

# Strategi Pemuliaan Tanaman

*by Admin Mip*

---

**Submission date:** 10-Apr-2023 08:51AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2060012045

**File name:** Buku\_Pemuliaan\_Tanaman\_Cetak.pdf (2.76M)

**Word count:** 33892

**Character count:** 219818



# Strategi Pemuliaan Tanaman

**Penulis :**  
**Dr. Eries Dyah Mustikarini, SP.,M.Si**  
**Gigih Ibnu Prayoga, SP.,M.Si**

# **STRATEGI PEMULIAAN TANAMAN**

Dr. Eries Dyah Mustikarini, S.P., M.Si

Gigih Ibnu Prayoga, S.P

**Uwais Inspirasi Indonesia**

# STRATEGI PEMULIHAN TANAMAN

**ISBN:** 978-623-227-374-0

**Penulis:** Dr. Eries Dyah Mustikarini, S.P., M.Si

Gigih Ibnu Prayoga, S.P., M.P

**Tata Letak:** Funky

**Design Cover:** Haqi

21 cm x 29,7 cm

viii + 155 halaman

Cetakan Pertama, Agustus 2020

Diterbitkan Oleh:

**Uwais Inspirasi Indonesia**

Anggota IKAPI Jawa Timur Nomor: 217/JTI/2019 tanggal 1 Maret 2019

## **Redaksi:**

Ds. Sidoarjo, Kec. Pulung, Kab. Ponorogo

Email: [Penerbituwais@gmail.com](mailto:Penerbituwais@gmail.com)

Website: [www.penerbituwais.com](http://www.penerbituwais.com)

Telp: 0352-571 892

WA: 0812-3004-1340/0823-3033-5859

Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta, sebagaimana yang telah diatur dan diubah dari Undang-Undang nomor 19 Tahun 2002, bahwa:

### **Kutipan Pasal 113**

- (1) Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h, untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g, untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya 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 Agroteknologi Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi Universitas Bangka Belitung. Buku ajar ini dibuat berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang disusun oleh Tim Mata Kuliah Pemuliaan Tanaman.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam buku ini untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi mahasiswa Agroteknologi khususnya dan bagi semua pihak yang membutuhkan.

Balunijuk, Agustus 2020

**Penulis**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
<b>BAB 1 PENGERTIAN DAN MANFAAT PEMULIAAN TANAMAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Pengertian.....	1
1.2 Sejarah Perkembangan Pemuliaan Tanaman <i>Pre-Mendelian</i> (Sebelum masa Mendel) .....	5
1.3. Manfaat Pemuliaan Tanaman.....	7
1.4. Ruang Lingkup Pemuliaan Tanaman ( <i>Breeding cycle</i> ).....	8
1.5. Ilmu-Ilmu yang Berkontribusi .....	10
1.6. Tahapan Pemuliaan Tanaman.....	11
<b>BAB 2 SUMBER DAYA GENETIK TANAMAN .....</b>	<b>18</b>
2.1. Pengertian dan Perkembangan .....	18
2.2. Perlindungan Sumber Daya Genetik.....	20
2.3. Manfaat Sumber Daya Genetik .....	22
2.4. Pentingnya Sumber Daya Genetik.....	23
<b>BAB 3 SISTEM PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN.....</b>	<b>28</b>
3.1. Kelompok Aseksual .....	28
3.2. Kelompok Seksual.....	30
3.3. Pembiakan Tanaman Secara Generatif.....	32
3.4. Struktur Bunga.....	34
3.5. Tipe Seks pada Tanaman.....	35
3.6. Penyerbukan dan Pembuahan .....	36
3.7. Tipe Penyerbukan di Alam.....	39

<b>BAB 4 SIFAT KUALITATIF PADA TANAMAN .....</b>	<b>45</b>
4.1. Tahapan Dalam Percobaan Pemuliaan Tanaman .....	46
4.2. Pengujian Statistik Sifat Kualitatif .....	48
<b>BAB 5 KARAKTER KUANTITATIF DAN PARAMETER GENETIK .....</b>	<b>57</b>
5.1. Variabilitas .....	57
5.2. Heritabilitas.....	59
5.3. Kemajuan Seleksi .....	68
<b>BAB 6 POLIPLOIDI.....</b>	<b>75</b>
6.1. Pengertian Poliploidi.....	75
6.2. Proses Terjadinya Poliploidi.....	76
6.3. Dampak Poliploidi terhadap Tanaman .....	77
6.4. Penggunaan Poliploidi dalam Pemuliaan Tanaman .....	78
<b>BAB 7 HIBRIDISASI.....</b>	<b>83</b>
7.1. Faktor-faktor Penting dalam Persilangan.....	84
7.3. Pendeteksian Keberhasilan Persilangan Buatan .....	91
7.4. Persilangan Padi.....	91
7.5. Persilangan Kedelai .....	92
7.6. Persilangan Jagung .....	94
7.7. Persilangan Cabai.....	95
7.8. Persilangan Pepaya .....	96
<b><sup>7</sup> BAB 8 PEMULIAAN TANAMAN MENYERBUK SENDIRI.....</b>	<b>103</b>
8.1. Dasar Genetik Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	103
8.2. Metode Pemuliaan Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	106
<b>BAB 9 PERAKITAN VARIETAS HIBRIDA.....</b>	<b>120</b>
9.1. Pengertian Varietas Hibrida .....	120
9.2. Jenis-Jenis Varietas Hibrida .....	122
9.3. Pembentukan Galur Murni dan Varietas Hibrida .....	125

9.4. Hambatan-hambatan dalam perakitan hibrida .....	126
9.5. Pemanfaatan galur mandul jantan ( <i>male sterile</i> ).....	127
<b>BAB 10 PEMULIAAN TANAMAN MEMBIAK VEGETATIF.....</b>	<b>134</b>
10.1. Karakteristik Klon .....	135
10.2. Seleksi Klonal .....	137
10.3. Prosedur Seleksi Klonal.....	138
10.4. Prinsip Seleksi Klonal .....	140
10.5. Seleksi Klonal Pada Tebu .....	142
10.6. Seleksi Klonal Pada Kopi .....	144
10.7. Seleksi Klonal Pada Karet .....	146
10.8. Keuntungan dan Kelemahan .....	147
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>152</b>
<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>155</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>157</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Pemuliaan Tanaman Gandum .....	7
Gambar 1.2. Tanaman Yang Terserang Layu Karena Jamur .....	7
Gambar 1.3. Respons Hasil Varietas Unggul Vs Varietas Murni Terhadap Aplikasi Pupuk Nitrogen.....	8
Gambar 1.4. <i>Breeding Cycle</i> (Smolders And Caballeda, 2006) .....	9
Gambar 1.5. Bidang Ilmu Dasar Dan Terapan Yang Berperan Dalam Kegiatan Pemuliaan Tanaman .....	10
Gambar 1.6. Tahapan Pemuliaan Tanaman .....	13
Gambar 2.1. Peran Sumber Daya Genetik Dalam Menghasilkan Varietas Tanaman ....	22
Gambar 3.1. Perbanyakkan Vegetative Tanaman.....	29
Gambar 3.3. A) Bunga Padi B) Bunga Kedelai C) Bunga Vanili .....	31
Gambar 3.4. A) Bunga Papaya B) Bunga Jagung.....	32
Gambar 3.5. Struktur Bunga Lengkap .....	35
Gambar 3.6. Skematik Bunga .....	35
Gambar 3.8. Pembuahan Ganda Pada Angiospermae .....	38
Gambar 3.9. Perubahan Bentuk Pembuahan .....	39
Gambar 4.1. Tahapan Pemuliaan Menurut Mendel.....	46
Gambar 6.1. Persilangan Antara Gandum <i>Wheat</i> Dan <i>Rye</i> Menghasilkan Gandum Triticale .....	78
Gambar 6.2. Bagan Pembentukan Semangka Tanpa Biji .....	79
Gambar 8.1. Prosedur Seleksi Massa Untuk Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	107
Gambar 8.2. Prosedur Seleksi Galur Murni Untuk Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	108
Gambar 8.3. Prosedur Seleksi Pedigree Untuk Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	111
Gambar 8.4. Prosedur Seleksi Bulk Untuk Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	113
Gambar 8.5. Prosedur Seleksi <i>Single Seed Descent</i> Untuk Tanaman Menyerbuk Sendiri .....	115
Gambar 8.6. Prosedur Seleksi <i>Backcross</i> Untuk Tanaman Menyerbuk Sendiri.....	117
Gambar 8.1. Metode Seleksi Pengembangan Galur Inbred .....	124
Gambar 10.1. Prinsip Prosedur Seleksi Klonal .....	140

Gambar 10.2. Bagan Prosedur Seleksi Klonal Tanaman Tebu.....144  
Gambar 10.3. Bagan Prosedur Seleksi Klonal Pada Tanaman Kopi Canephora.....145  
Gambar 10.4. Bagan Prosedur Seleksi Klonal Pada Tanaman Karet .....146

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perbedaan Umum Antara Karakter Kualitatif Dan Karakter Kuantitatif .....	46
Tabel 4.2. Contoh Pengujian Percobaan Monohybrid Mendel Untuk Warna Albumen	49
Tabel 4.3. Contoh Pengujian Percobaan Dihybrid Mendel Untuk Warna Albumen Dan Bentuk Biji .....	51
Tabel 5.1. Nilai Tengah Dan Ragam Berat Biji Pada P1, P2, F1 Dan F2 .....	60
Tabel 5.2. Cara Perhitungan Untuk Mendapatkan Ragam .....	61
Tabel 5.3. Ragam P1, P2, F2, B1 Dan B2 Untuk Karakter Produksi Cabe .....	62
Tabel 5.4. Anova Dan Nilai Harapan Percobaan Pada Satu Lokasi Dalam Satu Musim	63
Tabel 5.5. Anova Dan Nilai Harapan Percobaan Pada Satu Lokasi Dalam Beberapa Musim .....	64
Tabel 5.6. Anova Dan Nilai Harapan Percobaan Pada Satu Musim Dalam Beberapa Lokasi .....	65
Tabel 5.7. Anova Dan Nilai Harapan Percobaan Pada Beberapa Musim Dalam Beberapa Lokasi .....	66
Tabel 5.8. Analisis Gabungan Tinggi Dikotomus Cabe (Cm) Pada 2 Lokasi Dan 2 Musim .....	67
Tabel 5.8. Intensitas Seleksi Dan Persentase Seleksi .....	68
Tabel 6.1. Terminologi Poliploidi .....	76
Tabel 8.1. Efek Pembuahan Sendiri Yang Berlanjut Terhadap Proporsi Yang Dan Homozigot Pada Satu Lokus Dengan Dua Alel Yang Berbeda (Aa).....	104
Tabel 8.2. Jumlah (%) Populasi Segregasi Homozigot Setelah N Kali Mengalami Penyerbukan Sendiri Dengan M Pasangan Gen Yang Berbeda.....	104
Tabel 9.1. Perbedaan Varietas Hibrida Dan Non-Hibrida Adalah Sebagai Berikut: ...	121
Tabel 10.1. Perbedaan Antara Galur Murni, <i>Inbred</i> Dan Klon.....	136

## BAB 1

### PENGERTIAN DAN MANFAAT PEMULIAAN TANAMAN

---

#### 1.1. Pengertian

Pemuliaan tanaman adalah metode atau teknik perakitan tanaman unggul baru yang lebih baik sesuai harapan pemulia tanaman dan masyarakat. Pemuliaan tanaman selalu berkembang karena adanya perubahan kebutuhan, keinginan dan persoalan yang muncul di masyarakat. Ilmu pemuliaan tanaman adalah ilmu yang mempelajari teknik merubah sifat genetik suatu tanaman menjadi lebih baik dari induknya melalui kegiatan persilangan maupun non persilangan dengan tujuan memperbaiki sifat tanaman sehingga lebih bermanfaat.

Ilmu pemuliaan tanaman telah berkembang dengan pesat dan bukan hanya fokus sebagai ilmu dan seni dalam merakit tanaman unggul, tetapi telah diakui sebagai salah satu bidang bisnis dari *plant science* yang menghasilkan banyak pendapatan dari bisnis benih (hulu/invensi) perlindungan varietas tanaman atau paten penemuan teknologi pemuliaan dan hilir/produksi dan penjualan benih). Kegiatan pemuliaan/perbaikan genetik tanaman, selain dilakukan oleh lembaga penelitian milik pemerintah (lembaga riset dan universitas) kegiatan pemuliaan banyak dilakukan oleh lembaga swasta/industri (perusahaan). Negara-negara maju secara berkesinambungan mengembangkan metode-metode pemuliaan yang lebih efisien dan efektif serta memproduksi tanaman-tanaman unggul yang dilepas di berbagai negara.

Kegiatan pemuliaan tanaman menghasilkan beragam tanaman dengan beragam keunggulan yang dimilikinya. Hasil pemuliaan tanaman telah berkontribusi secara nyata dalam hal peningkatan produktivitas (ton per hektar per musim/tahun), selain tujuan utama meningkatkan produksi pemuliaan tanaman juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas, meningkatkan daya saing (keunggulan komoditas tanaman ataupun nilai tambah dari suatu karakter yang dimuliakan (*value added trait*),

meningkatkan kesejahteraan petani/masyarakat dan menyediakan sumber pangan, pakan, biofuel yang lebih berkualitas.

Tanaman yang dihasilkan dari kegiatan pemuliaan tanaman lebih baik dibandingkan tetuanya. Keunggulan khusus dari tanaman hasil pemuliaan tanaman dapat lebih efisien dalam pemakaian pestisida (studi kasus pada tanaman yang tahan hama, penyakit atau herbisida), pemupukan dan pengairan (contoh pada tanaman yang efisien dalam menggunakan air/nutrisi). Sifat khusus lain adalah tanaman lebih adaptif terhadap cekaman lingkungan/lahan (ion Al, Fe yang tinggi, kekeringan ataupun banjir) dan beberapa kelebihan lain kultivar unggul produk perakitan pemulia tanaman. Tanaman-tanaman tersebut bermanfaat dalam penciptaan pertanian berkelanjutan dan mengurangi dampak terhadap perubahan iklim sistem pertanian berkesinambungan dan mengurangi dampak terhadap perubahan iklim yang menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur secara global dan terjadinya perubahan cuaca yang ekstrim.

Indonesia adalah negara yang kaya plasma nutfah. Plasma nutfah merupakan sumber keragaman genetik tanaman. Plasma nutfah sangat potensial untuk dikembangkan menjadi berbagai kultivar/varietas yang memiliki keunggulan sesuai dengan harapan masyarakat. Indonesia pada saat ini sebagian besar kebutuhan pangan, hortikultura, bahan baku industri yang berbasis produk pertanian masih tergantung pada pasokan impor. Contoh kasus beras, kedelai, jagung, bawang merah/bawang putih, wortel dll). Menurut data BPS (2019), pada tahun 2017 impor beras Indonesia yaitu sebesar 305.274 ton, impor kedelai sebesar 2.671.914 kg, impor biji gandum sebesar 11.434.134 kg, impor sayuran sebesar 908.774 kg, impor buah-buahan sebesar 663.810 kg. Tugas mahasiswa sebagai calon pemimpin masa depan untuk mewujudkan ketahanan dan kedaulatan pangan di Indonesia melalui upaya perakitan tanaman yang lebih cepat, efektif dan berdaya saing (Finkers, 2013). Inovasi melalui perakitan kultivar unggul baru yang dibutuhkan pengguna dan pasar sangatlah penting. Pemulia tanaman yang berhasil akan memperoleh reward finansial dan juga memperoleh kepuasan karena dapat berkontribusi yang nyata bagi masyarakat. Karya pemulia akan terus bermanfaat selama masyarakat masih menggunakan hasil penemunya.

Seorang pemulia tanaman baik itu peneliti, dosen, wiraswasta ataupun mahasiswa harus selalu tertantang untuk menghasilkan kultivar baru. Seorang pemulia tanaman tidak boleh mudah puas, harus selalu melihat perubahan, kebutuhan dan permasalahan masyarakat. Pemulia tanaman harus selalu memikirkan:

- a. Tanaman dan karakter seperti apakah yang akan dirakit/direkayasa?
- b. Bagaimana cara merakit tanaman yang memenuhi kebutuhan pengguna (pasar)?
- c. Apakah keahlian/kompetensi yang harus dimiliki seorang pemulia?
- d. Bagaimana prosedur teknis memuliakan tanaman?

Buku Pemuliaan Tanaman ini membahas tentang dasar-dasar Pemuliaan Tanaman, Ilmu Pemuliaan Tanaman (*Plant Breeding*) atau Ilmu Rekayasa Genetik Tanaman (*Plant Improvement*). Beberapa definisi *Plant Breeding* yang diketengahkan oleh para ahli pada dasarnya mempunyai inti pengertian yang sama, yaitu berkaitan dengan variasi genetik tanaman, proses seleksi (alam dan buatan) dan pewarisan genetik karakter (*heritable*). Buku ini juga membahas tentang ruang lingkup pemuliaan tanaman, perspektif sejarah, ruang lingkup kegiatan pemuliaan tanaman, tujuan dan kontribusi bidang pemuliaan untuk masyarakat. Pemuliaan tanaman menurut beberapa pakar memiliki pengertian:

1. Nikolai I. Vavilov (1887-1942) dari hasil studinya, mendefinisikan : Pemuliaan tanaman adalah evolusi tanaman yang diarahkan oleh manusia dan merupakan aplikasi genetika tanaman (Mongue, 1993).
2. Pemuliaan tanaman adalah seni dan ilmu tentang perubahan dan perbaikan keturunan ("*heredity*") tanaman (Poehlman, 1979).
3. Pemuliaan tanaman adalah ilmu yang merubah kondisi genetik tanaman, sehingga lebih bermanfaat bagi manusia (Knight, 1979).
4. Pemuliaan tanaman adalah aplikasi seleksi terhadap populasi tanaman bertujuan untuk merakit populasi dengan frekuensi gen baru dan unik (Mc. Whirter, 1979).
5. Pemuliaan tanaman merupakan seni dan ilmu perbaikan genetika tanaman, yang merupakan bagian dari ilmu pertanian sejak manusia menseleksi satu tipe tanaman atau biji sesuai pilihan dan tidak mengambil secara acak apa yang tersedia di alam (Fehr, 1987).

6. Pemuliaan tanaman secara esensial adalah pemilihan tanaman terbaik oleh manusia dari dalam suatu populasi bervariasi yang berpotensi menjadi kultivar unggul yang dikehendaki (Mongue, 1993).
7. Pemuliaan tanaman adalah suatu teknologi dan seni untuk memanipulasi gen maupun kromosom atau kemampuan genetik tanaman, sehingga sifat-sifat tanaman tersebut menjadi lebih mulia dan lebih berguna sesuai dengan keperluan manusia yang selalu meningkat (Baihaki, 1995).
8. Pemuliaan tanaman adalah suatu metode yang secara sistematis merakit keragaman genetik tanaman menjadi suatu bentuk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia (Makmur, 1992)
9. Pemuliaan tanaman (*Plant breeding*) adalah perpaduan antara seni (*art*) dan ilmu (*science*) dalam merakit keragaman genetik suatu populasi tanaman tertentu menjadi lebih baik atau unggul dari sebelumnya (Syukur 2012)

Definisi-definisi di atas berkaitan erat dengan pentingnya menciptakan/memperluas variabilitas untuk keberhasilan seleksi dan terjadinya evolusi. Kegiatan pemuliaan tanaman didasari oleh adanya perubahan/manipulasi karakter tanaman yang diwariskan (*heritable*).

Ilmu pemuliaan saat ini terus berkembang. Saat ini banyak ahli pertanian melakukan kegiatan penelitian bidang pemuliaan tanaman. Petani di beberapa negara juga melakukan kegiatan pemuliaan tanaman secara mandiri. Pada tahun 2000, seorang petani di Indramayu melakukan penelitian untuk menemukan varietas unggul tanaman padi. Hasilnya, pada 2004, petani tersebut berhasil menemukan benih padi yang diberi nama bongong. Benih unggul ini merupakan hasil persilangan benih padi kebo dengan benih padi longing. Pemuliaan tanaman penting bagi pengembangan pertanian karena:

1. Memenuhi kebutuhan manusia seperti pangan, pakan, nutrisi dan bahan baku industri
2. Memenuhi kebutuhan akan pangan bagi penduduk yang cenderung meningkat,
3. Untuk mengatasi cekaman biotik dan abiotik yang disebabkan lingkungan,
4. Mengadaptasikan tanaman bagi sistem produksi tanaman yang spesifik,
5. Mengembangkan tanaman hortikultura baru,
6. Memenuhi kebutuhan industri pangan dan industri lainnya,

Pemuliaan tanaman memberikan kontribusi yang besar bagi pemenuhan kebutuhan masyarakat. Melalui kegiatan pemuliaan tanaman akan dihasilkan produk-produk pertanian yang stabil secara berkesinambungan. Kontribusi pemuliaan tanaman bagi masyarakat adalah: (1) Peningkatan produktivitas tanaman, (2) Peningkatan nutrisi tanaman, (3) Peningkatan adaptasi tanaman, dan (4) Berperan nyata bagi Revolusi Hijau, dan (5) Memenuhi selera masyarakat sebagai konsumen.

## 1.2 Sejarah Perkembangan Pemuliaan Tanaman

### *Pre-Mendelian (Sebelum masa Mendel)*

Sulit ditentukan, kapan pertama kali manusia menyadari untuk memuliakan tanaman. Akan tetapi kegiatan pemuliaan sudah dipraktekkan pada 9000 sebelum masehi ketika manusia primitif pertama kali mendomestikasi tanaman, yaitu terjadinya perubahan dari budaya berburu menjadi bertempat tinggal/menetap dengan memproduksi tanaman dan hewan. Pada 700 tahun sebelum Masehi, persilangan atau polinasi buatan pada tanaman kurma dilakukan oleh orang-orang Assyria dan Babylonia, orang-orang Indian Amerika telah melakukan pemuliaan jagung sebelum orang kulit putih mendarat di Pantai Amerika.

Pada tahun 1583, Caealpinus menjelaskan tentang seksualitas dan pada 1694 Camerarius mengenai fungsi polen dalam proses pembuahan (=fertilization) pada tanaman. Hal tersebut menambah ketertarikan dalam menyilangkan varietas dan spesies tanaman. Hibrida pertama hasil persilangan dua spesies *carnation* dirakit oleh Thomas Fairchild pada 1717. Hasil persilangan buatan lainnya pada premendelian abad 17 oleh Duchesne di Kebun Botanical Paris antara *Fragraria chiloense* x *F. Virginiana*. Di Inggris pada waktu yang bersamaan dihasilkan varietas baru buah-buahan, gandum, dan kacang polong merah persilangan buatan.

Pemanfaatan seleksi dan *test progeny* telah diterapkan di perusahaan benih ("*seed grows*") Vilmorin yang didirikan pada 1727 adalah perusahaan pertama yang menyumbang varietas baru melalui pemuliaan tanaman. Di Perancis pula pada abad 17, dikembangkan beberapa varietas "*heading lettuce*" yang beberapa masih dibudidayakan sampai saat ini.

Contoh lain hasil pemuliaan tanaman yang terkenal/tersohor pada premendelian adalah peningkatan kadar gula bit. Menurut Margraaf pada 1747 kada



gula bit hanya 6%. Melalui seleksi oleh Archard pada awal abad 18 meningkat menjadi 11%. Pada 1811 dengan menggunakan metode pedigree, kadar gula bit menjadi 16%.

### **Pemuliaan Tanaman *Post Mendelian* (Pasca Mendel)**

Hasil studi Mendel yang dipublikasikan pada 1866, selama 30 tahun tidak diperhatikan dan baru ditemukan kembali pada 1900 dan sejak saat tersebut prinsip-prinsip Mendel (prinsip-prinsip genetika) diperluas dan diperkaya dengan pengetahuan tambahan. Untuk pertama kalinya, ada landasan ilmiah yang mendasari percobaan-percobaan dengan metode pewarisan pada tanaman. Salah satu hasil studi adalah formulasi metode pemuliaan hibrida jagung oleh Dr. Q.H. Shull yang dimulai pada 1904 melalui *inbreeding* jagung. Dari persilangan galur-galur, dihasilkan hibrida silang tunggal (*single cross*) dan hibrida silang ganda (*double cross*).

Pengetahuan mengenai perubahan jumlah kromosom dengan ditemukannya tanaman auto dan allopolyploid di alam pada berbagai jenis tanaman budidaya dan tanaman asalnya membuka jalan untuk merakit tanaman polyploid buatan (=artificial) yang akan dieksploitasi, baik secara langsung atau tidak langsung. Penemuan mutan alami dengan perubahan struktur materi genetik, mendorong pemulia menggunakan radiasi pengion dan mutagen kimia untuk meningkatkan frekuensi mutan yang akan bermanfaat dalam memperluas variabilitas yang tersedia.

Perkembangan lain yang berkontribusi terhadap kemajuan dan keberhasilan pemuliaan tanaman antara lain pewarisan kuantitatif, interaksi genotip x lingkungan, pemuliaan resistensi, karakterisasi dan konservasi sumber-sumber genetik (=genetic resources). Genetika yang lebih "advanced", yang terkini dan lebih maju dibandingkan yang dijelaskan di atas, memungkinkan pemuliaan tanaman mendesain metode baru dengan memanfaatkan pengembangan ilmu pengetahuan seperti misalnya melalui pemetaan gen, "marker associated selection", kloning gen, dan transformasi gen.

Berkaitan dengan kepentingan variabilitas genetik, seyogyanya tidak dilupakan konsep Nikolai I. Vavilov (1887-1942), mengenai : Eksistensi "Centres of origin" atau "Centres of diversity" tanaman budidaya yang memiliki variabilitas spesies terluas. Variabilitas tersebut timbul akibat mutasi, poliploidi, dan hibridisasi spontan, sehingga timbul tanaman-tanaman yang mampu beradaptasi luas terhadap lingkungan

heterogen. Hal ini memungkinkan pemulia mengidentifikasi sumber variasi karakter-karakter yang spesifik.

### 1.3. Manfaat Pemuliaan Tanaman

Pemuliaan tanaman sampai saat ini terus berkembang dan terus menghasilkan kultivar unggul yang bermanfaat bagi masyarakat. Tujuan pemuliaan tanaman adalah memperbaiki karakteristik-karakteristik spesies yang berkontribusi terhadap nilai ekonomisnya. Bagian tanaman yang bernilai ekonomis dapat berupa daun, batang, akar, bunga, buah atau biji, kandungan kimiawi penting, dan sebagainya.

Tanaman budidaya yang diperbaiki melalui pemuliaan tanaman telah banyak, antara lain pada tanaman terigu yang dilaksanakan oleh Dr. Orville A. Vogel dan Dr. Norman E. Borlaug, yang akhirnya menghasilkan varietas kerdil berdaya hasil tinggi dari hasil persilangan gandum rye dan gandum wheat dan disebarakan ke berbagai area subtropika di dunia. Hal tersebut menyebabkan pemuliaan terigu tidak lagi merupakan aktivitas lokal ataupun aktivitas nasional, tetapi berskala internasional.



FIG. 1.6. Dr. Norman E. Borlaug, recipient of the 1970 Nobel Peace Prize for his contribution to peace and humanity through the breeding of "high-yielding" wheats, discusses wheat breeding with a group of trainees at the International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico.

**Gambar 1.1. Pemuliaan Tanaman Gandum**  
Sumber : Sleper and Phoelman (2006)

Contoh lain: Pemuliaan untuk resistensi penyakit yang dikerjakan dan dilaporkan Orton pada 1899, untuk resistensi terhadap penyakit layu pada kapas dan Boiley pada 1901 pada flax. Tanaman ditumbuhkan pada tanah terinfeksi dan diseleksi tanaman yang *survive*.

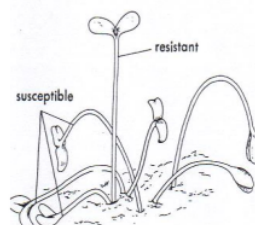
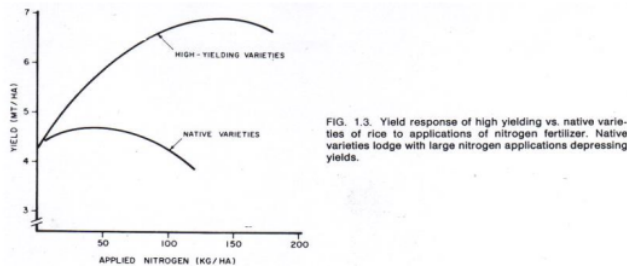


FIG. 1.7. Young flax plants that have wilted from attacks of the wilt fungus from "flax-sick" soil. In 1901, Dr. H.L. Boiley, North Dakota Agricultural Experiment Station, reported that the wilt fungus was the cause of this disease. By selecting surviving plants, growing in infested soil, Dr. Boiley developed wilt-resistant varieties of flax. The principle of survival illustrated here is basic in disease resistance breeding today.

**Gambar 1.2. Tanaman yang terserang layu karena jamur**  
Sumber : Sleper and Phoelman (2006)

Suatu kultivar yang unggul pada suatu waktu tidak akan selamanya unggul sesuai dengan selera masyarakat atau dapat disebabkan karena patahnya ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Oleh karena itu pemulia harus selalu merakit kultivar unggul baru.

Penanaman varietas unggul tidak akan berproduksi maksimum tanpa praktek budidaya yang unggul. Sebaliknya, tidak akan diperoleh keuntungan maksimum dengan menggunakan teknik budidaya yang unggul, kecuali jika digunakan varietas dengan daya hasil tinggi (sesuai kapasitas genetiknya). Jadi kapasitas genetik (genotip) unggul yang tercipta melalui kegiatan pemuliaan tanaman dan upaya agronomis/kultur teknis/budidaya tanaman, keduanya memegang peranan yang sangat penting dalam produksi tanaman



Gambar 1.3. Respons Hasil Varietas Unggul vs Varietas Murni Terhadap Aplikasi Pupuk Nitrogen  
Sumber : Sleper and Phoelman (2006)

Perkembangan perakitan jagung hibrida di Indonesia mulai diteliti pada tahun 1913, dan dilanjutkan pada tahun 1950an. Galur yang disilangkan berasal dari varietas lokal dan introduksi berumur genjah berdaya hasil masih rendah tetapi hasil hibridanya mencapai dua kali lebih tinggi dari hasil galur murninya. Varietas jagung hibrida di Indonesia pertama kali dilepas pada tahun 1983 yang dihasilkan oleh PT BISI, yaitu varietas C-1 yang merupakan hibrida silang puncak (topcross hybrid), yaitu persilangan antara populasi bersari bebas dengan silang tunggal dari Cargill.

#### 1.4. Ruang Lingkup Pemuliaan Tanaman (*Breeding cycle*)

Ruang lingkup pemuliaan tanaman terdiri dari beberapa tahapan diantaranya yaitu:

1. Menentukan tujuan dari tanaman yang akan dimuliakan.

Menentukan tujuan dari tanaman yang akan dimuliakan berdasarkan dari target/sasaran, konsumen, pengguna ataupun klien dari produk akhir program pemuliaan. Tujuan umum upaya pemuliaan antara lain: peningkatan produktivitas

(bobot biji per tanaman), kualitas hasil (kandungan protein, minyak dsb), ketahanan terhadap hama ataupun penyakit, toleransinya terhadap faktor biotik (kadar garam, kekeringan, Al dan Fe yang tinggi), serta tujuan-tujuan lainnya.

2. Mengevaluasi keragaman genetik dari plasma nutfah yang ada (karakterisasi).

Tahapan mengevaluasi keragaman genetik dari plasma nutfah yang ada (karakterisasi) perlu dilakukan untuk mengetahui karakter-karakter yang kita inginkan terdapat pada plasma nutfah atau populasi yang kita miliki atau tidak. Apabila karakter yang diinginkan tidak ada, maka diperlukan upaya pengintroduksian keragaman genetik dari *genepool* yang lain (lanjut ke tahap berikutnya), namun bila terdapat keragaman genetik dari karakter yang kita inginkan pada plasma nutfah yang kita miliki, maka dapat dilakukan upaya penggabungan karakter-karakter target melalui upaya persilangan, mutasi dll.

3. Upaya peningkatan keragaman genetik. Kegiatan ini dapat dilakukan melalui persilangan, mutasi, dan transformasi genetik (teknologi transgenik).

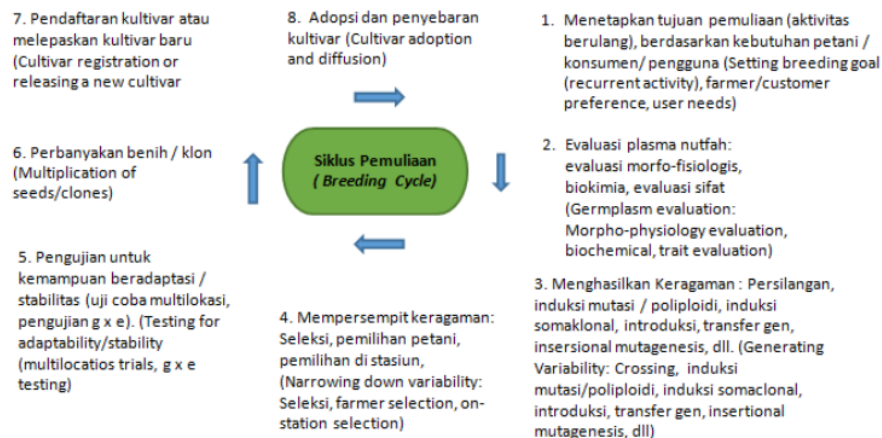
4. Upaya mempersempit keragaman genetik melalui seleksi terhadap karakter-karakter yang diinginkan.

5. Pengujian dan penilaian genotipe-genotipe terpilih. Pengujian dilakukan pada beragam lingkungan tumbuh, dan musim (pengujian genotipe x lingkungan).

6. Memperbanyak benih/klon dari genotipe-genotipe harapan/unggul.

7. Pendaftaran varietas ataupun upaya pelepasan varietas.

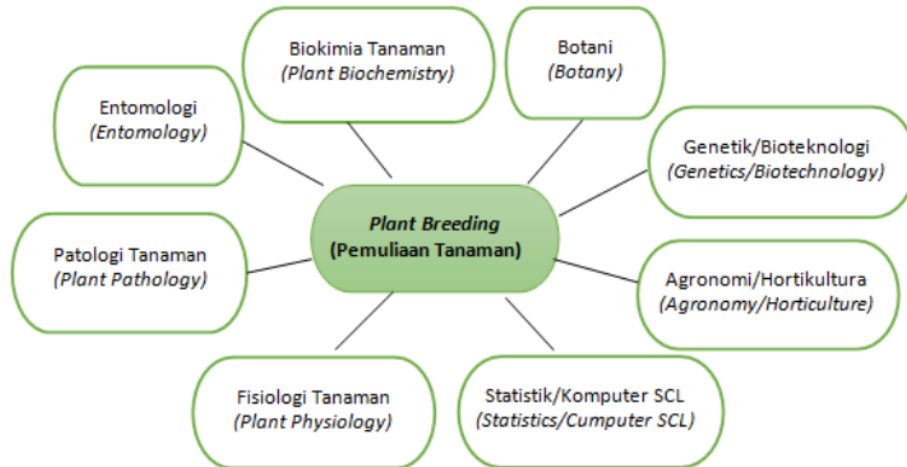
8. Adopsi dan penyebaran kultivar unggul baru melalui beragam kegiatan.



Gambar 1.4. Breeding cycle (Smolders and Caballada, 2006)

### 1.5. Ilmu-Ilmu yang Berkontribusi

Ilmu pemuliaan tanaman tidak dapat berdiri sendiri, karena merupakan bagian dari ilmu terapan. Ilmu-ilmu dasar ataupun terapan sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan kegiatan pemuliaan tanaman.



Gambar 1.5. Bidang Ilmu Dasar dan Terapan yang Berperan Dalam Kegiatan Pemuliaan Tanaman

Tanaman yang membiak secara seksual, dalam pemuliaan tanaman digolongkan berdasarkan cara penyerbukannya, yaitu tanaman menyerbuk sendiri dan tanaman menyerbuk silang. Pada tanaman menyerbuk sendiri. Terjadi pemindahan serbuk sari dari kotak sari kepada kepala putik dari bunga yang sama atau bunga yang berbeda tetapi pada tanaman yang sama. Pada tanaman menyerbuk silang, terjadi pemindahan serbuk sari dari kotak sari kepada kepala putik dari tanaman yang berbeda.

Tanaman tergolong menyerbuk sendiri, kalau penyerbukan silangnya di bawah 5%. Contohnya: barley, oat, padi, kacang tanah, kacang buncis, kacang merah, kacang hijau, kedelai, tembakau, cabe, kentang, dan tomat. Tanaman tergolong menyerbuk silang, kalau penyerbukan sendirinya lebih sedikit dari 5%. Contohnya: jagung, salak, apel, alpokat, pisang, anggur, mangga, pepaya, asparagus, brocolli, kol, bunga kol, wortel, bawang, strawberri, ubi jalar, dan nenas. Prosedur seleksi untuk kedua golongan tersebut umumnya berbeda.

Sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk yang menyebabkan peningkatan kuantitas dan kualitas pangan, maka kegiatan pemuliaan tanaman akan tetap penting

di kemudian hari. Ilmu pemuliaan tanaman akan berlanjut memiliki peran yang sangat vital di dalam kehidupan manusia dari mulai menyediakan pangan, pakan, serat, obat, dan bahan baku industri. Teknologi pemuliaan yang cepat, efektif, murah dan mudah diterapkan dan sumberdaya pemulia yang handal sangatlah diperlukan oleh masyarakat untuk menghadapi tantangan abad ini seperti perubahan iklim, keterbatasan lahan pertanian.

## 1.6. Tahapan Pemuliaan Tanaman

### 1. Eksplorasi

Kegiatan eksplorasi adalah tahapan awal untuk mengetahui keberadaan plasma nutfah lokal. Eksplorasi merupakan kegiatan dalam mencari bahan-bahan genetik tanaman, berupa genotip-genotip, kultivar, klon tanaman dari alam seperti pertanaman yang ada di petani ataupun dari koleksi laboratorium atau perorangan. Kegiatan eksplorasi ini mencakup kegiatan mencari, mengumpulkan, serta meneliti jenis varietas lokal tertentu (di daerah tertentu) untuk mengamankan dari kepunahannya. Langkah ini diperlukan guna menyelamatkan varietas-varietas lokal dan kerabat liar yang semakin terdesak keberadaannya.

### 2. Karakterisasi

Seleksi sebelum perluasan keragaman genetik dapat dilakukan dengan cara eksplorasi atau karakterisasi tanaman. Karakterisasi dilakukan untuk mengenali karakter suatu tanaman dalam suatu populasi. Karakter yang diamati berupa karakter kualitatif dan karakter kuantitatif. Setelah dilakukan karakterisasi, tanaman-tanaman tersebut dilakukan koleksi dan kemudian diseleksi sesuai dengan karakter yang diinginkan. Pengetahuan tentang cara perkembangbiakan tanaman penting dilakukan bagi kegiatan pemuliaan tanaman karena perkembangbiakan tanaman menentukan metode seleksi yang digunakan.

