
3. Waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat
4. Bibit yang dihasilkan lebih seragam
5. Mudah dalam hal transportasi

Sedangkan kelemahan yang sering dimiliki oleh metode ini diantaranya adalah:

1. Butuh biaya yang cenderung lebih mahal
2. Butuh keahlian khusus
3. Adanya mutasi negatif

5.4 Klasifikasi Benih

Benih dapat diklasifikasikan menurut tahapan generasi perbanyakan dan tingkat standar mutu. Klasifikasi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pertanian dengan Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) adalah:

1. Benih Penjenis (BS / Breeder Seed / Label Kuning)
Benih penjenis adalah benih yang diproduksi oleh dan dan dibawah pengawasan pemulia tanaman yang bersangkutan atau instansinya. Benih ini merupakan sumber perbanyak benih dasar (FS).
2. Benih Dasar (FS / Foundation Seed / Label Putih)
Benih dasar adalah benih keturunan pertama dari BS. Diproduksi dibawah bimbingan intensif dan pengawasan ketat sehingga kemurnian varietas dapat terpelihara. Benih dasar diproduksi oleh instansi atau badan yang ditunjuk oleh Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan disertifikasi oleh BPSB.
3. Benih Pokok (SS / Stock Seed / Label Ungu)
Benih pokok adalah keturunan benih dasar yang diproduksi dan dipelihara sehingga identitas dan tingkat kemurnian varietas yang ditetapkan dapat dipelihara dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan dan harus disertifikasi sebagai benih pokok oleh BPSB.
4. Benih Sebar (ES / Extension Seed / Label Biru)
Benih sebar adalah keturunan benih pokok yang diproduksi dan dipelihara identitas maupun kemurnian varietas yang ditetapkan oleh BPSB. Benih sebar disertifikasi oleh BPSB dan diperbanyak oleh Balai Benih dibawah bimbingan BPSB.

5.5 Tata Cara Pelepasan Varietas

Menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 37/Permentan /OT.140/2006 tentang pengujian, penilaian, pelepasan dan penarikan varietas; Bab 1 Ketentuan Umum Pasal 1 Butir 1 menyatakan bahwa “Pelepasan varietas adalah pengakuan pemerintah terhadap suatu hasil pemuliaan di dalam negeri dan/atau intruksi yang dinyatakan dalam keputusan Menteri Pertanian bahwa varietas tersebut merupakan suatu varietas unggul yang dapat disebarluaskan”. Sedangkan Butir 2, menyatakan bahwa “Varietas tanaman yang selanjutnya disebut varietas adalah sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai

oleh bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, buah, biji, dan ekspresi karakteristik genotipe atau kombinasi genotipe yang dapat membedakan dari jenis atau spesies yang sama oleh sekurang-kurangnya satu sifat yang menentukan dan apabila diperbanyak tidak mengalami perubahan.

Calon varietas yang diusulkan harus diperoleh dari pemuliaan baik di dalam maupun luar negeri yang berupa galur murni, komposit, kultivar, klon, mutan, hibrida, transgenik atau hasil teknik pemuliaan lainnya. Calon varietas dapat dilepas bila memenuhi persyaratan:

1. Silsilah tanaman yang meliputi asal usul, nama-nama tetua, daerah asal, nama pemilik atau penemu, perkiraan umur bagi tanaman tahunan atau lama penyebaran bagi tanaman semusim yang telah berkembang di masyarakat (varietas lokal) dan metode pemuliaan yang digunakan;
2. Tersedia deskripsi yang lengkap dan jelas, sehingga memungkinkan untuk identifikasi dan pengenalan varietas tersebut secara akurat;
3. Menunjukkan keunggulan terhadap varietas pembanding;
4. Unik, seragam dan stabil;
5. Pernyataan dari pemilik bahwa benih penjenis (breeder seed) tersedia baik dalam jumlah maupun mutu yang cukup untuk memperbanyak lebih lanjut ;
6. Dilengkapi data hasil pengujian lapangan seluruh lokasi dan/atau laboratorium ;
7. Melampirkan izin dari pemilik varietas (untuk varietas introduksi);
8. Melampirkan deskripsi tetua (untuk varietas hibrida).

Untuk varietas lokal yang akan dilepas sebagai varietas unggul harus memenuhi ketentuan:

1. Merupakan varietas yang terdaftar pada kantor Perlindungan Varietas Tanaman;

2. Varietas yang sudah ditanam secara luas oleh masyarakat di suatu wilayah dan mempunyai keunggulan;
3. Telah dibudidayakan lebih dari 5 (lima) tahun untuk tanaman semusim atau 5 (lima) tahun panen untuk tanaman tahunan.

