



PROGRAM STUDI BIOLOGI  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UIN SUMATERA UTARA MEDAN**

2023



# PEMULIAAN TANAMAN



Oleh :  
**IRDA NILA SELVIA, S.P.,M.Agr**



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas rahmat dan karunia yang diberikan Allah SWT kepada penulis sehingga diktat ini dapat diselesaikan. Diktat ini dimaksudkan untuk melengkapi kebutuhan rujukan pustaka terutama untuk mata kuliah Pemuliaan Tanaman pada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.

Dalam edisi kali ini, penulis hanya membahas mengenai materi pembelajaran sebelum Ujian Tengah Semester (UTS). Diktat ini mencakup pembahasan Dasar Pemuliaan Tanaman, Metode Perkembangbiakan Tanaman, Keragaman Genetik, Heritabilitas, Hibridisasi, dan Seleksi. Diktat ini juga dilengkapi dengan bahan diskusi pada setiap bab. Melalui materi diskusi diharapkan mahasiswa lebih dapat mengembangkan pemikiran dan ilmu pengetahuannya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Wakil Rektor I UIN Sumatera Utara Medan, Bapak Dekan, Bapak Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan, Ibu Kaprodi dan Sekprodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan diktat ini.

Tentunya diktat ini masih memerlukan masukan dan saran untuk memperdalam materi ajar yang disajikan. Semoga diktat ini dapat dipergunakan sebagai bahan rujukan dan pegangan bagi mahasiswa serta dapat membantu mahasiswa agar lebih memahami Pemuliaan Tanaman.

Medan,

2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>v</b>
<b>BAB I DASAR PEMULIAAN TANAMAN</b>	<b>1</b>
1. Pendahuluan	1
2. Sejarah Perkembangan Pemuliaan Tanaman	2
3. Pengertian Pemuliaan Tanaman	4
4. Tujuan Pemuliaan Tanaman	6
5. Peranan Pemuliaan Tanaman	7
6. Berbagai Ilmu yang Berkaitan dengan Pemuliaan Tanaman	8
7. Mendelisme	9
8. Rangkuman	16
9. Diskusi	17
<b>BAB II METODE PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN</b>	<b>18</b>
1. Pendahuluan	18
2. Perkembangbiakan Aseksual	19
3. Perkembangbiakan Seksual	23
4. Rangkuman	27
5. Diskusi	27
<b>BAB III KERAGAMAN GENETIK</b>	<b>28</b>
1. Pendahuluan	28
2. Pembentukan Keragaman Genetik	29
3. Pusat Keragaman Genetik Tanaman	31
4. Pusat Penelitian Pemuliaan Tanaman di Dunia	34
5. Rangkuman	36
6. Diskusi	37
<b>BAB IV HERITABILITAS</b>	<b>38</b>
1. Pendahuluan	38
2. Pengertian	38
3. Perhitungan	40
4. Rangkuman	51
5. Diskusi	52
<b>BAB V HIBRIDISASI</b>	<b>53</b>
1. Pendahuluan	53
2. Jenis – Jenis Persilangan	53
3. Faktor Penting dalam Persilangan	55
4. Teknik Hibridisasi Buatan	59
5. Rangkuman	63
6. Diskusi	64
<b>BAB VI SELEKSI</b>	<b>65</b>
1. Pendahuluan	65
2. Seleksi Alam	66
3. Seleksi Buatan	66
4. Rangkuman	76

5. Diskusi	76
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>77</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persilangan antara F1 (Bb)	12
Tabel 2. Persilangan antara F1 (BbKk)	15
Tabel 3. Hubungan antara jumlah sifat beda dan banyaknya macam gamet F1 dan perbandingan F2 yang akan dihasilkan	16
Tabel 4. Analisis varians Rancangan Acak Kelompok yang Menggunakan sebanyak g genotype	47
Tabel 5. Analisis varians Rancangan Acak Kelompok yang menggunakan Sebanyak g genotipe yang diuji pada m lokasi, n musim tanam	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilmu-ilmu yang mendukung Pemuliaan Tanaman	9
Gambar 2. Gregor Mendel “Bapak Genetika”	11
Gambar 3. Contoh Persilangan Monohibrid	12
Gambar 4. Contoh Persilangan Resiprok	13
Gambar 5. Contoh Persilangan Backcross	14
Gambar 6. Contoh Persilangan Testcross	14
Gambar 7. Contoh Persilangan Dihibrid	15
Gambar 8. Beberapa contoh tanaman yang melakukan perkembangbiakan secara vegetatif alami	20
Gambar 9. Cara melakukan perkembangbiakan tanaman secara vegetatif buatan; A. Merunduk; B. Mencangkok	21
Gambar 10. Contoh stek daun (A), stek batang (B), dan stek akar (C)	22
Gambar 11. Cara melakukan perkembangbiakan tanaman dengan cara okulasi	22
Gambar 12. Salah satu contoh metode perbanyakan vegetatif dengan cara Grafting	23
Gambar 13. Proses Makrosporogenesis	24
Gambar 14. Proses Mikrosporogenesis	25
Gambar 15. Tahapan Introduksi Tanaman sampai Menjadi Varietas Baru	29
Gambar 16. Pusat Keragaman Genetik di Dunia	32
Gambar 17. Model Satu-Lokus dari Fisher	41
Gambar 18. Bunga tanaman kedelai sebagai salah satu contoh bunga tanaman menyerbuk sendiri	58
Gambar 19. Bunga monoceus dan dioecius pada tanaman menyerbuk silang (A) Jagung, (B) Pepaya, (C) Semangka	58
Gambar 20. Tahapan persilangan pada tanaman padi	62
Gambar 21. Metode <i>ear to row</i> pada seleksi keturunan	69
Gambar 22. Seleksi galur murni pada kacang	71
Gambar 23. Prosedur seleksi klon pada tanaman dengan perkembangbiakan aseksual	75

# BAB I

## DASAR PEMULIAAN TANAMAN

### 1. Pendahuluan

Sampai saat ini, berbagai aspek kehidupan masyarakat tidak terlepas dari sektor pertanian. Untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan masyarakat, diperlukan suatu usaha untuk terus meningkatkan produksi dan memperbaiki kualitas tanaman di bidang pertanian dengan melakukan usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanaman menjadi lebih baik sesuai dengan kebutuhan dan keinginan di masyarakat luas. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan pangan, hasil perkebunan dan hortikultura di Indonesia yang juga mengalami peningkatan sejalan peningkatan jumlah penduduk.

Oleh karenanya, pemuliaan tanaman sangat diperlukan sebagai suatu bidang ilmu pengetahuan yang didalamnya dipelajari teknik memodifikasi genotipe tanaman menjadi lebih baik pada populasi sehingga tanaman tersebut lebih berguna bagi umat manusia.