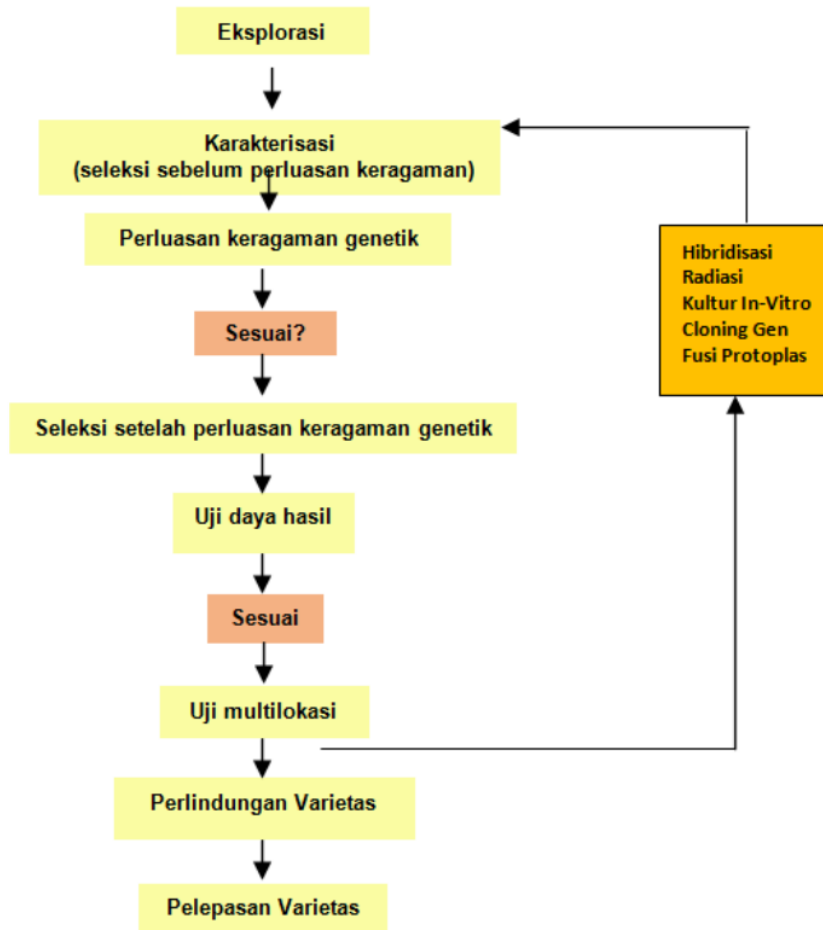
### 3. Koleksi Plasma Nutfah

*Plasma nutfah* adalah substansi yang terdapat dalam setiap makhluk hidup dan merupakan sumber sifat keturunan yang dapat dimanfaatkan dan dikembangkan atau ditarik untuk menciptakan jenis unggul atau kultivar baru. Plasma nutfah ini adalah

semua kultivar unggul masa kini atau masa lampau, kultivar primitif, jenis yang sudah dimanfaatkan tapi belum dibudidayakan, jenis liar kerabat jenis budidaya dan jenis-jenis budidaya.

#### 4. Perluasan Keragaman Genetik

Perluasan keragaman genetik umumnya terbagi empat, yaitu hibridisasi, mutasi, fusi protoplas, dan rekayasa genetik. Hibridisasi merupakan usaha memanipulasi atau menggabungkan dua sifat atau lebih dari dua tanaman menjadi satu genotip yang baru. Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada tingkat gen maupun pada tingkat kromosom. Fusi protoplas adalah upaya menyilangkan sel somatik secara *in vitro*, bagi persilangan antar-genotipe atau spesies yang tidak bisa dilakukan secara konvensional, dengan melibatkan organel sel tertentu. Fusi protoplas bertujuan untuk meningkatkan keragaman genetik tanpa hibridisasi seksual.



Gambar 1.6. Tahapan Pemuliaan Tanaman

### 5. Seleksi Setelah Perluasan Keragaman Genetik

Metode seleksi yang digunakan tergantung kepada tipe perkembangbiakan tanaman. Tanaman yang termasuk dalam kategori tanaman meyerbuk sendiri menggunakan seleksi massa, bulk, *silsilah (pedigree)*, turunan biji tunggal (*single seed descent*), dan silang balik (*back cross*). Tanaman yang menyerbuk silang menggunakan seleksi massa, seleksi tongkol ke baris (*ear to row*) dan seleksi berulang dan seleksi *Full-Sib*. Tanaman yang membiak menggunakan seleksi klonal.



## 6. Uji Daya Hasil

Pengujian dilakukan setelah dilakukan seleksi serta karakter yang diinginkan sudah didapatkan. Tujuan pengujian adalah untuk memilih galur atau genotipe unggul yang diharapkan dapat dilepas sebagai varietas unggul baru dengan cara membandingkan genotipe genotipe unggul dengan varietas standar. Kriteria penilaian didasarkan pada sifat atau karakter yang memiliki nilai ekonomi, misalnya daya hasil.

Uji daya hasil terdiri dari tiga tahap yaitu uji daya hasil pendahuluan, uji daya hasil lanjutan, dan uji multilokasi. Lokasi yang digunakan untuk uji multilokasi harus mewakili seluruh daerah yang menjadi sentra produksi padi. Uji multilokasi dilakukan minimal pada delapan lokasi dan dilakukan dalam dua musim tanam sehingga akan didapat 16 data percobaan. Uji multilokasi bertujuan untuk mendapatkan tanaman yang mempunyai produksi lebih tinggi dari varietas pembanding. Genotipe harapan yang hasilnya nyata lebih tinggi dari varietas lokal atau varietas pembanding dapat dicalonkan sebagai varietas unggul untuk daerah tersebut. Prosedur uji multilokasi merupakan tahap akhir dalam kegiatan pengujian daya hasil tanaman untuk mendapatkan genotipe harapan yang akan dilepas sebagai calon varietas unggul baru.

## 7. Pelepasan Varietas

Pelepasan varietas adalah pengakuan pemerintah terhadap suatu varietas baru hasil pemuliaan tanaman dalam rangka penyediaan benih bermutu dalam jumlah yang cukup dan berkesinambungan. Pelepasan varietas merupakan syarat mutlak bagi varietas unggul hasil pemuliaan tanaman yang akan diperjualbelikan. Oleh karena itu, varietas unggul tersebut harus dilepas sebagai varietas terlebih dahulu atau mendapat tanda daftar dari menteri pertanian sebelum dilepas kepada petani. Varietas yang akan dilepas harus memiliki silsilah yang jelas, deskripsi lengkap, unggul, unik, seragam dan stabil, serta benih penjenis tersedia dengan mengikuti prosedur baku. Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) adalah hak pemulia tanaman terhadap kekayaan intelektual yang diberikan kepada pihak pemulia tanaman atau pemegang PVT untuk memegang kendali secara eksklusif terhadap bahan perbanyak (mencakup benih, stek, anakan, atau jaringan biakan) dan material yang dipanen (bunga potong, buah, potongan daun) dari suatu varietas tanaman baru untuk digunakan dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

## LATIHAN SOAL

### Soal Latihan Pilihan Ganda!

1. Pemuliaan tanaman adalah suatu metode yang secara sistematis merakit keragaman genetik tanaman menjadi suatu bentuk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Pendapat ini dikemukakan oleh.....
  - a. Nikolai
  - b. Syukur
  - c. Makmur
  - d. Poehlman
2. Tujuan utama dari kegiatan pemuliaan tanaman adalah.....
  - a. Peningkatan produktivitas tanaman
  - b. Memberi nilai tambah pada suatu karakter
  - c. Meningkatkan kualitas tanaman
  - d. Meningkatkan kesejahteraan petani
3. Sifat khusus yang diinginkan dalam kegiatan pemuliaan tanaman yaitu.....
  - a. Tanaman lebih adaptif terhadap lingkungan/lahan
  - b. Tanaman lebih efisien dalam penggunaan pupuk dan pestisida
  - c. Tanaman berdaya hasil tinggi
  - d. Tanaman lebih berkualitas
4. Hibrida pertama kali hasil persilangan dua spesies yang dilakukan Thomas Fairchild terjadi pada tahun.....
  - a. 1717
  - b. 1727
  - c. 1694
  - d. 1747
5. Ruang lingkup dalam kegiatan pemuliaan tanaman adalah sebagai berikut, kecuali....
  - a. Menentukan tujuan dari tanaman yang dimuliakan
  - b. Menentukan teknik budidaya yang tepat
  - c. Upaya peningkatan keragaman genetik
  - d. Pengujian genotip-genotip terpilih

6. Metode yang dapat dilakukan untuk memperluas keragaman genetik adalah, kecuali....
- Persilangan
  - Eksplorasi
  - Seleksi
  - Mutasi gen
7. Upaya menyilangkan sel somatik secara in vitro, bagi persilangan antar-genotipe atau spesies yang tidak bisa dilakukan secara konvensional, dengan melibatkan organel sel tertentu merupakan pengertian dari....
- Hibridisasi
  - Mutasi
  - Fusi protoplas
  - Kloning gen
8. Urutan tahapan pemuliaan tanaman yang benar adalah....
- Eksplorasi, karakterisasi, perluasan keragaman genetik, seleksi setelah perluasan genetik, uji daya hasil, pelepasan varietas
  - Eksplorasi, perluasan keragaman genetik, karakterisasi, seleksi setelah perluasan genetik, uji daya hasil, pelepasan varietas
  - Eksplorasi, karakterisasi, perluasan keragaman genetik, uji daya hasil, seleksi setelah perluasan genetik, pelepasan varietas
  - karakterisasi, perluasan keragaman genetik, seleksi setelah perluasan genetik, eksplorasi, uji daya hasil, pelepasan varietas
9. Kegiatan hibridisasi, radiasi, kultur in vitro, cloning gen dan fusi protoplas adalah kegiatan untuk....
- Perluasan keragaman genetik
  - Menguji daya hasil
  - Seleksi
  - Eksplorasi
10. Seleksi yang digunakan untuk tanaman menyerbuk silang, kecuali....
- Seleksi massa
  - Seleksi tongkol ke baris
  - Seleksi berulang

d. Seleksi pedigree

**Soal Latihan Essay**

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pemuliaan tanaman dan manfaatnya bagi kehidupan manusia?
2. Jelaskan mengapa pentingnya pemuliaan tanaman?
3. Tuliskan secara singkat sejarah pemuliaan tanaman?
4. Jelaskan ruang lingkup dalam pemuliaan tanaman?
5. Sebutkan ilmu-ilmu yang berkontribusi untuk kepentingan pemuliaan tanaman?
6. Sebutkan tahapan dalam pemuliaan tanaman?
7. Mengapa pentingnya kegiatan eksplorasi?
8. Jelaskan macam-macam cara yang dapat dilakukan dalam perluasan keragaman genetik?
9. Sebutkan jenis seleksi pada tanaman menyerbuk sendiri dan tanaman menyerbuk silang?
10. Jelaskan macam-macam uji daya hasil yang perlu dilakukan dalam tahapan pemuliaan tanaman?

## BAB 2

# SUMBER DAYA GENETIK TANAMAN

---

### 2.1. Pengertian dan Perkembangan

**S**umber Daya Genetik adalah material tumbuhan, binatang, atau jasad renik yang mengandung unit-unit yang berfungsi sebagai pembawa sifat keturunan baik yang bernilai aktual maupun potensial untuk menciptakan galur, rumpun, atau spesies baru. Plasma nutfah yang mencakup seluruh array kultivar dalam spesies tanaman, spesies liar terkait dalam genus, dan hibrida antara spesies liar dan spesies yang dibudidayakan. Sumber Daya Genetik (SDG) tanaman memiliki arti yang sangat penting dalam mendukung pemenuhan kebutuhan pangan secara langsung dan tidak langsung. Beberapa varietas komoditas tanaman telah dimanfaatkan secara intensif sebagai pangan. Sejumlah spesies tanaman lainnya yang belum dimanfaatkan diketahui memiliki potensi dalam mendukung program pemuliaan tanaman.

Sumber Daya Genetik (SDG) tanaman memiliki arti yang sangat penting dalam mendukung pemenuhan kebutuhan pangan baik secara langsung maupun tidak langsung. Sejumlah varietas komoditas tanaman telah dimanfaatkan secara intensif sebagai pangan, sejumlah spesies tanaman lainnya yang belum dimanfaatkan diketahui memiliki potensi dalam mendukung program pemuliaan tanaman. Perubahan iklim merupakan isu penting yang memiliki potensi dapat mengancam ketersediaan SDG tanaman. Pemanasan global dan bencana alam dapat memacu terjadinya erosi genetik terhadap SDG tanaman yang ada. Oleh karena itu, SDG tanaman perlu untuk dilestarikan agar dapat tersedia secara berkelanjutan dalam mendukung ketersediaan dan ketahanan pangan. Langkah awal upaya pelestarian terhadap SDG tanaman dapat dilakukan melalui serangkaian kegiatan inventarisasi dan dokumentasi data SDG tanaman, untuk selanjutnya dilanjutkan dengan kegiatan koleksi dan konservasi (pemeliharaan) baik secara *in situ* (lekat lahan) maupun *ex situ* (koleksi di bank gen).

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman hayati (baik flora maupun fauna) yang tinggi (*megadiversity*) dan setara dengan Brasil di Benua Amerika dan Zaire atau Republik Demokratik Kongo di Afrika. Menurut *World Conservation Monitoring Committee* (1994) dalam Ramono (2004), kekayaan bumi Indonesia mencakup 7.500 (dua puluh tujuh ribu lima ratus) jenis tumbuhan berbunga atau sebesar 10 % (sepuluh persen) dari seluruh jenis tumbuhan di dunia, 515 (lima ratus lima belas) jenis mamalia atau sebesar 12 % (dua belas persen) jenis mamalia dunia, 1.539 (seribu lima ratus tiga puluh sembilan) sejenis burung atau sebesar 17% (tujuh belas persen) seluruh jenis burung di dunia dan 781 (tujuh ratus delapan puluh satu) jenis reptil dan amfibi atau sebesar 16 % (enam belas persen) dari seluruh reptil dan amfibi di dunia). Tingginya keragaman hayati ini salah satunya dikarenakan posisi Indonesia sebagai negara kepulauan dimana pulau-pulau tersebut tersebar di sepanjang garis khatulistiwa.

Sumber daya genetik ini dapat berupa plasma nutfah, spesies liar, varietas, aksesi, galur, kultivar. <sup>11</sup> Plasma nutfah adalah substansi yang terdapat pada suatu kelompok makhluk hidup yang merupakan sumber sifat keturunan yang dapat <sup>16</sup> dirakit untuk menciptakan jenis unggul atau kultivar yang baru. Varietas tanaman adalah sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, 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. Galur adalah tanaman hasil pemuliaan yang telah diseleksi dan diuji, serta sifat unggul sesuai tujuan pemuliaan, seragam dan stabil, tetapi belum dilepas sebagai varietas. Aksesi merupakan koleksi jenis tanaman tertentu yang biasanya dilakukan untuk tujuan pemuliaan tanaman ataupun kelestarian tanaman tersebut. Aksesi dapat berupa tanaman lokal maupun tanaman yang telah banyak dibudidayakan. Kultivar diartikan sebagai sekelompok tumbuhan yang telah dipilih/diseleksi untuk suatu atau beberapa ciri tertentu yang khas dan dapat dibedakan secara jelas dari kelompok lainnya, serta tetap mempertahankan ciri-ciri khas ini jika diperbanyak dengan cara tertentu, baik secara seksual maupun asexual. Kerabat liar tanaman pertanian atau crop wild relative (Bahasa Inggris; sering disingkat CWR) adalah tanaman liar yang berkerabat dengan tanaman yang

didomestifikasi, yang asal geografisnya bisa ditelusur ke tempatnya yang diketahui sebagai Vavilov Centers (dinamai berdasarkan botanis Nikolai Vavilov). Tumbuhan spesies liar ini bisa jadi adalah leluhur dari tanaman yang didomestifikasi, atau kerabat terdekat dari takson tersebut.

## 2.2. Perlindungan Sumber Daya Genetik

Bentuk kegiatan yang bisa dilakukan untuk melakukan perlindungan terhadap sumber daya genetik tanaman adalah:

### (1) Konservasi lahan yang telah dibudidayakan plasma nutfah di atasnya

Koleksi plasma nutfah memiliki peran mempertahankan genotipe dengan karakteristik tertentu sehingga dapat tersedia untuk program pemuliaan masa depan. Konservasi dan penggunaan plasma nutfah yang berkelanjutan sangat penting untuk mengembangkan produksi pertanian, meningkatkan ketahanan pangan, dan mempertahankan kelestarian lingkungan. Ancaman terhadap plasma nutfah yaitu hilangnya habitat lewat penghancuran dan degradasi lingkungan alam atau konservasi dalam bentuk lain. Konservasi yang bijak dan penggunaan plasma nutfah dalam pertanian termasuk elemen penting dalam meningkatkan ketahanan pangan, menghilangkan kelaparan, dan mempertahankan lingkungan. Konservasi lekat lahan (*on-farm conservation*) dari plasma nutfah (lokal) merupakan salah satu tipe konservasi in situ. Konservasi ini bersifat dinamis, karena di samping melestarikan, petani juga dapat mengembangkan plasma nutfah tersebut.

### (2) Evaluasi berbagai jenis plasma nutfah terhadap cekaman biotik dan abiotik

Kegiatan evaluasi memiliki arti dan peran penting yang akan menentukan nilai guna dari materi plasma nutfah yang bersangkutan. Kegiatan evaluasi dilakukan secara bertahap dan sistematis dalam rangka upaya mempermudah upaya pemanfaatan plasma nutfah. Evaluasi ketahanan/toleransi terhadap hama, penyakit, dan lahan bermasalah terus dilakukan untuk mempermudah pemanfaatan plasma nutfah. Kegiatan evaluasi akan menghasilkan sumber-sumber gen dari sifat-sifat potensial yang siap untuk digunakan dalam program pemuliaan.

### (3) Penangkaran benih plasma nutfah

Konservasi plasma nutfah padi melalui bank gen secara ex situ merupakan cara pelestarian yang aman dan efisien (Ford-Llyod and Jackson 1986). Kegiatan ini dilakukan dengan cara biji-biji padi dikeringkan hingga kadar air +6% dan disimpan pada temperatur di bawah nol sehingga viabilitas benih lebih lama. Namun konservasi dalam bank gen bersifat statis dan bukan satu-satunya cara untuk melestarikan keragaman genetik.

### (4) Pelatihan pasca panen hasil produk lokal

Pelatihan mengenai pasca panen hasil produk lokal perlu dilakukan agar masyarakat tidak berlebihan dalam memanfaatkan sumber daya genetik yang ada. Melalui pelatihan pasca panen ini diharapkan masyarakat dapat meningkatkan nilai guna suatu produk tanpa harus mengeksploitasi sumber genetik secara berlebihan.

### (5) Workshop tentang pentingnya perlindungan plasma nutfah

Masalah yang dihadapi adalah belum banyak daerah dan masyarakatnya yang telah menyadari dan memahami dengan baik arti, fungsi dan pentingnya plasma nutfah. Kekayaan plasma nutfah yang ada belum banyak digali bahkan cenderung kurang diperhatikan sehingga belum banyak tindakan pelestariannya. Perlunya data base yang lengkap tentang keberadaan plasma nutfah tersebut baik dalam segi jenisnya, jumlahnya, kualitasnya, manfaatnya yang bernilai ekonomis maupun untuk pelestarian serta kelangkaannya. *Workshop* atau seminar merupakan salah satu kegiatan yang dapat dilakukan untuk memperkenalkan plasma nutfah yang ada. Melalui workshop juga dapat disampaikan mengenai pentingnya plasma nutfah serta varietas unggul sangat diperlukan melalui berbagai media serta berbagai tujuan dan sasaran.

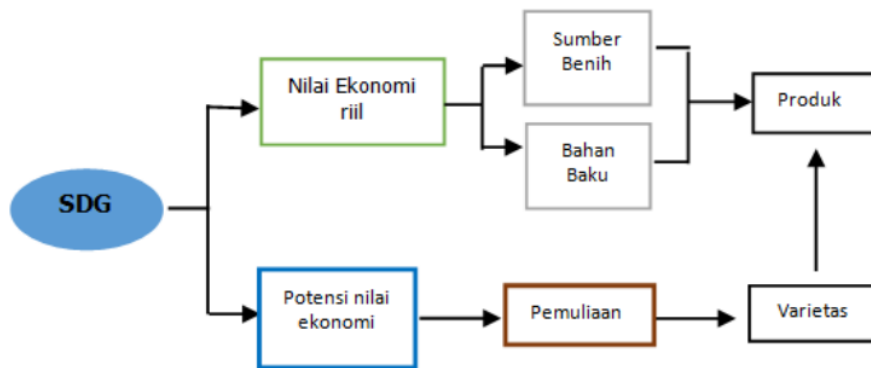
Pusat PVTTP (*Plant Variety Protection and Agriculture Permits Gazette*) merupakan unit eselon II memiliki tugas melaksanakan pengelolaan perlindungan dan pendaftaran varietas tanaman, serta pelayanan perizinan dan rekomendasi teknis pertanian. Pusat PVTTP telah membangun layanan perizinan secara online dalam meningkatkan pelayanan publik agar para pemohon semakin mudah memproses permohonan perizinannya. Sistem online yang dibangun ini diwujudkan untuk meningkatkan akurasi layanan perizinan, meningkatkan efisiensi tanaga dan waktu, serta



mengurangi intensitas kontak langsung antara pemohon dan petugas, sehingga pusat PVTTP dapat mencapai target pelayanan yang cepat, tepat, transparan dan akuntabel. Tugas PVTTP ini salah satunya yaitu izin pemasukan dan pengeluaran sumber daya genetik tanaman.

### 2.3. Manfaat Sumber Daya Genetik

Sumber Daya Genetik (SDG) tanaman memiliki manfaat dalam mendukung pemenuhan kebutuhan pangan baik secara langsung maupun tidak langsung. Sejumlah varietas komoditas tanaman telah dimanfaatkan secara intensif sebagai pangan, sejumlah species tanaman lainnya yang belum dimanfaatkan diketahui memiliki potensi dalam mendukung program pemuliaan tanaman.



**Gambar 2.1. Peran Sumber daya genetik dalam menghasilkan varietas tanaman**

Sumber daya genetik dapat bermanfaat atau berpotensi untuk dimanfaatkan oleh manusia, yang mana sumber daya genetik ini mengandung kualitas yang dapat memberikan nilai ekonomi. Nilai ekonomi tersebut dapat diperoleh dengan menghasilkan produk maupun varietas. Produk dapat dihasilkan dari sumber daya genetik berupa sumber benih untuk pertanaman dalam budidaya, selain itu produk dapat diperoleh dari sumber daya genetik yang menghasilkan bahan baku untuk kegiatan produksi dalam menghasilkan produk. Peran sumber daya genetik dalam pembentukan varietas yaitu dengan adanya sumber daya genetik maka bahan yang diperlukan oleh pemulia tanaman untuk mengembangkan varietas tanaman tersedia, sehingga dengan banyaknya varietas tanaman menjadikan petani mempunyai banyak

pilihan dalam budidaya tanaman, untuk disesuaikan dengan kondisi lokasi tempat penanaman.

#### **2.4. Pentingnya Sumber Daya Genetik**

Indonesia memiliki banyak plasma nutfah yang perlu dilindungi antara lain, pisang, ubi-ubian, beras merah, beras hitam, umbi-umbian, kacang hijau, talas, keladi, dan lain sebagainya. Hasil penelitian Lesta (2018) diperoleh 22 plasma nutfah pisang yang ada di Bangka terdiri dari plasma nutfah Udang, Jernang dan Rotan, Wei, Kapal, Abu, Madu Manis, Madu Keling, Gembur, Jambi, 40 Hari, Bawang, Geda, Tematu, Serindit, Masak Ijau, Rejang, Madu Pulau, Kecil Lantai, Susu, Gede dan Lilin. Hasil penelitian Ropalia didapatkan 9 aksesori lokal padi Bangka diantaranya yaitu Mayang Anget, Mayang Duku, Mayang Grintil, Balok Mas, Cerak Madu, Mayang, Mayang Nibung, N1 dan Runteh Puren. Hasil penelitian Apendi (2018) didapatkan aksesori kacang tanah lokal Bangka yaitu aksesori Belimbing, Jongkong, Air Ketimbai 2, Sungailiat. Matras, Lubuk Kelik, Bedeng Akeh, Air Ketimbai 1 dan Arung Dalam. PVTPP atau Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian menyelenggarakan fungsi:

- a. Penyusunan program, rencana kegiatan dan anggaran;
- b. Pelaksanaan kerja sama dan publikasi;
- c. Pemberian pelayanan hukum perlindungan varietas tanaman dan perizinan pertanian;
- d. Pelaksanaan pemeriksaan perlindungan varietas tanaman;
- e. Pemberian pelayanan perlindungan varietas tanaman;
- f. Pemantauan dan evaluasi hak dan kewajiban pemegang Hak Perlindungan Varietas Tanaman;
- g. Pemberian pelayanan pendaftaran varietas tanaman lokal dan varietas hasil pemuliaan serta pelayanan pendaftaran peredaran varietas tanaman;
- h. Penerimaan, analisis persyaratan, fasilitasi proses teknis penolakan atau pemberian izin dan rekomendasi teknis dan pendaftaran di bidang pertanian;
- i. Pelaksanaan urusan tata usaha dan rumah tangga Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian

11

Pada tingkat internasional, perlindungan terkait sumber daya genetik diatur dalam beberapa ketentuan diantaranya dalam *The Convention on Biological Diversity*, *The Nagoya Protocol*, *The Cartagena Protocol* dan *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Pengaturan mengenai sumber daya genetik selama ini erat kaitannya dengan rezim perlindungan hak kekayaan intelektual (HKI). WIPO (*World Intellectual Property Rights*) sebagai organisasi kekayaan intelektual dunia mengakomodir perlindungan terkait dengan sumber daya genetik, yang lebih sering dikenal dengan sebutan *Genetic Resources, Traditional Knowledge and Folklore*.

Perlindungan terhadap sumber daya genetik pada beberapa Negara diatur dalam pengaturan paten ataupun perlindungan terhadap varietas tanaman. Perkembangan termuktahir di dunia menunjukkan sinyal positif bagi mekanisme perlindungan dan pemanfaatan sumber daya genetik. Sinyal positif tersebut adalah adanya pengaturan internasional yang mengatur tata kelola sumber daya genetik yaitu *Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization to the Convention on Biological Diversity* (Protokol Nagoya tentang Akses pada Sumber Daya Genetik dan Pembagian Keuntungan yang Adil dan Seimbang yang Timbul dari Pemanfaatannya atas Konvensi Keanekaragaman Hayati). Ratifikasi protokol ini diharapkan akan ada suatu pengaturan yang komprehensif dan efektif dalam memberikan perlindungan keanekaragaman hayati Indonesia dan menjamin pembagian keuntungan bagi Indonesia sebagai negara kaya sumberdaya genetik.

## LATIHAN SOAL

### Soal Pilihan Ganda (Jawaban Bisa Lebih Dari 1, Kemukakan Argumentasi Jika Lebih Dari 1)

1. Sumber daya genetik suatu Negara yang merupakan sumber daya pangan penting adalah....

- A. Talas  
B. Keladi  
C. Umbi-umbian  
D. Ubi  
E. Padi

Argumentasi:

2. Sumber daya genetik yang memiliki kemurnian genetik, belum ada campur tangan manusia untuk memodifikasi perubahan struktur genetiknya disebut.....

- A. Plasma nutfah  
B. Aksesori  
C. Varietas  
D. Spesies liar  
E. Galur

Argumentasi:

3. Spesies liar tanaman padi (*Oryza officinalis*) adalah salah satu spesies yang memiliki keunggulan.....

- A. Tahan cekaman biotik  
B. Toleran cekaman abiotik  
C. Rasa beras disukai konsumen  
D. Produksi tinggi  
E. Tahan terhadap kerabahan

Argumentasi:

4. Kegiatan paling penting dalam upaya untuk melindungi sumber daya genetik tanaman dari kepunahan adalah.....

- A. Melakukan eksplorasi  
B. Melakukan inventarisasi dan dokumentasi  
C. Memanfaatkan sumber daya genetik untuk produk  
D. Mengoleksi sumber daya genetik di pusat perlindungan  
E. Menjadikan sebagai tetua persilangan

Argumentasi:



9. Peran PVTPP dalam menjalankan tugasnya yaitu, kecuali.....

- A. Pelaksanaan pemeriksaan perlindungan varietas tanaman
- B. Pemberian pelayanan perlindungan varietas tanaman
- C. Pemantauan dan evaluasi hak dan kewajiban pemegang hak perlindungan varietas tanaman
- D. Pelaksana tahapan seleksi dalam memperoleh varietas
- E. Pemberian pelayanan pendaftaran varietas tanaman lokal dan varietas hasil pemuliaan serta pelayanan pendaftaran peredaran varietas tanaman

Argumentasi:

10. Berikut ini yang merupakan aksesori kacang tanah lokal Bangka, kecuali.....

- A. Jongkong
- B. Air ketimbai 2
- C. Belimbing
- D. Tuban
- E. Hypoma 1

Argumentasi:

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!**

1. Sebutkan bentuk kegiatan yang dapat dilakukan untuk melindungi sumber daya genetik!
2. Jelaskan mengapa pentingnya sumber daya genetik!
3. Jelaskan manfaat sumber daya genetik bagi kegiatan pemuliaan tanaman!
4. Mengapa sumber daya genetik perlu adanya perlindungan?
5. Sebutkan peran PVTPP dalam menjalankan fungsinya?

## BAB 3

### SISTEM PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN

---

Sistem perkembangbiakan tanaman sangat menentukan metode seleksi yang digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Oleh karena itu, pengetahuan akan perkembangbiakan tanaman sangat dibutuhkan oleh pemulia. Secara umum, perkembangbiakan tanaman dibagi kedalam dua kelompok, yaitu aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual merupakan perkembangbiakan tanaman menggunakan bagian tanaman, tanpa penyatuan gamet jantan dan betina. Perkembangbiakan secara seksual merupakan perkembangbiakan tanaman menggunakan biji yang berisi embrio hasil penyatuan gamet jantan dan betina.

#### 3.1. Kelompok Aseksual

Tanaman yang membiak secara aseksual (vegetatif) memiliki sifat yaitu mempunyai keturunan yang identik dengan induknya, genotip semua keturunan dari satu induk seragam kecuali ada mutasi gen/kromosom, serta susunan genotip heterosigot. Kelompok aseksual merupakan sumber genotipa yang disebut klon (individu asli).

Pembagian berdasarkan pola perbanyakan, tanaman membiak aseksual (vegetatif) dibedakan menjadi tanaman membiak obligat dan tanaman membiak fakultatif. Tanaman membiak obligat hanya memperbanyak diri secara aseksual karena organ seksualnya tidak berfungsi atau tidak lengkap. Contohnya yaitu tanaman pisang dan manggis yang tidak menghasilkan polen sehingga perbanyakannya hanya bisa dilakukan secara vegetative. Tanaman vegetative fakultatif masih dapat melakukan perbanyakan secara seksual, akan tetapi sistem perbanyak seksual menjadi lebih baik karena :

1. Tanaman lebih mudah terbentuk melalui pembiakan, contohnya nanas sebab nanas sulit menghasilkan biji karena adanya ketidakserasian sendiri (*self-incompability*).
2. Perbanyakan menghasilkan populasi yang seragam

Beberapa contoh **perbanyakan** aseksual yaitu:

- Penggunaan biji apomoksis pada manggis. Apomiksis adalah proses reproduksi yang terjadi tanpa proses meiosis dan syngamy. Pada apomiksis kecambah muncul dari biji yang bukan berasal dari embrio, melainkan berasal dari jaringan maternal.
- Struktur vegetative: sulur pada stroberi, umbi lapis pada bawang merah, umbi sisik pada gladiol, *rhizome* pada kunyit dan jahe, umbi batang pada kentang, dan umbi akar pada ubi jalar.
- Tunas adventif (cocok bebek, cemara dan sukun)
- buatan (cangkok, okulasi, stek, dan sambung)
- Kultur jaringan



Gambar 3.1. Perbanyakan vegetative tanaman a)apomoksis b)sulur c)umbi lapis d)umbi sisik e)rhizome f)umbi batang g)umbi akar h)tunas adventif i)okulasi j)cangkok k)stek l)kultur jaringan (sumber:google)



### 3.2. <sup>4</sup> **Kelompok Seksual**

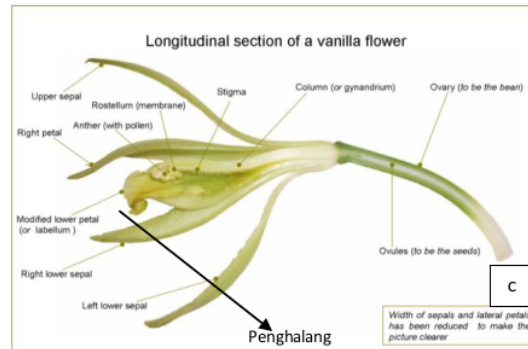
Perkembangbiakan tanaman secara seksual terbagi menjadi dua yaitu tanaman menyerbuk sendiri dan tanaman menyerbuk silang. Pengetahuan tentang tipe penyerbukan penting diketahui dalam kegiatan pemuliaan tanaman karena tipe penyerbukan menentukan tipe seleksi yang digunakan.

#### **Tanaman menyerbuk sendiri (*self pollination*)**

Penyerbukan sendiri yaitu proses penyatuan gamet jantan dan gamet betina yang berasal dari satu tanaman. Suatu tanaman dikatakan menyerbuk sendiri jika presentase menyerbuk sendiri yang dihasilkan sebesar 95%. Tanaman yang terus menerus melakukan penyerbukan sendiri akan dapat mempertahankan homozigositas tanaman yang sudah homozigot atau memperoleh proporsi homozigot yang semakin tinggi apabila terus-menerus dilakukan penyerbukan sendiri dari tanaman heterozigot. Penyerbukan sendiri terjadi karena sifat genetik yang menyebabkan sel <sup>4</sup> kelamin tanaman dapat bergabung sendiri dan susunan morfologi bunga yang dapat menghalangi masuknya tepung sari tanaman lain ke sel telur. Tipe tanaman menyerbuk sendiri memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Bunga tidak membuka saat terjadi penyerbukan (kleistogami)
2. Butir tepung sari luruh sebelum bunga membuka
3. Benang sari dan putik ditutup oleh bagian bunga sesudah bunga membuka
4. Putik memanjang setelah tepung sari masak

Contoh tanaman menyerbuk sendiri yaitu, kacang2an, kedelai, tomat, lada, padi, gandum, sorgum, cabai, kapas, terong dll.



Gambar 3.3. a) bunga padi b) bunga kedelai c) bunga vanili

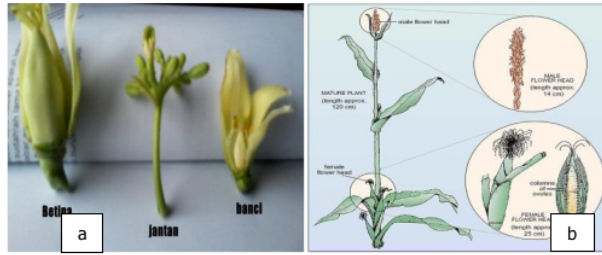
### Tanaman menyerbuk silang

Penyerbukan silang yaitu penyatuan gamet jantan dan gamet betina yang berasal dari tanaman yang berbeda. Tanaman dikatakan menyerbuk silang apabila persentase menyerbuk silang lebih dari 95%. Penyerbukan silang terjadi karena tepung sari terhalang untuk membuahi sel telur.

Tipe tanaman menyerbuk silang memiliki ciri-ciri, yaitu:

1. Secara morfologi, bunganya memiliki struktur tertentu
2. Berbeda masaknya tepung sari dan sel telur
3. Inkompabilitas/ketidaksesuaian alat kelamin
4. Adanya bunga monoecious/deoecious

Contoh tanaman menyerbuk silang yaitu jagung, pepaya, semangka, alpukat, apel, mentimun, melon, kakao dll



Gambar 3.4. a) bunga pepaya b) bunga jagung

### 3.3. Pembiakan Tanaman Secara Generatif

Perkembangbiakan tanaman secara generatif ditandai dengan terjadinya peleburan organ generatif, yaitu gamet jantan dan gamet betina yang menghasilkan zigot. Zigot kemudian tumbuh dan berkembang menjadi individu baru. Perkembangbiakan tanaman secara seksual dibedakan dalam dua kategori yaitu isogami dan heterogami.

#### a. Isogami

Tipe Isogami menghasilkan dua gamet dari tetuanya yang mana gamet yang dihasilkan tidak berbeda satu sama lain sehingga gamet jantan dan gamet betina tidak memiliki perbedaan (*isogametes*). Peleburan antara kedua gamet ini disebut *conjugation* dan zigot yang dihasilkan dinamakan *zygospore*. Tipe ini ditemukan pada tanaman golongan rendah sehingga tidak terlalu berpengaruh dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Contoh tanaman tipe ini yaitu *Mucor sp.* (*Spirogyra*).

#### b. Heterogami

Tipe heterogami menghasilkan gamet dari tetuanya yang mana secara morfologis gamet yang dihasilkan berbeda antara tetua jantan dan tetua betina (*heterogametes*) sedangkan tanamannya disebut *heterogamous*. Heterogami ditemukan pada tanaman berbunga serta digolongkan menjadi *apomixi* dan *amphimixi*.

#### 1. Apomixi

*Apomixi* adalah cara pembiakan yang ditandai dengan terjadinya proses reproduksi seksual hanya saja terjadi secara tidak normal. Tanaman yang dihasilkan

dari peristiwa *apomixi* disebut *apomicts*. Tanaman yang hanya tumbuh dari embrio yang *apomicts* disebut *obligate apomicts*, sedangkan tanaman yang tumbuh dari biji dengan embrio *apomicts* dan embrio yang normal disebut *facultative apomicts*. *Apomixi* terbagi menjadi parthenogenesis dan apogami.

#### a) Parthenogenesis

Parthenogenesis adalah peristiwa *apomixi* dimana embrio yang tumbuh berasal dari sel telur atau gamet jantan. Apabila embrio yang tumbuh berasal dari sel telur yang tidak mengalami pembelahan reduksi, embrio tersebut akan bersifat diploid atau *recurrent apomixes* atau *parthenogenesis somatis*. Contohnya yaitu bawang merah (*Allium cepa*), apel (*Malus sp.*), dan guayule (*Perthenium argentanum*). Contoh beberapa tanaman seperti jeruk, kelapa dan manga selain terjadi pembuahan secara sempurna, secara bersamaan juga dapat terjadi *apomictic embryo* sehingga sering didapatkan biji yang mengandung lebih dari satu embrio dalam satu biji (*polyembryony*). Apabila biji *polyembryoni* ini tumbuh menjadi tanaman, maka tanaman tersebut dinamakan tanaman yang *facultative apomicts*. Embrio pada *apomixi* juga dapat tumbuh dari inti sel telur yang telah mengalami pembelahan reduksi sehingga bersifat haploid (*non-recurrent apomicts*).

#### b) Apogami

Apogami merupakan proses pembelahan reduksi yang terjadi pada sel induk kandung lembaga (*embryosac mother cell* atau *megaspore mother cell*). Apogami menghasilkan sel telur dan juga menghasilkan inti sinergid dan sel antipoda.

*Apomixi* tidak hanya terjadi secara seksual, namun dapat juga terjadi secara aseksual. Contohnya pada tanaman kuncup eram atau *bulbis* yang merupakan modifikasi dari organ vegetative. *Apomixi* secara alami dapat terjadi pada tanaman *polyploid* atau tanaman yang merupakan hasil persilangan yang memiliki susunan genetic yang kompleks. *Apomixi* memiliki dua hal penting diantaranya, 1) *apomixi* memberikan jaminan keseragaman biji yang dihasilkan dari tanamannya, 2) banyak dijumpai penyakit yang disebabkan oleh virus yang tidak dapat ditularkan melalui biji. Apabila tanaman yang terinfeksi virus tersebut menghasilkan biji *apomixi* maka biji tersebut akan tumbuh menjadi *apomictic seedling* sehingga apabila biji tersebut

berkembang menjadi tanaman, tanaman tersebut sudah terinfeksi oleh penyakit yang disebabkan oleh virus.