Selanjutnya pemohon sebagai pemulia, penyelenggara pemuliaan atau pemilik calon varietas baik perorangan maupun institusi mengajukan permohonan pelepasan yang telah diuji disertai nama calon varietas secara tertulis kepada Menteri Pertanian melalui Ketua Badan Benih Nasional dengan melampirkan kelengkapan dokumen. Evaluasi dan penilaian dilakukan terhadap keunggulan dan kesesuaian calon varietas yang akan dilepas, keunggulan yang dimaksud yaitu:

1. Daya hasil;
2. Ketahanan terhadap OPT utama;
3. Ketahanan terhadap cekaman lingkungan;
4. Kecepatan produksi;
5. Mutu hasil tinggi dan/atau ketahanan simpan;
6. Toleransi benih terhadap kerusakan mekanis;
7. Tipe tanaman;
8. Keindahan dan/atau nilai ekonomis; dan/atau
9. Batang bawah untuk perbanyakan klonal harus mempunyai perakaran kuat, tahan HP akar dan kompatibilitas.

Berdasarkan penilaian tersebut maka Ketua Badan Benih Nasional dapat:

1. Mengusulkan untuk pelepasan;
2. Menyarankan perbaikan kepada pemohon untuk melengkapi data dan informasi;
3. Melakukan sidang ulang; atau
4. Menolak.

5.6 Tata Cara Pemberian Nama

Sebelum disebarakan sebagai benih sebar, calon varietas mesti diberi nama dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Mencerminkan identitas varietas yang bersangkutan;
2. Tidak menimbulkan kerancuan karakteristik, nilai atau identitas suatu varietas;
3. Tidak menggunakan nama varietas yang telah ada;
4. Tidak menggunakan nama orang terkenal, kecuali seizin yang bersangkutan;
5. Tidak menggunakan nama alam yaitu sungai, laut, teluk, danau, waduk, gunung, planet, dan batu mulia;
6. Tidak menggunakan lambang Negara;
7. Tidak menggunakan merek dagang untuk barang dan jasa yang dihasilkan dari bahan propagasi seperti benih atau bibit atau bahan yang dihasilkan dari varietas lain, jasa transportasi atau penyewaan tanaman.

Penamaan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Jumlah huruf tidak lebih dari 30 (tiga puluh);
2. Tidak ditafsirkan sebagai memperbesar nilai sesungguhnya dari varietas tersebut, misalnya terbaik, paling enak, wangi sekali;
3. Tidak menggunakan kata-kata yang dilarang seperti persilangan, hibrida, kelompok, bentuk, mutan, bibit, strain, varietas atau bentuk jaman dari kata-kata tersebut seperti “yang diperbaiki” atau “yang ditransformasi”;
4. Tidak menggunakan tanda baca apapun, seperti titik, titik dua, koma; dan
5. Tidak menggunakan nama jenis atau spesies atau nama botani untuk penggunaan kata tunggal.

5.7 Hak Pemulia Tanaman

Perlindungan varietas tanaman (PVT) merupakan perlindungan khusus yang diberikan negara terhadap varietas tanaman yang dihasilkan oleh pemulia melalui kegiatan pemuliaan tanaman. Meski dalam pelaksanaannya masih kurang efisien namun pemerintah telah berupaya untuk terus memperbaiki sistem dalam PVT seperti tercantum dalam Undang Undang RI Nomor 29 Tahun 2000 tentang perlindungan varietas tanaman.

Tidak semua varietas dapat diberi perlindungan, hanya varietas dari jenis atau spesies tanaman baru, unik, seragam, stabil dan diberi nama saja yang dapat diberi perlindungan PVT. Sedangkan varietas yang dianggap penggunaannya bertentangan dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku, ketertiban umum, kesusilaan, norma-norma agama, kesehatan, dan kelestarian lingkungan hidup tidak dapat diberikan PVT.

Biasanya jangka waktu PVT bervariasi, dihitung sejak tanggal pemberian hak PVT, berdurasi selama 20 tahun untuk tanaman semusim dan 25 tahun untuk tanaman tahunan. Hak PVT ini dapat diberikan kepada pemulia atau orang atau badan hukum atau pihak lain yang menerima lebih lanjut hak PVT dari pemegang hak PVT sebelumnya. Selaku pemegang hak PVT, pemulia memiliki hak untuk menggunakan dan memberikan persetujuan kepada orang atau badan hukum lain untuk menggunakan varietas berupa benih dan hasil panen yang digunakan untuk propagasi. Pemulia yang menghasilkan varietas juga berhak untuk mendapatkan imbalan yang layak dengan memperhatikan manfaat ekonomi yang dapat diperoleh dari varietas tersebut. Seorang pemegang hak PVT tidak hanya memiliki hak namun juga kewajiban seperti:

1. Melaksanakan hak PVT-nya di Indonesia (kecuali secara teknis pelaksanaan atau ekonomis tidak layak dilaksanakan di Indonesia);
2. Membayar biaya tahunan PVT;

3. Menyediakan dan menunjukkan contoh benih varietas yang telah mendapatkan hak PVT di Indonesia.

Permohonan hak PVT dapat diajukan kepada Kantor PVT secara tertulis dengan membayar biaya yang telah ditetapkan. Surat permohonan harus memuat tanggal, bulan dan tahun; nama dan alamat lengkap pemohon; nama, alamat lengkap dan kewarganegaraan pemulia serta nama ahli waris yang ditunjuk; nama varietas; deskripsi varietas yang mencakup asal usul atau silsilah, ciri-ciri morfologi, dan sifat penting lainnya; gambar dan/atau foto yang disebut dalam deskripsi yang diperlukan untuk memperjelas deskripsinya.