Seni pada awalnya merupakan hal yang mendasari pemuliaan tanaman, yakni pemilihan yang dilakukan dalam suatu populasi tanaman didasari oleh perasaan hati, keterampilan diri, kemampuan serta karakter yang diekspresikan tanaman. Berikutnya supaya kebutuhan petani dapat terpenuhi maka tanaman yang terpilih tersebut dikembangbiakkan. Saat ini, pemuliaan tanaman berkembang menjadi sebuah teknologi untuk merakit dan memodifikasi keragaman genetik ke dalam suatu bentuk yang lebih berguna bagi umat manusia.

Bab ini memaparkan mengenai sejarah perkembangan pemuliaan tanaman, pengertian pemuliaan tanaman, kemudian mengenai tujuan pemuliaan tanaman,

yang prinsipnya yaitu: merakit dan memodifikasi suatu tanaman baru yang memiliki daya hasil (produksi) tinggi, menciptakan varietas unggul untuk lahan baru pertanian, memperbaiki karakter agronomik dan hortikulturik tanaman, melakukan pengembangan varietas baru yang juga resisten terhadap hama penyakit, serta meningkatkan kualitas hasil tanaman.

Selain itu juga dijelaskan peran pemuliaan tanaman, mendelisme, dan bidang-bidang ilmu terkait yang mendukung pemuliaan tanaman. Agar tujuan dari pemuliaan tanaman dapat tercapai dengan baik, maka para pemulia perlu menguasai berbagai bidang ilmu, khususnya genetika serta beberapa ilmu lainnya yang ada kaitannya dengan tujuan pemuliaan yang sudah ditetapkan. Untuk menguasai berbagai cabang ilmu akan sulit dilakukan oleh seseorang, oleh sebab itu dibutuhkan kerja sama antara beberapa ilmuwan dengan berbagai latar belakang ilmu yang sudah banyak dipakai pada lembaga-lembaga penelitian pemuliaan tanaman.

## **2. Sejarah Perkembangan Pemuliaan Tanaman**

Perubahan gaya hidup manusia primitif yang pada masa lampau dilakukan dengan cara memburu kemudian berkembang menjadi penghasil tanaman-tanaman terpilih merupakan awal mula dilakukannya proses pemuliaan tanaman. Proses perubahan hingga jadi produsen tidak bisa terjadi secara instan tetapi melewati proses dan waktu yang tidak singkat. Mereka mengembangkan tumbuhan-tumbuhan yang hidup liar secara alami menjadi tumbuhan yang bisa dibudidayakan. Selama masa itu manusia mencari, menemukan, menyeleksi dan kemudian membudidayakan tumbuhan yang sudah dipilih. Kegiatan-kegiatan tersebut disebut dengan seleksi yakni suatu teknik dasar pemuliaan tanaman.

Pada masa awal pemuliaan tanaman, keragaman pada tanaman telah dipakai secara alami sehingga terbentuk berbagai komoditi tanaman budidaya yang berasal dari spesies kerabat liar. Pada perkembangan berikutnya, seleksi didasari oleh intuisi, pengalaman dan keahlian dari para pelakunya. Secara sadar maupun tidak, petani sudah melakukan pemilihan benih yang terbaik untuk digunakan menjadi bahan tanam. Kemudian seleksi dilaksanakan petani-petani melalui proses penyimpanan benih yang asalnya dari tanaman yang terlihat memiliki kualitas paling baik untuk dipakai di musim penanaman selanjutnya. Di masa saat ini, ilmu pengetahuan khususnya genetika menjadi hal yang mendasari teknik seleksi sehingga diharapkan proses seleksi menjadi efisien dan tepat. Oleh sebab itu perkembangan pemuliaan tanaman tidak bisa dilepaskan dari sejarah perkembangan pertanian. Selain itu sejarah perkembangan genetika dan sitologi sangat berkaitan dengan sejarah perkembangan pemuliaan tanaman.

Sebelum masehi, tepatnya pada permulaan tahun 700 SM, Bangsa Assyrians dan Babylonian telah membuat pada tanaman sejenis palem proses persilangan buatan. Kemudian suku Indian Amerika sudah membuat proses pemuliaan tanaman jagung sebelum bangsa kulit putih tiba di Amerika. Pada tahun 1676, Millington menemukan kegunaan tepung sari, adalah sebagai organ kelamin

jantan.

Untuk pertama kalinya, Camerarius (1694) menemukan tentang reproduksi seksual pada tanaman. Melalui percobaan yang dilakukannya, berhasil ditemukan serbuk sari yang berasal dari bunga jantan dibutuhkan pada proses pembuahan dan perkembangan biji di tanaman betina. Selanjutnya, Cotton Mather (1716) telah menemukan tentang persilangan alami di tanaman jagung. Fairchild (1717) melakukan persilangan antar spesies yakni *Dianthus barbatus* disilangkan dengan *D. caryophyllis*. Joseph Koelreuter (1760-1766) pertama kalinya memperkenalkan penelitian secara sistematis dengan cara melakukan hibridisasi tanaman (menyilangkan tetua yang secara genetik tidak mirip) dari sejumlah spesies tanaman. Kemudian pada tahun 1707-1778, Carolus Linnaeus telah melakukan pengembangan sistem klasifikasi binomial yang sangat berguna dan sampai sekarang masih dipakai pada tanaman.

Istilah fertilisasi dikemukakan oleh Newport (1854), Pringsheim (1856), dan Thuret (1857) untuk yang pertama kali. Sedangkan teori Seleksi Alam dan Evolusi disampaikan oleh Charles Darwin (1858). Tahun 1856, Institut Vilmorin Breeding di Prancis didirikan oleh Louis Leveque de Vilmorin sebagai institusi pertama yang bergerak di bidang pemuliaan tanaman, serta menghasilkan kultivar-kultivar baru. Vilmorin memakai Uji Turunan yakni teknik pemuliaan dengan menanam kembali turunan yang merupakan hasil dari sebuah persilangan dengan tujuan mengevaluasi genotipe dari tetua, yang digunakan supaya terjadi peningkatan kandungan gula *sugarbeet* liar.

Hasil penelitian Gregor Mendel (1822-1884) yang memakai kacang kapri (*Pisum sativum*), yang hasilnya menjelaskan penurunan sifat dari tetua (*parents*) pada anak keturunannya (*filials*) telah dikemukakan dan hingga saat ini masih dikenal sebagai Hukum Mendel. Selanjutnya Hertwig (1875), menyampaikan ternyata bersatunya gamet-gamet merupakan gamet yang asalnya adalah masing-masing induknya. Hertwig (1875) dan Strasburger (1877), juga menyampaikan bahwa inti sel (*nucleus*) perannya sangat penting pada proses pembuahan / fertilisasi dan pembelahan sel. Sehingga tercipta sebuah konsep yang berisikan bahwa tiap organisme baru adalah sebuah bentuk baru yang dihasilkan melalui pertumbuhan zigot yang disebut *epigenesis*.