Hal lain yang menguntungkan dari *apomixi* yaitu apabila embrio terbentuk tanpa adanya pembuahan. Hal ini menyebabkan embrio tersebut akan berkembang menjadi buah tanpa biji dan kemudian akan berkembang menjadi buah tanpa biji. Keadaan semacam ini disebut *parthenocarpy*, contohnya pada pisang dan nenas. Dilihat dari sudut pandang pemuliaan tanaman, buah tanpa biji sangat menguntungkan namun merepotkan dalam hal penyediaan benih sebab memerlukan penanganan yang khusus agar didapatkan benih.

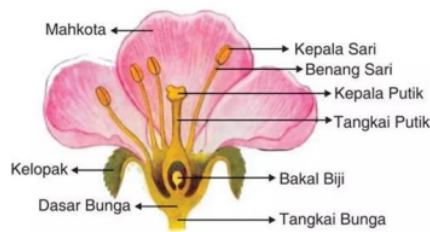
## 2. *Amphimixi*

*Amphimixi* merupakan pembiakan seksual secara normal, dengan kata lain dalam hal ini terjadi penyerbukan dan pembuahan secara normal. Pemuliaan tanaman banyak berkaitan dengan pembiakan *amphimixi*, khususnya pemuliaan tanaman yang dilakukan dengan cara persilangan. Oleh karena itu, dalam kegiatan pemuliaan tanaman sangat dibutuhkan informasi mengenai biologi bunga serta modifikasi dari bunga yang hendak disilangkan.

### 3.4. Struktur Bunga

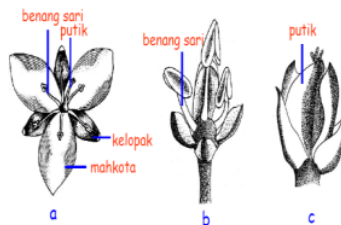
Bunga merupakan alat perkembangbiakan generatif tanaman. Tanaman yang berkembangbiak secara generatif ditandai dengan munculnya tumbuhan baru yang berasal dari proses penyerbukan dan pembuahan pada bunga tanaman. Pengetahuan mengenai bunga tanaman menjadi sangat penting bagi pemulia tanaman dalam melakukan kegiatan penyerbukan silang buatan. Bunga merupakan alat perkembangbiakan tanaman karena bunga yang telah terserbuki akan tumbuh menjadi buah yang didalamnya terdapat biji yang akan tumbuh menjadi individu baru. Bunga menurut kelengkapan bagian-bagiannya, dikelompokkan menjadi bunga lengkap dan bunga tidak lengkap serta bunga sempurna dan bunga tidak sempurna. Bunga dikatakan lengkap apabila memiliki empat bagian, yaitu kelopak bunga (*calyx*), tajuk/mahkota (*corolla*), benang sari (*stamen*), putik (*pistillum*). Bunga yang tidak memiliki salah satu atau lebih dari empat bagian diatas maka bunga tersebut

termasuk kedalam bunga tidak lengkap. Kelopak atau tajuk disebut perhiasan bunga. Bunga yang tidak memiliki perhiasan disebut bunga telanjang.



Gambar 3.5. Struktur bunga lengkap (Zakky 2018)

Bunga dikatakan sempurna apabila memiliki putik dan benang sari dalam satu bunga (*hemaprodit*). Bunga tidak sempurna (*incompletus*) adalah bunga yang hanya memiliki putik atau benang sari saja dalam satu bunga.



Gambar 3.6. Skematik bunga a) lengkap, b) jantan, c) betina

### 3.5. Tipe Seks pada Tanaman

Kelompok bunga tidak lengkap terbagi 2 dua yaitu <sup>4</sup> bunga jantan (*masculus*) dan bunga betina (*femineus*). Bunga jantan memiliki polen dan tidak membentuk putik sehingga bunga jantan tidak dapat tumbuh menjadi buah karena tidak memiliki putik. <sup>4</sup> Bunga betina memiliki putik namun tidak memiliki polen. Bunga jantan dapat membentuk buah jika diserbuki polen yang berasal dari bunga lain.

Berdasarkan lokasi bunga terbagi 2 yaitu berumah satu (*monoecious*) dan berumah dua (*dioecious*). Bunga dikatakan berumah satu apabila bunga jantan dan bunga betina terdapat dalam satu tanaman, misalnya bunga tanaman jagung, kelapa, dan mentimun. Bunga dikatakan berumah dua apabila <sup>3</sup> bunga jantan dan bunga betina berada pada tanaman yang berbeda dengan kata lain dalam satu tanaman hanya terdapat bunga betina saja atau bunga jantan saja. Tanaman yang termasuk kelompok berumah dua yaitu salak dan pepaya.

<sup>4</sup> Bunga jantan atau bunga betina seringkali ditemukan bersama-sama dengan bunga hermaphrodit dalam satu tanaman. Dengan demikian, kelompok bunga ini dapat dibedakan menjadi:

1. *Andromonoecious*, <sup>3</sup> bunga jantan dan bunga hermaphrodit terdapat dalam satu tanaman, contoh: melon, semangka, dll
2. *Androdioecious*, <sup>3</sup> dimana bunga jantan dan bunga hermaphrodit terdapat pada tanaman yang berbeda, contoh: rambutan
3. *Gyno-monoecious*, dimana bunga betina dan hermaphrodit terdapat dalam satu tanaman, contoh: pepaya
4. *Gyno-dioecious*, dimana bunga betina dan bunga hermaphrodit terdapat pada tanaman berbeda, contoh: pepaya
5. *Trimonoecious*, dimana tanaman membentuk ketiga tipe bunga (hermaphrodit, jantan dan betina) dalam satu tanaman, contoh: melon

### 3.6. Penyerbukan dan Pembuahan

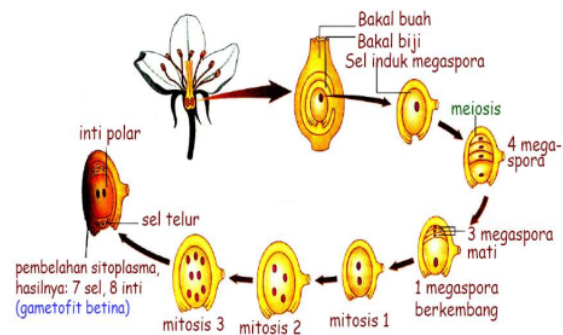
Penyerbukan dan pembuahan adalah proses penting dalam perkembangbiakan tanaman. Penyerbukan (*pollination*) merupakan jatuhnya polen ke kepala putik. Pembuahan (*fertilization*) adalah bertemunya gamet jantan dan gamet betina yang kemudian melebur menjadi *zigot*. Buah dan biji yang dihasilkan oleh tanaman merupakan hasil dari serangkaian proses penting antara putik dan benang sari. Penyebab terjadinya penyerbukan pada bunga tanaman diantaranya yaitu,

1. Kepala putik berada di bawah serbuk sari
2. Putik menempel pada kepala sari
3. Serbuk sari dibawa angin/serangga

Kelompok tumbuhan, khususnya tumbuhan berbunga (*angiospermae*), untuk menghasilkan gamet jantan dan betina terjadi pembelahan mitosis dan meiosis secara berurutan. Pembelahan meiosis merupakan bagian yang paling penting. Proses pembelahan untuk menghasilkan gamet-gamet disebut gametogenesis. Proses gametogenesis pada organ kelamin betina disebut *meiosporogenesis* dan pada bagian kelamin betina disebut *microsporogenesis*.

Pembentukan gametofit betina dimulai dengan megasporosit dua kali mengalami pembelahan meiosis dan kemudian menghasilkan empat megasporopra

yang bersifat haploid, tetapi tiga diantaranya mengalami degenerasi. Satu megaspore yang lain mengalami pembelahan mitosis tanpa diikuti pembelahan sitoplasma (*kariokinesis*) sebanyak tiga kali, menghasilkan sebuah sel (kandung embrio) dengan delapan inti haploid. Kandung embrio ini dikelilingi oleh satu jaringan yang disebut *integument*. Salah satu ujung kandung embrio yang dikelilingi oleh integument terdapat satu lubang yang disebut *mikrofil*, sebagai pintu masuk buluh sari pada proses pembuahan. Tiga dari delapan inti haploid tersebut bergerak menuju mikrofil. Satu inti menjadi inti telur (gamet betina) dan dua lainnya mengapit, disebut *inti polar* (*synergid*). Tiga inti lainnya bergerak ke ujung yang berlawanan dengan mikrofil yang disebut *antipodal* dan kemudian mengalami degenerasi. Dua inti yang lain tetap tinggal di tengah dan disebut *inti kutub* (*polar nuclei*); yang melebur menjadi satu disebut *inti endosperm* yang bersifat diploid.



Gambar 3.7. Proses Pembentukan Gametofit Betina

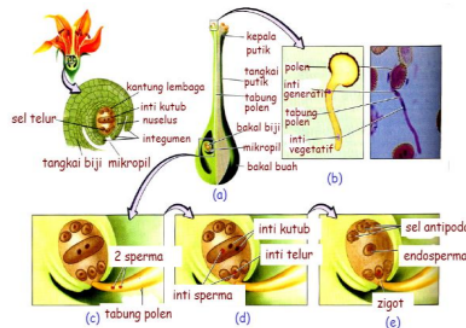
Tahapan setelah terjadi penyerbukan selanjutnya yaitu butir tepung sari mengalami dua kali pembelahan meiosis dan menghasilkan empat mikrospora haploid. Setiap mikrospora mengalami pembelahan tanpa diikuti pembelahan sitoplasma (*kariokinesis*) dan menghasilkan dua inti haploid. Pada proses pertumbuhan buluh sari (*pollen tube*), satu dari dua inti tersebut membelah secara mitosis menghasilkan inti generate I dan II menuju ke mikrofil untuk pembuahan (*fertilization*). Proses ini disebut juga sebagai pembentukan gametofit jantan (*microsporogenesis*).

Pembuahan terjadi di dalam kandung embrio dari bakal biji yang telah masak didalam putik. Proses pembuahan menghasilkan delapan buah inti yang terbagi dalam tiga kelompok, yaitu sebagai berikut.



1. 1 inti sel telur + 2 inti sinergit (di dalam kandung embrio terletak di ujung dekat mikropil)
2. 2 inti polar (terletak di bagian tengah kandung embrio)
3. 3 inti antipodal (terletak pada jarak lebih jauh dari inti sel telur atau mukropile)

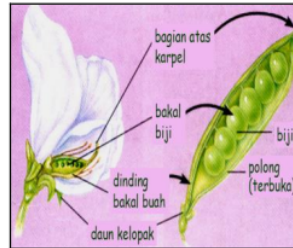
Proses pembuahan dimulai ketika bagian ujung tabung polen bergerak menuju ke arah salah satu bakal biji. Tabung polen dapat menyentuh *nucellus* melalui mikrofil, kemudian masuk kedalam jaringan tersebut sampai ujung kandung embrio. Tabung polen yang telah menyelesaikan tugasnya, selanjutnya inti vegetative akan mati bersama protoplasma yang berada dalam tabung polen, sementara itu kedua inti sperma telah masuk kedalam kandung embrio untuk melakukan pembuahan. Salah satu inti sperma meleburkan diri dengan inti sel telur dan menjadi sebuah zigot, sedangkan inti sperma yang kedua bergabung dengan dua inti polar untuk kemudian membangun jaringan endosperm. Peleburan diri antara sel sperma dengan inti sel telur disebut pembuahan (*fertilization*). Peristiwa ini disebut pembuahan ganda karena didalam kandung embrio terjadi dua macam pembuahan, yaitu inti sperma dengan inti sel telur dan inti sperma dengan kedua inti polar. Tiap butir serbuk hanya membuahi satu bakal biji sehingga bakal buah yang berisi banyak biji memerlukan banyak butir polen untuk kegiatan pembuahan.



Gambar 3.8. Pembuahan Ganda pada Angiospermae

Tahapan selanjutnya yaitu terjadi pembuahan inti sel telur berubah menjadi zigot, dua buah polar menjadi endosperm, inti bakal biji menjadi perisperm, selaput dalam dari bakal biji menjadi kulit biji sebelah dalam, selaput luar dari bakal biji menjadi kulit biji sebelah luar, bakal biji menjadi biji, daun buah menjadi kulit buah, serta bakal buah menjadi buah. Zigot yang terbentuk sebagai hasil peleburan antara sel

telur dan dengan inti sperma akan tumbuh menjadi embrio. Embrio adalah calon tanaman yang masih kecil didalam biji serta memiliki bakal akar (*radicula*), bakal batang (*hipokotil*) dan bakal daun (*plumula*).



Gambar 3.9. Perubahan Bentuk Pembuahan

### 3.7. Tipe Penyerbukan di Alam

#### 1. Penyerbukan tertutup (Kleistogami)

Bunga yang mengalami penyerbukan sendiri yang mana penyerbukan terjadi sebelum bunga mekar. Tanaman yang mengalami penyerbukan tertutup diantaranya yaitu, kacang tanah dan padi (bunga membuka tetapi telah terserbuki).

#### 2. Penyerbukan terbuka (Kasmogami)

Penyerbukan terbuka merupakan penyerbukan yang terjadi setelah bunga mekar. Contohnya bunga jagung, markisa, dll. Pada penyerbukan kasmogami dikenal istilah protandri dan protogini. Protandri yaitu bunga yang benang sarinya masak lebih dulu sehingga pada bunga tipe ini tidak terjadi penyerbukan sendiri. Beberapa tanaman yang termasuk kedalam kelompok protandri yaitu seledri, wortel, dan bawang bombay. Protogini merupakan bunga yang putiknya lebih dulu masak daripada benang sari. Hal ini menyebabkan tidak terbentuknya bakal buah. Bakal buah bisa terbentuk apabila putik diserbuki oleh benang sari dari tanaman lain sehingga bunga tipe ini merupakan bunga dengan tipe penyerbukan silang. Tanaman yang termasuk kedalam kelompok protogini yaitu cokelat, kubis, rogge, bit, dan alpukat.

3. Herkogami, merupakan bunga yang memiliki bentuk unik/aneh sehingga tidak terjadi penyerbukan. Contohnya bunga panili.

4. Heterostile, merupakan bunga dengan tangkai putik yang lebih panjang daripada tangkai benang sari. Contohnya bunga sepatu

5. Anemofili, merupakan bunga yang penyerbukannya lazim dilakukan oleh angin.

Bunga tipe ini memiliki ciri-ciri:

- Tangkai bunga panjang, lemah, menjalar keluar, mudah bergerak.
- Kepala sari besar, menggantung keluar, mudah terombang ambing
- Ruang sari cukup besar, panjang, byk serbuk sari
- Butir serbuk sari halus, kering, ringan, mudah terbawa angin
- Kepala putik besar, permukaannya luas, berbulu, berbentuk kuas
- Mahkota kelopak kecil/telanjang dan tidak menarik
- Bunga tidak berbau
- Tidak menghasilkan madu/sedikit sekali

6. Entomofili, merupakan tipe bunga penyerbukannya dilakukan oleh serangga.

Bunga tipe ini memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Bunga besar/kecil menarik serangga
- Mahkota warna cerah/mudah terlihat
- Benang sari panjang dan menghasilkan byk serbuk
- Serbuk sari mudah melekat pd serangga
- Kepala putik kecil
- Bunga menghasilkan bau harum
- Bunga menghasilkan madu

7. Ornitofili, merupakan bunga yang penyerbukannya dilakukan oleh burung paruh panjang. Bunga tipe ini memiliki ciri-ciri:

- Bunga warna menyolok
- Bagian bunga tebal, kuat, menahan patukan burung
- Benang sarinya cukup kuat
- Bunganya menghasilkan nektar yang encer

8. Kiropterofili, merupakan bunga yang penyerbukannya dilakukan oleh kelelawar.

Bunga tipe ini memiliki ciri-ciri:

- Bunga besar dan kuat
- Bunga terbentuk pada batang, cabang dan ujung pohon.
- Bunga mempunyai lubang besar
- Warna bunga dapat putih/suram, ungu kotor, agak kemerah-merahan atau hijau

- Bunganya mekar pada waktu malam dan menghasilkan banyak nektar yang kental
- Butir-butir serbuk sari lengket dan mudah melekat.

## LATIHAN SOAL

**Pilihlah jawaban yang tepat!**

1. Perkembangbiakan tanaman menggunakan bagian vegetative tanaman, tanpa penyatuan gamet jantan dan betina disebut.....
  - a. Perkembangbiakkan aseksual
  - b. Perkembangbiakkan obligat
  - c. Perkembangbiakkan seksual
  - d. Perkembangbiakkan generatif
  
2. Penggolongan tanaman membiak aseksual yaitu terdiri dari.....
  - a. Aseksual dan seksual
  - b. Degeneratif dan generatif
  - c. Membiak sendiri dan membiak buatan
  - d. Obligat dan fakultatif
  
3. Contoh tanaman yang berkembangbiak secara yaitu.....
  - a. Pisang
  - b. Cabai
  - c. Kedelai
  - d. Jagung
  
4. Penyerbukan yang dibantu oleh burung disebut juga....
  - a.Ornitofili
  - b. Kiropterofil
  - c. Anemofili
  - d. Heterostili
  
5. Istilah untuk bunga yang alat kelamin betina masak lebih dulu adalah...
  - a. Protogini
  - b. Protandri
  - c. Herkogami
  - d. Heterostili
  
6. Tipe tanaman dimana bunga betina dan bunga hermaprodit berada dalam satu tanaman disebut dengan.....
  - a. Andro-monoceous
  - b. Gyno-monoceous
  - c. Andro-dioceous
  - d. Trimonoceous

7. Hasil penyatuan inti generatif dengan dua inti polar adalah...
- a. Zigot
  - b. Bakal biji
  - c. Endosperm
  - d. Antipoda
8. Perkembangbiakkan tanamn secara seksual dibedakan dalam dua kategori yaitu.....
- a. Apomixi dan aphimixi
  - b. Heterogami dan apogami
  - c. Isogamy dan heterogami
  - d. Parthenogenesis dan isogami
9. Gamet yang dihasilkan kedua tetua secara morfologis berbeda antara tetua jantan dan tetua betina disebut....
- a. Isogamy
  - b. Heterogami
  - c. Aphimixi
  - d. Apomixi
10. Tipe penyerbukan yang mana bunga dengan tangkai putik yang lebih panjang daripada tangkai benang sari disebut.....
- a. Harkogami
  - b. Heterostile
  - c. Kasmogami
  - d. Kleistogami

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!**

1. Sebutkan ciri-ciri dari bunga suatu individu tanaman yang mengalami penyerbukan sendiri dan berikan 5 contoh tanamannya?
2. Sebutkan tipe-tipe penyerbukan tanaman?
3. Jelaskan kenapa tanaman bisa mengalami penyerbukan silang!
4. Berikan contoh perbanyakan dengan aseksual beserta contohnya masing-masing!
5. Jelaskan pengertian istilah-istilah berikut ini:
  - a. Isogamy
  - b. Heterogami
  - c. Apomixi
  - d. Parthenogenesis
  - e. Apogamic
  - f. Aphimixi
6. Jelaskan maksud dari **7** **bunga lengkap dan bunga tidak lengkap** serta **bunga sempurna dan bunga tidak sempurna!**
7. Jelaskan 5 macam tipe seks pada tanaman!
8. Jelaskan proses penyerbukan hingga pembuahan!
9. Sebutkan 3 kelompok hasil dari proses pembuahan!
10. Sebutkan dan jelaskan tipe-tipe penyerbukan yang terjadi di alam!

## BAB 4

### SIFAT KUALITATIF PADA TANAMAN

---

**B**eragam tanaman yang tumbuh di bumi, tanaman yang ada di bumi pada setiap varietas, aksesi, kultivar dan klon secara umum berbeda setiap genotip. Genotip berperan dalam pembentukan fenotip tanaman.

Penampilan (fenotipe) suatu tanaman ditentukan oleh genetik, lingkungan serta interaksi antara keduanya. Secara garis besar hal ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P = G + E$$

Keterangan: P = fenotipe

G = genotipe

E = lingkungan

Kegiatan pemuliaan tanaman menyebabkan adanya variasi yang ditimbulkan dikenal dengan istilah penampilan karakter kualitatif dan karakter kuantitatif tanaman. Karakter kualitatif merupakan karakter yang dikendalikan oleh gen sederhana (satu atau dua gen), sedikit sekali atau bahkan tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Karakter kualitatif memiliki sifat yang berbeda sehingga mudah dikelompokkan dan biasanya dinyatakan dalam kategori. Pengelompokan berdasarkan sifat kualitatif lebih mudah karena sebarannya bersifat *discrete* dan dapat dilakukan dengan melihat apa yang tampak. Salah contohnya persilangan antara jagung kuning dan jagung putih, keturunannya akan mudah dibedakan menjadi kelompok yang berwarna kuning, kuning muda dan putih, sebaliknya persilangan antara jagung yang memiliki tinggi tanaman 150 cm dan 125 cm, keturunannya akan memiliki ketinggian yang bermacam-macam dengan kisaran tertentu. Contoh karakter yang termasuk dalam karakter kualitatif yaitu warna daun, warna bunga, bentuk daun, bentuk biji, duri, warna batang, warna biji dan bentuk percabangan.

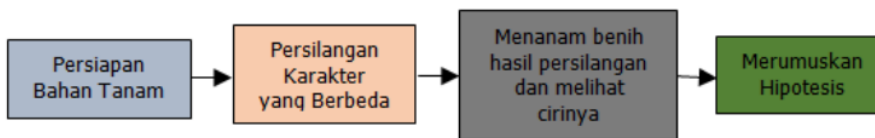


**Tabel 4.1. Perbedaan umum antara karakter kualitatif dan karakter kuantitatif**

No	Kriteria	Kualitatif	Kuantitatif
1.	Cara membedakan	Berupa gejala : merah-putih	Dapat diukur/berupa skala : cm, g, kg, m
2.	Pengaruh lingkungan	Kecil	Sedang
3.	Sebaran data	Diskrit (tegas)	Kontinyu (berlanjut)
4.	Pengujian	X <sup>2</sup> (khi kuadrat)	Rataan, varian, simpangan baku
5.	Seleksi	Observasi	Statistik
6.	Penilaian	Pengamatan visual	Pengukuran
7.	Jumlah gen pengendali	Sederhana (tunggal)	Kompleks (polyangenic)

#### 4.1. Tahapan Dalam Percobaan Pemuliaan Tanaman

Kegiatan pemuliaan tanaman dalam prakteknya memerlukan tahapan yang sistematis, sebagaimana percobaan sebelumnya yang telah dilakukan oleh Gregor Mendel (1822-1884). Mendel dalam praktek pemuliaan tanaman membagi tahapan pemuliaan tanaman kedalam beberapa tahap diantaranya yaitu, 1) Persiapan bahan tanaman. 2) Persilangan dua karakter yang berbeda, 3) Menanam benih hasil persilangan dan melihat ciri yang terlihat, 4) Merumuskan suatu hipotesis dengan pendekatan matematis.



**Gambar 4.1. Tahapan pemuliaan menurut Mendel**

##### a. Persiapan bahan tanam

Tahapan dalam persiapan bahan tanam dilakukan dengan pemilihan dan penciptaan keseragaman genetik. Mendel melakukan tahap ini dengan cara menanam bahan tanaman selama dua tahun berturut-turut. Metode yang digunakan ini disebut dengan seleksi galur murni. Tujuan dari seleksi galur murni adalah meningkatkan homozigositas tanaman yang akan dijadikan sebagai tetua persilangan. Tahapan awal dalam seleksi galur murni yaitu setiap genotipe ditanam terpisah dari genotipe lain untuk mencegah terjadinya persilangan antargenotipe. Mendel melakukan pemurnian

antar genotipe dengan cara membuang tanaman atau biji yang memiliki ciri berbeda dengan tetuanya untuk menghasilkan tanaman yang secara genetik seragam (homozigot).

b. Persilangan karakter yang berbeda

Tahapan persilangan karakter yang berbeda dilakukan dengan persilangan secara manual antara tanaman yang memiliki sifat yang berbeda. Mendel dalam tahapan ini melakukan persilangan antara kacang kapri warna polong kuning dan kacang kapri warna polong hijau, kacang kapri warna bunga merah dengan warna bunga putih, serta kacang kapri dengan bentuk polong licin dan bentuk polong keriput. Benih yang dihasilkan dari proses persilangan kemudian disimpan terpisah dan dikelompokkan sesuai pasangan tetuanya.

c. Menanam benih hasil persilangan dan melihat ciri yang terlihat

Benih yang dihasilkan dari persilangan tanaman dengan karakter berbeda kemudian ditanam dan diamati karakter yang dihasilkan. Tahap ini dilakukan dengan menyeleksi tanaman F1 sampai F7 serta dilakukan test cross (persilangan antara F1 dengan tetua resesifnya). Prosedur dalam kegiatan pemuliaan tanaman antara tanaman menyerbuk sendiri berbeda dengan tanaman menyerbuk silang dan membiak secara . Tanaman menyerbuk sendiri bertujuan untuk mendapatkan individu tanaman homozigot, tanaman menyerbuk silang bertujuan untuk memperoleh populasi yang terdiri dari tanaman heterozigot dan pada tanaman membiak klon terseleksi akan menghilangkan pengaruh segregasi gen pada keturunannya.

Seleksi yang akurat terhadap suatu karakter yang diinginkan dari tanaman adalah dengan berdasarkan pada gen yang mengendalikan karakter tersebut. Penemuan markah molekuler dapat membantu kelancaran pekerjaan seleksi, penanda molekuler DNA ini dapat dikembangkan dengan cepat dan dalam jumlah yang banyak. Pemanfaatan markah DNA sebagai alat bantu seleksi Marker Assisted Selection (MAS) lebih menguntungkan dibandingkan dengan seleksi secara fenotipik/morfologi, karena seleksi dengan bantuan markah molekuler didasarkan pada sifat genetik tanaman saja, tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga kegiatan pemuliaan tanaman menjadi lebih tepat, dan cepat.

d. Merumuskan suatu hipotesis dengan pendekatan matematis

Keberhasilan Mendel dalam menjawab persoalan ini karena kemampuannya dalam mengamati perbandingan karakter yang muncul dan menyusun suatu hubungan sistematis, yang dapat berlaku umum. Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan jenis lain dan perhitungan untuk menentukan rasio penurunan sifat. Pengujian yang dilakukan Mendel untuk menguji apakah hukum yang dihasilkan dari tanaman kapri juga berlaku pada spesies lain yaitu *Phaseolus vulgaris* (buncis), *P. nanus*, dan *P. multiflorus*. Percobaan menggunakan buncis, untuk karakter-karakter panjang batang, warna polong dan bentuk polong, Mendel memperoleh data yang menunjang teorinya, akan tetapi pada percobaan menggunakan *Phaseolus nanus*, dan *P. multiflorus* terdapat data-data yang tidak menunjang hipotesis tersebut. Mendel tidak memperdulikan hal ini dan tetap pada teorinya, saat ini diketahui bahwa karakter-karakter yang tidak sesuai dengan Teori Mendel kemungkinan disebabkan oleh interaksi antar gen atau interaksi genetik dengan lingkungan. Mendel juga menyusun hipotesisnya berdasarkan data yang merupakan kombinasi dari dua karakter dan tiga karakter.

Analisa karakter kualitatif sangat penting dalam mendukung kegiatan pemuliaan tanaman untuk mendapatkan informasi tentang jumlah gen yang mengendalikan suatu sifat, aksi gen yang mengendalikan, serta informasi-informasi genetik lainnya. Informasi genetik tersebut sangat berguna dalam tahapan seleksi yang akan digunakan, sehingga seleksi dapat lebih efektif dan efisien.

#### 4.2. Pengujian Statistik Sifat Kualitatif

Pengelompokkan berdasarkan sifat kualitatif lebih mudah dilakukan karena sebaran datanya discret (tegas) dan dapat dilakukan dengan melihat karakter yang tampak. Sebaran data discret dilakukan pengujian dengan *Chi-Squared test*.

$$X^2 = \frac{(O-E)^2}{E}$$

Keterangan :

O = nilai pengamatan fenotipe ke-i

E = nilai harapan fenotipe ke-i

Nilai  $\chi^2$  yang dihasilkan dikelompokkan sebagai berikut:

1. Semakin besar perbedaan antara pengamatan dan harapan maka semakin besar nilai  $\chi^2$
2. Semakin kecil perbedaan antara pengamatan dan harapan maka semakin kecil nilai  $\chi^2$
3. Semakin kecil nilai  $\chi^2$  maka semakin besar nilai peluang dalam tabel,  $\chi^2$  lebih kecil dari tabel 5% maka tidak berbeda nyata dengan nilai harapan.
4. Semakin besar nilai  $\chi^2$  maka semakin kecil nilai peluang dalam tabel,  $\chi^2$  lebih besar dari tabel 5% atau pengamatan berbeda nyata dengan harapan.

Contoh 1:

Persilangan antar tanaman kapri yang berwarna biji hijau dan berwarna biji kuning. AA untuk biji hijau dan aa untuk biji kuning. Gen A dominan terhadap gen a dan gen B dominan terhadap gen b. F1 akan bergenotipe Aa dan bila terjadi penyerbukan sendiri keturunan pada F2 akan menghasilkan:

AA (biji hijau) sebanyak 1

Aa (biji hijau) sebanyak 2

aa (biji kuning) sebanyak 1

Apabila kenyataan (*observed*) hasil persilangan tersebut adalah:

Biji hijau            sebanyak 428

Biji kuning            sebanyak 152

Pertanyaannya adalah apakah hasil yang diperoleh tersebut sesuai dengan yang diharapkan (*expected*) dengan perbandingan hijau:kuning = 3:1? Andaikan menyimpang apakah penyimpangannya nyata atau tidak? Untuk menjawab pertanyaan tersebut digunakan cara perhitungan *Chi-square Test*. Cara perhitungannya disajikan dalam.

Tabel 4.2. Contoh pengujian percobaan monohibrid Mendel untuk warna Albumen

Ciri	Pengamatan (O)	Frekuensi	Harapan (E)	Chi-Square
Hijau	428	$\frac{3}{4}$	435	0.113
Kuning	152	$\frac{1}{4}$	145	0.113
Total	580		580	0.226

Tabel diatas menunjukkan bahwa jumlah antara genotipe yang diperoleh dan yang diharapkan memiliki nilai yang berbeda. Oleh karena itu, untuk menguji perbedaan tersebut nyata atau tidak maka digunakan rumus *Chi-Squared* diatas sehingga diperoleh  $X^2 = 0.226$ .

$X^2 = 0,226$  disebut  $X^2$  hitung.  $X^2$  hitung kemudian dibandingkan dengan  $X^2$  tabel dengan derajat bebas yang sesuai dengan pengujian yang bersangkutan. Contoh diatas karena ada 2 macam fenotipe maka derajat bebasnya (db) adalah  $(2-1) = 1$ . Oleh karena itu, dengan menggunakan db =1 serta probabilitasnya 5% diperoleh  $X^2$  tabel sebesar 3.84.

**$X^2$  hitung  $\leq X^2$  tabel db  $\alpha$  ( $0.226 < 3.84$ )**

**Kesimpulan hipotesis diterima Hijau : Kuning (3:1)**

15 Suatu sifat yang dalam segregasi F2 menunjukkan penyebaran fenotipe yang sesuai dengan monohibrid Mendel, akan disimpulkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh satu gen. Hal ini dikenal dengan Hukum Mendel pertama atau yang biasa disebut dengan hukum segregasi yang berbunyi:

*"pada waktu pembentukan gamet, ale-alel dari pasangan alel berpisah atau bersegregasi satu terhadap yang lainnya kedalam gamet-gamet sehingga separuh gamet membawa salah satu alel dan seapruh gamet lainnya membawa satu alel lainnya".*

Contoh 2:

Persilangan antar tanaman kapri yang berbiji bundar warna kuning dan kapri yang berbiji keriput warna hijau. AABB untuk kapri yang berbiji bundar warna kuning dan aabb untuk kapri yang berbiji keriput warna hijau. Dalam hal ini A dominan terhadap a dan B dominan terhadap b. F1 yang dihasilkan memiliki genotipe AaBb 100% dan bila terjadi penyerbukan sendiri keturunan pada F2 menurut Mendel akan menghasilkan:

A-B- (biji bundar warna kuning) sebanyak 9

A-bb (biji bundar warna hijau) sebanyak 3

aaB- (biji keriput warna kuning) sebanyak 3

aabb (biji keriput warna hijau) sebanyak 1

Andaikan kenyataan yang diperoleh (*observed*) dari hasil tanaman F<sub>2</sub> yaitu:

biji bundar warna kuning sebanyak 315

biji bundar warna hijau sebanyak 101

biji keriput warna hijau sebanyak 106

biji keriput warna kuning sebanyak 32

Contoh diatas menunjukkan bahwa jumlah antara genotipe yang diperoleh dan yang diharapkan memiliki nilai yang berbeda. Oleh karena itu, untuk menguji perbedaan tersebut nyata atau tidak maka digunakan rumus *Chi-Squared* diatas sehingga diperoleh  $X^2 = 0.47$ . Terdapat 4 macam fenotipe maka derajat bebas (db) yang diperoleh yaitu  $(4-1) = 3$ . Oleh karena itu, dengan menggunakan db =3 serta probabilitasnya 5% diperoleh  $X^2$  tabel sebesar 7.82.

**Tabel 4.3. Contoh pengujian percobaan dihibrid Mendel untuk warna albumen dan bentuk biji**

Ciri-ciri	Pengamatan (O)	Frekuensi	Harapan (E)	Chi-Square	Ciri
Bundar-Kuning	315	9/16	312.75	0.018	Bundar-Kuning
Keriput-Kuning	101	3/16	104.25	0.101	Keriput-Kuning
Bundar-Hijau	106	3/16	104.25	0.135	Bundar-Hijau
Keriput-Hijau	32	1/16	34.75	0.218	Keriput-Hijau
<b>Total</b>	558			0.47	Total

$X^2$  hitung  $\leq X^2$  tabel db  $\alpha$  (0.47 < 7.82)

Kesimpulan hipotesis diterima segregasi F<sub>2</sub> (9:3:3:1)

Bila dua karakter bersegregasi sesuai dengan model dihibrid maka disimpulkan bahwa karakter-karakter tersebut dikendalikan oleh dua gen yang mempunyai lokus bebas satu dengan yang lain. Hal ini dikenal dengan Hukum Mendel kedua atau yang sering disebut hukum perpaduan bebas yang berbunyi :

“Pada waktu pembentukan gamet setiap pasang alel dalam satu lokus bersegregasi bebas dari pasangan alel lokus lainnya, dan akan berpadu secara bebas dengan alel-alel dari lokus lainnya”.

## LATIHAN SOAL

**Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Karakter yang dikendalikan oleh gen sederhana dan sedikit sekali atau bahkan tidak dipengaruhi lingkungan adalah.....
  - a. Karakter morfologi
  - b. Karakter anatomi
  - c. Karakter kualitatif
  - d. Karakter fisiologi
  - e. Karakter kuantitatif
  
2. Perbedaan antara karakter yang bersifat kualitatif dengan karakter kuantitatif adalah.....
  - a. Kriteria seleksi pada karakter kualitatif yaitu observasi, karakter kuantitatif yaitu statistik
  - b. Kriteria pengujian pada karakter kualitatif yaitu rataan varian simpangan baku, karakter kuantitatif yaitu chi kuadrat
  - c. Jumlah gen pengendali karakter kualitatif kompleks, karakter kuantitatif yaitu sederhana
  - d. Kriteria penilaian pada karakter kualitatif yaitu pengukuran, pada karakter kuantitatif yaitu pengamatan visual
  - e. Kriteria sebaran data pada karakter kualitatif kontinyu, sedangkan pada karakter kuantitatif yaitu diskrit
  
3. Tahapan pemuliaan menurut Gregor Mendel adalah berikut, kecuali.....
  - a. Merumuskan hipotesis
  - b. Persiapan bahan tanam
  - c. Menanam benih hasil persilangan
  - d. Melakukan seleksi
  - e. Merumuskan hipotesis dengan pengamatan matematis

4. Cara yang digunakan Mendel untuk pemurnian antar genotip adalah.....
- Persiapan bahan tanam
  - Menanam genotipe dengan cara tidak terpisah
  - Membuang tanaman atau biji yang memiliki ciri yang sama dengan tetuanya
  - Penciptaan keragaman genetik
  - Menanam bahan tanaman dua tahun berturut-turut
5. Tujuan utama mengetahui informasi genetik tanaman bagi seorang pemulia tanaman adalah.....
- Mendapatkan informasi tentang jumlah gen yang mengendalikan suatu sifat
  - Mengetahui aksi gen terhadap suatu sifat
  - Mengetahui sifat pewarisan pada suatu tanaman
  - Mengetahui tingkat keragaman dalam suatu populasi tanaman
  - Menentukan seleksi yang tepat untuk digunakan
6. Berikut pernyataan pengelompokan nilai  $X^2$ , kecuali adalah.....
- <sup>15</sup> Semakin besar perbedaan antara pengamatan dan harapan maka semakin besar nilai  $X^2$
  - <sup>15</sup> Semakin kecil perbedaan antara pengamatan dan harapan maka semakin kecil nilai  $X^2$
  - <sup>15</sup> Semakin kecil perbedaan antara pengamatan dan harapan maka semakin besar nilai  $x^2$
  - <sup>15</sup> Semakin kecil nilai  $X^2$  maka semakin besar nilai peluang dalam tabel,  $X^2$  lebih kecil dari tabel 5% maka tidak berbeda nyata dengan nilai harapan.
  - Semakin besar nilai  $X^2$  maka semakin kecil nilai peluang dalam tabel,  $X^2$  lebih besar dari tabel 5% atau pengamatan berbeda nyata dengan harapan.
7. Jika terdapat 3 macam fenotip, maka derajat bebasnya (db) adalah....
- 1
  - 2
  - 3
  - 4



e. 5

8. Gamet yang terbentuk dari individu yang bergenotipe  $AaBb \times AaBb$  adalah.....
- AABB, AaBb, aaBB, dan AAbb
  - AB, Ab, aB, dan ab
  - AA, Aa, BB, dan Bb
  - Aa, aa, Bb, dan bb
  - AABB, aabb
9. Seleksi berdasarkan karakter fenotipik tanaman di lapang memiliki beberapa kelemahan di antaranya, kecuali....
- Memerlukan waktu yang cukup lama
  - Kesulitan memilih dengan tepat gen-gen yang menjadi target seleksi untuk diekspresikan pada sifat-sifat morfologi atau agronomi
  - Rendah-nya frekuensi individu yang diinginkan yang berada dalam populasi seleksi yang besar
  - Fenomena pautan gen antara sifat yang diinginkan dengan sifat tidak diinginkan sulit dipisahkan saat melakukan persilangan.
  - Seleksi didasarkan pada sifat genetik tanaman saja, tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan.
10. Diketahui bahwa gen tinggi pada tumbuhan polong dominan terhadap gen pendek. Pada penyilangan monohibrida keturunan pertama (F1) didapatkan keturunan kedua (F2) dengan perbandingan antara tinggi dan pendek 3 : 1. Hasil persilangan tersebut mendukung kebenaran dari.....
- Gen dalam kromosom
  - Peristiwa hipostasis
  - Hukum rekombinasi gen
  - Hukum kebebasan
  - Hukum segregasi

### Tugas!

1. Jika dilakukan persilangan AABBCcDd × aabbccdd, berapa kemungkinan:
  - a. Jumlah gamet F1
  - b. Macam genotipe F2
  - c. Jumlah individu lengkap pada F2
  - d. Macam fenotipe F2 jika terjadi dominan penuh
  - e. Macam fenotipe F2 jika terjadi kodominan dan tanpa epistasis
  
2. Seorang mahasiswa peminatan pemuliaan tanaman dan teknologi benih mengawinkan tanaman kacang kedelai berbunga ungu dengan yang berbunga putih. Pada generasi pertama diperoleh turunan semuanya berbunga ungu. Turunan F2 diperoleh 190 berbunga ungu dan 80 berbunga putih.
  - a. Buat hipotesis untuk menerangkan hasil percobaan tersebut
  - b. Berdasarkan hipotesis tersebut buat diagram semua perkawinan diatas lengkap dengan lambang gennya dan bandingkan hasil pengamatan dengan yang diharapkan (uji chi-kuadrat).
  