5.8 Pertanyaan dan Diskusi

Setelah menyelesaikan Bab ini, mahasiswa diharapkan mampu untuk menjawab pertanyaan berikut:

1. Bagaimana prosedur dalam produksi benih.
2. Sebutkan klasifikasi benih.
3. Jelaskan bagaimana prosedur pelepasan dan pemberian nama varietas.
4. Diskusikan bagaimana hak pemulia dalam kegiatan pemuliaan tanaman.

Referensi

- Acquaah, G. (2007). *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Blackwell Publishing Ltd. MA.
- Beck, S. D. (1965). Resistance of plants to insects. *Annual review of entomology*, 10(1), 207-232.
- Bertan, I., Carvalho, F. I. F., & Oliveira, A. D. (2007). Parental selection strategies in plant breeding programs. *J Crop Sci Biotechnol*, 10(4), 211-222.
- Blum, A. (2011). *Plant Breeding for Water Limited Environments*. Springer.
- Budidarma. (2016). *Klasifikasi Benih*.
<http://budidarma.com/2010/11/klasifikasi-benih.html>
- Carsono, N. (2008). Peran pemuliaan tanaman dalam meningkatkan produksi pertanian di Indonesia. In *Makalah disampaikan dalam Seminar on Agricultural Sciences Mencermati Perjalanan Revitalisasi Pertanian, Perikanan dan Kehutanan dalam kajian terbatas bidang Produksi Tanaman Pangan, pada tanggal Januari*.
- Hariyanto, M. (2008). Perlindungan Hukum Terhadap Hak Pemulia Tanaman Atas Produk Tanaman Hibrida Sebagai Bagian Dari Hak Kebendaan. *Mimbar Hukum-Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 20(3), 487-494.
- Indonesia, P. R., & Indonesia, P. R. (1990). Undang Undang No. 5 Tahun 1990 Tentang: Konservasi Sumberdaya Alam Hayati Dan Ekosistemnya. Lembaran Negara RI Tahun, (49).
- Indonesia, U. U. (1992). Undang Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1992 Tentang: Sistem Budidaya Tanaman.
- Indonesia, U. U. (2000). Undang Undang Republik Indonesia Nomor 29 tahun 2000 Tentang: Perlindungan Varietas Tanaman.

- Komisi Sumber Daya Genetik Untuk Pangan dan Pertanian (2011). Rancang Tindak Global Kedua Untuk Sumber Daya Genetik Tanaman Untuk Pangan dan Pertanian. FAO.
- Kuswanto, S. L., Afandhi, A., & Waluyo, B. (2007). Perakitan Varietas Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sesquipedalis* (L.) Fruwirth) Toleran Hama Aphid dan Berdaya Hasil Tinggi.
- Lubis, K. (2005). Peran Pemuliaan Tanaman Dalam Produksi Benih. Program Studi Pemuliaan Tanaman. Fakultas Pertanian. USU
- Mangoendidjojo, W. (2003). *Dasar-dasar pemuliaan tanaman*. Kanisius.
- Mihaljevic, R., Schön, C. C., Utz, H. F., & Melchinger, A. E. (2005). Correlations and QTL correspondence between line per se and testcross performance for agronomic traits in four populations of European maize. *Crop science*, 45(1), 114-122.
- Painter, R. H. (1951). Insect resistance in crop plants. *Soil Science*, 72(6), 481.
- Pertanian, D. (2006). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 37/Permentan. OT 140/8/2006*. Tentang Pengujian, Pelepasan dan Penarikan Varietas. Jakarta.
- Pertanian, D. (2011). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 51/Permentan/OT.140/9/2011*. Tentang Rekomendasi Persetujuan pemasukan dan Pengeluaran Benih dan/atau Bibit Ternak ke Dalam dan ke Luar Wilayah Negara Republik Indonesia.
- Sharma, H. C., Dombia, Y. O., Haidara, M., Scheuring, J. F., Ramaiah, K. V., & Beninati, N. F. (1994). Sources and mechanisms of resistance to sorghum head bug, *Eurystylus immaculatus* Odh. in West Africa. *International Journal of Tropical Insect Science*, 15(01), 39-48.
- Sleper, A.D and J. M. Poehlman. (2006). *Breeding Field Crops*. Fifth Edition. Blackwell Publishing Professional. Iowa.

- Sleper, D. A., & Poehlman, J. M. (2006). *Breeding field crops* (No. Ed. 5). Blackwell publishing.
- Stewart Jr. C. N. (2008). *Plant Biotechnology and Genetics: Principles, Techniques, and Applications*. A John Wiley & Sons. Publication. New Jersey.
- Sumarno. 1992. Pemuliaan untuk Ketahanan terhadap Hama. Dalam *Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I*. (Ed. A.Kasno et al..) pp.348-363. PPTI Jawa Timur.