Pada tahun 1877, Waldeyer mengemukakan tentang istilah gamet dan kromosom. Fleming (1882) memberi nama *kromatin* pertama kalinya sebagai bagian dari kromosom yang gampang menghisap zat warna. Selanjutnya, Hjalmar Nilson (1890), untuk pertama kali mulai menggunakan dasar ilmiah dalam pemuliaan tanaman yaitu dengan melakukan pengembangan varietas baru yang asalnya dari seleksi pada keturunan tanaman yang menyerbuk sendiri.

Pada tahun 1900, Hugo de Vries, Carl Correns dan Tschermak membuat percobaan yang sama seperti yang telah dikerjakan Gregor Mendel hanya saja pada lokasi berbeda. Tiga ilmuwan itu memperoleh hasil penelitian yang ternyata menghasilkan prinsip yang sama seperti yang dikemukakan Gregor Mendel.

Semenjak saat itu Hukum Mendel pun kebenarannya diakui. Kemudian juga penelitian Genetika, Sitologi, dan Pemuliaan Tanaman mengalami perkembangan yang cepat.

Berikutnya Bateson (1900), menyampaikan istilah allelomorf, homozigot, serta fillial. Punnet dan Bateson (1902) berhasil menemukan peristiwa *linkage* pada organisme. Pada tahun 1904 galur inbrida dikembangkan oleh Shull di tanaman jagung serta memberikan usulan istilah *heterosis* sebagai ketegaran hibrida. Kemudian, Haris (1912) memberikan usul untuk menggunakan *Chi-square*. Selanjutnya, Winkler (1912), memberikan usulan istilah *genom* pada sepasang kromosom. Varietas hibrida untuk kepentingan para petani dikembangkan oleh Edward East dan Donald F. Jones (1918). Kemudian, T.J. Jenkin (1919), melakukan pengembangan varietas sintesis tanaman jagung. Mishiyama (1929), secara mendalam melakukan penelitian sitogenetika pada tanaman avena. Senyawa Colchisin ditemukan oleh Dustin (1934). Pada tahun 1953, Crik dan Watson, menemukan sesuatu yang pada organisme dijadikan penentu pewarisan sifat yakni molekul DNA, semenjak itu rekayasa genetika berkembang cepat.

### **3. Pengertian Pemuliaan Tanaman**

Pada dasarnya, pemuliaan tanaman didefinisikan menjadi paduan antara seni serta ilmu pengetahuan yang didalamnya mempelajari tentang cara memperbaiki genotipe populasi suatu tanaman hingga lebih berguna bagi umat manusia (Sudarka, *et al*, 2009).

Pada awalnya, pemuliaan tanaman berkembang hanya didasari seni saja. Pemuliaan tanaman mulai dikenal bersamaan dengan diketahuinya bahan pertanian, yakni semenjak manusia bertahan hidup dengan mencari bahan makanan kemudian dikumpulkan langsung dari alam, berpindah-pindah (nomaden) hingga menetap sembari bercocok tanam dan berternak. Pada saat itu manusia memilah jenis/variasi tanaman yang lebih bermanfaat. Pemilihan di populasi tanaman didasari oleh hati, keterampilan diri, kemampuan dan petunjuk yang terekspresi pada tanaman. Tanaman yang telah dipilih tersebut kemudian dikembangkan untuk kebutuhan petani.

Dari sini dapat kita lihat bahwa sejak dulu memilih (seleksi) dan memelihara (domestikasi) para petani sudah menjadikannya suatu metode pemuliaan tanaman. Walau pelaksanaannya berdasarkan seni, tetapi pada zaman dahulu hasil pemuliaan tanaman sudah cukup menakjubkan.

Kemudian saat ini pemuliaan tanaman dipahami sebagai sebuah metode yang secara sistematis melakukan perakitan keragaman genetik jadi sebuah bentuk yang lebih berguna untuk manusia.

Di tahun-tahun belakangan ini, strategi pemuliaan sudah mengalami perubahan yang sebelumnya pendekatan genetika klasik menjadi pendekatan baru. Bisa dipahami bahwa pendekatan klasik adalah pendekatan yang bertujuan menjadi

proses pemindahan gen-gen pengatur sifat-sifat tertentu berasal dari sejumlah plasma nutfah ke dalam galur/varietas yang hendak diperbaiki. Sementara itu, pendekatan baru bertujuan menjadi pemuliaan populasi dimana prosesnya tidak lagi memandang individu-individu tanaman, tetapi seluruh populasi tanaman menjadi satuan pemuliaan. Pendekatan baru adalah proses evolusi terarah, yang selain menggunakan pengaruh gen major, dimanfaatkan pula gen minor. Melalui pendekatan populasi, pemuliaan tanaman diartikan menjadi suatu proses mengurangi frekuensi gen buruk dibarengi dengan meningkatnya frekuensi gen baik.

Dalam setiap program pemuliaan tanaman, keputusan penting yang pertama diambil yaitu pemilihan plasma nutfah. Untuk merakit jenis-jenis unggul terdapat bahan mentah yang disebut dengan plasma nutfah yang peranannya penting untuk ketersediaan pemenuhan kebutuhan manusia (Dahamarudin dan Nurdin, 2009). Plasma nutfah yang dimaksud terdiri dari semua kultivar unggul di masa lampau atau masa kini, kultivar primitif, jenis yang telah dipakai namun belum pernah dibudidayakan, kerabat liar, serta jenis-jenis budidaya atau peliharaan.

Jika suatu program pemuliaan tanaman memiliki tujuan yang besar, maka plasma nutfah yang diharapkan memiliki keragaman genetik tinggi, adaptasi luas, dan relatif resisten hama penyakit tertentu. Namun jika program pemuliaan tanaman memiliki tujuan tertentu, maka informasi yang dibutuhkan merupakan masing-masing potensi hasil relatif plasma nutfah tersebut. Untuk keberhasilan program tersebut dibutuhkan proses pemilihan plasma nutfah awal secara tepat.

Selain itu, bagi seorang pemulia tanaman, memilih metode yang tepat pada pemuliaan tanaman menjadi tanggung jawab yang penting. Sebuah metode yang efisien untuk tanaman tertentu, baik dengan percobaan ataupun teoritis, mungkin saja tidak semua kondisi berlaku hal tersebut. Banyak hal yang bisa mempengaruhi efisiensi suatu metode yakni (1) *linkage*; (2) intensitas seleksi; (3) besarnya populasi; (4) heritabilitas; serta (5) peran gen (*gen action*). Pada tiap siklus pemuliaan harus diperkirakan waktu yang dibutuhkan. Seperti contohnya di wilayah tropis, mungkin didapatkan dua kali atau tiga kali keturunan setiap tahunnya, sedangkan pada wilayah dengan iklim sedang mungkin hanya didapatkan sekali dalam 1 tahun.

Seorang pemulia harusnya mempunyai pengetahuan dasar yang sangat berperan untuk melakukan program pemuliaan tanaman. Pengetahuan yang diperlukan seperti tentang genetika dan sitogenetika, karakteristik tanaman yang mau diperbaiki, analisis hasil seleksi melalui perhitungan statistik, uji galur atau populasi, serta konsumen.