3. Seorang pemulia melakukan kegiatan persilangan antara bunga pukul empat berwarna merah dengan bunga pukul empat berwarna putih. Pada generasi pertama diperoleh turunan semua berwarna merah. Turunan F2 diperoleh 146 berbunga merah dan 70 berbunga putih.
  - a. Buat hipotesis untuk menerangkan hasil percobaan tersebut
  - b. Berdasarkan hipotesis tersebut buat diagram semua perkawinan diatas lengkap dengan lambang gennya dan bandingkan hasil pengamatan dengan yang diharapkan (uji chi-kuadrat).
  
4. Pada tanaman lobak bunganya dijumpai ada yang berwarna merah, ungu dan putih. Bentuk umbinya ada yang lonjong dan ada yang bulat. Jika hanya dipelajari hanya warna bunga, merah × putih menghasilkan semua ungu (F1). Jika F1 × F1 disilangkan maka F2 = 1/4 merah: 1/2 ungu: 1/4 putih. Bentuk umbi lonjong dominan terhadap bentuk umbi bulat. Tentukan fenotipe dan genotipe F1 dan F2 dari persilangan tanaman lobak berbunga merah umbi lonjong dengan bunga putih

umbi bulat, jika diketahui kedua tanaman lobak yang dihasilkan homozigot untuk kedua sifat tersebut.

5. Seorang mahasiswa mempunyai 3 biji kacang kapri kuning licin, misalkan ia beri tanda A, B, C ketiga biji tersebut ia tanam. Saat berbunga ketiga tanaman ia silangkan secara back cross dengan biji kacang kapri hijau keriput. Setiap tanaman yang ia peroleh 100 biji yang masing-masing berfenotipe :
- Back cross dengan tanaman A : 48 kuning licin; 52 kuning keriput
  - Back cross dengan tanaman B : 100 kuning licin
  - Back cross dengan tanaman C : 23 kuning keriput; 26 kuning licin; 27 hijau licin; 24 hijau keriput.
  - Tentukan genotipe A, B, C.

## BAB 5

### KARAKTER KUANTITATIF DAN PARAMETER GENETIK

---

Pada proses seleksi tanaman perlu diketahui nilai variabilitas dan heritabilitas dari hasil persilangan. Variasi tanaman yang timbul karena faktor genetik disebut *heritable variation*, yaitu variasi yang diwariskan kepada keturunannya. Variasi yang terjadi karena adanya pengaruh lingkungan disebut *non-heritable variation*, yaitu variasi yang tidak diwariskan kepada keturunannya. *Heritable variation* ditemukan pada karakter kualitatif tanaman sedangkan *non-heritable variation* ditemukan pada karakter kuantitatif tanaman. Karakter kuantitatif tanaman dikendalikan oleh banyak gen sehingga masing-masing gen memiliki pengaruh yang kecil pada sifat tersebut dan cenderung dipengaruhi lingkungan. Contoh karakter kuantitatif pada tanaman yaitu, tinggi tanaman, jumlah daun, produksi, kadar protein, ketahanan kekeringan dll.

Pada kegiatan pewarisan sifat secara kualitatif berlaku hukum Mendel pertama dan kedua, namun teori Mendel tidak menerangkan mengenai proses pewarisan sifat secara kuantitatif. Oleh karena itu, munculah teori genetika kuantitatif untuk mengetahui besaran kuantitatif pada masing-masing individu.

#### 5.1. Variabilitas

Karakter yang muncul pada suatu tanaman merupakan hasil dari genotipe dan lingkungan ( $P = G + E$ ). oleh karena itu, untuk menyeleksi karakter kuantitatif digunakan ragam fenotipe individu-individu dalam populasi. Dalam pewarisan sifat kuantitatif tanaman dikenal ragam fenotipe dan ragam Genotipe. Ragam fenotipe ( $\sigma^2P$ ) terdiri dari ragam genetik ( $\sigma^2G$ ) dan ragam lingkungan ( $\sigma^2E$ ) serta interaksi antara ragam genotipe dan ragam lingkungan ( $\sigma^2G \times E$ ). Secara matematis hal ini dapat dirumuskan dengan:  $\sigma^2P = \sigma^2G + \sigma^2E + \sigma^2G \times E$ . Ragam genetik ( $\sigma^2G$ ) terdiri dari ragam genetik aditif ( $\sigma^2A$ ) dan ragam genetik dominan ( $\sigma^2D$ ) serta ragam genetik epistasis ( $\sigma^2I$ ).

1 Ragam genetik aditif merupakan penyebab utama kesamaan antar kerabat. Ragam ini terjadi karena efek rata-rata gen serta fungsi dari derajat dimana perubahan fenotipe karena terjadinya seleksi. Sedangkan ragam genetik dominan merupakan penyebab utama ketidaksamaan antar kerabat. Ragam ini merupakan basis utama bagi heterosis dan kemampuan daya gabung. Besarnya keragaman fenotipe yang diwariskan kepada keturunannya diukur berdasarkan parameter heritabilitas ( $H^2$ ).

### Perhitungan Nilai Variabilitas

Nilai variabilitas dapat dihitung dengan terlebih dahulu mencari nilai varians genetik, varians lingkungan dan varians fenotip. Langkah selanjutnya menghitung koefisien keragaman fenotip (KKF) dan koefisien keragaman genetik (KKG).

$$\text{Ragam fenotip } (\sigma_f^2) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{n}$$

$$\text{Ragam lingkungan } (\sigma_{fe}^2) = \frac{\sigma^2 F_1 + \sigma^2 F_2 + \dots + \sigma^2 F_n}{n}$$

$$\text{Ragam genetik } (\sigma_g^2) = \sigma_f^2 - \sigma_{fe}^2$$

Koefisien keragaman fenotip (KKF) dan koefisien keragaman genetik (KKG) dihitung dengan cara:

$$\% \text{KKF} = \frac{\sqrt{\sigma_f^2}}{\text{Rataan populasi}} \times 100$$

$$\% \text{KKG} = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\text{Rataan populasi}} \times 100$$

Ket:  $\sigma_g^2$  = varians genotip

$\sigma_{fe}^2$  = varians galat

$\sigma_f^2$  = varians fenotip

$x_i$  = nilai pengamatan tanaman ke-I

$\mu$  = nilai tengah populasi

N = jumlah tanaman yang diamati

Berdasarkan kriteria Moedjiono dan Mejaya (1994), KKF dan KKG dibagi dalam 4 kategori, yaitu 0-25% termasuk sempit, 25-50% agak sempit, 50-70% agak luas dan 75-100% luas

## 5.2. Heritabilitas

Parameter genetik yang digunakan dalam proses pemuliaan tanaman antara lain nilai duga heritabilitas, variabilitas genetik, dan kemajuan genetik, yang berfungsi sebagai indikator nilai genetik populasi seleksi. Seleksi yang dilakukan pada tanaman yang memiliki heritabilitas tinggi lebih efektif dilakukan dibandingkan dengan tanaman yang memiliki heritabilitas rendah. Heritabilitas merupakan rasio proporsi antara ragam genotipe dan ragam fenotipe. Heritabilitas menggambarkan seberapa besar pengaruh genotip terhadap ekspresi fenotipe yang muncul. Heritabilitas terbagi menjadi heritabilitas dalam arti luas dan heritabilitas dalam arti sempit. Heritabilitas dalam arti luas atau *broad sense heritability* ( $h^2_{(BS)} = \sigma^2G/\sigma^2P$ ) merupakan perbandingan antara ragam genotipe dengan ragam fenotipe sedangkan heritabilitas dalam arti sempit atau *narrow sense heritability* ( $h^2_{(NS)} = \sigma^2A/\sigma^2P$ ) merupakan perbandingan antara ragam aditif dan ragam fenotipe. Nilai heritabilitas dikatakan rendah apabila kurang dari 20%, cukup tinggi pada 20-50%, dan dikatakan tinggi pada lebih dari 50%.

Keragaman genetik yang luas dan nilai heritabilitas yang tinggi merupakan salah satu syarat agar seleksi efektif. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan sebagian besar keragaman fenotipe disebabkan oleh keragaman genetik, sehingga seleksi akan memperoleh kemajuan genetik. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan faktor genetik lebih berperan dalam mengendalikan suatu sifat dibandingkan dengan faktor lingkungan. Heritabilitas (daya waris) menentukan kemajuan seleksi, makin besar nilai heritabilitas makin besar pula kemajuan seleksi, dan sebaliknya. Karakter seleksi harus memiliki keragaman dan heritabilitas yang tinggi, agar diperoleh target kemajuan seleksi. Keragaman genetik dan heritabilitas bermanfaat untuk menduga kemajuan genetik dari seleksi.

Teknik Perhitungan nilai heritabilitas yaitu:

1. Nilai Tengah ( $\bar{x}$ ) =  $(\Sigma x)/n$ ; n merupakan banyaknya anggota populasi
2. Ragam ( $\sigma^2$ ) =  $\frac{(\Sigma X^2) - [(\Sigma x)^2/n]}{n-1}$
3. Simpangan baku ( $\sigma$ ) =  $\sqrt{\sigma^2}$
4. Koefisien keragaman (CV) =  $(\sigma/\bar{x}) \times 100$

**a. Pendugaan Heritabilitas Menggunakan Ragam Turunan**

Heritabilitas dapat diduga secara langsung melalui pendugaan komponen ragam. Pendugaan komponen ragam dapat diperoleh melalui studi generasi dasar (P1, P2, F1, F2 dan *backcross*). Dari populasi tersebut dapat dihitung heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit dengan metode J. Warner. Pendugaan heritabilitas ini didasarkan pada asumsi bahwa tidak ada epistasis. Ragam fenotipe ( $\sigma^2P$ ) diduga sama dengan  $\sigma^2F2$ . Ragam lingkungan ( $\sigma^2E$ ) diduga merupakan hasil dari  $(\sigma^2P1 + \sigma^2P2 + \sigma^2F1)/3$ . Ragam genotipe ( $\sigma^2G$ ) merupakan hasil dari  $\sigma^2P - \sigma^2E$ .

**b. Perhitungan Nilai Heritabilitas dengan Metode Data Populasi P1, P2, F1 dan F2**

$$H^2 (BS) = (\sigma^2G/\sigma^2P) \times 100\%$$

Dimana:

$$\sigma^2P = \sigma^2F2$$

$\sigma^2P$ : Ragam Fenotipe

$$\sigma^2E = (\sigma^2P1 + \sigma^2P2 + \sigma^2F1)/3$$

$\sigma^2E$ : Ragam Lingkungan

$$\sigma^2G = \sigma^2P - \sigma^2E$$

$\sigma^2G$  : Ragam Genotipe

Contoh soal:

Pengujian pewarisan berat biji padi dilakukan dengan melakukan persilangan galur murni yaitu padi inpago (P1) dengan padi balok (P2). P1=57 tanaman, P2=101 tanaman, F1=69 tanaman dan F2=401 tanaman, tentukan heritabilitas

**Tabel 5.1. Nilai tengah dan ragam berat biji pada P1, P2, F1 dan F2**

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	n	x	$\sigma^2$
P1	8	24	29	14														75	52.7	0.84
P2									5	18	16	20	24	17	12	9	5	126	62.7	5.98
<b>F1</b>					<b>3</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>8</b>							<b>97</b>	<b>58.0</b>	<b>2.65</b>
F2			10	16	20	23	39	87	73	75	46	28	21	13	4			455	58.9	6.12

### 1. Rataan Hitung (X)

$$X = (\sum (F_i \times X_i)) / \sum F_i$$

Contoh: Lihat data P1

$$X = ((51 \times 8) + (52 \times 24) + (53 \times 29) + (54 \times 14)) / 75 = 52,7$$

### 2. Ragam ( $\alpha^2$ )

$$\alpha^2 = \sum F_i (x_i - x)^2$$

1 n-1

Contoh: Lihat data F1

Tabel 5.2. Cara perhitungan untuk mendapatkan ragam

Panjang tongkol (X)	Frekuensi (F)	F . X	X - X	(X - X) <sup>2</sup>	F . (X - X) <sup>2</sup>
55	3	165	(55-58) = -3	(-3) <sup>2</sup> = 9	(3X9) = 27
56	16	896	(56-58) = -2	(-2) <sup>2</sup> = 4	(16X4) = 64
57	23	1311	(57-58) = -1	(-1) <sup>2</sup> = 1	(23x1) = 23
58	18	1044	0	0	0
59	15	885	1	1	15
60	14	840	(60-58) = 2	(2) <sup>2</sup> = 4	(14X4) = 56
61	8	488	(61-58) = 3	(3) <sup>2</sup> = 9	(8x9) = 72
Total	97				257

$$\alpha^2 F1 = 257/97 = 2.29$$

### 3. Heritabilitas

$$\alpha^2 E = (\alpha^2 P1 + \alpha^2 P2 + \alpha^2 F1) / 3$$

$$= (0.84 + 5.98 + 2.65) / 3$$

$$= 3.16$$

$$\alpha^2 P = \alpha^2 F2 = 6.12$$

$$\alpha^2 G = \alpha^2 P - \alpha^2 E = 6.12 - 3.16 = 2.96$$

$$H2 (BS) = (\alpha^2 G / \alpha^2 P) \times 100\%$$

$$= (2.96 / 6.12) \times 100\%$$

$$= 48.37\%$$



Oleh karena itu, heritabilitas berat biji padi dikategorikan kedalam heritabilitas yang memiliki nilai tinggi. Artinya sifat tersebut lebih besar dipengaruhi oleh ragam genetik dibandingkan dengan ragam lingkungan. Dalam perhitungan heritabilitas arti luas, pengaruh ragam dominan dan epistasis tidak dapat dipisahkan. Oleh karena itu, pemulia biasanya menggunakan heritabilitas arti sempit untuk keperluan seleksi.

**c. Heritabilitas arti sempit**

$$h^2 (NS) = \frac{2 \sigma^2F2 - (\sigma^2B1 + \sigma^2B2)}{\sigma^2F2} \times 100\%$$

Dimana:

$\sigma^2F2$  = ragam diantara tanaman populasi F2 single cross P1 x P2

$\sigma^2B1$  = ragam diantara tanaman populasi back cross tetua 1 (P1 x F1)

$\sigma^2B2$  = ragam diantara tanaman populasi back cross tetua 2 (P2 x F1)

$\sigma^2F2$  = ragam fenotipe

$2 \sigma^2F2 - (\sigma^2B1 + \sigma^2B2)$  = komponen ragam genetik aditif

Contoh soal:

1 Dua galur murni cabe disilangkan dan dianalisa heritabilitas untuk karakter produksi tanaman, data ditampilkan pada tabel 7.

**Tabel 5.3. Ragam P1, P2, F2, B1 dan B2 untuk karakter produksi cabe**

	<b>N</b>	<b>Ragam</b>
<b>P1</b>	50	2.33
<b>P2</b>	50	3.65
<b>F2</b>	35	6.77
<b>B1</b>	30	4.38
<b>B2</b>	30	5.79

$$h^2 (NS) = \frac{2 \sigma^2F2 - (\sigma^2B1 + \sigma^2B2)}{\sigma^2F2} \times 100\%$$

$$h^2 (NS) = \frac{2(6.77) - (4.38 + 5.79)}{6.77} \times 100\%$$

$$= 49.78$$

#### d. Heritabilitas berdasarkan kemajuan seleksi

$$h^2 = R/S$$

$$= (XF3 - XF2)/(XSF2 - XF2)$$

Dimana:

XF3 = nilai tengah populasi F3 dari hasil seleksi F2

XF2 = nilai tengah populasi F2

XSF2= nilai tengah tanaman F2 yang terseleksi

Contoh:

Pada tanaman cabe persilangan antara dua galur murni diperoleh beberapa F1 hasil selfing dari F1 diperoleh F2. Dari populasi F2 dilakukan seleksi terhadap produksi buah per tanaman. Tanaman berproduksi diatas 1kg dipisahkan untuk dilanjutkan. Kemudian benih hasil seleksi populasi F2 ditanam sebagai tanaman F3. Nilai tengah masing-masing diperoleh sebagai berikut XF2= 0.82 kg, XSF2= 1.20 kg, XF3= 0.93 kg maka heritabilitas dapat diduga sebagai berikut:

$$h^2 = [(0.93 - 0.82)/(1.20 - 0.82)] \times 100\% = 28.95\%$$

#### a. Pendugaan Heritabilitas Menggunakan Pendugaan Komponen Ragam Hasil Analisis Ragam

Pendugaan heritabilitas menggunakan pendugaan komponen ragam hasil analisis ragam didasarkan percobaan pada berbagai lokasi dan musim. Komponen ini dbagi menjadi satu lokasi dalam satu musim, satu lokasi dalam berbagai musim, satu musim dalam beberapa lokasi, serta beberapa musim dan beberapa lokasi.

##### Satu lokasi dalam satu musim

Tabel 5.4. Anova dan nilai harapan percobaan pada satu lokasi dalam satu musim

No	Sumber keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
1	Ulangan	(r-1)		
2	Genotipe (G)	(g-1)	M2	$\sigma^2E + r(\sigma^2G + \sigma^2GI + \sigma^2Gm + \sigma^2Glm)$
3	Galat	(r-1)(g-1)	M1	$\sigma^2E$

Berdasarkan tabel diatas, maka komponen ragam dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma^2E &= M1 \\ \sigma^2E + r\sigma^2G &= M2 \\ M1 + r\sigma^2G &= M2 \\ r\sigma^2G &= M2 - M1 \\ \sigma^2G &= \frac{M2 - M1}{r} \\ \sigma^2P &= \sigma^2G + \sigma^2E/r \times 100\% \\ H^2 &= \frac{\sigma^2G}{\sigma^2P} \end{aligned}$$

Contoh soal: 50 galur pepaya ditanam menggunakan RAK dengan 3 ulangan. Bobot buah pepaya (gram/buah) diamati pada 10 tanaman contoh. Hasil analisis ragam ditampilkan pada tabel.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah
Ulangan	2	-
Genotipe	49	36.72 (M2)
Galat	98	20.63 (M1)

$$\begin{aligned} \alpha^2G &= (M2 - M1)/r \\ &= (36.72 - 20.63)/3 \\ &= 5.36 \\ h^2 (BS) &= (\alpha^2G / (\alpha^2G + \alpha^2E/r)) \times 100\% \\ &= (5.36 / (5.36 + 6.88)) \times 100\% \\ &= 43.79 \text{ (heritabilitas sedang)} \end{aligned}$$

### Satu lokasi dalam beberapa musim

Tabel 5.5. Anova dan nilai harapan percobaan pada satu lokasi dalam beberapa musim

Sumber keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
Musim (M)	(m-1)	-	
Ulangan/M	M(r-1)	-	
Genotipe (G)	(g-1)	M3	$\sigma^2E + r(\sigma^2Gm + \sigma^2Glm) + rm(\sigma^2G + \sigma^2Gl)$
G x M	(g-1)(m-1)	M2	$\sigma^2E + r(\sigma^2Gm + \sigma^2Glm)$
Galat	M(r-1)(g-1)	M1	$\sigma^2E$

Berdasarkan tabel diatas, maka komponen ragam dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma^2E &= M1 \\ \sigma^2E + r\sigma^2Gm &= M2 \\ M1 + \sigma^2Gm &= M2 \\ r\sigma^2Gm &= M2 - M1 \\ \sigma^2Gm &= \frac{M2 - M1}{r} \\ \sigma^2E + r. \sigma^2Gm + rm.\sigma^2G &= M3 \\ M2 + rm.\sigma^2G &= M3 \\ rm.\sigma^2G &= M3 - M2 \\ \sigma^2G &= \frac{M3 - M2}{rm} \\ \sigma^2P &= \sigma^2G + \frac{\sigma^2Gm}{m} + \frac{\sigma^2E}{rm} \\ h^2 (BS) &= \frac{\sigma^2G}{\sigma^2P} \times 100\% \end{aligned}$$

#### Satu musim dalam beberapa lokasi

**Tabel 5.6. Anova dan nilai harapan percobaan pada satu musim dalam beberapa lokasi**

Sumber Ragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
Lokasi (L)	(l-1)		
Ulangan/L	I(r-1)		
Genotipe (G)	(g-1)	M3	$\sigma^2E + r(\sigma^2Gl + \sigma^2Glm) + rl(\sigma^2G + \sigma^2Gm)$
G x L	(g-1)(l-1)	M2	$\sigma^2E + r(\sigma^2Gl + \sigma^2Glm)$
Galat	L(r-1)(g-1)	M1	$\sigma^2E$

Berdasarkan tabel diatas, maka komponen ragam dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma^2E &= M1 \\ \sigma^2E + r\sigma^2Gl &= M2 \\ M1 + r\sigma^2Gl &= M2 \\ r\sigma^2Gl &= M2 - M1 \\ \sigma^2Gl &= \frac{M2 - M1}{r} \\ \sigma^2E + \sigma^2Gl + rl. \sigma^2G &= M3 \\ M2 + rl. \sigma^2G &= M3 \\ rl. \sigma^2G &= M3 - M2 \end{aligned}$$

$$\sigma^2G = \frac{M3 - M2}{rl}$$

$$\sigma^2P = \sigma^2G + \frac{\sigma^2Gl}{l} + \frac{\sigma^2E}{d}$$

$$h^2 \text{ (BS)} = \frac{\sigma^2G}{\sigma^2P} \times 100\%$$

### Beberapa musim dan beberapa lokasi

Tabel 5.7. Anova dan nilai harapan percobaan pada beberapa musim dalam beberapa lokasi

Sumber keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
Lokasi (L)	(l-1)	M9	-
Musim (M)	(m-1)	M8	-
L x M	(l-1) (m-1)	M7	-
Ulangan/LM	(r-1) lm	M6	-

Berdasarkan tabel diatas, maka komponen ragam dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\sigma^2E = M1$$

$$\sigma^2E + r\sigma^2Glm = M2$$

$$M1 + r\sigma^2EGlm = M2$$

$$r\sigma^2Glm = M2 - M1$$

$$\sigma^2Glm = \frac{M2 - M1}{r}$$
  

$$\sigma^2E + r\sigma^2Glm + rl. \sigma^2Gm = M3$$

$$M2 + rl. \sigma^2Gm = M3$$

$$rl. \sigma^2Gm = M3 - M2$$

$$\sigma^2Gm = \frac{M3 - M2}{rl}$$
  

$$\sigma^2E + r. \sigma^2Glm + rm. \sigma^2Gl = M4$$

$$M2 + rm. \sigma^2Gl = M4$$

$$rm. \sigma^2Gl = M4 - M2$$

$$\sigma^2Gl = \frac{M4 - M2}{rm}$$

$$\sigma^2E + r.\sigma^2Glm + rl.\sigma^2Gm + rm.\sigma^2Gl + lrm\sigma^2G = M5$$

$$\begin{aligned} \rightarrow rl.\sigma^2Gm &= M3 - M2 \\ \rightarrow rm.\sigma^2Gl &= M4 - M2 \end{aligned}$$

$$M2 + M3 - M2 + M4 - M2 + lrm.\sigma^2G = M5$$

$$\begin{aligned} lrm.\sigma^2G &= M5 - M4 - M3 + M2 \\ &= M5 - (M4 + M3 - M2) \end{aligned}$$

$$\sigma^2G = \frac{M5 - (M4 + M3 - M2)}{lrm}$$

$$\sigma^2P = \sigma^2G + \frac{\sigma^2Gl}{l} + \frac{\sigma^2Gm}{m} + \frac{\sigma^2Glm}{lm} + \frac{\sigma^2E}{rlm} + \frac{\sigma}{2}$$

$$h^2(BS) = \frac{\sigma^2G}{\sigma^2P} \times 100\%$$

Contoh soal: Percobaan 70 galur-galur cabe generasi F5 hasil persilangan dua tetua homozigot ditanam dengan menggunakan RAK, 2 ulangan, di 2 lokasi dan 2 musim. Tinggi dikotimus tanaman cabe dianalisa gabungan dengan menggunakan anova gabungan.

**Tabel 5.8. Analisis gabungan tinggi dikotimus cabe (cm) pada 2 lokasi dan 2 musim**

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah
Lokasi (L)	1	-
Musim (M)	1	-
L x M	1	-
Repl./LM	4	-
Genotipe (G)	69	95.75 (M5)
L x G	69	35.54 (M4)
M x G	69	38.22 (M3)
L x M x G	69	43.82 (M2)
Galat	276	30.72 (M1)

$$\alpha^2e = M1 = 30.72$$

$$\alpha^2glm = (M2 - M1)/r = (43.82 - 30.72)/2 = 6.55$$

$$\alpha^2gm = (M3 - M2)/r.l = (38.22 - 43.82)/2.2 = -1.40 (=0)$$

$$\alpha^2gl = (M4 - M2)/r.m = (35.54 - 43.82)/2.2 = -2.07 (=0)$$

$$\alpha^2g = \frac{M5 - (M4 + M3 - M2)}{l.r.m} = \frac{95.75 - (35.54 + 38.22 - 43.82)}{(2)(2)(2)}$$

$$\frac{95.75 - (35.54 + 38.22 - 43.82)}{(2)(2)(2)}$$

$$= 8.23$$

$$\begin{aligned}\alpha^2p &= \alpha^2g + \alpha^2gl/l + \alpha^2gm/m + \alpha^2glm/lm + \alpha^2e/rlm \\ &= 8.23 + 0/2 + 0/2 + 6.55/4 + 30.72/8 \\ &= 13.71\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h^2 (BS) &= (\alpha^2g / \alpha^2p) \times 100\% = (8.23/13.71) \times 100\% \\ &= 60.03\% \text{ (heritabilitas tinggi)}\end{aligned}$$

### 5.3. Kemajuan Seleksi

Tanaman yang terpilih berdasarkan kegiatan seleksi diharapkan memiliki hasil yang terbaik. Besarnya <sup>16</sup>kenaikan hasil yang diperoleh dapat dilakukan dengan cara menghitung kemajuan genetiknya (*genetic advance*). Kemajuan genetik secara praktiknya dapat diartikan sebagai kemajuan seleksi. Kemajuan seleksi merupakan selisih antara nilai tengah turunan hasil seleksi dengan nilai tengah populasi yang diseleksi ( $G = X_{Fn} - X_{(Fn-1)}$ ). Secara matematis, kemajuan seleksi dapat dihitung dengan rumus:

$$G = (S) (h^2); S = (i) (\sigma_P)$$

Dimana:

$$G = (i) (\sigma_P) (h^2)$$

S = diferensiasi seleksi ( $X_1 - X_0$ )

I = intensitas seleksi

$\sigma_P$  = simpangan baku fenotipe populasi

$h^2$  = heritabilitas populasi

Intensitas seleksi dalam kemajuan seleksi memiliki nilai yang berbeda-beda, tergantung kepada persentase seleksi yang dilakukan. Berikut ini nilai intensitas seleksi berdasarkan persentase seleksi yang dilakukan:

**Tabel 5.8. Intensitas seleksi dan Persentase seleksi**

I	(%)	i	(%)
3.00	0.3	1.8	9.00
2.80	0.7	1.76	10.0
2.64	1.0	1.60	14.0
2.60	1.2	1.40	20.0
2.42	2.0	1.20	28.0
2.40	2.1	1.16	30.0

2.20	3.6	1.00	38.0
2.06	5.0	0.80	50.0
2.00	5.8		

Contoh soal: Pada contoh diatas diperoleh nilai heritabilitas 57.20% dengan  $\alpha^2p$  sebesar 5.07 ( $\alpha p=2.25$ ) maka jika dilakukan seleksi sebesar 10% pada populasi ( $i=1.76$ ), tersebut yaitu:

$$G = (1.76). (2.25). (0.5720) = 2.26$$

Perkiraan perpanjangan panjang tongkol untuk 1 siklus seleksi adalah sebesar 2.26. Apabila nilai tengah awal panjang tongkol sebesar 12.9 cm, maka setelah 1 siklus seleksi diperoleh panjang tongkol sebesar 15.16. Untuk n seleksi dapat diperkirakan dengan rumus:

$$\begin{aligned} X_n &= n G + X_n \\ &= 1 (2.26) + 12.9 \\ &= 15.16 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian diatas, saran yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan seleksi dan kemajuan seleksi yaitu:

1. Keragaman populasi perlu diperhatikan sebelum memulai seleksi. Keragaman populasi dapat diciptakan melalui persilangan antar genotipe berbeda.
2. Program seleksi hanya berlangsung dalam jangka pendek

Walaupun intensitas seleksi dapat meningkatkan kemajuan, namun pada tingkat terlalu tinggi dapat menghasilkan tanaman-tanaman mempunyai kesamaan genotipe sehingga meningkatkan jumlah gen homozigot pada keturunan

### Perhitungan Kemajuan Genetik Harapan

Kemajuan genetik diduga dengan menggunakan rumus menurut Widyawati et al. (2014) yaitu:

$$KGH = i. h^2. \Sigma p$$

$$\%KGH = \bar{K}GH / (x) \times 100\%$$

Keterangan: KGH = Kemajuan genetik harapan

i = Intensitas seleksi, 10% = 1.76



$h^2$  = Heritabilitas

$\sigma_p$  = Simpangan baku fenotip

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

Kriteria kemajuan genetik harapan yaitu:

$0 < KGH < 3,3\%$  = rendah

$3,3\% < KGH < 6,6\%$  = agak rendah

$6,6\% < KGH < 10\%$  = cukup tinggi

$KGH > 10\%$  = tinggi

## LATIHAN SOAL

**Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Timbulnya *Heritable variation* dipengaruhi oleh factor.....
  - a. Lingkungan
  - b. Genetik
  - c. Lingkungan dan genetik
  - d. *Non heritable variation*
  
2. Berikut ini pernyataan yang benar tentang heritabilitas, kecuali....
  - a. Parameter genetik dalam pemuliaan tanaman
  - b. Sebagai indikator nilai genetik populasi seleksi
  - c. Proporsi antara ragam genotip dan ragam fenotip
  - d. Menggambarkan seberapa besar pengaruh lingkungan terhadap ekspresi fenotip yang muncul
  
3. Pengertian heritabilitas dalam arti luas adalah.....
  - a. Perbandingan antara ragam genotip dan ragam fenotip
  - b. Perbandingan antara ragam aditif dan ragam fenotip
  - c. Perbandingan antara ragam genotip dengan lingkungan
  - d. Perbandingan antara ragam aditif dengan ragam genotip
  
4. Seleksi dapat dikatakan efektif apabila.....
  - a. Keragaman genetik sempit dan heritabilitas nilai rendah
  - b. Keragaman genetik luas dan heritabilitas nilai rendah
  - c. Keragaman genetik luas dan nilai heritabilitas tinggi
  - d. Keragaman genetik sempit dan nilai heritabilitas tinggi
  
5. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa.....
  - a. Faktor lingkungan lebih berperan dalam mengendalikan suatu sifat
  - b. Faktor genetik lebih berperan dalam mengendalikan suatu sifat
  - c. Faktor lingkungan dan factor genetik memiliki peran yang sama-sama besar dalam mengendalikan suatu sifat

- d. Kemajuan seleksi yang akan didapatn nantinya rendah
6. Teknik dalam perhitungan nilai heritabilitas diantaranya berikut, kecuali....
- Menghitung nilai tengah
  - Menghitung nilai ragam
  - Menghitung nilai simpangan baku
  - Menghitung nilai kemajuan seleksi

7. Berikut ini **1** anova dan nilai harapan percobaan pada satu lokasi dalam satu musim.

Jawaban yang tepat untuk mengisi a,b,c tersebut adalah.....

No	Sumber keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
1	Ulangan	(r-1)		
2	Genotipe (G)	.....(a)	M2	$\sigma^2E + r(\sigma^2G + \sigma^2Gl + \sigma^2Gm + \sigma^2Glm)$
3	Galat	(r-1)(g-1)	.....(b)	.....(c)

- g-1; M3 ;  $\sigma^2G$
- g-1; M1;  $\sigma^2E$
- r-1; M3 ;  $\sigma^2G$
- (t-1)(r-1); M1;  $\sigma^2E$

8. Berikut ini anova dan nilai harapan percobaan pada beberapa musim dalam beberapa lokasi.

Sumber keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan
<b>1</b> Lokasi (L)	(l-1)	M9	-
Musim (M)	(m-1)	.....(b)	-
L x M	.....(a)	M7	-
Ulangan/LM	(r-1) lm	M6	-

Jawaban yang tepat untuk mengisi bagian titik-titik (a dan b) adalah.....

- (m-1) (l-1) ; M7
- (m-1) (r-1) ; M8
- (l-1)mr ; M7
- (l-1) (m-1) ; M8

9. Berikut ini berbagai analisis nilai ragam terhadap berbagai kombinasi lokasi dan musim, kecuali.....

- a. Satu lokasi satu musim
- b. Satu lokasi dalam beberapa musim
- c. Satu musim dalam beberapa lokasi
- d. Beberapa musim dalam banyak lokasi

10. Intensitas seleksi yang dapat dilakukan apabila persentase intensitas yang diinginkan 10% adalah.....

- a. 1.76
- b. 2.64
- c. 1.67
- d. 2.46

## LATIHAN SOAL

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Jelaskan istilah-istilah berikut ini:
  - a. Variabilitas
  - b. Ragam genetik
  - c. Ragam aditif
  - d. Heritabilitas
  - e. Kemajuan seleksi
2. Mengapa kegiatan seleksi dikatakan efektif apabila memiliki nilai variabilitas yang luas dan nilai heritailitas yang tinggi?
3. Sebutkan pertimbangan yang perlu diperhatikan dengan seleksi dan kemajuan seleksi!
4. Pada tanaman tomat persilangan antara dua galur murni diperoleh beberapa F1 hasil selfing dari F1 diperoleh F2. Dari populasi F2 dilakukan seleksi terhadap produksi buah per tanaman. Tanaman berproduksi diatas 3kg dipisahkan untuk dilanjutkan. Kemudian benih hasil seleksi populasi F2 ditanam sebagai tanaman F3. Nilai tengah masing-masing diperoleh sebagai berikut  $X_{F2} = 0.86$  kg,  $X_{SF2} = 1.40$  kg,  $X_{F3} = 0.98$  kg. berapa nilai heritabilitas yang diperoleh?
5. Nilai heritabilitas pada parameter tongkol jagung adalah 68,20% dengan  $\alpha^2_p$  sebesar 5.07 ( $\alpha_p = 2.25$ ) lalu dilakukan seleksi sebesar 20% pada populasi ( $i = 1.40$ ). Apabila nilai tengah awal panjang tongkol sebesar 10,8 cm, maka setelah 1 siklus seleksi berapa panjang tonkol yang diperoleh?

## BAB 6 POLIPLOIDI

---

### 6.1. Pengertian Poliploidi

Organisme hidup pada sebagian besar tahapan hidupnya memiliki sepasang set kromosom yang disebut diploid ( $2n$ ). Sebagian organisme pada tahap yang sama ada yang memiliki lebih dari sepasang set kromosom sehingga hal semacam ini dinamakan poliploidi (berganda). Poliploidi merupakan organisme yang mempunyai lebih dari satu set kromosom atau genom dalam sel somatisnya. Organisme dengan kondisi demikian disebut organisme *poliploid*. Usaha-usaha yang diterapkan pemulia untuk membentuk organisme poliploid disebut *poliploidisasi*.

Tipe poliploid dinamakan tergantung banyaknya set kromosom. Ada triploid ( $3n$ ), tetraploid ( $4n$ ), pentaploid ( $5n$ ), heksaploid ( $6n$ ), oktaploid ( $8n$ ), dst. Organisme dengan satu set kromosom (haploid,  $n$ ) juga ditemukan hidup normal di alam. Poliploidi umum terjadi pada tumbuhan. Poliploidi terjadi pada 30% tumbuhan Angiospermae dan 70% terjadi pada tumbuhan Gramineae.

Poliploidi dikenal beberapa istilah diantaranya yaitu Haploid, Diploid, Aneuploid, Hyperploid, dan Hypoploid.

**Haploid** merupakan organisme yang mempunyai kromosom dari jumlah kromosom dasar. **Aneuploid** merupakan jumlah kromosom bukan merupakan kelipatan dari  $n$  ( $2n-1$ ) atau ( $2n+1$ ). **Hyperploid** merupakan jumlah yang lebih kecil dari kelipatan  $n$ . **Hypoploid** merupakan jumlah yang lebih besar dari kelipatan  $n$ .

Monoploid hanya terdapat satu set kromosom ( $X$ ). Contoh tanaman yang mengalami monoploid yaitu: Jagung dengan set kromosom ( $2n = 2x = 20$ ), dimana monoploidnya sama dengan haploid ( $n = x = 10$ ). Selain itu, tanaman yang mengalami monoploid lainnya yaitu kentang dengan set kromosom ( $2n = 4x = 48$ ), haploid ( $n = 2x = 24$  sama dengan diploid).

**Tabel 6.1. Terminologi Poliploidi**

EUPLOID		ANEUPLOID	
Monoploid	n	Nullisomic	2n-2
Triploid	3n	Monosomic	2n-1
Tetraploid	4n	Doublesomic	2n-1-1
Pentaploid	5n	Trisomic	2n+1
Hexaploid	6n	Double Trisomic	2n+1+1
		Tetrasomic	2n+2
		Monosomic-Trisomic	2n -1 +1

## 6.2. Proses Terjadinya Poliploidi

Poliploidi di alam bisa terjadi karena kejutan listrik (petir), kondisi lingkungan ekstrem, atau hasil persilangan yang mengalami gangguan pembelahan sel. Perilaku reproduksi tertentu dapat mendukung terjadinya poliploidi, diantaranya yaitu kegiatan perbanyakan vegetatif atau parthenogenesis dan kemudian menyebar luas secara alami. Selain itu, poliploidi juga dapat terjadi secara buatan dengan melibatkan kegiatan mutagen dengan menggunakan kolkisin. Kolkisin dapat menyebabkan terjadinya mutagen secara cepat serta aplikasinya mudah dilakukan. Penggunaan kolkisin dengan dosis tinggi dapat menyebabkan karsinogenik. Poliploidi secara umum disebabkan oleh dua hal, yaitu autopolyploid dan allopolyploid.