Penampilan tanaman bergantung kepada lingkungan tumbuh dan sifat genetiknya. Munculnya suatu karakter tertentu, seperti produksi buah dan biji, bergantung kepada genetik tanaman itu sendiri dan lingkungan tumbuhnya. Jika secara genetik tanaman tersebut punya potensi untuk membuat hasil produksi tinggi, ditanam pada lingkungan tumbuh yang optimum, maka tanaman tersebut

akan menghasilkan produksi secara maksimum. Tetapi jika tanaman tersebut ditanam pada tempat tumbuh yang tidak optimum, maka tanaman tersebut akan menghasilkan produksi yang tidak optimum juga. Tetapi sebaliknya, jika secara genetik tanaman tersebut punya potensi hasil produksi rendah, maka tanaman tersebut jika ditanam pada tempat tumbuh yang optimum pun, tanaman tetap saja akan menghasilkan produksi yang tidak optimum, yakni sesuai dengan potensi genetiknya. Contoh yang dijelaskan tadi memperlihatkan adanya hubungan antara genetik tanaman dengan lingkungan/tempat tumbuhnya dalam mengekspresikan suatu karakter/sifat tertentu.

#### **4. Tujuan Pemuliaan Tanaman**

Sebelum melakukan program pemuliaan, perlu diketahui tujuan program pemuliaan tanaman. Untuk menentukan tujuan tersebut, seorang pemulia harus memahami masalah, kebutuhan serta keinginan dari produsen dan konsumen. Oleh sebab itu, ekonomis merupakan tujuan pemuliaan pada dasarnya. Menurut Syukur, *et al* (2010) bahwa secara lebih luas tujuan pemuliaan tanaman yakni mendapatkan atau mengembangkan varietas supaya penggunaan unsur haranya lebih efisien sehingga memberikan produksi tertinggi per satuan luas serta memberikan keuntungan untuk penanam serta pemakai. Kemudian diharapkan varietas yang didapatkan resisten terhadap lingkungan yang ekstrim contohnya serangan hama dan penyakit, cekaman kekeringan dan lain sebagainya.

Sementara itu, Menurut Allard (1960), ada beberapa tujuan umum dalam proses pemuliaan tanaman yang dapat dirinci menjadi lima yaitu sebagai berikut:

- 1) Membuat rakitan jenis baru yang memiliki daya hasil/produksi tinggi
- 2) Melakukan pengembangan varietas ke arah lebih maju untuk lahan pertanian baru
- 3) Melakukan pengembangan varietas baru yang resisten hama penyakit
- 4) Memperbaiki karakter/sifat agronomik dan hortikulturik tanaman.
- 5) Meningkatkan kualitas hasil/produksi tanaman.

Kemudian secara ringkas tujuan pemuliaan tanaman adalah:

- 1) agar memperoleh tanaman yang memiliki daya hasil/produksi tinggi baik dari segi ukuran, jumlah, kandungan serta tanaman yang adaptif
- 2) agar memperoleh tanaman yang resisten pada cekaman biotik (contoh: resisten serangan hama penyakit tanaman) dan resisten pada cekaman abiotik (contoh: resisten tanah masam, tanah salin, dan lainnya)
- 3) agar memperoleh tanaman yang memiliki kualitas baik dari bau/aroma, rasa, ukuran, warna, dan lainnya.
- 4) agar memperoleh tanaman yang memiliki nilai estetik.

Ada beberapa prosedur dalam teknik pemuliaan tanaman. Dalam proses pemuliaan tanaman perlu dilakukan suatu proses, yakni:

- a) Menetapkan tujuan program pemuliaan. Program pemuliaan tanaman dapat didasari oleh masalah yang sedang terjadi, kebutuhan produsen dan konsumen, serta ide/gagasan si pemulia.
- b) Menyediakan materi pemuliaan. Penyediaan materi pemuliaan yaitu tanaman-tanaman yang memiliki karakteristik tertentu dan bermacam-macam. Dapat dikatakan, harus terdapat perbedaan berupa keragaman genetik pada materi pemuliaan tersebut.
- c) Memberikan penilaian pada genotipe atau populasi untuk dibuat sebagai varietas baru. Pada proses ini, menggunakan metode seleksi yang efektif bergantung pada macam-macam perkembangbiakan tanaman, tujuan, serta fasilitas yang ada. Dalam proses ini dilakukan pemilihan tanaman dengan genotipe unggul.
- d) Melakukan pengujian. Sebelum galur tanaman atau populasi harapan dilepaskan sebagai varietas yang baru, sebaiknya harus dilaksanakan evaluasi atau uji adaptasi pada sejumlah lokasi, tahun atau musim. Pengujian ini bermaksud agar kemampuan tumbuh dan berkembang tanaman tersebut dapat dilihat pada habitat tumbuhnya jika dibandingkan varietas unggul yang sudah pernah ada.

## **5. Peranan Pemuliaan Tanaman**

Ada beberapa peranan pemuliaan tanaman bagi kemajuan pertanian yaitu sebagai berikut:

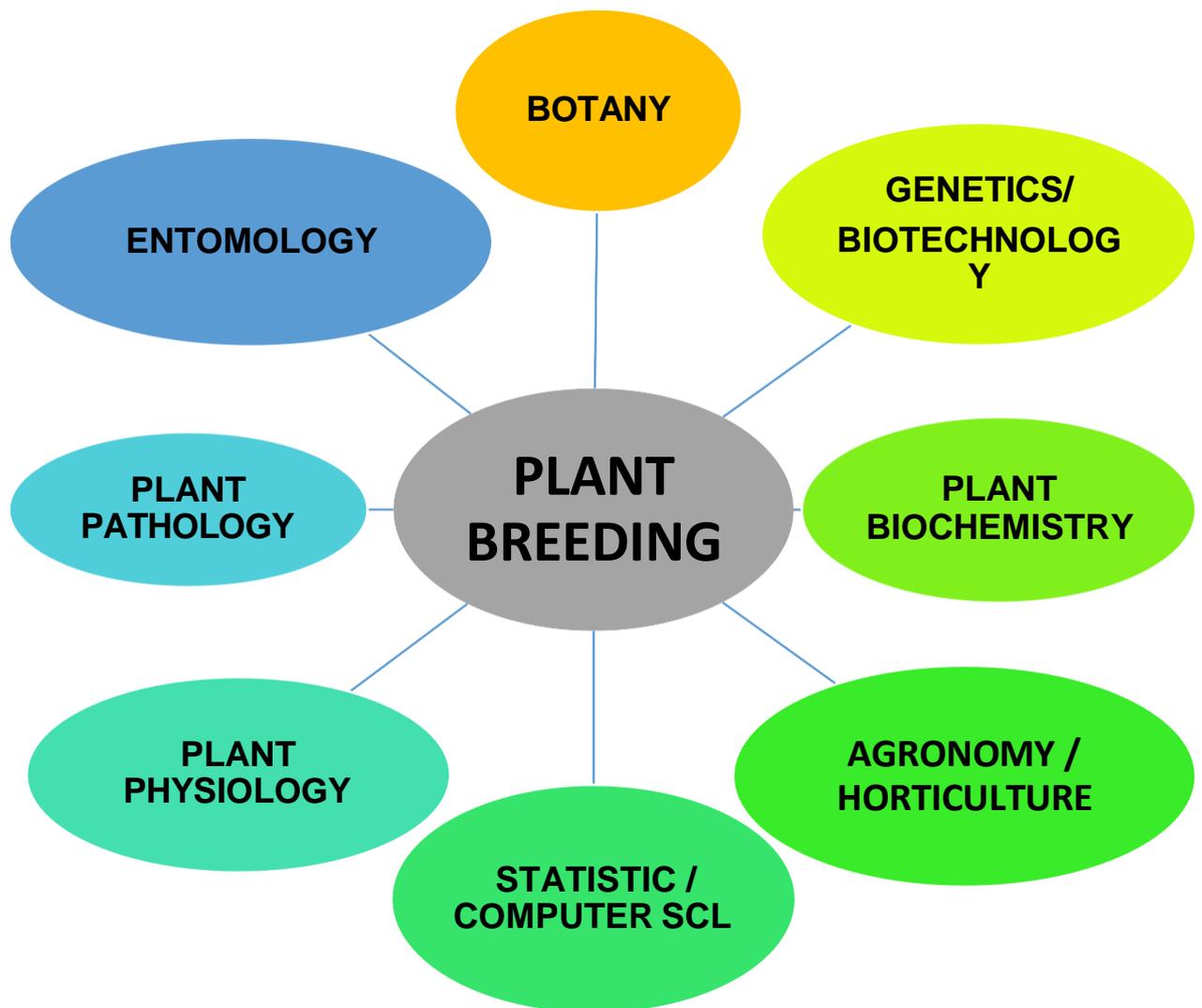
- 1) Meningkatkan produktivitas  
Terdapat beberapa varietas genjah dan memiliki daya hasil tinggi yang menyebabkan peningkatan produktivitas pertanian per satuan luas dan waktu.
- 2) Meluaskan wilayah produksi  
Lahan produksi pertanian dapat diperluas dengan mengubah sifat tertentu tanaman, seperti pada lahan sub-optimal.
- 3) Menemukan varietas hibrida  
Produksi pertanian dapat ditingkatkan dengan ditemukannya varietas hibrida seperti jagung (tanaman pangan), cabai besar, tomat, melon, semangka (tanaman hortikultura).
- 4) Menemukan varietas tahan/resisten hama penyakit  
Ada beberapa varietas unggul yang telah didapatkan dan diharapkan tahan/resisten hama penyakit, contohnya tanaman padi varietas IR-36 yang tahan hama wereng serta penyakit yang berasal virus.
- 5) Meningkatkan kualitas tanaman  
Beberapa varietas unggul yang didapatkan, diharapkan mempunyai kualitas hasil yang terbaik, agar bisa tercukupi kebutuhan masyarakat serta industri. Seperti varietas semangka tanpa biji.

- 6) Meningkatkan kesesuaian terhadap mesin pemanen  
Ada beberapa varietas yang didapatkan dengan memperbaiki bentuk fisik sehingga memudahkan dalam proses panen.
- 7) Menggalakkan penggunaan teknologi pertanian modern.  
Ditemukannya varietas yang memiliki daya hasil tinggi, tahan terhadap cekaman, memiliki kualitas yang baik dan nilai estetika, maka akan mengubah pertanian tradisional menuju pertanian modern.

## **6. Berbagai Ilmu yang Berkaitan dengan Pemuliaan Tanaman**

Seorang pemulia tanaman yang mau melaksanakan proses pemuliaan tanaman yaitu dengan memperbaiki sifat-sifat tanaman secara genetik harus juga menguasai ilmu genetika. Oleh karena itu, pemulia tanaman sering pula dikenal dengan ahli genetika. Tetapi ahli genetika belum tentu juga merupakan seorang ahli pemuliaan tanaman. Syarat utama bagi orang yang berkeinginan menjadi pemulia tanaman adalah menguasai ilmu genetika.

Terdapat berbagai macam ilmu lain yang bisa dipakai secara terintegrasi dengan ilmu pemuliaan tanaman. Contohnya, seorang pemulia tanaman ingin menemukan suatu varietas yang memiliki kemampuan tahan kondisi cekaman kekeringan. Untuk mendukung proses kerjanya, seorang pemulia perlu mengetahui respons tanaman tersebut terhadap cekaman kekeringan. Selain itu, pemulia juga harus mengetahui tentang mekanisme kekeringan tersebut mempengaruhi tanaman. Oleh sebab itu, pemulia tidak hanya mengetahui sifat-sifat genetik dan perilaku tanaman mengenai responsnya terhadap cekaman kekeringan, tetapi juga bisa memahami bagaimana mekanisme kekeringan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut. Sepenuhnya kondisi tersebut telah dipahami oleh para pemulia tanaman. Hal tersebutlah yang membuat di zaman modern ini institusi-institusi pemuliaan tanaman selalu dibarengi dengan berbagai ahli dari macam-macam disiplin ilmu. Diharapkan tujuan pemuliaan tanaman akan terealisasi secara lebih cepat, tepat dan akurat melalui kerja sama tersebut.



Gambar 1. Ilmu-ilmu yang mendukung Pemuliaan Tanaman

Beberapa bidang ilmu yang terkait dengan pemuliaan tanaman yakni seperti Ilmu Botani, Morfologi, Taksonomi, Fisiologi, Hama dan Penyakit, Statistik, Rancangan Percobaan, Biokimia dan lain-lain (Gambar 1). Salah satu ilmu yang berkaitan dengan proses pemuliaan tanaman adalah Rancangan Percobaan yang membantu pemulia dalam mengevaluasi karakter fenotipe dan genotipe tanaman secara ilmiah sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah pula.