### Autopolyploid

Poliploidi terjadi akibat penggandaan langsung pada kromosom. Poliploidi dalam hal ini dapat terjadi secara alami maupun secara buatan dengan cara melibatkan kolkisin. Tanaman autopolyploid memiliki beberapa ciri, diantaranya yaitu:

1. Inti dan isi sel lebih besar
2. Daun dan bunga bertambah besar
3. Dapat terjadi perubahan senyawa kimia
4. Laju pertumbuhan relatif lambat
5. Terjadi kromosom tidak berpasangan (meiosis)
6. Segregasi genetik berubah (tetrasomic, hexasomic dll)
7. Penurunan fertilitas (jagung 80%)
8. Polyploid ganjil (triploid, pentaploid) hampir seluruhnya steril, gamet tidak seimbang.

## Allopolyploid

Poliploidi terjadi sebagai akibat dari kegiatan persilangan antara tanaman yang berbeda genom, F1 mungkin steril penuh atau sebagian tergantung pada derajat ketidak-samaan genetik tertentu. Bila kromosom dari hasil persilangan antar spesies ini berganda, maka baru menjadi fertil dan bisa dikembangkan. Allopolyploid dapat terjadi beberapa kejadian diantaranya yaitu Allopolyploid, segmental allopolyploid, dan auto-allopolyploid.

1. Allopolyploid, terbentuk pasangan kromosom homolog pada masing-masing genom, tetapi dari kromosom berbeda genom kurang dapat berpasangan.
2. Segmental allopolyploid, terjadi pasangan kromosom genom yang berbeda pada saat meiosis.
3. Auto-allopolyploid, terdapat lebih dari sekali satu kromosom genom :  $x aabbbb$

Ciri tanaman allopolyploid diantaranya yaitu:

1. Terjadi penurunan fertilitas sehingga tanaman menjadi steril. Hal ini diakibatkan oleh gangguan fisiologis dari dua genom yang berinteraksi satu sama lain atau dengan plasma sel. Hal ini juga dapat terjadi akibat pembentukan multivalent pada meiosis sehingga menghasilkan gamet tidak seimbang.
2. Genetik allopolyploid stabil serta dapat mempertahankan kombinasi sifat tetuanya.

### 6.3. Dampak Poliploidi terhadap Tanaman

<sup>14</sup> Tumbuhan secara umum bereaksi positif terhadap poliploidi. Misalnya kasus tetraploid pada kentang dan heksaploid pada gandum. Poliploid juga menyebabkan ukuran tanaman menjadi lebih besar daripada tetuanya yang diploid. Hal ini menyebabkan poliploidi seringkali dimanfaatkan dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Dampak poliploidi secara negatif terjadi pada kecakapan reproduksi, khususnya pada poliploidi bilangan ganjil. Poliploidi dapat menyebabkan tanaman membesar sehingga ini menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian <sup>14</sup> pasangan kromosom dalam meiosis. Tanaman dengan ploidi ganjil biasanya bersifat mandul (steril). Kasus ini terjadi pada buah semangka tanpa biji (triploid), secara reproduksi buah ini merugikan karena tidak ada biji yang normal (telah mengalami degradasi) sehingga tanaman ini tidak dapat diperbanyak melalui benih. Namun, hal ini menjadi keuntungan bagi para



pemulia, sebab pada kasus ini konsumen akan terus membeli tanaman dari pemulia karena benih ini tidak bisa ditumbuhkan menjadi tanaman.

Pada tumbuhan, khususnya tumbuhan berbunga poliploid banyak ditemukan baik secara alami maupun secara buatan. Contohnya gandum, dengan beragam versi tetraploid (gandum durum,  $4n$ ) dan heksaploid (gandum roti,  $6n$ ), kentang ( $4n$ ), kapas ( $4n$ ), tebu (multiploid, bisa sampai lebih dari  $8n$ ), pisang ambon, pisang raja ( $3n$ , sehingga tak berbiji normal), triticale ( $4n$ ), berbagai macam anggrek hias, stroberi ( $8n$ ), serta semangka tanpa biji.

Suatu spesies bisa bersifat diploid walaupun dalam sejarah perkembangan evolusinya berasal dari poliploid. Spesies demikian dikenal dengan paleopoliploid. Contoh spesies ini yaitu padi, dimana padi saat ini memiliki  $n=10$  sedangkan padi berasal dari moyang poliploid dengan  $n=5$ .

#### 6.4. Penggunaan Poliploid dalam Pemuliaan Tanaman

Poliploid dapat digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman, salah satunya dalam kegiatan pembentukan semangka tanpa biji seperti uraian diatas. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar Autopolyploid berhasil:

1. Jumlah kromosom rendah
2. Spesies yang digunakan adalah spesies menyerbuk silang
3. Lebih cocok menggunakan tanaman membiak vegetatif

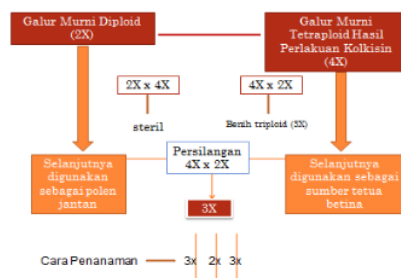
Contoh allopolyploid yang dilakukan pada kegiatan persilangan dua spesies diploid yaitu: Spesies gandum (Triticale) yang merupakan hasil persilangan persilangan antara *wheat* dan *rye*.



Gambar 6.1. Persilangan antara gandum wheat dan rye menghasilkan gandum Triticale

Selain itu, penggunaan poliploid di dalam kegiatan pemuliaan tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan kolkisin agar didapatkan tanaman triploid. Cara penggunaan kolkisin yaitu sebagai berikut:

- ✓ Dapat dicampur dengan media agar-agar
- ✓ Perendaman 1-5 hari sebelum ditanam (biji cepat berkecambah)
- ✓ Dosis larutan 0.001-1.5 %
- ✓ Kecambah dicelup 3-4 jam
- ✓ Tunas dosis larutan 0,5-1,0% selama 2 atau 3 kali seminggu dengan ditetaskan
- ✓ Anakan dosis 0,1% selama 2-3 hari, memotong ujung titik tumbuh dan akar.



Gambar 6.2. Bagan pembentukan semangka tanpa biji

## LATIHAN SOAL

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Organisme yang mempunyai lebih dari satu set kromosom atau genom dalam sel somatisnya, merupakan pengertian dari.....
  - a. Haploid
  - b. Aneuploidy
  - c. Hyperploidy
  - d. Hypoploid
2. Apabila jumlah set kromosom tanaman sebanyak  $8n$ , maka diberi nama.....
  - a. Pentaploid
  - b. Oktoploid
  - c. Heksaploid
  - d. Heptaploid

3. Perhatikan tabel berikut ini!

Nulisomic	$2n-2$
Monosomic	$2n-1$
Doublesomic	.....(a)
Trisomic	$2n+1$
Double Trisomic	.....(b)

Isian yang tepat untuk mengisi titik-titik yang berkode a dan b berturut adalah....

- a.  $2n-1+1$  dan  $2n+2$
  - b.  $2n-1-1$  dan  $2n-1+1$
  - c.  $2n-1-1$  dan  $2n+1+1$
  - d.  $2n-1+1$  dan  $2n+1+1$
4. Apabila suatu tanaman memiliki set kromosom ( $3n = 6x = 72$ ), maka haploidnya yaitu.....
    - a.  $n = 2x = 24$

b.  $2n = x = 36$

c.  $n = 2x = 36$

d.  $2n = x = 24$

5. Faktor yang dapat menyebabkan terjadinya poliploidi di alam, kecuali.....

- a. Lingkungan yang ekstrem
- b. Hasil persilangan yang mengalami gangguan pembelahan sel
- c. Kegiatan perbanyakan vegetative
- d. Petir

6. Kejadian pada Allopolyploid yang mana terbentuknya pasangan kromosom genom yang berbeda pada meiosis disebut.....

- a. Allopolyploid
- b. Segmental allopolyploid
- c. Auto-allopolyploidi
- d. Polyploidy ganjil

7. Dampak positif dari polyploidi pada tanaman bagi pemulia yaitu.....

- a. Ukuran tanaman menjadi lebih besar sehingga seringkali terjadinya ketidaksesuaian pasangan kromosom
- b. Tanaman tidak dapat diperbanyak dengan benih
- c. Tidak menghasilkan biji normal
- d. Konsumen akan terus membeli tanaman dari pemulia karena benih tidak bisa ditumbuhkan menjadi tanaman

8. Berikut ini syarat yang harus dipenuhi agar autopolyploidi berhasil adalah.....

- a. Fertilisasi tanaman rendah atau steril
- b. Spesies yang digunakan adalah spesies menyerbuk sendiri
- c. Lebih cocok menggunakan tanaman membiak dengan biji
- d. Jumlah kromosom rendah

9. Contoh tanaman yang memiliki set kromosom sebanyak  $8n$  adalah.....

- a. Pisang raja
- b. Kapas
- c. Tebu
- d. Stroberi

10. Cara penggunaan kolkisin yang tepat adalah....

- a. Untuk tunas dosis larutan 1%-1,5%
- b. Untuk anakan dosis 0,1%
- c. Perendaman lebih dari 5 hari (biji cepat berkecambah)
- d. Kecambah dicelup selama 1-2 jam

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!**

1. Jelaskan pengertian dari istilah-istilah berikut ini:

- a. Poliploidi
- b. Haploid
- c. Aneuploidy
- d. Hyperploidi
- e. Hypoploidi

2. Jelaskan perbedaan antara poliploidi yang disebabkan oleh autopolyploidi dan poliploidi yang disebabkan oleh allopolyploidi!

3. Sebutkan ciri-ciri tanaman yang mengalami autopolyploidi dan tanaman yang mengalami allopolyploidi!

4. Berikan contoh dampak positif poliploidi terhadap tanaman!

5. Jelaskan cara pemanfaatan kolkisin untuk menghasilkan semangka tanpa biji!

## BAB 7

### HIBRIDISASI

---

**K**eragaman genetik merupakan potensi awal untuk perbaikan sifat tanaman. Upaya yang bisa dilakukan untuk memperluas keragaman genetik ialah melalui teknik persilangan buatan antara tetua terpilih agar terbentuknya individu baru yang memiliki sifat yang diinginkan pemulia. Karakter yang dimiliki keturunan umumnya rekombinasi sifat dari kedua induknya. Hibridisasi atau persilangan buatan merupakan persilangan antara dua atau lebih tanaman yang berbeda susunan genetiknya untuk satu karakter atau lebih. Hibridisasi merupakan metode untuk menghasilkan kultivar tanaman baru dari dua atau lebih tanaman yang memiliki susunan genetik yang berbeda.

Prinsip kegiatan persilangan buatan yaitu memindahkan atau menggabungkan gen-gen dari tetua terpilih sehingga terbentuk susunan genetik baru hasil kombinasi kedua tetua. Kegiatan persilangan buatan sangat bermanfaat dalam kegiatan pemuliaan tanaman sebab dapat memperluas keragaman genetik yang merupakan tujuan pemuliaan tanaman. Tujuan utama dalam kegiatan persilangan buatan yaitu:

1. Menggabungkan semua sifat baik kedalam satu genotipe baru
2. Memperluas keragaman genetik
3. Memanfaatkan vigor hibrida
4. Menguji potensi tetua

Berdasarkan pengelompokan tanaman, hibridisasi dibagi menjadi beberapa kategori, diantaranya yaitu:

1. Hibridisasi intravarietas, yaitu persilangan yang dilakukan antar varietas yang sama. Contoh: menyilangkan varietas Inpago 8 dengan Inpago 8
2. Hibridisasi intervarietas, yaitu persilangan yang dilakukan antar varietas yang berbeda namun spesiesnya sama. Hibridisasi ini merupakan yang paling umum digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Hibridisasi intravarietas dan intervarietas relatif mudah dilakukan karena kedua tetuannya mempunyai genom

- 5 yang sarna sehingga tidak muncul banyak hambatan (*barier*). Contoh: menyilangkan kacang tanah varietas Gajah dengan varietas Kelinci
3. Hibridisasi interspesifik, yaitu persilangan yang dilakukan antar tanaman dari dua spesies berbeda namun dengan genus yang sama. Hibridisasi ini memiliki beberapa kendala, diantaranya yaitu: 5 kegagalan dalam perkecambahan serbuk sari, atau 5 lambatnya pertumbuhan tabung serbuk sari (*pre fertilization barrier*) dan 5 aborsi embrio saat masih muda dan terjadinya eliminasi kromosom (*post fertilization barrier*). Contoh: menyilangkan cabai jenis *Capsicum annum* dengan *Capsicum bacatum*
- 5 4. Hibridisasi intergenerik, yaitu persilangan yang dilakukan antar tanaman dari genus yang berbeda. 5 Hibridisasi interspesifik dan intergenerik disebut juga persilangan kerabat jauh. Keberhasilan persilangan kerabat jauh sangat tergantung pada dekat tidaknya hubungan spesies yang disilangkan. Secara umum semakin jauh hubungan kekerabatan antara kedua tanaman yang digunakan dalam persilangan, akan semakin kecil peluang untuk mendapatkan tanaman FI yang normal. Contoh: menyilangkan anggrek genus *Schomburgkia* dengan anggrek genus *Cattleya*

### 7.1. Faktor-faktor Penting dalam Persilangan

Kegiatan persilangan seringkali mengalami berbagai kendala sehingga menyebabkan rendahnya keberhasilan persilangan yang didapatkan. Hal ini dapat berupa persiapan teknis dan teori yang kurang memadai. 16 Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan keberhasilan persilangan buatan adalah ketepatan pemilihan tetua, sistem reproduksi, tipe penyerbukan tanaman, waktu berbunga tanaman dan cuaca saat penyerbukan.

#### Pemilihan Tetua

Pemilihan tetua menjadi salah satu tahap yang krusial dalam proses pemuliaan melalui persilangan. Keberhasilan persilangan akan meningkat apabila tetua yang digunakan dan kombinasi persilangannya tepat, sehingga dengan jumlah kombinasi persilangan yang sedikit, efisiensi pemuliaan akan meningkat. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tetua antara lain: 1) Salah satu tetua memiliki dan membawa karakter unggul atau karakter yang menjadi target pemuliaan; 2) Salah

satu atau kedua tetua memiliki adaptasi dan penampilan agronomis yang baik, dan 3) Kedua tetua sebaiknya memiliki jarak kekerabatan yang jauh sehingga dapat menghasilkan keragaman genetik tinggi pada progeni (keturunannya).

Ada beberapa kelompok sumber plasma nutfah yang dapat dijadikan tetua persilangan, diantaranya yaitu 1) varietas komersial, 2) galur-galur elit pemuliaan, 3) galur-galur pemuliaan dengan satu atau beberapa sifat superior, 4) spesies introduksi tanaman, serta 5) spesies liar. Apabila tetua yang digunakan merupakan varietas-varietas komersial yang unggul yang sedang beredar, galur-galur murni tetua hibrida, dan tetua-tetua varietas sintetik maka peluang untuk menghasilkan varietas unggul yang dituju akan besar. Varietas-varietas tersebut merupakan sumber plasma nutfah yang paling baik bagi sifat-sifat penting tanaman, dan pada umumnya para pemulia menggunakan sumber ini sebagai bahan tetua dalam programnya. Tetua-tetua yang digunakan sebaiknya memiliki latar belakang genetik yang jauh berbeda, apabila tidak demikian maka peluang untuk memperoleh keragaman genetik sifat yang dituju pada populasi turunannya akan menjadi kecil.

Penggunaan galur-galur elit pemulia sebagai tetua persilangan akan meningkatkan kemajuan genetik tanaman per tahun. Pada umumnya galur-galur elit pemulia sangat terbatas untuk dapat dipertukarkan sehingga tergantung kepada kebijakan pemulia ataupun kepada kebijakan kelembagaan di mana pemulia bekerja. Spesies introduksi juga sangat baik digunakan untuk tetua persilangan karena memiliki beberapa sifat baik yang diinginkan pemulia, salah satunya memiliki produksi tinggi. Spesies liar juga dapat digunakan sebagai tetua persilangan. Spesies liar umumnya memiliki keunggulan ketahanan terhadap cekaman biotik dan cekaman abiotik. Spesies liar ini tepat dijadikan tetua dimana untuk menyumbangkan gen ketahanan yang tidak dimiliki oleh varietas. Jenis spesies liar ini untuk mendapatkannya perlu dilakukan kegiatan eksplorasi terlebih dahulu sebab spesies ini tumbuh liar disegala penjuru dunia dan belum dilakukan koleksi. Spesies liar umumnya memiliki beberapa keunggulan diantaranya yaitu memiliki gen ketahanan terhadap hama dan penyakit, ketahanan terhadap lingkungan cekaman berat dan lain-lain. Oleh karena itu, spesies ini sangat cocok digunakan sebagai tetua dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Penggunaan spesies liar sebagai salah satu tetua dalam program



pemuliaan memerlukan pengetahuan dan teknologi hibridisasi interspesifik dan pengetahuan wilayah-wilayah sumber keanekaragaman plasma nutfah.

Prinsip pemilihan spesies kerabat liar yang efisien dapat dilakukan dengan cara melihat derajat kekerabatannya agar tidak terjadi berier persilangan. Kemudian hal yang perlu diperhatikan yaitu tingkat ploidi, yang mana tingkat ploidi yang paling efisien yaitu tingkat diploid. Tingkatan, stabilitas dan pewarisan sifat yang dituju juga penting diperhatikan dalam pemilihan spesies liar sebagai tetua. Hal ini karena para pemulia biasanya menghendaki karakter yang dituju memiliki tingkatan yang tinggi, stabilitas yang besar serta pewarisan sifatnya sederhana.

### Pengetahuan Tentang Organ Reproduksi dan Tipe Penyerbukan

Pengetahuan tentang organ reproduksi serta tipe penyerbukan tanaman sangat penting diketahui dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Pengetahuan mengenai organ reproduksi dapat menduga tipe penyerbukan tanaman yaitu menyerbuk sendiri dan menyerbuk silang. Oleh karena itu, berikut akan disajikan acuan untuk menentukan tipe penyerbukan tanaman.

#### 1. Tanaman menyerbuk sendiri dicirikan oleh struktur bunga sebagai berikut:

- a. Bunga tidak membuka saat terjadi penyerbukan, contoh: pada kacang panjang, bunga terbuka setelah terjadi penyerbukan
- b. Waktu antesis dan reseptif bersamaan atau berdekatan, contoh: mahkota bunga kedelai tertutup sampai antesis
- c. Butir polen luruh sebelum bunga mekar, contoh: bunga padi, bunga kentang
- d. Stamen dan pistil ditutupi oleh bagian bunga walaupun bunga telah mekar, contoh:
- e. Pistil memanjang segera setelah polen masak, sehingga menyentuh benang sari dan serbuk sari, contoh: bunga kedelai, bunga padi

#### 2. Tanaman menyerbuk silang dicirikan oleh struktur bunga sebagai berikut:

- a. Secara morfologi, bunganya mempunyai struktur tertentu yang menghalangi bunga mengalami penyerbukan sendiri, contoh: bunga anggrek
- b. Waktu antesis dan reseptif berbeda, contoh: bunga jagung
- c. Inkompatibilitas atau ketidaksesuaian alat kelamin,

d. Adanya bunga monoecious dan dioecious, contoh bunga jagung dan bunga pepaya

### **Waktu Tanaman Berbunga**

Tanaman secara umum memiliki waktu berbunga yang berbeda, bahkan hanya tanaman yang berbeda jenis yang memiliki waktu berbunga berbeda. Tanaman dalam satu spesies juga dapat memiliki waktu yang berbeda. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan kegiatan persilangan yaitu:

1. Penyesuaian waktu berbunga, waktu tanam tetua jantan dan betina harus diperhatikan supaya saat anthesis dan reseptif waktunya bersamaan.
2. Waktu emaskulasi dan penyerbukan. Pada tetua betina waktu emaskulasi harus diperhatikan, seperti pada bunga kacang tanah, kedelai dan padi yang mana kegiatan emaskulasi harus dilakukan pada pagi hari. Pemilihan waktu pagi ini dilakukan karena apabila tidak dilakukan pada pagi hari maka polen telah jatuh ke stigma, selain itu waktu penyerbukan harus tepat saat stigma reseptif. Jika antara waktu anthesis bunga jantan dan waktu reseptif bunga betina tidak bersamaan, maka perlu dilakukan sinkronisasi. Cara yang dapat dilakukan yaitu dengan membedakan waktu penanaman antara kedua tetua, sehingga nantinya kedua tetua akan siap dalam waktu yang bersamaan. Tujuan sinkronisasi ini diperlukan informasi tentang umur tanaman berbunga.

### **Cuaca saat Penyerbukan**

Keadaan cuaca sangat berpengaruh besar dalam menentukan keberhasilan persilangan buatan. Kondisi panas dengan suhu tinggi serta kelembaban udara yang terlalu rendah menyebabkan bunga rontok. Demikian pula jika ada angin kencang dan hujan yang terlalu lebat. Hal ini dapat menyebabkan bunga rontok serta dapat menyebabkan serbuk sari susah menempel pada stigma.

### **7.2. Tahapan Persilangan Buatan**

Persilangan tanaman dibagi menjadi 6 tahap. Tahap-tahap persilangan buatan yaitu persiapan, kastrasi, emaskulasi (pengebirian), isolasi, pengumpulan polen, polnisasi (penyerbukan) dan pelabelan.

## Persiapan

Kelengkapan alat dan bahan merupakan salah satu penentu keberhasilan persilangan. Alat yang perlu disediakan berupa pisau kecil, gunting kecil, pinset dengan ujung yang tajam, jarum yang panjang dan lurus, alkohol 75-85% atau spiritus, petridish, kaca pembesar (lup), cotton bat, serta alat tulis. Bahan yang perlu dipersiapkan yaitu tanaman tetua jantan dan betina. Adapun bahan yang digunakan untuk isolasi bunga tanaman yaitu pipet, kertas asco, kantong plastik, dan sebagainya yang sesuai dengan ukuran bunga tanaman. Bahan yang digunakan sebagai kertas label bisa menggunakan kertas yang berukuran tebal agar tidak mudah rusak jika terpapar panas dan hujan terus menerus.

## Kastrasi

Kastrasi merupakan kegiatan membersihkan bunga tanaman dari kotoran ataupun bagian bunga lain seperti mahkota dan kelopak bunga yang dapat mengganggu kegiatan persilangan. Kegiatan kastrasi umumnya dilakukan dengan menggunakan, gunting, pisau atau pinset dengan mata tajam hingga tampak organ kelamin betina bunga yang ingin disilangkan.

## Emaskulasi

Emaskulasi merupakan proses membuang alat kelamin jantan (stamen) pada bunga yang akan dijadikan sebagai tetua betina sehingga pada bunga tersebut hanya tersisa putik. Kegiatan emaskulasi dilakukan sebelum bunga mekar atau sebelum terjadinya penyerbukan sendiri. Emaskulasi umumnya dilakukan pada tanaman berumah satu yang hermaprodit dan fertil yang mana dalam satu bunga terdapat kelamin jantan dan kelamin betina sekaligus. Bunga yang telah dilakukan emaskulasi diberi tanda agar memudahkan dalam proses penyerbukan. Metode emaskulasi pada masing-masing bunga berbeda-beda tergantung pada morfologi bunga. Metode emaskulasi yang sering digunakan adalah metode klipng/pinset/gunting, metode pompa hisap, metode air panas, metode air dingin dan alkohol, metode kimia dan metode mandul jantan.

### 1. Metode Kliping/Pinset/Gunting

Metode ini dilakukan dengan membuka kuncup bunga dengan pinset atau dipotong dengan gunting, kemudian anter atau stamen dibuang dengan pinset. Cara ini relatif mudah dilakukan pada tanaman yang bunganya relatif besar, misalnya cabai, kedelai, tomat dan tembakau. Cara emaskulasi ini praktis, murah dan mudah dilakukan namun kemungkinan rusaknya putik dan pecahnya anter sangat besar, sehingga kemungkinan terjadinya penyerbukan sendiri sangat besar. Adapun cara melakukan emaskulasi menggunakan metode ini yaitu dengan cara memotong bagian ujung kuncup bunga dengan silet atau gunting sehingga kepala putiknya kelihatan jelas dari atas. Kegiatan ini harus dilakukan dengan hati-hati jangan sampai putiknya ikut terpotong atau rusak.

### 2. Metode pompa isap

Metode ini biasanya dilakukan pada kegiatan persilangan padi. Metode ini dapat dilakukan dengan cara membuka ujung bunga yang akan diemaskulasi dengan menggunakan gunting, setelah itu anter diisap keluar dengan menggunakan alat pompa isap. Metode ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan diantaranya kemungkinan rusaknya kepala putik, pecahnya anter dan terjadinya penyerbukan sendiri sangat kecil, akan tetapi pada tahap awal metode ini memerlukan biaya yang relatif mahal.

### 3. Metode air panas, air dingin dan alkohol

Metode ini biasanya digunakan pada bunga dengan ukuran yang relative kecil, seperti bunga sorgum dan rumput-rumputan. Metode ini dilakukan dengan cara mencelupkan bunga kedalam air hangat dengan temperatur tertentu (biasanya 43°-53°C) selama 1-10 menit. Namun, hal ini kurang praktis dilakukan sehingga jarang digunakan dalam kegiatan persilangan buatan. Metode ini juga dapat menggunakan air dingin dan alkohol.

### 4. Metode kimia

Bahan kimia yang digunakan dalam metode ini yaitu bahan kimia yang dapat mendorong terbentuknya mandul jantan pada tanaman, contohnya  $GA_3$ , sodium

*dichloroasetat, ethrel, GA<sub>4/7</sub>, 2,4D* dan *NAA*. Metode ini dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan kimia tersebut dalam konsentrasi tertentu pada bunga yang sedang menguncup.

#### 5. Metode mandul jantan

Metode ini dilakukan dengan <sup>3</sup> memanfaatkan tanaman mandul jantan yang anternya steril dan tidak menghasilkan polen yang viabel. Metode ini efektif digunakan, karena mengurangi resiko terjadinya proses penyerbukan sendiri pada bunga, terutama pada tanaman yang memiliki bunga dengan ukuran yang relatif kecil. Selain itu, metode ini dapat mempercepat proses persilangan karena bunga tidak menghasilkan polen sehingga tidak perlu melakukan kegiatan emaskulasi. Karakter mandul jantan bisa dikendalikan oleh gen pada inti sel maupun di luar sel <sup>3</sup> (sitoplasmik).

#### Isolasi

Kegiatan isolasi dilakukan agar bunga yang telah diserbuki tidak terserbuki oleh polen asing. Kegiatan isolasi juga bertujuan untuk menghindari bunga dari serangga yang dapat mengganggu kegiatan persilangan. Isolasi dapat dilakukan dengan menggunakan pipet, kertas asco, atau kantong plastik sesuai dengan ukuran bunga yang akan disilangkan. Bahan yang digunakan untuk isolasi harus memiliki sifat yang tahan terhadap hujan dan panas matahari, kuat, tidak mengganggu respirasi bunga yang dibungkus dan jika terkena air bahan tersebut mudah mengering.

#### Pengumpulan Polen

Kegiatan pengumpulan polen dapat dimulai beberapa saat sebelum bunga mekar. Biasanya polen yang dikumpulkan yaitu polen yang berasal dari bunga tanaman yang baru mekar karena masih banyak mengandung polen yang fertile.

#### Polinasi (Penyerbukan)

Penyerbukan merupakan proses meletakkan polen ke kepala putik. Penyerbukan dapat dilakukan dengan cara membenamkan putik bunga betina kedalam tabung yang berisi polen yang sebelumnya telah dikumpulkan. Selain itu,

penyerbukan juga dapat dilakukan dengan menggunakan pinset, tusuk gigi, atau *cotton bud* yang steril. Cara ini dilakukan dengan mencelupkan alat tersebut ke kumpulan polen yang telah dikumpulkan sebelumnya kemudian mengoleskannya ke kepala putik bunga tetua jantan.

### **Pelabelan**

Pelabelan dilakukan setelah semua rangkaian tahap persilangan buatan selesai dilakukan. Ukuran dan bentuk label yang digunakan bervariasi, tergantung pada jenis tanaman yang digunakan. Keterangan pada label tertulis informasi mengenai tetua betina dan tetua jantan yang digunakan, waktu persilangan serta nama pemulia.

### **3** 7.3. **Pendeteksian Keberhasilan Persilangan Buatan**

Keberhasilan suatu persilangan buatan dapat dilihat kira-kira satu minggu setelah dilakukan penyerbukan. Jika calon buah mulai membesar dan tidak rontok maka kemungkinan telah terjadi pembuahan. Sebaliknya, jika calon buah tidak membesar atau rontok maka kemungkinan telah terjadi kegagalan pembuahan. Keberhasilan penyerbukan buatan yang kemudian diikuti oleh pembuahan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kompatibilitas tetua, ketepatan waktu reseptif betina dan antesis jantan, kesuburan tanaman serta faktor lingkungan. Kompatibilitas tetua terkait dengan gen-gen yang terkandung pada tetua jantan dan betina. Waktu reseptif betina dan antesis jantan dapat dilihat ciri morfologi bunga. Bunga yang terbaik adalah bunga yang akan mekar pada hari tersebut. Faktor lingkungan yang berpengaruh pada keberhasilan persilangan buatan adalah curah hujan, cahaya matahari, kelembaban dan suhu. Curah hujan dan suhu tinggi akan menyebabkan rendahnya keberhasilan persilangan buatan.

### **7.4. Persilangan Padi**

Bunga padi adalah bunga terminal yang terdiri dari bunga-bunga tunggal (spikelet) yang terdiri dari dua lemma steril, lemma (sekam besar), palea (sekam kecil), enam buah benang sari yang masing-masing memiliki dua kotak sari dan sebuah putik dengan kepala putik berjumlah dua buah dengan bulu-bulu halus. Pada saat padi hendak berbunga, kutikula mengembang dan mendorong lemma serta palea sehingga

terpisah dan membuka. Terbukanya bunga kemudian diikuti dengan pecahnya kotak sari dan menutupnya kembali lemma dan palea yang memungkinkan tepung sari menempel pada kepala putik di bunga yang sama. Tanaman ini tergolong penyerbukan sendiri, kemungkinan terjadinya penyerbukan silang sebesar 1%.

Mekarnya bunga bermula dari spikelet bagian atas yang kemudian berlanjut kearah bawah, dan mencapai tingkat yang tertinggi pada jam 08.00-11.00; pada saat yang sama tepung sari telah matang dan viabel. Reseptifitas kepala putik yang terbaik dicapai setelah 3 hari spikelet membuka, kemudian berangsur menurun menjelang hari ke tujuh. Pembuahan terjadi 3 jam setelah terjadi penyerukan. Tanaman yang sudah siap untuk diemaskulasi ditandai dengan keluarnya malai 50-60% dari dalam spikelet. Emaskulasi sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari untuk mempertahankan reseptifitas karena pengaruh kelembaban dan temperatur.

#### Alat Dan Bahan

Alat : Gunting, pinset, stapler, dan lup

Bahan : 2 Kultivar padi, kantung kertas, kertas label, tusuk gigi, benang, plastik

#### Cara Kerja :

1. Pilih malai yang masih tertutup daun bendera yang akan digunakan sebagai tetua betina, dengan ketentuan bahwa malai yang keluar dari daun bendera baru sekitar 10%-20%.
2. Emaskulasi benang sari. Gunting sekitar sepertiga bagian dari palea dan lemma, kemudian gunting didorong keatas sehingga antera terbuang semua dan tinggal kepala putiknya saja. Benang sari yang tersisa dapat dibuang dengan gunting.
3. Pilih malai yang sudah mekar yang digunakan sebagai tetua jantan diatas tetua betina yang telah diemaskulasi.
4. Menutup malai (bunga-bunga) hasil persilangan dengan kertas roti, kemudian cantumkan label mengenai informasi yang diperlukan dari persilangan tersebut.
5. Lakukan pengamatan setelah 2 minggu dilakukan persilangan.

### **7.5. Persilangan Kedelai**

Bunga kedelai merupakan bunga sempurna, artinya dalam satu bunga terdapat alat jantan dan betina. Cara penyerbukannya adalah penyerbukan sendiri, yakni

kepala putik diserbuki dari benang sari dari bunga yang sama. Penyerbukan terjadi secara kleistogami, yaitu saat bunga belum mekar. Hal demikian menyebabkan penyerbukan silang jarang terjadi yaitu 0.5%-1%. Tanaman kedelai menjadi homozigot dan kemurnian varietas dapat dipertahankan selama beberapa generasi.

Bunga kedelai berbentuk seperti kupu-kupu, berwarna putih atau ungu. Mahkota bunga terdiri dari lima helai yang menyelubungi bakal buah dan benang sari. Terdiri dari sembilan benang sari yang membentuk tabung dan satu benang sari lagi menyendiri. Di tengah-tengah tabung benang sari terdiri dari bakal buah. Bila bunga masih kuncup kedudukan kepala sari (antherium) berada di bawah kepala putik (stigma). Pada saat kepala sari menjelang pecah, tangkai sari memanjang sehingga kepala sari menyentuh kepala putik, yang kemudian menyebabkan terjadi penyerbukan. Penyerbukan terjadi menjelang bunga mekar.

#### Alat dan Bahan

Alat : Gunting kecil, pinset, alat penjepit, dan lup.

Bahan : Kultivar kedelai (2 jenis), benang, kertas label, sedotan, dan selotif.

#### Cara Kerja

1. Pilih kuncup bunga sehat yang akan dijadikan tetua betina, bunga warna ungu tua yang masih segar dan ukuran besar.
2. Emaskulasi benang sari dapat dilakukan dengan cara menarik mahkota bunga dengan menggunakan pinset sehingga benang sari ikut terangkat
3. Pilih kuntum bunga yang akan dijadikan tetua jantan dengan kriteria bunga hampir mekar, penampilan baik, serta banyak menghasilkan serbuk sari.
4. Bunga tersebut dibuang kelopak dan mahkota bunganya untuk memudahkan pengambilan serbuk sari. Serbuk sari diambil dengan menggunakan pinset bersih dan dipindahkan ke kepala putik bunga betina.
5. Bunga yang akan diserbuki ditutup dengan sedotan. Cantumkan label keterangan mengenai persilangan yang baru dilakukan.
6. Pengamatan dilakukan pada hari ke 3-7 setelah penyerbukan.



## 7.6. Persilangan Jagung

Jagung merupakan tanaman berumah satu dengan bunga jantan dan betina terpisah, tetapi masih terletak pada satu tanaman. Bunga jantan berupa tassel yang terletak di bagian terminal dan terdiri dari sekumpulan bunga. Bunga jantan mekar dari bagian atas ke bawah. Setiap tangkai bunga terdiri dari dua "staminate spikelet". Satu tassel kurang lebih mengandung 25 juta polen. Polen menyebar tiga hari sebelum silk (rambut tongkol) pada bunga betina keluar dari tanaman sama dan berlangsung terus sampai beberapa hari setelah silk "reseptive". Viabilitas polen sekitar 4 hari (bila keadaan panas viabilitasnya hanya beberapa jam), masa berbunganya 2-14 hari dari pagi sampai sore hari. Cuaca panas dan kering akan menghambat mekarnya bunga jantan.

Bunga betina (tongkol) muncul dari buku-buku batang selama 2-5 hari, satu tongkol terdiri dari banyak kernel (800 atau 1000), setiap kernel menghasilkan satu ovul fertil. Silk yang segar berfungsi sebagai stigma dan stilus dan dapat menerima polen di setiap titik pada silk tersebut, stigma reseptive sampai 14 hari. Jagung tergolong sebagai tanaman menyerbuk silang, namun tidak menutup kemungkinan terjadi penyerbukan sendiri. Penyerbukan silang mencapai 95% dan penyerbukan sendiri 5%.

Penyerbukan silang lebih sering terjadi karena bunga jantan lebih cepat mekar. Angin membantu proses penyebukan polen pada bunga betina tanaman lain yang sudah masak. Fertilisasi terjadi 12-28 hari setelah polinasi, tetapi apabila kelembaban rendah, tabung polen tidak terbentuk.

### Alat dan Bahan

Alat : Gunting, pensil dan lup

Bahan : Tanaman jagung yang telah keluar tongkolnya, klips/tali rafia, kertas lebel, kantung dari kertas semen atau kertas pembungkus nasi, kantung dari kertas roti, plastik, spidol permanen.

### Cara Kerja :

1. Penutupan bunga betina: pilih tongkol yang silknya belum keluar dari kelobot, dipotong ujungnya lalu ditutup dengan kantung kertas roti.

2. Penutupan bunga jantan: tassel yang baru muncul dari daun benderanya dan bunganya belum mekar ditutup dengan kantung dari kertas semen.
3. Proses polinasi :
  - a. Setelah silk keluar sekitar 10 cm, kantung dibuka dan silk dipotong sampai sekitar 2 cm diatas pemotongan pertama.
  - b. Ambil polen dari bunga yang diinginkan dan serbukkan diatas silk sebanyak-banyaknya, selanjutnya dapat diulang 2-
  - c. 3 kali.
  - d. Ditutup lagi segera dengan cara memberi klip/tali dan diberi kertas label.
4. Diamkan proses tersebut selama 5-7 hari kemudian lepaskan kantong semen dan lakukan pengamatan terbentuknya biji setelah 4 minggu (28-30 hari) dengan membuka kelobot jagung.
5. Hitung jumlah biji pertongkol dan perkiraan jumlah biji yang tidak terbentuk.
6. Gambar bentuk bunga jantan dan betina dari tanaman jagung

#### **7.7. Persilangan Cabai**

Bunga tanaman cabai adalah bunga sempurna (hemaprodit), bunga jantan dan bunga betina terdapat pada satu bunga, bersifat tunggal pada satu ruas. Kelopak bunga mempunyai lima helai dengan mahkota bunga berwarna putih atau ungu tergantung kultivarnya, helaiannya berjumlah lima helai kadang-kadang bergerigi. Putiknya berjumlah satu buah, dengan bentuk stigma bulat. Kotak sari berjumlah lima sampai delapan helai benang sari dengan kepala sari yang berbentuk lonjong, berwarna biru keunguan.

Satu kotak sari terdapat sekitar 11.000-18.000 butir tepung sari. Tepung sari berbentuk lonjong, dengan tiga sekmen. Pistil terdiri atas bakal buah, tangkai putik dan kepala putik. Pada saat bunga mekar, kotak sari masak dan dalam waktu yang relatif singkat tepung sari keluar mencapai kepala putik dengan perantara serangga (lebah madu) ataupun angin. Proses pematangan berlangsung antara 50-60 hari setelah bunga mekar.

#### Alat dan Bahan

Alat : Gunting kecil, pinset, lup, dan stapler.

Bahan : Kultivar cabai, kertas label, kertas penutup, benang

#### Cara Kerja

1. Pilih kuntum bunga yang akan dijadikan tetua jantan, dengan ketentuan sebagai berikut : bunga sudah mekar sempurna warna bunga masih segar, dan bunga mengandung banyak serbuk sari.
2. Pilih kuntum bunga yang akan dijadikan tetua betina, dengan kriteria bunga belum diserbuk sendiri, terlihat dengan tidak adanya tepung sari yang menempel pada kepala putik dan umumnya mahkota bunga masih kuncup.
3. Emaskulasi benang sari. Lepaskan benang sari yang masih melekat dengan bantuan pinset, kemudian dibuang. Diupayakan agar putik tidak terluka.
4. Mengambil serbuk sari dari bunga yang akan dijadikan tetua jantan, kemudian antera yang mengandung banyak serbuk sari digosokkan ke kepala putik tetua betina.
5. Menutup bunga hasil persilangan dengan kertas penutup, kemudian dicantumkan label mengenai informasi yang diperlukan dari persilangan itu.
6. Bunga diperiksa setelah 3-7 hari setelah persilangan. Bila bunga tampak masih segar dapat diharapkan persilangan berhasil.
7. Pengamatan terakhir dilakukan hari ke-7 setelah penyerbukan dan hari ke-21 (minggu ke-3) untuk melihat munculnya calon buah.