## 7. Mendelisme

Ada beberapa teori pewarisan yang dipahami sebelum percobaan Mendel pada tanaman kapri (*Pisum sativum*) dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- 1) Teori Ovisma menyatakan yang mengandung sifat keturunan merupakan sel telur betina, sedangkan jantan hanya mengeluarkan cairan yang berguna untuk mengaktifkan perkembangan sel telur.
- 2) Teori animalkulisma menyatakan bahwa pada cairan yang berasal dari jantan, terkandung hewan kecil disebut sebagai *animalkulus* = spermatozoa. Pada *animalkulus* terdapat sifat keturunan. Sedangkan sel telur hanya menjadi tempat berkembangnya animalkulus.
- 3) Teori preformasi dikemukakan Anthonie van Leeuwenhoek (1632-1723), Swammerdam (1637-1680), dan Bonnet (1720-1793) bahwa mereka mengamati dengan mikroskop ada manusia kecil dalam sel telur dan spermatozoa. Pada dasarnya dalam gamet-gamet sudah terdapat calon manusia/individu.
- 4) Teori Epigenesis dikemukakan Wolff (1833-1894) dan Von Baer (1872-1876). Di dalam spermatozoa dan sel telur tidak terdapat manusia kecil, seperti yang dijelaskan pada teori preformasi. Mereka menemukan ternyata sel telur yang sudah mengalami pembuahan oleh spermatozoa melakukan pertumbuhan sedikit demi sedikit.
- 5) Teori Pangenesis dikemukakan Charles Darwin (1809-1882). Darwin mengatakan di dalam sel kelamin ada tunas-tunas yang apabila sel telur sudah mengalami pembuahan oleh spermatozoa maka akan tumbuh menjadi makhluk baru.
- 6) Plasma benih dikemukakan August Weismann (1834-1914). Weismann mengemukakan gamet bukan terbentuk oleh jaringan tubuh, namun oleh jaringan khusus, sehingga kerusakan jaringan tubuh tidak diwariskan kepada keturunannya.

Selanjutnya, lebih kurang selama tujuh tahun, secara seksama Mendel melakukan pengamatan, sehingga pada tahun 1865 hasil percobaannya ia bawa ke sebuah pertemuan ilmiah yang terselenggara di Brunn oleh Perhimpunan Pengetahuan Alam. Tahun 1866, perhimpunan tersebut mencetak karya ilmiah Mendel dan kemudian menyebarkannya secara meluas ke perpustakaan-perpustakaan di benua Eropa serta Amerika.

Tapi dari ahli-ahli yang telah membaca dan mendengar karya ilmiahnya, tak seorang pun yang tertarik dan menghargai hasil percobaan Mendel. Sekitar 40 tahun kemudian, di awal mula abad ke-20, karya ilmiah Mendel tersebut diakui kebenarannya oleh beberapa ilmuwan seperti De Vries (1900), Correns (1900) dan Tschermak (1900), yang bekerja secara terpisah di negara masing-masing. Semenjak saat itu Mendel dikenal hingga saat ini sebagai Bapak Genetika.

Sebagai “Bapak Genetika”, Mendel merupakan orang pertama yang telah membuat penelitian perkawinan silang pada beberapa jenis tanaman kapri (*Pisum*

*sativum*). Penelitian ini dilakukan Mendel untuk mengamati perbedaan sifat antar suatu individu dengan individu lainnya. Alasan Mendel memilih tanaman kapri/ercis untuk penelitiannya secara lebih lengkap disebabkan oleh:

- Tanaman kapri umurnya singkat karena merupakan tanaman setahun. Tanaman kapri gampang tumbuh dan disilangkan.
- Tanaman kapri mempunyai bunga sempurna, yakni di satu bunga tanaman tersebut terdiri dari benang sari (alat kelamin jantan) dan putik (alat kelamin betina). Biasanya tipe penyerbukannya adalah penyerbukan sendiri. Sehingga, perkawinan silang bisa terjadi melalui bantuan manusia.
- Tanaman ini mempunyai 7 sifat / karakter yang perbedaannya mencolok, yaitu batang tinggi x kerdil, warna polong hijau x kuning, warna bunga ungu x putih, letak bunga aksilar x terminal, warna biji masak hijau x kuning, permukaan biji licin x kerut, serta warna kulit biji abu-abu x putih.



Gambar 2. Gregor Mendel “Bapak Genetika”

### **a. Persilangan Monohybrid**

Sebelum dijadikan percobaan, pada dasarnya tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*) merupakan tanaman yang sistem penyerbukannya adalah penyerbukan sendiri sehingga menghasilkan varietas galur murni. Sesudah didapatkan varietas galur murni, maka Mendel kemudian membuat percobaan satu sifat berbeda untuk tiap persilangannya, yang kita kenal dengan Persilangan Monohybrid. Misalnya, menyilangkan kacang ercis biji bulat dengan biji keriput. Persilangan tersebut memperoleh keturunan kacang ercis biji bulat, dan nampak pada hasilnya muncul satu sifat berbeda. Selanjutnya dilakukan persilangan dengan sifat beda lainnya dan

didapatkan hasil tujuh macam sifat yang berbeda. Supaya lebih jelas, bisa kita amati pada gambar berikut.

Induk :	Genotipe	BB	x	bb
	Gamet	B	x	b
	Fenotipe	biji bulat		biji keriput
F <sub>1</sub> :	Genotipe			Bb
	Fenotipe			biji bulat
F <sub>1</sub> x F <sub>1</sub> :	Genotipe	Bb	x	Bb
	Gamet	B dan b		B dan b
	Genotipe F <sub>2</sub>	BB, Bb, Bb dan bb		
		(lihat papan catur Punnet)		
		= 1 BB + 2 Bb + 1 bb		
	Fenotipe F <sub>2</sub>	3 berbiji bulat : 1 berbiji berkerut		

Gambar 3. Contoh Persilangan Monohibrid

Pengamatan pada keturunan pertama (F<sub>1</sub>) memperlihatkan hasil tanaman dengan ciri-ciri sama terhadap salah satu induknya (tetuanya). Kemudian sesudah didapatkan hasil persilangan sesuai dengan di atas, Mendel melakukan pengulangan percobaannya melalui proses penyilangan keturunan pertama (F<sub>1</sub>) dengan keturunan pertama juga yang merupakan induk (P<sub>2</sub>). Ternyata dihasilkan keturunan F<sub>2</sub> yang sangat beragam. Melalui pengamatan tersebut, sifat resesif yang tidak terlihat pada F<sub>1</sub> ternyata akan terlihat kembali pada F<sub>2</sub>. Melihat hal tersebut, Mendel kemudian berasumsi bahwa sifat resesif dapat muncul dikarenakan sifat beda yang dipunyai induknya adalah sifat yang berpasangan. Sehingga di suatu proses persilangan masing-masing induk akan menyumbangkan satu fakta sifat beda untuk keturunannya. Oleh sebab itu, keturunannya akan mendapatkan 2 fakta sifat beda. Dapat kita lihat juga pada Tabel 1.

Tabel 1. Persilangan antara F<sub>1</sub> (Bb)

	$\sigma$	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>B</b>		BB (bulat)	Bb (bulat)
<b>b</b>		Bb (bulat)	bb (keriput)

Melalui gambar dan tabel di atas bisa diketahui perbandingan fenotipe dari F<sub>2</sub> tanaman kapri yaitu 3 : 1 = biji bulat : biji keriput. Sementara perbandingan

genotipe F<sub>2</sub> nya yaitu 1 : 2 : 1 = BB : Bb : bb. Berarti bisa disimpulkan bahwa gen bulat (B) dominan terhadap gen keriput (b) serta Bb merupakan individu yang memiliki fenotipe biji bulat. Mendel membuat percobaan tersebut berkali-kali dan ia memperoleh hasil yang sama.