#### 7.8. Persilangan Pepaya

Tipe bunga pepaya dibagi menjadi tiga yaitu bunga jantan, betina dan hemaprodit. Bunga hemaprodit lebih disenangi oleh konsumen dan produsen buah pepaya, karena secara umum akan menghasilkan buah dengan ukuran dan bentuk sesuai. Pohon pepaya yang memiliki bunga jantan cenderung menghasilkan pepaya gantung dan bunga betina tidak mampu menghasilkan buah jika tidak ditanam bersamaan dengan pepaya dengan buanga jantan/hemaprodit.

Tanaman pepaya digolongkan sebagai tanaman yang mengalami penyerbukan silang (*cross pollinated crop*), sebagai contoh pepaya Boyolali, Dampit, Jingga dan Wuluh Bogor. Pepaya juga memiliki sifat menyerbuk sendiri (*self pollinated crop*),

seperti pepaya hawai (tipe bunga kecil). Oleh sebab itu dalam merakit varietas pepaya perlu metode yang disesuaikan dengan tujuan dan tipe penyerbukannya.

Pepaya yang termasuk dalam kelompok menyerbuk silang dirakit kearah pembentukan varietas bersari bebas (open pollinated) dan varietas hibrida. Pada varietas bersari bebas perbanyakkan benihnya berasal dari populasi tanaman terpilih yang ditanam di lahan terisolir dari pepaya lainnya. Populasi tanaman sekurang-kurangnya berjumlah 200 pohon sehingga jika ditanam kembali akan menghasilkan benih yang tetap sama dengan induknya, karakternya tidak berubah dan tetap sama dengan deskripsi awal. Pembentukan varietas hibrida dimulai dengan pembentukan galur murni dengan cara selfing selama 7-8 generasi. Selanjutnya dilakukan pengujian daya gabung diantara tetua yang disilangkan dan dipilih kombinasi terbaik dari kedua tetua yang disilangkan.

#### Alat dan Bahan

Alat : Pinset, petridist, pensil.

Bahan : Varietas pepaya, kantong dari kertas, label, benang.

#### Cara Kerja :

1. Mengamati karakter bunga dari varietas pepaya yang disiapkan sebagai tetua jantan dan betina setiap hari setelah bunga muncul untuk mengenali tipe penyerbukan bunga dan kematangan serbuk sari.
2. Melakukan emaskulasi pada bunga betina menjelang membukanya mahkota bunga, dengan jalan membuang tangkai serbuk sari.
3. Bunga yang dipilih sebagai bunga jantan setelah bunganya membuka diambil serbuk sarinya dengan menggunakan pinset, kemudian dipindahkan ke kepala putik.
4. Bungkus hasil persilangan dengan kertas anti air/kertas bungkus nasi atau plastik transparan. Lakukan pelebelan pada hasil silangan tersebut.
5. Pengamatan dilakukan 2 minggu setelah kegiatan persilangan, jika bunga gugur dengan bakal buahnya maka persilangan dianggap gagal.

## 7.9. Persilangan Semangka

Semangka merupakan tanaman bersulur merambat yang termasuk family Cucurbitaceae dan tergolong tanaman semusim. Semangka merupakan tanaman *monoecious* yaitu tanaman yang memiliki bunga jantan dan bunga betina. Tanaman semangka yang memiliki bunga sempurna (hermaprodit) dan bunga jantan atau biasa disebut tanaman *andromonoecious*. Perbedaan <sup>4</sup> bunga jantan dan bunga betina pada tanaman semangka adalah pada bunga betina memiliki tangkai bunga dengan bakal buah bulat atau lonjong, sedangkan pada bunga jantan tangkai bunganya lurus tanpa tonjolan bakal buah.

Bunga tanaman semangka terletak pada daun aksilar. Bunga jantan berbentuk terompet, sedangkan bunga betina mempunyai bakal buah berbentuk bulat atau lonjong. Mahkota bunga berwarna kuning, masing-masing bunga keluar dari ketiak daun yang berbeda. Semangka mulai berbunga umur 45-60 hari setelah semai.

Bunga akan membuka tidak lama ketika matahari terbit, ketika mahkota membuka, anter kelihatan mengering sedangkan polen terlihat lengket dan siap menempel pada stigma. Stigma siap untuk dibuahi sepanjang hari, tetapi pembuahan paling baik terjadi pada pikul 06.00-09.00. Tanaman semangka merupakan tanaman menyerbuk silang, secara alami penyerbukan ini umumnya terjadi dengan bantuan lebah.

### Alat dan Bahan

Alat : stapler dan lup

Bahan : Varietas semangka, plastik penutup, label, benang.

### Cara Kerja :

1. Memilih bunga yang akan digunakan sebagai tetua betina dan tetua jantan. Bunga yang dijadikan sebagai tetua betina adalah bunga betina yang belum mekar, tapi sudah reseptif. Bunga yang dijadikan tetua jantan adalah bunga jantan yang polennya sudah matang.
2. Bunga betina disungkup dengan kertas kedap air atau plastic sore hari sebelumnya.
3. Pagi harinya bunga betina diserbuki dengan bunga jantan dengan cara mengoleskan polen secara merata ke seluruh permukaan kepala putik.

4. Bunga yang telah diserbuki ditutup dengan kertas kedap air atau plastic selanjutnya pada tangkai bunga yang diserbuki diberi label yang berisi tanggal, identitas tetua, dan nama penyerbuk.

## LATIHAN SOAL

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Kegiatan yang dilakukan untuk menghasilkan kultivar tanaman baru dari <sup>16</sup> dua atau lebih tanaman yang memiliki susunan genetik yang berbeda.....
  - a. Hibridisasi
  - b. Seleksi
  - c. Mutasi gen
  - d. Fusi protoplas
  
2. Prinsip dari kegiatan persilangan buatan dalam pemuliaan tanaman adalah...
  - a. Memperluas keragaman genetik
  - b. Menggabungkan gen-gen dari tetua terpilih sehingga terbentuk susunan genetik baru
  - c. Memanfaatkan vigor hibrida
  - d. Menguji potensi tetua
  
3. <sup>5</sup> Persilangan yang dilakukan antar varietas yang berbeda namun spesiesnya sama yaitu.....
  - a. Hibridisasi intervarietas
  - b. Hibridisasi intravarietas
  - c. Hibridisasi interspesifik
  - d. Hibridisasi intergenerik
  
4. Faktor-faktor penting yang perlu diperhatikan dalam melakukan kegiatan persilangan adalah.....
  - a. Ketepatan pemilihan tetua
  - b. Tipe penyerbukan tanaman
  - c. Waktu berbunga
  - d. Cara penyerbukan
  
5. Spesies yang apabila digunakan untuk tetua persilangan, namun untuk mendapatkan jenis ini perlu dilakukan eksplorasi adalah.....
  - a. Spesies introduksi

- b. Spesies liar
  - c. Varietas komersial
  - d. Galur-galur elit pemulia
6. Ciri tanaman menyerbuk sendiri adalah....
- a. Inkompabilitas atau ketidaksesuaian
  - b. Adanya bunga monoecious dan dioecious
  - c. Waktu antesis dan reseptif berbeda
  - d. Butir polen luruh sebelum bunga mekar
7. Salah satu alasan pentingnya mengetahui waktu tanaman berbunga adalah, kecuali....
- a. Agar saat atthesis dan reseptif waktunya bersamaan
  - b. Agar polen tidak terlebih dulu jatuh ke stigma
  - c. Agar mengetahui perbedaan waktu tanam yang tepat untuk tetua
  - d. Agar mengetahui metode yang perlu digunakan
8. Berikut ini urutan tahapan persilangan buatan yang benar adalah.....
- a. Persiapan, emaskulasi, kastrasi, polinisasi, isolasi, pelabelan
  - b. Persiapan, kastrasi, emaskulasi, polinisasi, isolasi, pelabelan
  - c. Persiapan, isolasi, kastrasi, emaskulasi, polinisasi, pelabelan
  - d. Persiapan, kastrasi, emaskulasi, pelabelan, polinisasi, isolasi
9. Pada kegiatan pelabelan, informasi yang perlu dimuat dalam label adalah, kecuali....
- a. Informasi tetua
  - b. Tanggal persilangan
  - c. Nama pemulia
  - d. Lokasi persilangan
10. <sup>5</sup> Faktor lingkungan yang mempengaruhi keberhasilan persilangan buatan adalah....
- a. Kompabilitas tetua



- b. Kesuburan tanaman
- c. Curah hujan
- 5 d. Ketepatan waktu reseptif betina dan antesis jantan

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!**

1. Jelaskan pengertian dari istilah-istilah berikut ini serta berikan contohnya:
  - a. Hibridisasi intravarietas
  - b. Hibridisasi intervarietas
  - c. Hibridisasi interspesifik
  - d. Hibridisasi intergenerik
2. Mengapa pemilihan tetua merupakan faktor penting dalam persilangan?
3. Jelaskan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan spesies liar untuk dijadikan tetua persilangan!
4. Sebutkan ciri-ciri struktur bunga yang menyerbuk sendiri!
5. Mengapa pentingnya mengetahui waktu berbunga tanaman dalam kegiatan persilangan?
6. Jelaskan tahapan dalam kegiatan persilangan buatan!
7. Menurut anda, jenis metode emaskulasi apakah yang mudah untuk digunakan dalam kegiatan persilangan buatan?
8. Sebutkan ciri penyerbukan yang menandai telah terjadinya pembuahan!
9. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan persilangan tanaman!
10. Tuliskan teknik persilangan dari tanaman padi dan jagung!

## BAB 8

### PEMULIAAN TANAMAN MENYERBUK SENDIRI

---

**T**anaman pangan umumnya adalah tanaman yang mengalami penyerbukan sendiri (tanaman menyerbuk sendiri). Contoh tanaman padi, gandum, kedelai dan sorgum. Keunggulan dari tanaman menyerbuk sendiri adalah mampu mempertahankan homozigositas lebih baik, sehingga fenotipe tanaman cenderung seragam.

Pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri umumnya bertujuan untuk menghasilkan varietas unggul yang mempunyai susunan genetik murni yang homozigot (galur murni). Pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri juga bertujuan untuk menghasilkan varietas hibrida, contohnya padi hibrida, timun hibrida, dll.

#### 8.1. Dasar Genetik Tanaman Menyerbuk Sendiri

Tanaman menyerbuk sendiri (autogami) yang mengalami pembuahan secara terus menerus akan menghasilkan populasi generasi selanjutnya yang cenderung bersifat homozigot. Oleh karena itu, populasi tanaman yang dihasilkan cenderung merupakan kumpulan galur murni. Contohnya, jika suatu genotipe tanaman (Aa) mengalami penyerbukan dan pembuahan sendiri secara terus menerus maka akan menghasilkan proporsi tanaman homozigot yang semakin bertambah dan proporsi tanaman semakin berkurang. Proporsi genotipe pada penyerbukan dan pembuahan sendiri yang berlanjut terus menerus dari F1 sampai F7, dst akan ditampilkan pada Tabel.

Karakter suatu individu tanaman tersusun oleh peran pasangan gen tunggal atau gen jamak. Bila pasangan gennya lebih dari satu maka berkurangnya proporsi tidak secepat turunnya proporsi pada satu pasang gen (Tabel 15). Seberapa jauh nilai keragaman jumlah undividu dengan genotipe homozigot dapat diperkirakan. Tiga pasang gen yang berbeda (3 lokus) kemungkinan jumlah individu yang 100% hanya ada satu, yaitu individu dengan genotipe AaBbCc. Misalnya dua tetua AABBCC dan

aabbcc disilangkan maka akan menghasilkan F1 dengan genotipe AaBbCc. Jika selanjutnya terjadi penyerbukan sendiri, maka proporsi populasinya dapat ditampilkan pada tabel.

**Tabel 8.1. Efek Pembuahan Sendiri yang Berlanjut terhadap Proporsi yang dan Homozigot pada Satu Lokus dengan Dua Alel yang Berbeda (Aa)**

Generasi Keturunan	Generasi Segregasi	AA	Aa	aa	%	% Homozigot
F1	0	-	2	-	100.00	0.00
F2	1	1	2	1	50.00	50.00
F3	2	3	2	3	25.00	75.00
F4	3	7	2	7	12.50	87.50
F5	4	15	2	15	6.25	93.75
F6	5	31	2	31	3.12	96.88
F7	6	63	2	63	1.56	98.44
F8	7	127	2	127	0.78	99.22
F9	8	225	2	225	0.39	99.61
F10	9	511	2	511	0.19	99.81
F11	10	1023	2	1023	0.10	99.90
.	.	.	.	.	.	.
F21	20	1048575	2	1048575	0.00	100.00
F <sub>n+1</sub>	N	(2 <sup>n</sup> - 1)	2	(2 <sup>n</sup> - 1)	100/2 <sup>n</sup>	(100-100/2 <sup>n</sup> )

Berdasarkan tabel diatas, proporsi merupakan  $1/2^n$  sedangkan proporsi homozigot merupakan  $(1 - 1/2^n) = (2^n - 1)/2^n$ . hal ini terlihat pada F5 jumlah genotipe homozigot mencapai > 90% dan pada F11 jumlah genotipe homozigot sudah mencapai 100%.

**Tabel 8.2. Jumlah (%) Populasi Segregasi Homozigot setelah n Kali Mengalami Penyerbukan Sendiri dengan m Pasangan Gen yang Berbeda**

Generasi Keturunan	Generasi Segregasi	Jumlah Pasangan Gen				
		1	2	3	10	m
F2	1	50.00	25.00	12.50	0.10	(1/2) <sup>m</sup>
F3	2	75.00	56.25	42.19	5.63	(3/4) <sup>m</sup>
F4	3	87.50	76.56	66.99	26.31	(7/8) <sup>m</sup>
F5	4	93.75	87.89	82.40	52.44	(15/16) <sup>m</sup>
F6	5	96.88	93.85	90.92	72.80	(31/32) <sup>m</sup>
F7	6	98.44	96.90	95.39	85.45	(63/64) <sup>m</sup>
.	.	.	.	.	.	.
F11	10	99.90	99.80	99.71	99.03	(1023/1024) <sup>m</sup>

F16	15	100.00	100.00	99.99	99.97	$(32767/32768)^m$
F <sub>n+1</sub>	N	$[(2^n - 1)/2^n]^1$	$[(2^n - 1)/2^n]^2$	.	.	$[(2^n - 1)/2^n]^m$

Setelah dilakukan pembuahan sendiri, maka kemungkinan genotipe yang muncul dikategorikan sebagai berikut:

1. 100% homozigot dengan genotipe AABBCC atau aabbcc.
2. Dua homozigot dan satu , yaitu AaBBCC, AABBCc, AABbCC, aaBBCC, dsb.
3. Satu homozigot dan dua , yaitu AABbCc, AaBbCC, AaBBcC, aaBbCc, dsb.
4. 100% , yaitu AaBbCc.

Persentase individu dalam suatu populasi dengan genotipe yang sesuai dengan kemungkinan diatas dapat dihitung dengan rumus binominal, yaitu sebagai berikut:

$$(a + b)^3 = a^3 + 3ab + 3ab^2 + b^3$$

Dimana:

$a^3$  : jumlah individu pada ketiga lokus

$3ab$  : jumlah individu pada dua lokus dan homozigot pada satu lokus

$3ab^2$  : jumlah individu pada satu lokus dan homozigot pada dua lokus

$b^3$  : jumlah individu homozigot pada ketiga lokus

Contoh: Tiga tanaman kedelai memiliki tiga pasang gen dan F1. Berapa persentase individu dengan genotipe semua lokus , satu lokus homozigot dan dua lokus , dua lokus homozigot dan satu lokus , serta semua lokus homozigot?

Penyelesaian: jumlah generasi segregasi pada F7 adalah 6 sehingga:

$$b = 2^n - 1 = 2^6 - 1 = 63; a = 1 \text{ maka,}$$

$$\text{jumlah individu} = (a + b)^m = (63+1)^3 = 26.294 \text{ oleh karena itu, diperoleh:}$$

1. Jumlah individu untuk semua lokus adalah  $a^3 = 1^3 = 1$  atau  $1/26.294 = 3,81 \times 10^{-4}\%$
2. Jumlah individu pada dua lokus dan homozigot pada satu lokus adalah  $3a^2b = 3(1)^2(63) = 189$  atau  $189/26294 = 0,07\%$ .

3. Jumlah individu pada satu lokus dan homozigot pada dua lokus adalah  $3ab^2 = 3(1)(63)^2$  atau  $11.907/26.294 = 4,54\%$ .
4. Jumlah individu homozigot pada semua lokus adalah  $b^3 = (63)^3 = 250.047$  atau  $250.047/26.294 = 95,38\%$ .

## 7 8.2. Metode Pemuliaan Tanaman Menyerbuk Sendiri

Kegiatan pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri dapat dilakukan dengan cara introduksi, seleksi, hibridisasi/persilangan, serta seleksi hasil hibridisasi. Introduksi merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan varietas baru dan bahan bagi pemuliaan tanaman dengan cara mendatangkan spesies tanaman dari daerah tertentu. Sedangkan seleksi dapat terjadi secara alami maupun buatan, individu atau kelompok. Pada tanaman menyerbuk sendiri biasanya digunakan beberapa metode seleksi, diantaranya yaitu seleksi massa, seleksi galur murni, pedigree (silsilah), bulk, turunan biji tunggal (TBT), silang balik (*back cross*).

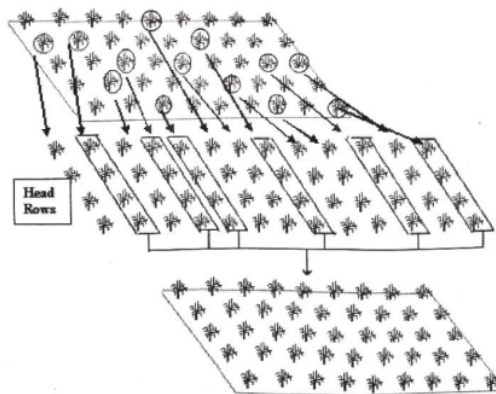
### Seleksi Massa

Seleksi massa merupakan bentuk paling sederhana dari cara pemuliaan tanaman. Seleksi ini didasarkan pada penampilan luar tanaman. Individu tanaman yang terpilih dicampur untuk digunakan sebagai bahan tanam musim berikutnya. Berdasarkan kondisi populasi, seleksi ini dapat dibagi menjadi seleksi massa positif, seleksi massa negatif dan seleksi massa positif dan negatif.

Seleksi massa positif bertujuan untuk memperoleh varietas baru. Seleksi ini dilakukan dengan cara memilih individu tanaman yang sesuai dengan tujuan pemuliaan. Pada waktu panen, dilakukan pemilihan kembali, kemudian yang terpilih dicampur untuk digunakan sebagai bahan tanam musim berikutnya. Proses ini diulang kembali pada beberapa generasi penanaman hingga tujuan pemuliaan yang diinginkan tercapai.

Seleksi massa negatif bertujuan untuk memulihkan varietas unggul serta untuk produksi benih. Seleksi ini dapat dilakukan dengan cara menyingkirkan tanaman yang memiliki sifat menyimpang dari sifat-sifat yang diinginkan. Tanaman yang tersisa kemudian dipanen dan dicampur untuk digunakan sebagai bahan tanam pada musim

berikutnya. <sup>16</sup> Proses pemilihan ini diulang kembali pada beberapa generasi hingga didapatkan tanaman yang memiliki sifat sesuai dengan yang diinginkan pemulia.



Gambar 8.1. Prosedur seleksi massa untuk tanaman menyerbuk sendiri

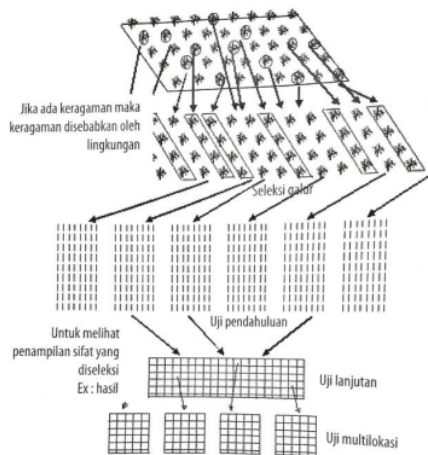
<sup>10</sup> Secara umum, seleksi massa bertujuan untuk mengurangi keragaman genetik dari suatu populasi serta meningkatkan frekuensi gen yang diinginkan. Seleksi ini memiliki beberapa keuntungan, diantaranya yaitu: 1) Memperbaiki populasi *landrace* (galur lokal), 2) Memurnikan varietas galur murni, 3) Mendapatkan varietas yang memiliki ketahanan horizontal, serta 4) Mempunyai adaptasi luas pada lingkungan baru. Selain itu, seleksi massa juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya yaitu 1) Seleksi dilakukan berdasarkan fenotipe sehingga keberhasilannya sangat tergantung pada nilai heritabilitas, 2) Seleksi dilakukan secara tidak langsung sehingga korelasi antara karakter seleksi dengan karakter tujuan harus tinggi. 3) Seleksi massa hanya efektif untuk sifat-sifat yang dikendalikan oleh gen-gen aditif, 4) Seleksi ini menghasilkan fenotip yang sama antara tanaman homozigot dominan dan sehingga susah dibedakan (AA dengan Aa = Warna merah). Contoh-contoh tanaman yang telah dilakukan seleksi massa adalah padi, gandum, kacang-kacangan dll.

### Seleksi Galur Murni

Seleksi galur murni adalah seleksi tanaman tunggal dari populasi homozigot heterogen. Seleksi ini berdasarkan pada teori bahwa keragaman dalam suatu populasi heterozigot disebabkan oleh keragaman genetik dan lingkungan sedangkan keragaman dalam galur murni disebabkan oleh keragaman lingkungan. Seleksi

ditujukan pada populasi sebelum hibridisasi , namun bisa juga untuk populasi bersegregasi.

Pelaksanaan seleksi galur murni, bahan seleksi sama halnya dengan seleksi massa yaitu populasi tanaman tertentu dengan beberapa tanaman yang memiliki sifat menonjol. Seleksi ini banyak digunakan petani dengan menyeleksi tanaman yang berpenampilan lebih baik dari hamparan tanaman yang dimilikinya. Individu-individu terseleksi dipanen dan ditanam pada barisan terpisah. Seleksi ini dilakukan pada barisan superior. Tahap akhir dilakukan uji dengan ulangan pada beberapa lokasi dan musim, menyertakan varietas pembanding (varietas yang mempunyai kekerabatan paling dekat dengan genotip yang diuji dan varietas unggul lainnya).



**Gambar 8.2. Prosedur seleksi galur murni untuk tanaman menyerbuk sendiri**  
**Seleksi Pedigree**

Seleksi galur murni memberi kesempatan bagi famili/galur (barisan) untuk memperlihatkan struktur tertentu, apakah sudah homozigot atau masih heterozigot. Seleksi galur murni dapat menghasilkan lebih dari satu varietas. Kelebihan seleksi galur murni yaitu respon seleksi lebih efektif dibandingkan seleksi massa dan dapat dilakukan pada karakter dengan heritabilitas sedang. Kekurangan seleksi galur murni adalah lebih rumit dilakukan karena menggunakan uji progeni.

Seleksi silsilah merupakan salah satu seleksi pada populasi bersegregasi. Pencatatan setiap anggota populasi bersegregasi hasil persilangan merupakan ciri dari

seleksi silsilah. Pencatatan berguna untuk mengetahui silsilah atau hubungan tetua dengan turunannya. Jika dibandingkan dengan metode lain, metode ini memerlukan talenta/bakat/keahlian/kemampuan dari pemulia.

Prinsip dari seleksi galur murni adalah 1) seleksi berkembang dari teori galur murni Johansen 2) seleksi dilaksanakan pada generasi awal ( $F_2$ ) dengan tingkat segregasi tinggi 3) seleksi awal dilakukan terhadap individu berdasarkan fenotipe yang kemudian ditanam dalam barisan 4) seleksi dilakukan berulang terhadap individu terbaik dari famili terbaik sampai tercapai tingkat homozigisitas yang dikehendaki 5) silsilah dari setiap galur tercatat/diketahui 6) umumnya digunakan untuk karakter dengan heritabilitas arti sempit ( $h^2_{(ms)}$ ) yang tinggi.

Tujuan metode seleksi silsilah adalah untuk mendapatkan varietas baru dengan mengkombinasikan gen-gen yang diinginkan yang ditemukan pada dua genotipe atau lebih. Rekombinasi dari dua genotipe atau lebih tersebut diharapkan menghasilkan keturunan yang lebih baik dan lebih unggul dibandingkan dengan rata-rata kedua tetuanya.

Tahapan seleksi silsilah dimulai dengan melakukan persilangan antara dua tetua galur murni (homozigot). Benih  $F_1$  ditanam dengan jumlah sesuai kemampuan untuk dapat menangani populasi generasi berikutnya.

Benih  $F_2$  ditanam sebanyak 500 tanaman per persilangan. Pada padi dapat berjumlah 2.000-6.000 tanaman  $F_2$  per persilangan karena banyaknya gen yang mempengaruhi produksi dan kualitas. Seleksi mulai dilakukan pada generasi  $F_2$  karena keragaman pada generasi ini paling tinggi. Seleksi dilakukan pada individu tanaman yang sangat ketat agar tidak terlalu banyak tanaman yang ditangani pada generasi berikutnya. Perbandingan seleksi biasanya 10: 1 ( $F_2$  ke  $F_3$ ) dapat pula 100:1. Perbandingan lebih tinggi apabila persilangan dilakukan pada tetua yang banyak berbeda sifatnya, sehingga galur segregasi mempunyai keragaman tinggi.

Pada seleksi tanaman  $F_2$ , perlu diperhatikan pengaruh heterozigositas karena galur heterozigositas dapat menampilkan sifat lebih menonjol. Jadi sedapat mungkin dihindari pemilihan galur heterozigot dan lebih diarahkan galur yang cenderung homozigot.

Seluruh benih yang berasal dari individu  $F_2$  (tanaman  $F_3$ ) ditanam dalam baris. Generasi  $F_3$  merupakan generasi penting. Pada generasi ini dapat diketahui terjadinya



segregasi apabila tanaman F<sub>2</sub> yang dipilih ternyata heterozigot. Untuk dapat mengetahui adanya segregasi diperlukan cukup tanamn agar terlihat keragamannya, biasanya ditanam lebih dari 30 tanaman tiap baris. Seleksi tetap dilakukan secara individu, tetapi dimungkinkan dalam satu barisan tidak ada yang dipilih sama sekali. Tanaman yang dipilih adalah tanaman terbaik pada barisan yang tanamannya lebih seragam. Jumlah tanaman yang dipilih sebaiknya tidak lebih banyak daripada jumlah famili.

<sup>12</sup> Generasi F<sub>4</sub> ditangani sama halnya generasi F<sub>3</sub>. Perbedaannya adalah seleksi tahap dilakukan pada individu tanamn, tetapi dari famili terbaik. Keragaman di dalam barisan atau family menjadi lebih efisien karena dapat diketahui barian yang lebih seragam. <sup>6</sup> Generasi F<sub>5</sub> ditangani sama halnya generasi F<sub>4</sub>. Perbedaannya adalah seleksi dilakukan pada famili terbaik. Keragaman di dalam barisan atau famili menjadi sangat kecil karena tanaman lebih homozigot. Sebaliknya keragaman antar famili tetap tinggi. Seleksi diantara famili menjadi lebih efisien karena dapat diketahui barisan yang lebih seragam.

Pada generasi F<sub>6</sub> benih yang berasal dari satu barisa ditanam pada petak yang lebih besar dengan jarak tanam rapat (jarak tanam komersial), jika memungkinkan dengan ulangan-ulangan. <sup>12</sup> Pada generasi F<sub>7</sub> dilakukan uji daya hasil dengan menyertakan varietas pembanding. Pada generasi F<sub>8</sub> dilakukan uji multilokasi. Uji multilokasi harus mengikuti prosedur pelepasan varietas tanaman yaitu jumlah lokasi pengujian, jumlah musim, jumlah ulangan, jumlah genotipe dan jumlah varietas pembanding. Tahap terakhir dari seleksi silsilah adalah pelepasan varietas dan perbanyak benih untuk disebar.

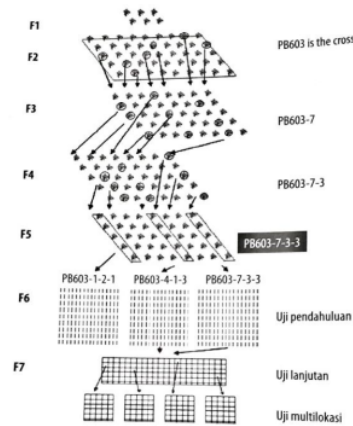
Kelebihan dari seleksi silsilah diantaranya:

1. Hanya keturunan dari tanaman unggul saja yang dilanjutkan ke generasi berikutnya.
2. Menghemat lahan karena jumlah tanaman tiap generasi semakin sedikit, silsilah dari galur diketahui.

Kelemahan seleksi silsilah diantaranya:

1. Pencatatan harus dilakukan setiap generasi sehingga memerlukan banyak catatan dan pekerjaan

2. Kemungkinan banyak genotipe akan terbuang pada saat masih bersegregasi akibat seleksi.



Gambar 8.3. Prosedur seleksi pedigree untuk tanaman menyerbuk sendiri

10

### Seleksi Bulk

Seleksi bulk merupakan metode untuk membentuk galur-galur homozigot dari populasi bersegregasi melalui *selfing* selama beberapa generasi tanpa seleksi. Selama tumbuh bercampur, terjadi seleksi alam sehingga tanaman yang tidak tahan menghadapi tekanan lingkungan akan tertinggal pertumbuhannya atau mati. Prinsip seleksi bulk adalah 1) merupakan metode seleksi yang sederhana setelah seleksi massa; 2) tidak dilakukan seleksi pada generasi awal; 3) pada generasi awal tanaman ditanam rapat dan dipanen secara gabungan (bulk); 4) memanfaatkan tekanan seleksi alam pada generasi awal; 5) seleksi baru dilakukan setelah tercapai tingkat homozigositas tinggi (F5 atau F6); 6) sesuai untuk karakter dengan heritabilitas rendah hingga sedang.

Tahapan seleksi bulk dimulai dengan melakukan persilangan antara dua tetua galur murni (homozigot). Benih F<sub>1</sub> ditanam di rumah kaca untuk memudahkan pemeliharaan. Seluruh benih yang dihasilkan dari F<sub>1</sub> ditanam sebagai F<sub>2</sub> dengan jarak tanam rapat. Tanaman F<sub>2</sub> dipanen, benihnya dicampur (bulk) untuk dilanjutkan pada generasi F<sub>3</sub>. Hal yang sama dilakukan sampai F<sub>5</sub>, dengan tujuan memperoleh proporsi homozigot cukup besar.

Generasi F<sub>5</sub> ditanam dengan jarak tanam lebar. Pada generasi ini mulai dilakukan seleksi secara individual. Genotipe tanaman sudah lebih homozigot. Individu tanaman terseleksi ditanam dalam baris. Generasi F<sub>6</sub> dilakukan seleksi famili (baris) terbaik. Pada generasi F<sub>7</sub>, benih yang berasal dari satu barisan ditanam pada petak yang lebih besar dengan jarak tanam rapat, jika memungkinkan dengan ulangan-ulangan. Dapat juga ditanam sebagai pengujian daya hasil pendahuluan apabila persediaan benih mencukupi dengan menyertakan varietas pembanding.

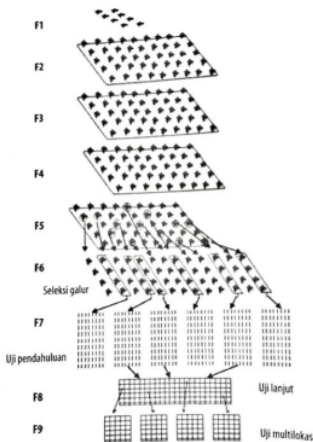
Pada generasi F<sub>8</sub> dilakukan uji daya hasil dengan menyertakan varietas pembanding. Pada generasi F<sub>9</sub> dilakukan uji multilokasi. Tahapan terakhir dari seleksi bulk adalah pelepasan varietas dan perbanyak benih untuk disebar.

Kelebihan dari metode seleksi bulk diantaranya yaitu

- a. Relatif murah dan sederhana untuk memelihara populasi bersegregasi.
- b. Generasi F<sub>1</sub> - F<sub>4</sub> pekerjaan tidak terlalu berat, karena pada generasi tersebut tidak ada seleksi.
- c. Ekonomis untuk tanaman berumur pendek dan jarak tanam sempit seperti padi, gandum dll.
- d. Tanaman yang baik tidak terbuang, karena tidak dilakukan seleksi pada generasi awal.
- e. Beberapa generasi dapat dilakukan pada tahun sama

Kelemahan seleksi Bulk yaitu:

- a. Silsilah galur tidak tercatat sejak awal
- b. Seleksi alam pada generasi awal dapat menghilangkan genotipe-genotipe yang baik
- c. Jumlah tanaman pada generasi lanjut sangat banyak sehingga memerlukan lahan yang luas.



Gambar 8.4. Prosedur seleksi bulk untuk tanaman menyerbuk sendiri

### Seleksi *Single Seed Descent*

Metode turunan biji tunggal (single seed descent) dimulai dengan persilangan dua tetua berbeda. <sup>10</sup> Seleksi *Single Seed Descent*, yaitu satu keturunan satu biji. Pada prinsipnya, individu tanaman terpilih dari hasil suatu persilangan pada F<sub>2</sub> dan selanjutnya ditanam cukup satu biji satu keturunan. Cara ini dilakukan sampai generasi yang ke-5 atau ke-6 (F<sub>5</sub> atau F<sub>6</sub>). Bila pada generasi tersebut sudah diperoleh tingkat keseragaman yang diinginkan maka pada generasi berikutnya pertanaman tidak dilakukan satu biji satu keturunan tetapi ditingkatkan menjadi satu baris satu populasi keturunan, kemudian meningkat lagi menjadi satu plot satu populasi keturunan. Prosedur *Single Seed Descent* (SSD) mempunyai tujuan yaitu mempertahankan keturunan dari sejumlah besar tanaman F<sub>2</sub>, dengan mengurangi hilangnya genotip selama generasi segregasi. Hanya satu biji yang dipanen dari masing-masing tanaman, perkembangan tanaman optimum dari generasi F<sub>2</sub> sampai dengan F<sub>4</sub>.

Kelebihan seleksi turunan biji tunggal yaitu:

- Keperluan lahan lebih sempit karena benih yang ditanam satu biji dari tiap tanaman
- Pencatatan dan pengamatan jauh lebih sederhana dibandingkan dengan metode *pedigree*
- Mudah menangani populasi bersegregasi
- Waktu lebih singkat dalam membentuk galur

- e. Sesuai untuk rumah kaca dan off season nurseries
- f. Tidak terjadi seleksi alam terhadap populasi
- g. Setiap galur berasal dari tanaman  $F_2$  yang berbeda, keragaman lebih tinggi

Kelemahan seleksi turunan biji tunggal yaitu:

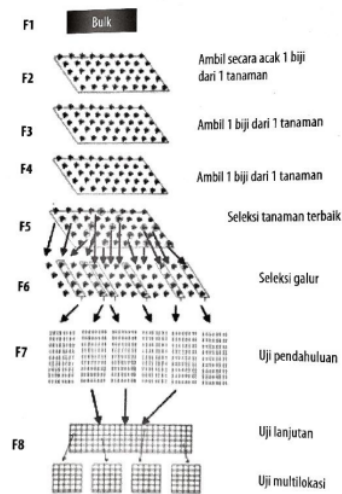
- a. Bila seleksi pada awal generasi tidak tajam dalam pengamatan, dapat mengakibatkan hilangnya beberapa individu tanaman superior karena tidak ikut terpilih.
- b. Seleksi untuk karakter dengan heritabilitas rendah kurang efektif
- c. Identitas tanaman unggul dari generasi  $F_2$  tidak diketahui
- d. Jumlah benih  $F_2$  yang ditanam harus dihitung dengan tepat
- e. Perlu waktu lebih besar saat panen dibanding metode bulk

Tahapan seleksi turunan biji tunggal yaitu pertama, dilakukan persilangan antara dua tetua yang terpilih, kemudian benih hasil persilangan ditanam sebagai tanaman  $F_1$ . Semua benih dari  $F_1$  ditanam sebagai tanaman  $F_2$ . Pada  $F_2$ , diambil sejumlah tanaman secara acak atau kadang-kadang dengan seleksi. Masing-masing tanaman  $F_2$  tersebut diambil satu benih atau dilanjutkan ke  $F_3$ . Demikian juga dari  $F_3$  ke  $F_4$  dan dari  $F_4$  ke  $F_5$ . Pada generasi  $F_3$  dan  $F_4$  tidak dilakukan seleksi.

Generasi  $F_5$  ditanam dengan jarak tanam lebar. Pada generasi ini mulai dilakukan seleksi secara individual. Genotipe tanaman sudah lebih homozigot. Individu tanaman terseleksi ditanam dalam baris. Generasi  $F_6$  dilakukan seleksi famili (baris) terbaik.

Pada generasi  $F_7$  benih yang berasal dari satu barisan ditanam pada petak yang lebih besar dengan jarak tanam rapat, jika memungkinkan dengan ulangan-ulangan. Dapat juga ditanam sebagai pengujian daya hasil pendahuluan apabila persediaan benih mencukupi, dengan menyertakan varietas pembanding

Pada generasi  $F_8$  dilakukan uji daya hasil dengan menyertakan varietas pembanding. Pada generasi  $F_9$  dilakukan uji multilokasi. Tahapan terakhir dari seleksi ini adalah pelepasan varietas dan perbanyak benih untuk disebar.



**Gambar 8.5.** Prosedur seleksi *single seed descent* untuk tanaman menyerbuk sendiri

### Silang Balik (*Back Cross*)

Metode silang balik adalah menyilangkan kembali keturunannya dengan salah satu tetuanya (tetua *recurrent*) selama beberapa generasi untuk memindahkan gen dari tetua donor ke tetua *recurrent* (penerima). Prinsipnya antara lain: 1) tersedianya tetua *recurrent* dengan sifat agronomi baik; 2) tersedianya tetua donor yang membawa gen yang diinginkan; 3) sifat yang dipindahkan dari donor dapat dipertahankan pada tetua penerima setelah beberapa kali silang baik; 4) untuk mempertahankan sifat-sifat baik pada tetua penerima, diperlukan beberapa kali silang balik; 5) untuk memindahkan gen dominan dan karakter terekspresi 18 sebelum pembungaan, seleksi dapat dilakukan langsung pada hasil silang balik; 6) untuk memindahkan gen resesif, seleksi dilakukan pada turunan hasil silang balik (Syukur et al., 2012).

Metode *Back Cross* adalah metode seleksi yang dilakukan dengan menyilangkan genotipe  $F_1$  dengan salah satu tetuanya. Metode *Back Cross* melibatkan tetua persilangan yaitu tetua yang ingin diperbaiki (*recurrent parent*) dan tetua yang digunakan sebagai sumber gen yang akan dimasukkan ke dalam tetua yang ingin diperbaiki (*donor parent*) (Chahal dan Gosal, 2003).