Melalui fakta-fakta yang didapatkan Mendel dari hasil percobaan yang telah ia lakukan, maka terciptalah **Hukum I Mendel** atau dikenal juga dengan **Hukum Segregasi** yang berbunyi: “Pada peristiwa pembentukan gamet, gen yang merupakan pasangannya memisah secara bebas”. Tiap sel gamet akan mendapatkan satu gen dari pasangan itu. Untuk itu selanjutnya Mendel membuat kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Tiap sifat dari suatu organisme/individu dikendalikan sepasang faktor keturunan yang disebut dengan gen (saat itu Mendel belum kenal dengan istilah gen); yakni satu faktor keturunan milik tetua jantan dan satu faktor lagi milik tetua betina.
- 2) Tiap pasangan dari faktor keturunan memperlihatkan bentuk alternatif dari pasangannya, contohnya bulat dengan keriput. Kedua bentuk alternatif itu disebut dengan alel.
- 3) Jika pasangan faktor keturunan tersebut berada satu tanaman secara bersama-sama, maka faktor dominan akan menutupi faktor resesif.
- 4) Ketika proses gamet dibentuk terjadi proses meiosis dimana pasangan faktor / masing-masing alel akan dengan bebas terpisah.
- 5) Individu galur murni memiliki pasangan sifat (alel) sama yakni dominan atau resesif saja.

### b. Persilangan Resiprok

Persilangan resiprok didefinisikan bahwa pada sebuah proses persilangan sama kedudukannya antara jenis kelamin jantan dan betina, artinya jantan ataupun betina memperoleh kesempatan yang sama pada proses pewarisan sifat. Contohnya, persilangan polong berwarna hijau dan polong berwarna kuning maka akan memunculkan keturunan dengan sifat yang sama meski serbuk sari berasal dari polong berwarna hijau atau berwarna kuning. Dapat kita lihat contohnya pada gambar berikut.

<p>P : ♀HH (hijau) x ♂hh (kuning)</p> <p>F<sub>1</sub> : Hh (hijau)</p>	<p><b>Resiprok</b></p> <p>P : ♀HH (hijau) x ♂hh (kuning)</p> <p>F<sub>1</sub> : Hh (hijau)</p>
---	--

Gambar 4. Contoh Persilangan Resiprok

### c. Persilangan Backcross

Jika F<sub>1</sub> dikawinkan dengan salah satu dari induknya maka disebut dengan **persilangan backcross**, persilangan tersebut baik dengan induk homozigot dominan ataupun resesif. Melakukan persilangan ini bertujuan yaitu untuk mengetahui genotipe induknya (heterozigot/homozigot). Dapat kita lihat contohnya pada gambar berikut.

<p>P : ♀AA (hitam) x ♂aa (putih)</p> <p>F<sub>1</sub> : Aa (hitam)</p>	<p><b>Backcross</b></p> <p>P : ♀Aa (hitam) x ♂AA (hitam)</p> <p>F<sub>2</sub> : AA (hitam, 1) Aa (hitam, 1)</p>
--	---

Gambar 5. Contoh Persilangan Backcross

Dari gambar di atas disimpulkan bahwa induknya bergenotipe AA (hitam).

### d. Persilangan Testcross

Persilangan dengan mengawinkan F<sub>1</sub> dan induk homozigot resesifnya disebut dengan persilangan **testcross**. Tujuan persilangan testcross adalah agar didapat apakah individu tersebut homozigot atau heterozigot. Bila hasil persilangan tersebut memiliki hasil keturunan dimana terdapat beberapa perbandingan fenotipe, maka individu tersebut heterozigot, tetapi bila hasil persilangannya 100% berfenotipe sama maka individu tersebut homozigot. Dapat kita lihat pada gambar berikut.

<p>P : ♀AA (hitam) x ♂aa (putih)</p> <p>F<sub>1</sub> : Aa (hitam)</p>	<p><b>Testcross</b></p> <p>P : ♀Aa (hitam) x ♂aa (putih)</p> <p>F<sub>2</sub> : Aa (hitam, 1) aa (putih, 1)</p>
--	---

Gambar 6. Contoh Persilangan Testcross

### e. Persilangan Dihibrid

Mendel juga melakukan persilangan antara tanaman kapri/ercis yang memiliki 2 (dua) sifat beda. Persilangan ini disebut **persilangan dihibrid**. Ia melakukan persilangan varietas ercis biji bulat warna kuning dengan varietas ercis biji keriput warna hijau. Keturunan pertama dari persilangan tersebut memunculkan keturunan biji bulat warna kuning. Lalu Mendel melakukan lagi persilangan antar sesama F<sub>1</sub> yang hasilnya adalah keturunan F<sub>2</sub> yaitu : 315 varietas ercis biji bulat kuning, 101 biji keriput kuning, 108 biji bulat hijau, dan 32 biji keriput hijau.

Sehingga didapat perbandingan tanaman bulat kuning : keriput kuning : bulat hijau: keriput hijau adalah 9 : 3 : 3 : 1. Untuk melihat lebih jelas dapat kita amati gambar berikut ini.

P	:	Genotipe	BBKK	x	bbkk
		Fenotipe	biji bulat kuning		biji keriput hijau
		Gamet	BK	x	bk
F <sub>1</sub>	:	Genotipe	BbKk		
		Fenotipe	biji bulat kuning		
F <sub>1</sub> x F <sub>1</sub>	:	Genotipe	BbKk	x	BbKk
		Gamet	BK, Bk, bK dan bk		BK, Bk, bK dan bk

Gambar 7. Contoh Persilangan Dihibrid

Tabel 2. Persilangan antara F<sub>1</sub> (BbKk)

	BK	Bk	bK	Bk
♀ BK	♂ BBKK <sup>1</sup>	BBKk <sup>2</sup>	BbKK <sup>3</sup>	BbKk <sup>4</sup>
Bk	BBKk <sup>5</sup>	BBkk <sup>6</sup>	BbKk <sup>7</sup>	Bbkk <sup>8</sup>
bK	BbKK <sup>9</sup>	BbKk <sup>10</sup>	bbKK <sup>11</sup>	bbKk <sup>12</sup>
Bk	BbKk <sup>13</sup>	Bbkk <sup>14</sup>	bbKk <sup>15</sup>	bbkk <sup>16</sup>

Berdasarkan tabel 2 dapat kita lihat bahwa:

- Tanaman ercis biji bulat kuning berjumlah 9 yang terdapat pada nomor 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, dan 13.
- Tanaman ercis biji bulat hijau berjumlah 3 yang terdapat pada nomor 6, 8, dan 14
- Tanaman ercis biji keriput kuning berjumlah 3 yang terdapat pada nomor 11, 12, dan 15.
- Tanaman ercis biji keriput hijau berjumlah 1 yang terdapat pada nomor 16.