Kelebihan metode silang balik antara lain:

- a. Pemulia akan dibekali suatu jaminan tingkat control genetik yang tinggi.
- b. Sifat yang hendak diperbaiki darisuatu varietasdapat diterangkan sebelum metode ini diterapkan
- c. Varietas yang sama dapat dibentuk lagi untuk yang kedua kali dengan urutan yang sama
- d. Tidak perlu pengujian hasil yang ekstensif karena sudah diketahui bahwa varietas yang akan diperbaiki sudah mempunyai potensi hasil tinggi
- e. Tidak perlu pencatatan secara ekstensif
- f. Masalah interaksi genetik x lingkungan dapat dikurangi karena tidak dilakukan pengujian lapang, tetua pemulih yang dipilih sudah beradaptasi dan diterima masyarakat, tetua donor harus dapat mengekspresikan sifat yang akan dipindahkan dala level yang tinggi
- g. Intensitas sifat yang dipindahkan tidak berubah dari generasi ke generasi

Kelemahan metode silang balik antara lain:

- a. Jumlah sifat yang diperbaiki terbatas, tidak bisa memperbaiki beberapa sifat sekaligus
- b. Tidak sesuai untuk sifat kuantitatif yang mempunyai heritabilitas rendah
- c. Sulit diterapkan pada tanamn menyerbuk silang karena genotipe tanaman tersebut diasumsikan heterozigot
- d. Jika gen yang diinginkan terpaut dengan gen pengendali sifat buruk maka akan sulit membuang gen tersebut.

Tahapan prosedur seleksi silang balik :

1. Persilangan pertama antara tetua resipien R denga donor D menghasilkan F1
2. Silang balik pertama, f1 disilangkkn dengan R untuk mendapat populasi BC1. F1 sebagai betina dan R sebagai tetua jantan
3. Silang balik kedua, BC1 disilangkan dengan tetua R untuk mendapatkan BC2. Tetua BC1 sebagai betina dan R sebagai tetua jantan
4. Silang balik ketiga, BC2 disilangkan dengan tetua R untuk mendapatkan BC3. Tetua BC2 sebagai betina dan R sebagai tetua jantan

5. Silang balik keempat, BC3 disilangkan dengan tetua R untuk mendapatkan BC4.  
Tetua BC3 sebagai betina dan R sebagai tetua jantan
6. Populasi BC4 sudah mengandung kembali 93,75% gen R
7. Pada akhir kegiatan, BC4 dikawinkan sendiri sehingga terjadi segregasi dan diseleksi untuk mendapatkan galur harapan baru.



Gambar 8.6. Prosedur seleksi *backcross* untuk tanaman menyerbuk sendiri



## LATIHAN SOAL

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Kegiatan pemuliaan tanaman menyerbuk silang dapat dilakukan dengan cara-cara berikut ini, kecuali....
  - a. Introduksi
  - b. Seleksi
  - c. Hibridisasi
  - d. Mutasi gen
  
2. Berikut ini merupakan metode seleksi tanaman menyerbuk sendiri....
  - a. Seleksi baris ke tongkol
  - b. Seleksi berulang daya gabung khusus
  - c. Seleksi berulang daya gabung umum
  - d. Seleksi pedigree
  
3. Kelebihan dari seleksi massa yaitu....
  - a. Seleksi dilakukan berdasarkan fenotip sehingga bergantung pada heritabilitas
  - b. Seleksi dapat memperbaiki populasi *landrace* (galur lokal)
  - c. Seleksi massa hanya efektif untuk sifat-sifat yang dikendalikan gen aditif
  - d. Seleksi menghasilkan fenotip yang sama antar tanaman homozigot
  
4. Seleksi tanaman tunggal dari populasi homozigot heterogen adalah pengertian dari.....
  - a. Seleksi massa
  - b. Seleksi galur murni
  - c. Seleksi pedigree
  - d. Seleksi bulk
  
5. Uji daya hasil dengan arietas pembandingan pada seleksi galur murni dilakukan pada generasi ke.....
  - a. 4
  - b. 5

c. 6

d. 7

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan benar!**

1. Mengapa tanaman yang menyerbuk sendiri akan menghasilkan populasi yang lebih homozigot?
2. Jelaskan tahapan pelaksanaan seleksi galur murni!
3. Tuliskan prinsip dari seleksi pedigree!
4. Tuliskan kelebihan dan kelemahan pada seleksi bulk!
5. Mengapa pada seleksi *pedigree* kemungkinan akan banyak genotipe baik yang terbuang?
6. Tuliskan prinsip pada seleksi bulk!
7. Tuliskan tahapan pada seleksi *backcross* !
8. Tuliskan kelebihan dan kelemahan seleksi *single seed descent*
9. Tuliskan kelebihan pada seleksi massa!
10. Buatlah bagan tahapan seleksi *pedigree* secara sederhana!

## BAB 9

# PERAKITAN VARIETAS HIBRIDA

---

### 9.1. Pengertian Varietas Hibrida

Varietas hibrida merupakan generasi F1 hasil persilangan dua atau lebih galur murni. Keturunan hasil persilangan dua galur murni akan menampilkan peningkatan vigor melampaui galur-galur tetuanya (vigor hibrida). Munculnya sifat hibrida pada galur keturunan hasil persilangan disebabkan karena adanya fenomena heterosis, yaitu keturunan F1 mempunyai penampilan yang lebih baik dibandingkan dengan tetuanya. Fenomena <sup>13</sup> heterosis hanya muncul pada keturunan F1 saja.

Macam-macam heterosis antara lain :

- Mid Parent Heterosis (%) :  $\frac{F_1 - \text{rata-rata tetua}}{\text{rata-rata tetua}} \times 100$
- Heterobeltiosis (%) :  $\frac{F_1 - \text{rata-rata tetua terbaik}}{\text{rata-rata tetua terbaik}} \times 100$
- Standard Heterosis (%) :  $\frac{F_1 - \text{tetua pembanding}}{\text{tetua pembanding}} \times 100$

Hipotesis vigor hibrida :

- a. *Favorable dominant genes* : allel yang berkontribusi terhadap vigor adalah dominan.

P: Galur A	x	Galur B
AABBccddEE	↓	aabbCCDDee
F1: hibrida		
AaBbCcDdEe		

b. *Overdominance* : Interaksi alel pada lokus yang sama (heterosigos lebih superior daripada homosigos)

P: GalurA                    x                    GalurB  
 AABBCCDDEE                    ↓                    aabbccddee

F1: hibrida  
 AaBbCcDdEe

**13** Varietas hibrida lebih seragam dan mampu berproduksi lebih tinggi 15 - 20% dari varietas bersari bebas. Selain itu, varietas hibrida menghasilkan biji yang lebih besar dibandingkan varietas bersari bebas. Varietas non hibrida merupakan varietas yang mempunyai penampilan yang stabil dan seragam pada galur-galur keturunannya. Varietas non hibrida dapat merupakan varietas bersari bebas, pkomposit, sintetis, maupun multilini. Varietas non hibrida dapat dikembangkan dari sumber eksplan yang tersedia maupun dari hasil persilangan antara tetua non inbred yang memiliki keunggulan ataupun karakter yang diinginkan.

**Tabel 9.1. Perbedaan varietas hibrida dan non-hibrida adalah sebagai berikut:**

➤ Hibrida :	➤ Non Hibrida
1. Tetua persilangan galur inbred	1. tetua persilangan bukan galur inbred
2. penampilan F1 lebih baik dari tetuanya.	2. penampilan F1 dapat melebihi atau kurang baik dari tetua.
3. benih keturunan hibrida mengalami penurunan produktivitas.	3. Benih keturunan produktivitasnya stabil
4. tidak membutuhkan pengujian lanjutan seperti uji multilokasi.	4. membutuhkan pengujian lanjut seperti uji multilokasi dan stabilitas.
5. Terdapat uji DGU dan DGK untuk menentukan tetua persilangan.	5. Tidak memerlukan pengujian DGU dan DGK.

## 9.2. Jenis-Jenis Varietas Hibrida

Varietas hibrida dapat dibedakan ke dalam berbagai jenis berdasarkan metode perakitannya. Jenis-jenis varietas hibrida yang diketahui antara lain :

### 1. *Single crosses* (A x B)

- ✓ Hibrida yang berasal dari persilangan galur tetua yang berbeda
- ✓ Heterosigos untuk semua alel
- ✓ Seragam penampilan dan umur serta hasil yang tinggi

### 2. Modifikasi *Single crosses* (A x A') x B

- ✓ Hibrida dari sebuah silang tiga yang menggunakan progeneri dari dua galur murni yang berhubungan sebagai tetua betina, dan satu galur murni yang tidak berhubungan sebagai tetua jantan.

### 3. *Three way crosses* (A x B) x C

- ✓ Hibrida *Three way crosses* persilangan antara *Single crosses* dua galur yang berkerabat dekat sebagai betina dengan galur berbeda sebagai jantan
- ✓ Hibrida *Three way crosses* persilangan antara *Single crosses* dua galur yang berkerabat jauh sebagai betina dengan galur berbeda sebagai jantan

### 4. *Double-crosses* (A x B) x (C x D)

- ✓ Hibrida yang berasal dari persilangan empat galur yang tidak berkerabat

### 5. *Top crosses*

- ✓ Hibrida yang berasal dari persilangan suatu galur atau *Single crosses* sebagai betina dengan populasi mix.

### 6. *Multiplecross*

- ✓ Hibrida yang berasal dari persilangan empat atau lebih tetua

Adanya fenomena heterosis pada varietas hibrida, menyebabkan varietas hibrida mempunyai kelebihan dibandingkan varietas lainnya, yaitu :

- ✓ Produktivitas lebih tinggi
- ✓ Sifat-sifatnya lebih unggul
- ✓ Tanaman/buah/tongkol seragam
- ✓ Lebih terjamin kualitasnya
- ✓ Lebih tahan terhadap hama dan penyakit.

Namun, selain mempunyai kelebihan, varietas hibrida juga diketahui mempunyai beberapa kekurangan, antara lain :

- ✓ <sup>13</sup> Prosedur sulit
- ✓ Biaya yang cukup mahal
- ✓ Harga benih mahal
- ✓ Waktu produksi benih lama
- ✓ Kebutuhan pupuk tinggi
- ✓ Penurunan produktivitas benih turunan hibrida sangat drastis.

### Galur Inbred

Salah satu syarat dalam perakitan varietas hibrida yaitu tersedianya galur inbred. Galur inbred merupakan galur dengan kemurnian genetik tinggi dan homozigos setelah dilakukan beberapa kali persilangan sendiri (*selfing*). Persilangan antar galur inbred dapat memunculkan efek heterositas pada galur keturunan.

Pengembangan galur-galur inbred harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain :

- ✓ Tetua inbred harus vigor dan produktif untuk kualitas biji hibrida yang tinggi
- ✓ Galur jantan harus memproduksi banyak viabel polen yang tersedia dalam waktu yang lama.
- ✓ Galur betina harus memiliki gen komplemen yang berkontribusi terhadap produktivitas dan karakter berguna lainnya.

Sumber pengembangan galur inbred, dapat berasal dari :

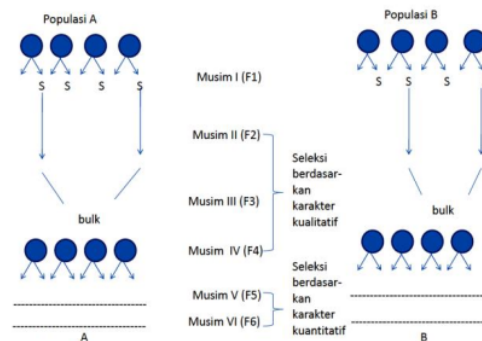
- ✓ Populasi bersari bebas seperti varietas komposit dan sintetis
- ✓ Hibrida *Single Crosses*, Modifikasi *Single Crosses*, *Three Way Crosses*, *Double Crosses*
- ✓ Populasi *recurrent selection*

Metode seleksi yang umumnya digunakan dalam pengembangan galur inbred yaitu :

1. *Selfing* tanaman  $S_0$  atau  $F_1$  yang diikuti oleh seleksi pedigree 5 -7 generasi sampai dengan seragam.
2. Seleksi pedigree galur tetua dengan karakteristik:
  - Karakter visual
  - Tahan rebah, tahan HPT, kualitas biji

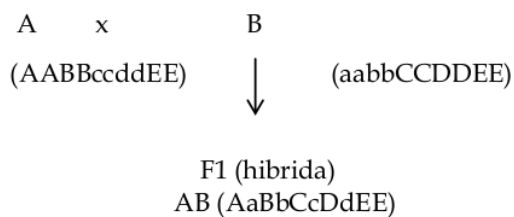
- Penampilan yang vigor
  - Umur panen
  - Perakaran dan batang yang kuat
3. Kombinasi galur untuk menghasilkan hibrida *single-crosses*, meliputi :
    - a. Evaluasi untuk memperoleh galur superior:  
Dasar pemilihan adalah daya gabung umum (DGU)
    - b. Evaluasi untuk memperoleh hidrida SC superior :  
Dasar pemilihan adalah daya gabung khusus (DGK = SCA)
    - c. Pemanfaatan *cytoplasmic male sterility* dalam produksi benih hibrida
  4. Pengujian Multilokasi
  5. Analisis G x E
  6. Analisis stabilitas

Bagan prosedur seleksi untuk pembentukan galur inbred dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8.1. Metode seleksi pengembangan galur inbred

Galur inbred A dan inbred B yang diperoleh nantinya, akan disilangkan untuk memperoleh galur hibrida (F<sub>1</sub>).



Perakitan varietas hibrida pada tanaman menyerbuk sendiri dan menyerbuk silang secara umum dimulai dari pembuatan galur inbred, dilanjutkan dengan uji DGU dan DGK galur inbred, kemudian dilakukan persilangan antar galur inbred terpilih, dan generasi F<sub>1</sub> menjadi varietas hibrida. Perbedaan antara perakitan hibrida pada tanaman menyerbuk sendiri dan silang hanya terletak pada teknik persilangan.

### 9.3. Pembentukan Galur Murni dan Varietas Hibrida

Varietas hibrida yang unggul diperoleh apabila tersedianya galur murni yang potensial. Usaha untuk memperoleh galur murni ini merupakan langkah paling menentukan. Galur murni diperoleh melalui penyerbukan sendiri selama 5-6 generasi. Sumber galur murni dapat berupa varietas bersari bebas, silang tunggal, silang ganda, silang banyak, silang puncak, varietas sintetis atau plasma nutfah.

Secara lengkap, alur perakitan cabai hibrida adalah sebagai berikut :



Proses pembentukan galur murni adalah sebagai berikut:

- i. Tanaman terseleksi dari populasi asal ditanam pada barisan berjarak kurang lebih 30cm. satu barisan dapat berjumlah 20-30 tanaman.
- ii. Seleksi dilakukan antar atau dalam tanaman, yakni hanya tanaman terbaik dari barisan terbaik diseleksi untuk di-*selfing*.



- iii. Setelah beberapa kali selfing, tanaman akan menjadi makin lemah, tetapi keseragamannya makin meningkat. Tanaman yang tampak lemah sekali tidak akan dipilih.
- iv. Seleksi 5-6 generasi penyerbukan sendiri, tanaman-tanaman dalam satu galur akan tampak serupa, tetapi amat berbeda dengan galur lain.

Galur murni yang diperoleh selanjutnya diuji daya gabungannya dan biasanya digunakan uji ketirunan slang puncak. Pada pengujian silang puncak ini, pengujinya adalah suatu varietas bersari bebas. Kemudian keturunannya (F<sub>10</sub>) dievaluasi melalui uji daya hasilnya. Hasil evaluasi ini menunjukkan kemampuan daya gabung umum masing-masing galur. Adanya pengujian di atas maka galur-galur potensial terpilih dan biasanya merupakan sebagian kecil dari galur-galur diuji. Setelah itu diuji kembali baik daya gabung umum maupun daya gabung khusus menggunakan metode silang dialel. Hasil pengujian menunjukkan kemampuan sebagian kombinasi penghasil hibrida. Benih galur murni yang terpilih dari hasil pengujian daya gabung umum maupun khusus selanjutnya dilakukan persilangan. Benih yang dihasilkan oleh persilangan galur murni harus cukup banyak sehingga biaya produksi menjadi relative murah. Apabila setiap persilangan hanya menghasilkan sedikit biji, dan persilangan itu dilakukan dengan tangan maka biaya pengusahaan benih hibrida akan menjadi amat mahal. Varietas hibrida harus lebih unggul dari varietas tipe lainnya. Bila tidak demikian, varietas hibrida tidak akan menarik karena setiap penanaman memerlukan benih dari hibrida. Tidak hanya tentang daya produksinya; tetapi juga ketahanan, adaptasi, tanggap terhadap pemupukan, umur dan mutunya.

#### **9.4. Hambatan-hambatan dalam perakitan hibrida**

Persilangan merupakan tahap penting dalam produksi varietas hibrida. Teknik persilangan sudah dibahas pada pertemuan sebelumnya. Namun, dalam pelaksanaannya terkadang ditemui beberapa hambatan, seperti :

- ✓ Hibrid tidak tumbuh dan lemah
- ✓ Embryo gugur
- ✓ Kegagalan dalam pembuahan akibat inkompabilitas
- ✓ F<sub>1</sub> lethal, lemah dan male steril

- ✓ Ketidaksesuaian jumlah kromosom
- ✓ Kekurangan rekombinasi

Hambatan-hambatan ini dapat diatasi dengan melakukan teknik khusus pada persilangan. Beberapa teknik khusus dalam persilangan, yaitu:

- ✓ Memanipulasi jumlah kromosom
- ✓ *Bridge cross*, menggunakan galur atau varietas antara.
- ✓ Memperpendek stilus, misalnya memotong rambut tongkol pada jagung.
- ✓ Menggunakan mentor pollen
- ✓ Menggunakan hormone pertumbuhan (ga dan auksin)
- ✓ *In vitro* fertilisasi
- ✓ Fusi protoplast

Selain hambatan - hambatan diatas, terdapat beberapa permasalahan yang ditemui pada produksi benih hibrida jika dilakukan dengan teknik persilangan biasa, yaitu :

- ✓ Produksi benih hibrida lambat
- ✓ Butuh tenaga kerja yang banyak
- ✓ Memerlukan waktu yang lama untuk menyilangkan
- ✓ Biaya yang dibutuhkan besar

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu upaya untuk dapat mengatasi permasalahan diatas. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan mandul jantan (*male sterile*).

#### **9.5. Pemanfaatan galur mandul jantan (*male sterile*)**

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan memodifikasi teknik persilangan. Modifikasi yang umumnya dilakukan pada tanaman jagung adalah penggunaan mandul jantan (*male sterile*). Mandul jantan berarti serbuk sari mandul untuk bunga dari tanaman sendiri maupun bunga dari tanaman lainnya. Dengan memanfaatkan mandul jantan, produksi hibrida dapat dilakukan lebih cepat karena tidak dibutuhkan pematangan bunga jantan (emaskulasi/detaselled) pada tetua betina. Selain itu waktu dan tenaga yang dibutuhkan juga lebih sedikit karena tahapan seperti pengumpulan polen tidak dilakukan dan penyerbukan tidak lagi

membutuhkan bantuan manusia. Pengurangan waktu dan tenaga secara langsung juga akan menurunkan biaya operasional produksi benih hibrida.

Mandul jantan (*male sterile*) adalah keadaan tidak berfungsinya gamet jantan karena faktor genetik. Mandul jantan dapat diperoleh dengan mutasi dan persilangan antar spesifik. Peran mandul jantan dalam pemuliaan tanaman, yaitu:

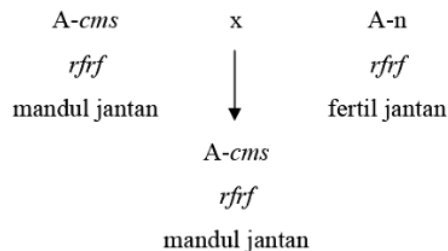
- ✓ Mengurangi emaskulasi dalam persilangan menyerbuk sendiri
- ✓ Meningkatkan penyerbukan silang secara alami pada tanaman menyerbuk sendiri
- ✓ Mempermudah produksi benih hibrida

Terdapat dua jenis mandul jantan, berdasarkan letak gen mandul jantan, yaitu mandul jantan sitoplasmik (*cytoplasmic male sterile*) dan mandul jantan genetik (*genetic male sterile*).

- Mandul Jantan Sitoplasmik (*cytoplasmic male sterile*)

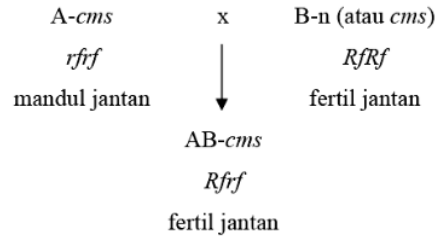
Prosedur penggunaan sistem mandul jantan sitoplasmik dan pemulih kesuburan dalam produksi benih hibrida akan berbeda sesuai dengan tipe persilangan yang dilakukan. Untuk menyederhanakan, pada model-model berikut diasumsikan galur murni yang digunakan dalam pembentukan hibrida memiliki sitoplasma steril (*cms*) atau normal (*n*), dengan pemulih kesuburan oleh gen dominan *Rf*, yang memberikan pemulihan sempurna pada tanaman jagung *cms*.

- ✓ Pemeliharaan Galur Murni *A-cms*



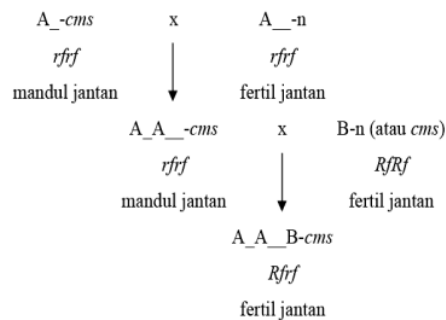
Galur murni mandul jantan, *A-cms*, dipelihara melalui penyerbukan dari galur murni A yang memiliki sitoplasma normal. Tidak ada galur murni yang memiliki gen pemulih dominan. Progeni akan mandul jantan karena sitoplasma diwariskan oleh tetua betina.

✓ Silang Tunggal, AxB



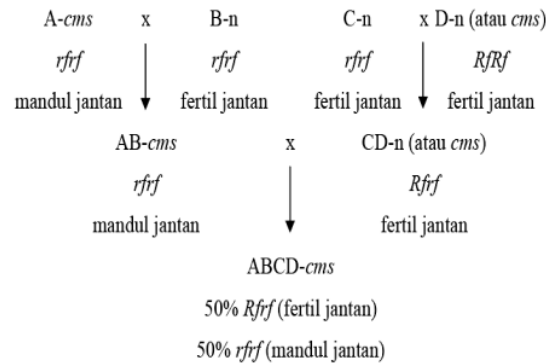
Galur murni yang menghasilkan benih, *A-cms*, bersifat mandul jantan. Galur murni yang menghasilkan pollen, B, dapat memiliki sitoplasma normal atau *cms* dan memiliki gen pemulih kesuburan (*Rf*). Silang tunggal, *AB-cms*, akan memiliki gen pemulih kesuburan yang dan akan menghasilkan pollen normal.

✓ Silang Tunggal yang Dimodifikasi atau Silang Tiga



Galur murni *Acms* bersifat mandul jantan. Inbred *A* akan memiliki sitoplasma normal dan gen-gen yang tidak memulihkan. Silang tunggal *AA* akan bersifat mandul jantan. Galur murni B dapat memiliki sitoplasma normal atau steril dan gen-gen pemulih dominan. Silang tunggal yang dimodifikasi, *AAB*, akan memiliki sitoplasma steril tetapi akan bersifat fertil jantan. Silang tiga dibuat dengan metode yang identik, kecuali galur murni B menggantikan *A* dan galur murni C menggantikan B pada diagram di atas.

✓ Silang Ganda, (A x B) x (C x D)



Hanya 50% tanaman silang ganda ABCD yang ditanam oleh petani akan bersifat fertil jantan, tetapi kondisi ini diperkirakan dapat menyediakan cukup pollen untuk pembuahan. Beberapa alternatif lain juga tersedia. Galur murni C atau D, atau keduanya, dapat membawa gen-gen pemulih kesuburan. Jika keduanya membawa gen-gen pemulih kesuburan, hibrida silang ganda akan 100% fertil jantan. Selain itu, galur murni C atau D, atau keduanya, boleh memiliki sitoplasma steril jika memiliki gen-gen pemulih kesuburan.

Mandul jantan genetik pada jagung telah banyak dilaporkan. Percobaan untuk menggunakan mandul jantan genetik dalam produksi benih hibrida dihalangi oleh ketidakmampuan memelihara galur mandul jantan yang dapat digunakan sebagai tetua betina. Satu sistem yang telah digunakan didasarkan pada penggunaan kromosom yang dimodifikasi, yang dikenal sebagai *duplicate deficient*, yang tidak diwariskan melalui pollen, untuk membuat stok *msms* murni. Sistem ini telah dipatenkan. Penggunaan sistem ini dalam produksi benih hibrida komersial memerlukan evaluasi tambahan (Poehlman, 1983).

13 Varietas hibrida lebih seragam dan mampu berproduksi lebih tinggi 15 - 20% dari varietas bersari bebas. Selain itu, varietas hibrida menghasilkan biji yang lebih besar dibandingkan varietas bersari bebas. Varietas non hibrida merupakan varietas yang mempunyai penampilan yang stabil dan seragam pada galur-galur keturunannya. Varietas non hibrida dapat merupakan varietas bersari bebas, komposit, sintesis, maupun multilini. Perbedaan mendasar antara varietas hibrida dan

non-hibrida antara lain pada tetua persilangan, penampilan  $F_1$  keturunannya, produktivitas benih  $F_2$ , dan pengujian-pengujian dalam perakitan varietas.

## LATIHAN SOAL

**Pilihlah jawaban yang paling tepat!**

1. Berikut ini ciri dari hibrida *single crosses*, kecuali.....
  - a. Hibrida berasal dari persilangan galur tetua yang berbeda
  - b. Hibrida berasal dari persilangan 4 galur yang tidak berkerabat
  - c. Heterozigot untuk semua alel
  - d. Seragam penampilan dan umur serta hasil yang tinggi
  
2. Hibrida yang berasal dari persilangan suatu galu/*single crosses* sebagai betina dengan populasi mix adalah.....
  - a. *Single crosses*
  - b. *Top crosses*
  - c. *Multiple crosses*
  - d. *Three way crosses*
  
3. Berikut ini kelebihan dari varietas hbrida, kecuali.....
  - a. Produktivitas tinggi
  - b. Tanaman/buah/tongkol seragam
  - c. Waktu produksi lama
  - d. Sifat-sifatnya unggul
  
4. Berikut ini tahapan pembentukan hibrida yang benar adalah.....
  - a. Uji DGK dan DGU galur murni, persilangan galur murni terpilih, varietas hibrida, pembuatan galur murni
  - b. Pembuatan galur murni, Uji DGK dan DGU galur murni, persilangan galur murni terpilih, varietas hibrida
  - c. Pembuatan galur murni, persilangan galur murni terpilih, Uji DGK dan DGU galur murni, varietas hibrida
  - d. Pembuatan galur murni, persilangan galur murni terpilih, varietas hibrida, Uji DGK dan DGU galur murni
  
5. Berikut ini peran mandul jantan dalam pemuliaan tanaman, kecuali.....
  - a. Mempermudah produksi benih hibrida

- b. Meningkatkan penyerbukan silang secara alami pada tanaman menyerbuk sendiri
- c. Mengurangi emskulasi dalam persilangan menyerbuk sendiri
- d. Tahapan persilangan semakin banyak

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!**

1. Tuliskan perbedaan antara varietas hibrida dan non hibrida!
2. Jelaskan pengertian dari istilah-istilah berikut ini:
  - a. Varietas hibrida
  - b. Galur inbred
  - c. Varietas sintetik
  - d. Varietas komposit
3. Tuliskan ciri dari hibrida *Three way crosses* !
4. Jelaskan tahapan pembentukan galur murni dan arietas hibrida
5. Tuliskan hambatan dalam perakitan hibrida!
6. Tuliskan kelebihan dan kekurangan varietas hibrida!



## BAB 10

### PEMULIAAN TANAMAN MEMBIAK VEGETATIF

---

Tanaman yang ada tidak semua diperbanyak dengan menggunakan biji. Tanaman budidaya beberapa diantaranya diperbanyak secara vegetatif. Konsekuensi genetik dari tipe perbanyakkan ini bahwa anakan akan mewarisi konstitusi genetik yang identik dengan originnya (asal). Memuliakan tanaman yang diperbanyak vegetatif dapat dilakukan secara lebih cepat karena umumnya melalui prosedur seleksi yang relatif sederhana. Tanaman yang menyerbuk silang dan diperbanyak secara vegetatif yang memiliki depresi *inbreeding* harus diperhatikan agar efek yang merugikan adanya vigor dan karakter unggul lainnya dapat dihindari.

Tanaman dapat dibagi menjadi dua kelompok besar berdasarkan tipe perbanyakkan, pertama yaitu **tanaman yang regenerasinya dilakukan secara generatif melalui bagian-bagian generatif tanaman**. Kedua **tanaman yang regenerasinya dilakukan secara vegetatif melalui bagian-bagian vegetatif tanaman**. Regenerasi melalui perbanyakkan vegetatif pada umumnya ditempuh terutama apabila genotipe tersebut tidak mampu membentuk biji secara normal. Faktor yang menyebabkan tidak terbentuknya biji secara normal, adalah :

1. Sterilitas yang tinggi sehingga **menyebabkan kegagalan dalam pembentukan biji**
2. **Tingkat ploidi yang tinggi sehingga menyebabkan terjadinya gangguan pada proses meiosis**
3. **Heterosigositas yang tinggi sehingga memungkinkan terjadinya segregasi gen yang sangat besar dan depresi *inbreeding* pada keturunannya**
4. **Adanya sifat apomiksis pada tanaman tertentu yang menyebabkan konstitusi genetik keturunannya identik atau hampir identik dengan tetuanya**
5. **Viabilitas benih yang rendah sehingga mempengaruhi ketersediaan benih pada musim selanjutnya**
6. **Kondisi iklim dan kultur teknis yang tidak memungkinkan sehingga menyebabkan kegagalan dalam pembentukan bunga dan biji**

7. Tanaman yang diperbanyak secara vegetatif pada umumnya juga memiliki sifat umur tanaman untuk mencapai satu siklus pertumbuhan yang panjang, contoh: Metode pemuliaan tanaman, seperti yang sejauh ini telah dikenal, mendasari penerapannya pada regenerasi secara generatif. Hal tersebut menimbulkan permasalahan apabila diterapkan pada tanaman membiak vegetatif. Masalah tersebut pada umumnya adalah:

1. Tidak diperolehnya atau sulitnya memperoleh benih sebagai hasil persilangan antara dua atau lebih tetua;
2. Sulitnya mengelola sejumlah besar genotipe-genotipe yang masih bersegregasi;
3. Jenis tanaman apomik, tidak diketemukannya segregasi yang mendasari seleksi;
4. Sulitnya memperoleh genotipe-genotipe unggul;
5. Lamanya pemerolehan suatu genotipe unggul.

#### 10.1. Karakteristik Klon

Keturunan dari satu tanaman tunggal atau sekelompok tanaman hasil perbanyakan vegetatif dikenal sebagai klon. Oleh karena itu, klon sebagai hasil perbanyakan mitosis memiliki beberapa karakteristik umum, seperti :

##### 1. Klon memiliki susunan genetik yang identik

Hal ini karena klon merupakan bagian dari suatu tanaman tunggal hasil regenerasi secara mitosis. Klon tidak memungkinkan terjadinya perubahan susunan genetik seperti halnya yang terjadi pada proses meiosis. Oleh karena itu, secara mendasar dapat dikatakan bahwa dalam suatu klon tidak ditemukan adanya variasi. Perbedaan yang muncul dalam suatu klon terutama disebabkan oleh faktor lingkungan yang tidak diwariskan pada generasi selanjutnya. Namun demikian, variabilitas genetik dalam suatu klon dimungkinkan muncul karena pengaruh mutasi namun dengan kejadian yang sangat kecil. Variasi yang muncul pada klon yang berbeda semata-mata menunjukkan perbedaan genetik dari klon tersebut.

##### 2. Klon memiliki susunan genetik heterozigot

Hampir seluruh tanaman membiak vegetatif memiliki konstitusi genetik yang heterozigot. Regenerasi vegetatif dari tetua dengan konstitusi genetik heterozigot akan memberikan klon-klon dengan konstitusi genetik serupa. Konstitusi genetik suatu klon akan bergantung kepada konstitusi genetik tetuanya.

2

### 3. Klon diperbanyak secara vegetatif

Klon sebagai hasil regenerasi vegetatif akan kembali diperbanyak secara vegetatif pada generasi-generasi selanjutnya, kecuali untuk maksud pemuliaan tanaman yang membutuhkan adanya rekombinasi genetik pada benih yang dihasilkan. Hal ini membawa implikasi karakteristik keturunan yang serupa dengan karakteristik klon yang telah disebutkan.

### 4. Karakteristik suatu klon stabil

Karakteristik suatu klon pada dasarnya akan stabil seperti halnya suatu galur murni, tidak akan terjadi segregasi atau variasi pada generasi selanjutnya, kecuali terjadi mutasi alami. Masa penanaman dan perbanyakan vegetatif tidak menyebabkan karakteristik suatu klon berubah atau dapat dikatakan karakteristik suatu klon akan tetap seperti karakteristiknya semula. Heterosis berpengaruh terhadap ketahanan hama penyakit, atau karakter lain yang diinginkan akan tetap terpelihara pada generasi selanjutnya.

**Tabel 10.1. Perbedaan antara galur murni, *inbred* dan klon**

Kriteria	Galur Murni	Inbred	Klon
Perbanyakan	Seksual/Menyerbuk sendiri	Seksual/Menyerbuk silang	Aseksual/Vegetatif
Sumber Tetua	Keturunan tetua tanaman tunggal menyerbuk sendiri yang homozigot.	Keturunan tetua tanaman tunggal menyerbuk silang yang heterozigot atau persilangan dua tetua yang berkerabat dekat	Keturunan tetua tanaman tunggal hasil perbanyakan vegetatif yang heterozigot
Asal Pemerolehan	Diperoleh melalui penyerbukan sendiri alami: dari tanaman tunggal	Diperoleh melalui penyerbukan sendiri buatan atau persilangan tetua berkerabat dekat	Diperoleh melalui perbanyakan vegetatif: dari tanaman tunggal
Konstitusi Genetik	Homozigot	Homozigot	Heterozigot
Fenotipik	Homogenous	Heterogenous	Homogenous
Tipe Tanaman	Ditemui pada tanaman menyerbuk sendiri	Ditemui pada tanaman menyerbuk silang	Ditemui pada tanaman membiak vegetatif
Titik Perhatian	Digunakan langsung sebagai varietas yang telah dikembangkan	Digunakan hanya sebagai bahan tetua persilangan	Digunakan langsung sebagai varietas yang telah dikembangkan

**Sumber : Chaudhari (1971) dan Agrawal (1998)**

Tabel 10.1 memperlihatkan perbedaan-perbedaan antara galur murni, inbred, dan klon. Karakteristik klon yang secara mendasar berbeda dengan genotipe yang diperoleh dari hasil perbanyakan generatif membutuhkan penanganan dalam proses seleksi yang berbeda dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Seleksi tanaman-tanaman yang regenerasinya dilakukan secara vegetatif dikenal sebagai seleksi klonal.

## 10.2. Seleksi Klonal

Penerapan seleksi pada tanaman membiak vegetatif disebut seleksi klonal. Seleksi klonal merupakan suatu metode seleksi klon-klon yang diterapkan untuk memperoleh tanaman-tanaman membiak vegetatif yang memiliki kemampuan genetik tinggi. Suatu populasi tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, klon unggulnya secara genetik dapat diseleksi dan selanjutnya diperbanyak sebagai kultivar, yang kemudian tanaman dapat dibudidayakan secara komersil.

Seleksi klonal tidak memungkinkan munculnya peningkatan variabilitas genetik antar klon pada generasi selanjutnya. Hal tersebut karena perbanyakan vegetatif dari klon-klon terseleksi akan menghilangkan pengaruh segregasi gen pada keturunannya. Oleh sebab itu, variabilitas genetik dari klon-klon yang diperbanyak secara vegetatif dari masa ke masa tidak akan berubah sejalan dengan regenerasi klon-klon tersebut. Hal ini membatasi tingkat keefektifan dari penerapan seleksi klonal.

Keefektifan seleksi klonal dipengaruhi semata-mata oleh kemampuan memilih genotipe-genotipe terbaik dari suatu populasi. Hal tersebut berkaitan erat dengan variabilitas genetik yang muncul pada populasi yang diseleksi. Sebagaimana telah diketahui bahwa variabilitas genetik yang besar akan memberikan keleluasaan dalam pemilihan sehingga seleksi akan berjalan efektif. Variabilitas genetik dapat diperoleh dari rekombinasi gen, melalui hibridisasi atau rekayasa genetik, induksi mutasi, atau poliploid. Variabilitas genetik yang besar muncul apabila kedua tetua yang digabungkan memiliki karakteristik yang satu sama lain berbeda. Hasil seleksi klonal yang terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan sejumlah besar materi genetik yang bervariasi dengan sumber variasi yang berbeda. Seleksi klonal menekankan pada tiga aspek, yaitu :

1. Konstitusi genetik kedua tetua yang mampu memberikan variabilitas genetik yang luas pada keturunannya;

2. Kehadiran karakter pada kedua tetua yang ingin digabungkan pada satu genotipe keturunannya;
3. Kemudahan menduga ekspresi genetik yang ditampilkan yang didukung oleh variabilitas genetik yang luas.

Setiap klon terseleksi pada dasarnya mempunyai peluang untuk digunakan langsung sebagai klon komersial. Berbeda dengan tanaman hasil regenerasi generatif yang memunculkan pengaruh segregasi gen, tanaman yang diperbanyak secara vegetatif memiliki konstitusi genetik yang tidak akan berubah sejalan dengan regenerasi pembiakan vegetatif. Genotipe terpilih dari suatu seleksi klonal tanaman membiak vegetatif pada prinsipnya dapat secara langsung digunakan sebagai klon komersil.

### 10.3. Prosedur Seleksi Klonal

Penerapan seleksi klonal pada dasarnya dibedakan atas sumber materi dan kompleksitas konstitusi genetik dari materi tersebut. Penerapan seleksi klonal tersebut adalah :

1. Seleksi klonal terhadap materi-materi hasil perbanyakan generatif, introduksi, atau populasi alam/yang sudah tersedia.
2. Seleksi klonal terhadap materi hasil hibridisasi.
3. Seleksi klonal terhadap materi hasil mutasi.

Dari ketiga sumber materi seleksi klonal tersebut, pada umumnya seleksi klonal mengikuti prinsip prosedur sebagai berikut :

#### 1. Tahap Pertama

Tahap ini dilakukan dengan menanam materi klon-klon yang tersedia dan dilakukan pengujian terhadap klon-klon, baik terhadap penampilan tanaman secara umum maupun penampilan tanaman yang lebih spesifik. Penampilan yang dilakukan pengujian seperti respon tanaman pada cekaman lingkungan, sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Tahap selanjutnya, dilakukan seleksi terhadap klon-klon yang memberikan penampilan yang terbaik. Klon-klon terbaik dipanen secara terpisah dan dicatat keunggulan hasil dan karakteristik lainnya, sedangkan klon-klon tidak terpilih dikesampingkan.

## 2. Tahap Kedua

Tahap ini dilakukan kembali penanaman dan pengujian klon-klon terpilih hasil kegiatan tahap pertama. Pengujian yang dilakukan serupa dengan yang dilakukan pada tahap pertama, kemudian dilakukan seleksi kembali terhadap klon-klon terbaik secara lebih akurat/ketat. Klon-klon terbaik dipanen secara terpisah dan dicatat kembali keunggulan hasil dan karakteristik lainnya.