Sehingga perbandingan sifat-sifat varietas ercis tersebut hasilnya adalah bulat

kuning : bulat hijau : keriput kuning : keriput hijau = 9 : 3 : 3 : 1.

Bila kita amati, gen yang sudah berpisah pada saat persilangan terjadi maka akan bergabung dengan gen dari induk lain secara acak serta bebas. Pada persilangan ini terlihat jelas gen-gen akan berpasangan membuat kombinasi yang bermacam-macam. Hal tersebut dikenal dengan **Hukum II Mendel** atau **Hukum Pengelompokan Gen Secara Bebas (The Law Independent Assortment of Genes)** yang bunyinya “Bila individu berbeda satu dengan yang lain dalam dua pasang sifat atau lebih, maka akan diturunkan sifat yang sepasang tak tergantung dari pasangan sifat yang lain”.

#### f. Persilangan Lebih dari Dua Sifat Beda

Apabila diamati, pada persilangan monohybrid, terdapat kemungkinan genotipe dan fenotipe F<sub>2</sub> dimana terbentuklah gamet pada F<sub>1</sub> nya ada 2 macam baik genotipe maupun fenotipenya dengan perbandingan fenotipe 3 : 1. Pada persilangan dihibrid, pada F<sub>1</sub> nya ada 4 macam pembentukan gamet dan fenotipenya juga 4 macam yang memiliki perbandingan 9 : 3 : 3 : 1. Apabila dilakukan persilangan tiga sifat beda (trihybrid), kita misalkan AABbCC disilangkan dengan individu lain yang memiliki genotipe aabbcc maka F<sub>1</sub> nya menjadi AaBbCc. Sebanyak 8 macam gamet akan dihasilkan oleh P<sub>2</sub> yakni ABC, ABc, AbC, Abc, aBC, aBc, abC, dan abc. Sehingga nantinya dihasilkan 64 keturunan F<sub>2</sub> sama dengan 8<sup>2</sup>. Kemudian bagaimana jika dilakukan persilangan trihibrid dan seterusnya? Nah, untuk mendapatkannya kita bisa gunakan metode segitiga Pascal seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hubungan Jumlah Sifat Beda dengan Banyak Macam Gamet F<sub>1</sub> dan Perbandingan F<sub>2</sub> yang akan dihasilkan

Jumlah Sifat Beda	Jumlah Macam Gamet	Jumlah Macam Genotipe F <sub>2</sub>	Kemungkinan Fenotipe F <sub>2</sub>	Perbandingan Fenotipe F <sub>2</sub>
1	2 <sup>1</sup> = 2	3	2	3 : 1
2	2 <sup>2</sup> = 4	9	4	9 : 3 : 3 : 1
3	2 <sup>3</sup> = 8	27	8	27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
N	2 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup> : dst

Keterangan : n = banyaknya sifat beda

### 8. Rangkuman

Pemuliaan tanaman dapat diartikan menjadi paduan antara seni serta ilmu pengetahuan yang didalamnya mempelajari tentang cara memperbaiki genotipe populasi suatu tanaman hingga lebih berguna bagi umat manusia. Ada beberapa tujuan dalam proses pemuliaan tanaman secara umum yaitu merakit jenis baru yang memiliki daya hasil/produksi tinggi, melakukan pengembangan varietas yang lebih baik untuk lahan baru pertanian, melakukan pengembangan varietas baru yang

resisten hama penyakit, memperbaiki karakter agronomik dan hortikulturik tanaman, dan meningkatkan kualitas hasil/produksi tanaman.

Kemudian beberapa prosedur dalam teknik pemuliaan tanaman yang terdiri dari menetapkan tujuan program pemuliaan, penyediaan materi pemuliaan, penilaian genotipe atau populasi untuk dijadikan varietas baru, dan pengujian. Ada beberapa bidang ilmu yang terkait dengan pemuliaan tanaman yakni seperti Ilmu Botani, Morfologi, Taksonomi, Fisiologi, Hama dan Penyakit, Statistik, Rancangan Percobaan, Biokimia dan lain-lain.

Sebelum Mendel melakukan percobaan pada tanaman kapri (*Pisum sativum*), ada beberapa teori pewarisan yaitu Teori Ovisma, Teori animalkulisma, Teori preformasi, Teori Epigenesis, Pangenesis, dan Plasma benih. Setelah Mendel melakukan percobaannya maka terciptalah Hukum Mendel I (Hukum Segregasi) dan Hukum Mendel II (Hukum Pengelompokan Gen Secara Bebas).

## **9. Diskusi**

- 1) Jelaskan definisi pemuliaan tanaman!
- 2) Jelaskan tujuan dan peranan pemuliaan tanaman!
- 3) Jelaskan maksud dari Hukum Mendel I dan II!



## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, F. 2009. Pengelolaan Sumberdaya Genetik (PSDG). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Genetik Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Agustina, N. I., dan B. Waluyo. 2017. Keragaman karakter morfo-agronomi dan keanekaragaman galur- galur cabai besar (*Capsicum annuum* L.). Jurnal Agro. 4(2), 120–130.
- Allard, R.W. 1960. *Principles of Plant Breeding*. John Willey & Sons Inc. New York, London.
- Arsal, A.F. 2018. Genetika I Arif Memahami Kehidupan. Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar, Makassar.
- Dahamarudin, L dan M. Nurdin. 2009. Eksplorasi dan Konservasi Plasma Nutfah Ubikayu Sebagai Upaya Mewujudkan Ketahanan Pangan di Maluku. Jurnal Agrotropika. 14(2): 73-80.
- Effendy, Respatijarti, dan B. Waluyo. 2018. Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Komponen Hasil dan Hasil Ciplukan (*Physalis* sp.). Jurnal Agro. 5(1): 30-38.
- Gupta, H. *Crop Improvement Selection Methods (With Diagram)*. Diakses dari <https://www.biologydiscussion.com/crops/improvement/crop-improvement-selection-methods-with-diagram/17663> pada 5 Oktober 2021.
- Malau, S. 2005. Biometrika Genetika dalam Pemuliaan Tanaman. Universitas HKBP Nomensen, Medan.
- Mustami, M.K. 2013. Genetika. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Setiawan, E. 2015. Perkembangbiakan Tanaman. Universitas Trunojoyo Madura, Madura.
- Sudarka, W., S.M. Sarwadana., I.G. Wijana., dan N.M. Pradnyawati. 2009. Pemuliaan Tanaman. Program Studi Biologi. Universitas Udayana, Bali.
- Susanto, A.H. 2011. Genetika. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Syukur, M., S. Sujiprihati., dan R. Yuniarti. 2010. Teknik Pemuliaan Tanaman. Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor.
- Tariq, M., M.I.U. Haq, A.A. Kiami, and N. Kamal. 2003. *Phenotypic Stability for Grain in Maize Genotypes Under Varied Rainfed Enviroments*. Asian Journal of Plant Sciences 2(1): 80-82.
- Widodo. 1964. Pemuliaan Tanaman. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.