## 3. Tahap Ketiga

Tahap ini diharapkan jumlah materi seleksi dari setiap klonal telah bertambah. Pada tahap ini mulai dilakukan pengujian pendahuluan yang diulang beberapa kali, sesuai dengan kebutuhan, dengan menyertakan pula kultivar cek. Langkah selanjutnya melakukan seleksi kembali lebih mendalam terhadap klon-klon yang memberikan karakteristik unggul.

## 4. Tahap Keempat sampai Ketujuh

Tahap ini merupakan kegiatan pemantapan terhadap klon-klon terpilih. Pada tahap-tahap ini, apabila diperlukan dilakukan pengujian pada beberapa lingkungan sesuai dengan kebutuhan, baik sebagai pengujian multilokasi atau pengujian multilingkungan lainnya. Seleksi klon-klon yang memberikan penampilan atau karakteristik unggul. Kegiatan pada tahap ini juga diorientasikan untuk perbanyak/penyediaan klon-klon unggul.

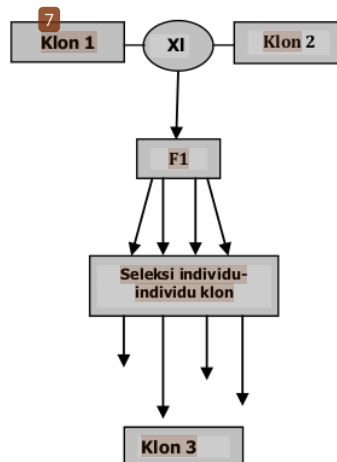
## 5. Tahap Kedelapan

Tahap ini, klon-klon yang terpilih pada pengujian sebelumnya dipersiapkan untuk dilepas sebagai kultivar komersil. Kegiatan selanjutnya adalah proses pelepasan kultivar unggul tanaman membiak vegetatif. <sup>9</sup> Beberapa tanaman membiak vegetatif memiliki siklus hidup yang relatif lebih singkat. Beberapa tanaman membiak vegetatif juga memiliki latar belakang genetik dan tingkat heterosigositas yang berbeda. Hal tersebut pada akhirnya menyebabkan berbedanya tahap prosedur seleksi klonal yang dilakukan. Dengan demikian, prosedur seleksi klonal tidak bersifat baku. Seleksi klonal seringkali juga memperlihatkan tahapan prosedur seleksi klonal yang berbeda dari dengan prosedur yang telah dijelaskan tersebut.

Beberapa tanaman membiak vegetatif tertentu memiliki kemampuan melakukan regenerasi seksual secara normal dan terutama memiliki umur/siklus pertumbuhan yang relatif singkat. Hal tersebut memberikan keuntungan tersendiri bagi pemuliaan tanaman membiak vegetatif, karena proses segregasi yang terjadi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan variabilitas genetik antar dan inter populasi tanaman; terlebih apabila umur/siklus pertumbuhan tanaman tersebut relatif singkat. Oleh karena itu, dari prosedur seleksi klonal yang telah dijelaskan, diantara tahap prosedur tersebut dapat pula dilakukan tahapan proses segregasi. Gambar 17. memperlihatkan prinsip prosedur seleksi klonal.

#### 10.4. Prinsip Seleksi Klonal

Prosedur seleksi klonal tidak bersifat baku. Penerapan prosedur seleksi klonal dapat berbeda-beda tergantung kepada genotipe yang akan dikembangkan, mencakup latar belakang genetik, permasalahan pemuliaan, dan tujuan pemuliaan tanamannya. Namun demikian, terdapat beberapa prinsip yang harus menjadi pertimbangan dalam menerapkan seleksi klonal, yaitu:



Gambar 10.1. Prinsip Prosedur Seleksi Klonal

1. Persilangan dua tetua tanaman membiak vegetatif pada umumnya memiliki tujuan meningkatkan konstitusi genetik dan memperoleh karakter spesifik yang diinginkan. Tanaman membiak vegetatif pada umumnya merupakan tanaman menyerbuk silang dengan konstitusi genetik yang heterozigot. Oleh karena itu, persilangan yang menimbulkan *depresi inbreeding* sedapat mungkin harus dihindari

seperti persilangan sendiri maupun persilangan berkerabat dekat. Sebaliknya, persilangan berkerabat jauh (*distant hybridization*) dapat menyebabkan semakin kecilnya peluang diperolehnya karakter spesifik yang diinginkan karena segregasi gen yang sangat besar. Oleh karena itu, keberhasilan pencapaian tujuan persilangan pada tanaman membiak vegetatif sangat tergantung kepada pemilihan tetua persilangannya.

2. Apabila genotipe hasil persilangan tidak diregenerasikan secara generatif, segregasi gen pada tanaman membiak tidak akan terjadi. Oleh karena itu, seleksi pada F<sub>1</sub> memberikan peluang diperolehnya klon unggul baru. Apabila pada F<sub>1</sub> tidak ditemukan klon-klon unggul seperti yang diharapkan, maka persilangan antar tetua harus dilakukan kembali, atau harus dilakukan kombinasi persilangan yang berbeda.
3. Perbanyak klon yang heterozigot dan tingkat heterozigositas antar klon dari generasi ke generasi ditempuh melalui perbanyak vegetatif. Oleh karena itu, pada seleksi klonal tidak ditemukan adanya segregasi gen yang mengarah kepada perubahan peningkatan variabilitas genetik di antara genotipe dalam populasi. Persilangan sendiri individu-individu dalam suatu klon cenderung menyebabkan *depresi inbreeding*. Oleh karena itu, persilangan yang mengarah kepada peningkatan homozigositas harus dihindarkan.
4. Seleksi terhadap genotipe-genotipe unggul dalam klon yang sama tidak efektif dilakukan, kecuali apabila klon-klon tersebut dikembangkan melalui induksi mutasi. Hal tersebut karena semua individu klon secara genetik memiliki konstitusi genetik yang serupa. Perbanyak vegetatif dari klon-klon terseleksi yang dikembangkan melalui induksi mutasi memungkinkan diperolehnya pengaruh *khimera* pada klon-klon hasil regenerasinya. Oleh karena itu, seleksi di antara individu hasil regenerasi klon-klon terseleksi tetap diperlukan.
5. Pengujian klon-klon pada pemuliaan tanaman membiak vegetatif didasarkan pada penampilan tanaman tunggal. Hal tersebut karena setiap keturunan dari klon-klon terseleksi akan memiliki konstitusi genetik yang sama dengan tetuanya. Populasi klon dalam setiap keturunan dari klon-klon terseleksi memiliki penampilan yang homogen, sehingga heritabilitas karakternya sangat tinggi. Seleksi klonal umumnya



tidak lagi membutuhkan pengujian keturunan untuk menilai tingkat keseragaman genetik suatu populasi.

6. Waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu klon unggul baru sangat tergantung kepada metode perbanyakan vegetatif dan spesies tanaman yang dikembangkan. Metode perbanyakan klon-klon terseleksi berbeda-beda tergantung dari spesies tanaman yang dikembangkan. Adakalanya ditemui suatu metode perbanyakan vegetatif tertentu relatif sulit dilakukan dibandingkan dengan metode perbanyakan lainnya. Oleh karena itu, jumlah generasi seleksi klonal yang dibutuhkan untuk setiap spesies tanaman akan berbeda-beda pula.
7. Jumlah bibit atau tanaman yang ditanam pada setiap tahap seleksi sangat bervariasi tergantung kepada spesies tanaman yang akan dikembangkan dan sumberdaya yang dimiliki. Seringkali ditemui suatu spesies mampu meregenerasi secara vegetatif lebih banyak dibandingkan tanaman lainnya. Dengan demikian, hal tersebut juga mempengaruhi jumlah generasi seleksi klonal yang dibutuhkan.
8. Banyaknya generasi seleksi yang dilakukan dipengaruhi oleh umur tanaman dari spesies tanaman yang dikembangkan, jumlah karakter yang diseleksi, dan ekstensivitas penggunaan klon unggul baru. Umur suatu genotipe tanaman membiak vegetatif yang panjang secara langsung akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam seleksi klonal. Jumlah karakter yang diseleksi terutama menyebabkan semakin kecilnya peluang keberhasilan seleksi serta meningkatkan sumber daya yang dibutuhkan dalam seleksi klonal. Tujuan pemuliaan yang mendalam (ekstensif) membutuhkan penanganan yang relatif lebih besar.

#### 10.5. Seleksi Klonal Pada Tebu

Seleksi klonal yang khas untuk pengembangan tanaman tebu dapat dijelaskan, sebagai berikut :

##### 1. Generasi Persilangan

Kegiatan yang dilakukan yaitu persilangan antara klon A dengan klon B untuk diperoleh benih hasil rekombinasi kedua tetua persilangan (Gambar 18). Persilangan juga dapat dilakukan dalam bentuk polycross; tergantung kepada tujuan dan kebutuhannya. Pada kasus yang berbeda, untuk memperoleh materi pemuliaan yang memiliki konstitusi genetik yang berbeda dapat pula ditempuh melalui penerapan induksi mutasi.

## 2. Musim Tanam Pertama

Sejumlah 10.000 benih tanaman hasil persilangan ditanam untuk memperoleh tanaman F1 (Gambar 18). Pada musim tanam ini mulai dilakukan seleksi terhadap 1.000 tanaman dengan penampilan vigor, tinggi tanaman, kerebahan, atau karakter lain yang terbaik. Tahap berikutnya dilakukan perbanyakan secara vegetatif terhadap tanaman-tanaman terpilih untuk digunakan sebagai klon-klon pengujian pada tahap selanjutnya.

## 3. Musim Tanam Kedua dan Ketiga

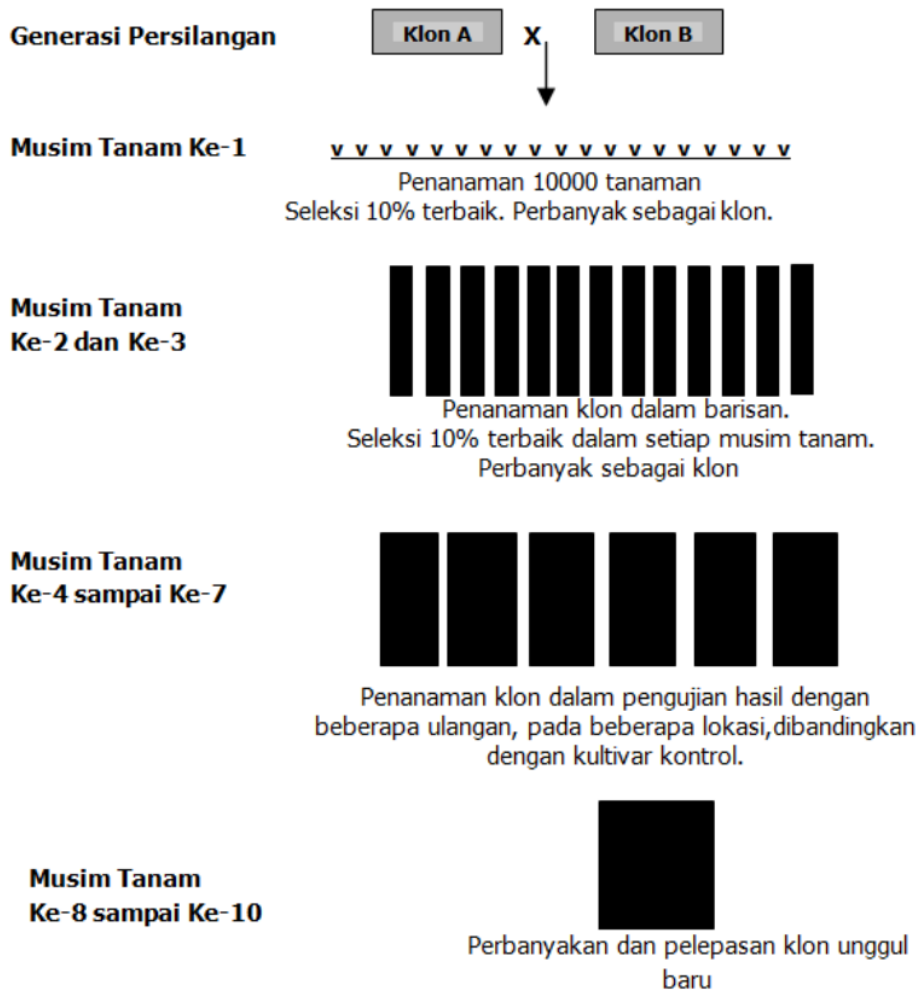
Sejumlah 1.000 klon hasil perbanyakan pada musim pertama ditanam dalam barisan-barisan (row plots) untuk memperoleh klon generasi ke-dua (Gambar 18). Selanjutnya dilakukan seleksi dan perbanyakan vegetatif terhadap 100 klon terbaik untuk diteruskan pada musim tanam berikutnya. Pada musim tanam ke-tiga dilakukan penanaman terhadap 100 klon terseleksi, yang kemudian akan dilakukan seleksi lagi terhadap 10 klon yang memiliki penampilan kandungan gula dan ketahanan terhadap penyakit. Perbanyakan vegetatif terhadap sejumlah 10 klon unggulan dilakukan untuk menyediakan bahan pengujian untuk tahap selanjutnya. Pada kegiatan musim tanam ini, penanaman sebaiknya dilakukan pada dua lokasi yang berbeda.

## 4. Musim Tanam Keempat sampai Ketujuh

Sejumlah 10 klon-klon unggulan hasil seleksi musim sebelumnya ditanam sebagai plot-plot perlakuan dengan desain tata ruang percobaan, dilakukan perulangan sesuai dengan kebutuhan (Gambar 18). Percobaan dilakukan pada beberapa lokasi yang berbeda dengan menyertakan kultivar kontrol sebagai pembanding. Pengamatan yang dilakukan sama dengan tahap sebelumnya. Penampilan klon-klon diseleksi didasarkan pada keunggulannya dibandingkan dengan kultivar kontrol. Klon-klon terseleksi diperbanyak secara vegetatif untuk digunakan sebagai materi pemuliaan pada musim tanam berikutnya.

5. Musim Tanam Kedelapan sampai Kesepuluh

Sejumlah klon-klon harapan yang merupakan produk kegiatan tahap sebelumnya diregenerasikan secara vegetatif untuk maksud memperbanyak dan melepaskan klon-klon unggul baru (Gambar 18). Untuk maksud tersebut, pengujian seringkali juga dilakukan pada lokasi yang berbeda sebagai uji multilokasi, sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai.

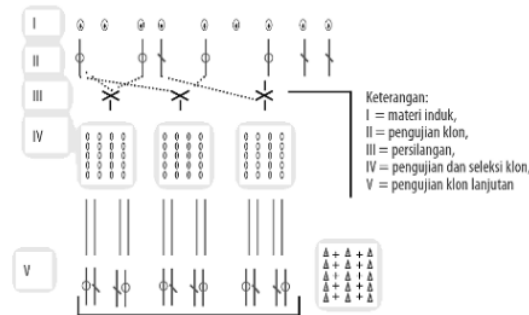


Gambar 10.2. Bagan prosedur seleksi klonal tanaman tebu. Sumber : Poehlam dan Sleper (1995)

### 10.6. Seleksi Klonal Pada Kopi

Beberapa teknik seleksi klonal dapat diterapkan berbeda tergantung kepada jenis tanaman yang akan dikembangkan. Salah satu prosedur seleksi klonal yang telah diterapkan di Indonesia dilakukan pada tanaman kopi. Tanaman kopi memiliki

sejumlah karakteristik tertentu yang selanjutnya akan mempengaruhi prosedur seleksi klonalnya. Kopi merupakan tanaman membiak vegetatif yang memiliki siklus hidup yang panjang. Pengusahaan kopi pada umumnya dilakukan pada areal pertanian yang relatif terbatas, yakni pada dataran tinggi atau dataran rendah. Hal tersebut antara lain membawa konsekuensi kepada pendekatan seleksi klonal yang berbeda dengan prosedur umum seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Gambar 19. memperlihatkan prosedur seleksi klonal yang diterapkan pada tanaman kopi.



**Gambar 10.3. Bagan prosedur seleksi klonal pada tanaman kopi *Canephora*. Sumber : Carvalho *dkk.* (1968)**

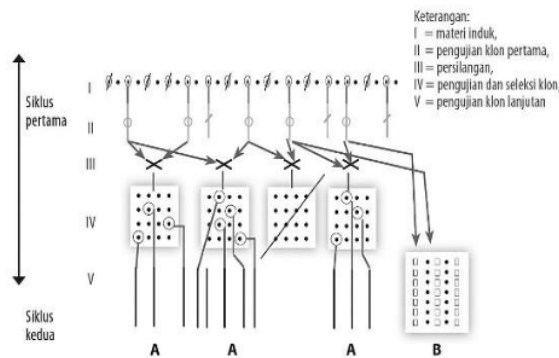
Pada seleksi klonal tanaman kopi, seleksi terhadap genotipe-genotipe hasil persilangan ditujukan hanya untuk mendapatkan sejumlah klon yang siap untuk diuji keunggulannya. Pada tahap ini tidak perlu lagi dilakukan kegiatan serupa pada musim tanam selanjutnya. Untuk meningkatkan keterpercayaan terhadap seleksi genotipe-genotipe hasil persilangan, pada tahap ini juga dilakukan seleksi terhadap karakter-karakter lain yang menunjang penampilan hasil kopi.

Pada seleksi klonal tanaman kopi, klon-klon yang diperoleh dari hasil perbanyakan vegetatif dari genotipe-genotipe terseleksi, secara langsung diuji penampilan hasilnya pada suatu rancangan percobaan; dibandingkan dengan kultivar kontrol. Pada tahap ini, percobaan klon-klon terseleksi tidak dilakukan pada beberapa lokasi yang berbeda. Hal tersebut karena pertanian kopi sudah secara spesifik menempati areal yang relatif sempit. Klon-klon terseleksi pada tahap kegiatan ini secara langsung dapat direkomendasikan sebagai klon unggul baru.

### 10.7. Seleksi Klonal Pada Karet

Pemuliaan tanaman karet memiliki sejumlah kendala utama seperti latar belakang genetik yang sempit, umur tanaman yang panjang, bahan tetua persilangan yang terbatas, dan interaksi genotipe dengan lingkungan yang besar; selain juga masa pembungaan yang tidak serempak dan terkait dengan musim, serta pembentukan set buah yang rendah. Kendala-kendala tersebut mempengaruhi penerapan prosedur seleksi klonal pada tanaman karet. Prosedur seleksi klonal tanaman karet disajikan pada Gambar 20. berikut ini.

Seleksi klonal pada tanaman karet dilakukan secara bergantian dengan kegiatan persilangan antar klon terpilih. Hal ini dimungkinkan dilakukan mengingat, misalnya, masa pembungaan yang tidak serempak dan terkait dengan musim. Sempit-nya latar belakang genetik dan terbatasnya bahan tetua persilangan tanaman karet menyebabkan rekombinasi genotipe dilakukan antar klon-klon hasil seleksi pada siklus sebelumnya; klon-klon tersebut memiliki konstitusi genetik baru yang belum tersedia sebelumnya. Permasalahan pembungaan dan umur tanaman yang panjang meng-haruskan pemulia tanaman karet bekerja tanpa menunggu saat yang terbaik; diper-olehnya jumlah bunga yang banyak dari materi-materi pemuliaan yang diharapkan. Langkah seleksi klonal tersebut dilakukan secara terus-menerus sampai diperoleh klon unggul baru seperti yang diharapkan.



**Gambar 10.4. Bagan prosedur seleksi klonal pada tanaman karet**  
Siklus seleksi diulang kembali seperti kegiatan yang dilakukan pada tahap III dan IV sampai ditemukan klon unggul baru sesuai yang diinginkan.  
Sumber : Ferwerda (1968)

## 10.8. Keuntungan dan Kelemahan<sup>2</sup>

Beberapa keuntungan pelaksanaan seleksi klonal untuk tanaman-tanaman membiak vegetatif, diantaranya adalah :

### 1. Karakteristik klon stabil

Klon sama halnya seperti galur murni, kultivar yang dikembangkan secara klonal memiliki kestabilan tinggi dan terhindar dari pengaruh segregasi gen, kecuali terjadi mutasi. Hal tersebut menyebabkan sederhananya penerapan seleksi klonal.

### 2. Karakteristik heterosis mudah dipertahankan

Perbanyakan vegetatif memungkinkan dipertahankannya keunggulan heterosis dari masa ke masa, tanpa terlebih dahulu dilakukan seperti tahap pembentukan jagung hibrida. Oleh karena itu, pemuliaan *hybrid vigor* pada tanaman membiak vegetatif selalu menjadi perhatian utama.

### 3. Penerapan seleksi klonal sederhana

Seleksi klonal hanya didasarkan pada keunggulan penampilan klon-klon yang diuji, dibandingkan dengan kultivar kontrolnya. Perhatian pemulia pada seleksi klonal hanya ditujukan terhadap pengujian klon-klon yang diuji tersebut, titik perhatian tidak terganggu oleh pemunculan variabilitas genetik akibat segregasi gen. Seleksi klon dalam perkembangannya saat ini hanya ditujukan kepada hasil suatu tanaman membiak vegetatif.

Namun demikian ditemukan juga beberapa kelemahan dalam seleksi klonal, terutama adalah :

### 1. Seleksi klonal hanya untuk tanaman membiak vegetatif

Seleksi klonal tidak mampu memisahkan pengaruh segregasi gen yang muncul pada generasi berikutnya, seperti pada tanaman yang diperbanyak secara generatif. Oleh karena itu, prosedur seleksi klonal tidak dapat diterapkan pada tanaman-tanaman yang diregenerasikan melalui biji.

### 2. Seleksi klonal tidak menimbulkan variasi baru

Kemajuan seleksi klonal dibatasi hanya kepada pemilihan genotipe-genotipe unggul yang telah ada dalam populasi. Oleh karena itu, variabilitas genetik yang

dimiliki oleh tetua persilangan sangat menentukan keberhasilan penerapan seleksi klonal suatu tanaman membiak vegetatif.

Regenerasi melalui perbanyakan vegetatif pada umumnya ditempuh terutama apabila genotipe tersebut tidak mampu membentuk biji secara normal. Metode pemuliaan tanaman, seperti yang sejauh ini telah dikenal, mendasari penerapannya pada regenerasi secara generatif. Hal tersebut menimbulkan permasalahan apabila diterapkan pada tanaman membiak vegetatif. Masalah tersebut pada umumnya adalah:

1. Tidak diperolehnya atau sulitnya memperoleh benih sebagai hasil persilangan antara dua atau lebih tetua;
2. Sulitnya mengelola sejumlah besar genotipe-genotipe yang masih bersegregasi;
3. Pada tanaman apomik, tidak diketemukannya segregasi yang mendasari seleksi;
4. Sulitnya memperoleh genotipe-genotipe unggul;
5. Lamanya pemerolehan suatu genotipe unggul.

Keturunan dari satu tanaman tunggal atau sekelompok tanaman hasil perbanyakan vegetatif dikenal sebagai klon. Oleh karena itu, klon sebagai hasil perbanyakan mitosis memiliki beberapa karakteristik umum, seperti :

1. Klon memiliki susunan genetik yang identik
2. Klon memiliki susunan genetik heterosigos
3. Klon diperbanyak secara vegetatif
4. Karakteristik suatu klon stabil

Beberapa keuntungan pelaksanaan seleksi klonal untuk tanaman-tanaman membiak vegetatif, diantaranya adalah :

1. Karakteristik klon stabil
2. Karakteristik heterosis mudah dipertahankan
3. Penerapan seleksi klonal sederhana

Namun demikian ditemukan juga beberapa kelemahan dalam seleksi klonal, terutama adalah :

1. Seleksi klonal hanya untuk tanaman membiak vegetatif
2. Seleksi klonal tidak menimbulkan variasi baru

## LATIHAN SOAL

Pilihlah jawaban yang benar!

1. Keturunan dari satu tanaman tunggal atau sekelompok tanaman hasil perbanyakan vegetatif dikenal dengan istilah....
  - a. Varietas
  - b. Klon
  - c. Galur
  - d. Kultivar
  
2. Faktor yang menyebabkan tanaman tidak dapat menghasilkan biji adalah....
  - a. Ketidakserasian sendiri (*self-incompability*)
  - b. Adanya sifat heterogami pada tanaman
  - c. Tingkat ploidi yang tinggi ehingga menyebabkan terganggunya proses meiosis
  - d. Heterozigositas yang rendah sehingga terjadinya segregasi
  
3. Berikut ini yang merupakan karakteristik klon adalah, kecuali.....
  - a. Klon memiliki susunan genetik yang identil
  - b. Klon memiliki susunan genetik yang homozigot
  - c. Klon diperbanyak secara vegetating
  - d. Karakteristik suatu klon stabil
  
4. Perbedaan antara galur murni dan klon adalah....
  - a. Galur murni ditemui pada tanaman menyerbuk silang, klon pada tanaman membiak vegetatif
  - b. Konstitusi gen galur murni heterozigot, klon bersifat homozigot
  - c. Sumber tetua galur murni yaitu tetua tunggal menyerbuk sendiri, pada klon keturunan tetua menyerbuk silang
  - d. Perbanyakan pada galur murni seksual, sedangkan klon aseksual
  
5. Penerapan seleksi klonal dibedakan berdasarkan sumber materi diantaranya, kecuali.....
  - a. Seleksi klonal hasil mutasi



- b. Seleksi klonal populasi alam
  - c. Seleksi klonal hasil hibridisasi
  - d. Seleksi klonal populasi buatan
6. Keefektifan dalam melakukan seleksi klonal dipengaruhi oleh.....
- a. Waktu pelaksanaan seleksi
  - b. Bahan tanam yang digunakan
  - c. Kemampuan memilih genotip-genotip terbaik
  - d. Metode seleksi yang digunakan
7. Prosedur seleksi klonal yang dimana dilakukan pengujian sebelum dilepas sebagai kultivar komersial terdapat pada tahapan ke.....
- a. Pertama
  - b. Kedua
  - c. Keempat sampai ketujuh
  - d. Kedelapan
8. Seleksi terhadap genotip-genotip unggul dalam klon yang sama tidak efektif dilakukan dikarenakan.....
- b. Semua individu klon secara genetik memiliki konstitusi genetik yang serupa
  - c. Semua individu klon secara genetik memiliki konstitusi genetik yang berbeda
  - d. Adanya segregasi sehingga peningkatan variabilitas genetik
  - e. Klon memiliki penampilan yang heterogen sehingga penampilannya tidak sama dengan tetua
9. Pemuliaan tanaman karet memiliki sejumlah kendala utama diantaranya yaitu, kecuali.....
- b. Latar belakang genetik yang sempit
  - c. Umur tanaman yang panjang
  - d. Bahan tetua persilangan yang terbatas
  - e. Interaksi genotip dengan lingkungan yang kecil

10. Prosedur seleksi klonal dapat berbeda-beda bergantung pada....

- a. Genotip yang akan dikembangkan
- b. Latar belakang genetik
- c. Tujuan pemulia tanamannya
- d. Biaya yang dikeluarkan

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:**

1. Sebutkan hal-hal yang menyebabkan tidak terbentuknya biji secara normal!
2. Sebutkan alasan yang menyebabkan tanaman harus membiak secara vegetatif!
3. Jelaskan prosedur seleksi klonal!
4. Jelaskan mengapa klon memiliki susunan genetik yang identik!
5. Sebutkan aspek-aspek dalam seleksi klonal!
6. Jelaskan proses seleksi klonal pada kopi!
7. Jelaskan kelebihan dan kelemahan pada seleksi klonal!
8. Sebutkan prinsip-prinsip dalam seleksi klonal!
9. Gambarkan bagan prosedur seleksi klonal pada tanaman tebu!
10. Mengapa seleksi klonal pada tanaman karet perlu dilakukan bergantian dengan kegiatan persilangan antar klon terpilih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, George. 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing. Available in e-book.
- Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development. Volume I : Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. New York.
- Gomez, K.A., dan A.A Gomez. 1995. Prosedur statistik Untuk Penelitian Pertanian. Terjemahan T. Sjamsudin dan J.S Baharsyah. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kearsey, M.J. and H.S. Pooni. 1996. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. Chapman & Hall. London.
- Poehlman, J.M., and D.A. Sleper. 1995. Breeding Field Crop. Iowa State University Press. Ames.
- Simmonds, N.W. 1979. Principles of Crop Improvement. Longman Group Limited. Essex.
- Acquaah G. 2007. Principles of Plant Genetics & Breeding. Chapter I. History and Role Plant Breeding in Society. Blackwell Publishing. (Referensi Utama)
- Mongue, E.S. 1993. Introduction. In : M.D. Hayward, N.O. Bosemark (eds). Plant Breeding, Principle, and Prospect. Chapman and Hall, London. Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- Redi a. 2015. Analisis Dan Evaluasi Hukum Tentang Pemanfaatan Sumber Daya Genetik. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sistem Hukum Nasional Badan Pembinaan Hukum Nasional Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. Jakarta.
- Sleper dan Poehlman 2006. Breeding Field Crop. Chapter I. Plant Breeder and Their Work. (Referensi Utama)
- Smolders, H. and E. Caballeda. 2006 *Field Guide for Participatory Plant Breeding in Farmer Field Schools with Emphasis on Rice and Vegetables*. Participatory Enhancement of Diversity of Genetic Resources in Asia.
- W.S. Ramono dalam Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (2004). Prosiding Workshop Nasional Konservasi, Pemanfaatan dan Pengelolaan

Sumberdaya Genetik Tanaman Hutan, 8 Nopember 2004. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Yogyakarta, hlm. 21-27

- Agrawal, R.L. 1998. *Fundamental of Plant Breeding and Hybrid Seed Production*. Science Publishers, Inc. New Hampshire.
- Burton, G.W. 1980. Utilization of hybrid vigor. In D.R. Wood. *Crop Breeding*. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Madison. Wisconsin.
- Carvalho, A., F.P. Ferwerda, J.A. Frahm-Leliveld, D.M. Medina, A.J.T. Mendez, and L.C. Monaco. 1968. Coffe. In F.P. Ferwerda and F. Wit. *Outlines of Perennial Crop Breeding in The Tropics*. H. Veenman & Zonen N.V. Wageningen.
- Chaudhari, H.K. 1971. *Elementery Principles of Plant Breeding*. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi.
- Fehr, W.R. 1987. *Principles of Cultivar Development. Volume I : Theory and Technique*. Macmillan Publishing Company. New York.
- Ferwerda, F.P. 1968. Rubber. In F.P. Ferwerda and F. Wit. *Outlines of Perennial Crop Breeding in The Tropics*. H. Veenman & Zonen N.V. Wageningen.
- Poehlman, J.M., and D. Borthakur. 1969. *Asian Breeding Field Crop*. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi.
- Poehlman, J.M., and D.A. Sleper. 1995. *Breeding Field Crop*. Iowa State University Press. Ames.
- Retno Hulupi dan Surip Mawardi. 1992. Pemuliaan tanaman kopi. Dalam AstantoKasno, Marsum Dahlan, dan Hasnam. *Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I*. Perhimpunan Pemulia Tanaman Indonesia. Komisariat Daerah Jawa Timur.
- Simmonds, N.W. 1979. *Principles of Crop Improvement*. Longman Group Limited. Essex.
- Tan, H. 1987. Strategies in rubber tree breeding. In A.J. Abbott and R.K. Atkin. *Improving Vegetatively Propagated Crops*. Academic Press. London.
- Acquaah, George. 2007. *Principles if Plant Genetics and Breeding*. Blackwell Publishing. Available in e-book.

- Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development, v.1 : Theory and technique. Macmillan Publishing Company : New York.
- Sleper, D.A. and poehlman, J.M. 2006. Breeding Field Crops, Fifth Edition. Blackwell Publishing.
- Yuniarti R., Sujiprihati S., Syukur M. 2017. Teknik Persilangan Buatan. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/60268>. [Diakses pada 19 September 2019].
- Balai Penelitian Tanaman Sayuran. 2014. Persilangan untuk Merakit Varietas Unggul Baru Kentang. *Jurnal IPTEK Tanaman Sayuran*. No. 004 Hal: 1-7.
- Kuswanto. 2012. Perkembangbiakan tanaman. <http://kuswanto.lecture.ub.ac.id/files/2012/02/2.Kwt-Perkembangbiakan-Tanaman.pdf>. [Diakses pada 11 September 2019]
- Zakky. 2018. <https://www.zonareferensi.com/bagian-bagian-bunga/>. [Diakses pada 12 September 2019]
- Mangoendidjojo W. 2003. Dasar-dasar Pemuliaan Tanaman. Yogyakarta (ID). Kanisius.
- Hakim, L. 2010. Keragaman genetik, heritabilitas, dan korelasibeberapa karakter agronomi pada galur F2 hasil persilangan kacang hijau(Vigna radiate [L.] wilczek). *Berita Biologi* 10(1):23-32
- Suharsono, M. Jusuf, dan Paserang AP. 2006. Analisis ragam, heritabilitas, dan pendugaan kemajuan seleksi populasi F2 dari persilangan kedelai kultivar Slamet dan Nokonsawon. *Jurnal Tanaman Tropika*. XI (2):86-93.
- Barmawi M, Sa'diyah N, Yantama E. 2013. Kemajuan Genetik Dan Heritabilitas Karakter Agronomi Kedelai (Glycine max [L.] Merrill) Generasi F2 Persilangan Wilis dan Mlg2521. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung

## GLOSARIUM

- Fenotip adalah karakteristik yang tertampilkan/teramati, yang umumnya berubah secara kontinyu sepanjang hidup individu, serta arah perubahannya sesuai dengan fungsi rangkaian lingkungan yang dialami individu.
- Genotip adalah sifat penting pada organisme yang tetap konstan sepanjang hidupnya, dan yang pada dasarnya tidak berubah karena pengaruh lingkungan. Genotip dapat berarti suatu kelompok individu yang memiliki konstitusi genetik yang sama, misal genotip A, B, C, dst.
- Domestikasi atau pembudidayaan tanaman, yaitu suatu cara dimana tanaman liar diubah menjadi tanaman budidaya melalui evolusi dan seleksi.
- Varians, merupakan kuadrat simpangan (deviasi) dari rata-rata.
- Varians fenotipik, adalah variasi total yang merupakan jumlah dari varians genotip dan varians lingkungan serta interaksi genotip dengan lingkungan.
- Varians genotipik, merupakan varians yang disebabkan oleh faktor-faktor genetik.
- Varians lingkungan, merupakan varians yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan
- Variabilitas, adalah keragaman.
- Plasma nutfah (*germplasm*), merupakan koleksi bahan dasar atau sumber genetik dalam pemuliaan tanaman.
- Heritabilitas, adalah porsi genetik dari fenotip yang diturunkan dari tetua kepada keturunannya.
- Heritabilitas arti luas (*broad sense heritability*), adalah porsi genetik dari fenotip yang diturunkan berdasarkan varians genetik total.
- Heritabilitas arti sempit (*narrow sense heritability*), adalah porsi genetik dari fenotip yang diturunkan berdasarkan varians genetik aditif.
- Daya gabung umum (*general combining ability*), kemampuan tanaman rata-rata keseluruhan persilangan yang dilakukan.
- Daya gabung khusus (*specific combining ability*), adalah kemampuan suatu hasil persilangan lebih baik dari rata-rata keseluruhan persilangan yang dilakukan.

- Introduksi adalah kegiatan memasukkan genotip tanaman dari luar negeri yang dapat digunakan untuk kegiatan pemuliaan atau sebagai sumber tetua persilangan atau sumber gen-gen baru yang bermanfaat.
- Seleksi adalah kegiatan pemilihan tanaman yang sesuai dengan kehendak pemulia; terdapat berbagai metode seleksi yang dapat diterapkan dalam pemuliaan.
- Hibridisasi adalah persilangan yang dapat terjadi secara alami maupun buatan.
- Inbreeding merupakan peristiwa penurunan sifat yang diwariskan melalui proses persilangan sendiri yang sinambung, biasanya terjadi pada tanaman menyerbuk silang.
- Heterosis (*vigor hibrida*), adalah peristiwa pewarisan sifat yang melebihi sifat kedua tetuanya, terjadi pada keturunan generasi pertama (F<sub>1</sub>).
- Karakter kualitatif, adalah karakter yang dikendalikan oleh sedikit gen dan pengaruh lingkungan kecil.
- Karakter kuantitatif, adalah karakter yang dikendalikan oleh poligen atau gen yang kompleks dan sangat dipengaruhi oleh lingkungan.
- Bioteknologi, adalah teknologi yang memanfaatkan agen biologi atau proses biologi untuk menghasilkan produk/jasa yang bermanfaat bagi manusia. Bioteknologi meliputi penggunaan teknologi untuk perbaikan karakter tanaman, hewan dan mikroorganisme yang bermanfaat bagi lingkungan dan masyarakat. Bioteknologi juga bisa berarti manipulasi organisme hidup khususnya dalam lingkup molekuler untuk menghasilkan produk baru seperti protein, hormon, vaksin ataupun antibodi monoklonal.
- Depresi inbreeding Penurunan vigor pada progeni sebagai akibat dari hasil persilangan sendiri tanaman menyerbuk silang ataupun berkerabat dekat.
- Heterosigos Adanya perbedaan alel-alel di satu lokus dalam kromosom homolog, baik pada tanaman diploid atau polyploid. Mis, Aa pada diploid dan AAaa pada tetraploid.
- Klon <sup>2</sup> Keturunan dari satu tanaman tunggal atau sekelompok tanaman hasil perbanyakan vegetatif

## BIODATA PENULIS



**Eries Dyah Mustikarini.** Lahir di Jombang, Jawa Barat 29 Mei 1979. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pertanian (2001), Master of Science (2005) di Institut Pertanian Bogor, dan Doktor (2016) dari Universitas Brawijaya Malang. Penulis sekarang aktif sebagai pengajar di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung.



**Gigih Ibnu Prayoga, S.P., M.P.** Lahir di Sungailiat, 1 September 1987. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Padjajaran, Master of Science di Universitas Padjajaran. Penulis sekarang aktif sebagai pengajar di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung.



# Strategi Pemuliaan Tanaman

---

## ORIGINALITY REPORT

---

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="https://zh.scribd.com">zh.scribd.com</a> Internet Source	2%
2	<a href="https://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	2%
3	<a href="https://lusi67.blogspot.com">lusi67.blogspot.com</a> Internet Source	1%
4	<a href="https://liabudyati.blogspot.com">liabudyati.blogspot.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="https://repository.ipb.ac.id">repository.ipb.ac.id</a> Internet Source	1%
6	<a href="https://repository.polinela.ac.id">repository.polinela.ac.id</a> Internet Source	1%
7	<a href="https://adoc.pub">adoc.pub</a> Internet Source	1%
8	<a href="https://sipeg.univpancasila.ac.id">sipeg.univpancasila.ac.id</a> Internet Source	1%
9	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Internet Source	1%

---

10	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	1 %
11	<a href="http://www.bphn.go.id">www.bphn.go.id</a> Internet Source	1 %
12	<a href="http://thophick.blogspot.com">thophick.blogspot.com</a> Internet Source	1 %
13	<a href="http://repository.unand.ac.id">repository.unand.ac.id</a> Internet Source	1 %
14	<a href="http://irbagus.blogspot.com">irbagus.blogspot.com</a> Internet Source	1 %
15	<a href="http://anahedjo.blogspot.com">anahedjo.blogspot.com</a> Internet Source	1 %
16	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	1 %

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On