

TEKNOLOGI PEMULIAAN TANAMAN



Penulis :

- Nurhayati
- Visi Tinta Manik
- Indah Sriwahyuni
- Noverina Chaniago
- Rahmat Joko Nugroho
- Riyanti
- Abdul Hakim



TEKNOLOGI PEMULIAAN TANAMAN

**Nurhayati
Visi Tinta Manik
Indah Sriwahyuni
Noverina Chaniago
Rahmat Joko Nugroho
Riyanti
Abdul Hakim**



GET PRESS INDONESIA

TEKNOLOGI PEMULIAAN TANAMAN

Penulis :

Nurhayati
Visi Tinta Manik
Indah Sriwahyuni
Noverina Chaniago
Rahmat Joko Nugroho
Riyanti
Abdul Hakim

ISBN : 978-623-198-109-7

Editor : Ari Yanto, M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah Kec. Koto
Tengah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Februari 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Teknologi Pemuliaan Tanaman ini.

Buku ini membahas Konsep Dan Ruang Lingkup Pemuliaan Tanaman, *Central Of Origin* Dan Plasma Nutfah, Tipe Perkembangbiakan Tanaman, Keragaman Genetik, Metode Seleksi Pemuliaan Tanaman Membiak Vegetative, Bioteknologi Dan Aplikasinya Dalam Lingkup Pemuliaan Tanaman, Pelepasan Varietas.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

adang, Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 KONSEP DAN RUANG LINGKUP	
PEMULIAAN TANAMAN	1
1.1 Pengertian.....	1
1.2 Tujuan Pemuliaan Tanaman	2
1.3 Pemanfaatan Pemuliaan Taman.....	2
1.3.1 Tanaman Toleran terhadap Cekaman Kekeringan.....	2
1.3.2 Tanaman Toleran terhadap genangan	5
1.3.3 Tanaman Toleran Penyakit.....	6
1.4 Tujuan Jangka Pendek.....	6
1.5 Penyediaan materi pemuliaan	12
1.6 Tahap Kegiatan Pemuliaan Tanaman.....	15
DAFTAR PUSTAKA	17
BAB 2 CENTRE OF ORIGIN DAN PLASMA NUTFAH.....	19
2.1 Pendahuluan	19
2.2 Sejarah <i>Center of Origin</i>	19
2.3 <i>Center of Origin</i> Tanaman Budidaya	23
2.4 Erosi Genetik Sumber Daya Tanaman Dan Pengaruh Teori Vavilov	27
2.5 Kontribusi <i>Centre Of Origin Dan Centre Of Diversity</i> Dalam Pertanian Modern	28
2.6 Plasma Nutfah.....	32
2.7 Pengawetan Plasma Nutfah.....	33
DAFTAR PUSTAKA	36
BAB 3 TIPE PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN	39
3.1 Pendahuluan	39
3.2 Perkembangbiakan Secara Aseksual	40

3.2.1 Reproduksi Vegetatif Alami	40
3.2.2 Reproduksi Vegetatif Buatan.....	44
3.3 Perkembangbiakan Secara Seksual.....	47
3.3.1 Struktur Organ Reproduksi Tanaman	48
3.3.2 Perbedaan Gymnospermae dan Angiospermae....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
BAB 4 KERAGAMAN GENETIK.....	55
4.1 Pendahuluan.....	55
4.2 Materi Genetik	61
4.3 Sumber Keragaman Genetik.....	69
4.3.1 Introduksi.....	70
4.3.2 Persilangan (Hibridisasi)	73
4.3.2 Mutasi	78
4.4 Konservasi Sumber Daya Genetik.....	80
DAFTAR PUSTAKA	88
BAB 5 METODE SELEKSI PEMULIAAN TANAMAN	
MEMBIAK VEGETATIF	95
5.1 Pendahuluan.....	95
5.2 Tujuan Pemuliaan Tanaman.....	97
5.3 Dasar Dalam Pembiakan Vegetatif.....	99
5.4 Teknik Pembiakan Vegetatif	100
5.4.1 Pembiakan Vegetatif Alami	101
5.4.2 Pembiakan Vegetatif Buatan.....	103
5.4.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Stek.....	108
DAFTAR PUSTAKA	116
BAB 6 BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA DALAM	
LINGKUP PEMULIAAN TANAMAN.....	119
6.1 Aplikasi Bioteknologi dalam Pemuliaan Tanaman..	119
6.2 Kultur Jaringan	121
6.2.1 Prinsip Dasar Kultur Jaringan	125
6.2.2 Tahapan Kultur Jaringan	127
6.3 Rekayasa Genetika	128

6.3.1 Transformasi Genetik Pada Tanaman	130
6.3.2 Tanaman Transgenik.....	132
6.3.3 Pro dan Kontra Tanaman Transgenik.....	135
DAFTAR PUSTAKA	137
BAB 7 PELEPASAN VARIETAS	139
7.1 Pemuliaan Tanaman	140
7.2 Jenis-Jenis Tanaman.....	146
7.2.1 Tanaman Hortikultura	147
7.2.2 Tanaman Pangan.....	148
7.2.3 Tanaman Perkebunan.....	148
7.3 Pendaftaran Varietas	149
7.4 Pelepasan Varietas.....	153
7.5 Tahapan Pelepasan Varietas	163
DAFTAR PUSTAKA	166
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 :	Pepaya california, pohonnya pendek dan berbuah lebat.....	8
Gambar 2.1 :	Vavilov's centre of origin dari tanaman pangan utama dunia. Gambar diadaptasi dari N.I Vavilov 1992.....	25
Gambar 2.2 :	Wilayah utama keragaman tanaman pertanian di seluruh dunia	29
Gambar 2.3 :	Bagan pai yang menghubungkan area utama keanekaragaman tumbuhan dengan nilai kalorinya saat ini (kkal per kapita ⁻¹ d ⁻¹) di area pasokan makanan.....	31
Gambar 3.1 :	Umbi lapis	41
Gambar 3.2 :	Umbi Batang.....	42
Gambar 3.3 :	Umbi Akar	43
Gambar 3.4 :	Rhizoma pada tumbuhan	43
Gambar 3.5 :	Tunas pada Tanaman Pisang.....	44
Gambar 3.6 :	Cara Mencangkok Tanaman.....	45
Gambar 3.7 :	Cara Stek Tanaman.....	46
Gambar 3.8 :	Mekanisme Kultur Jaringan	47
Gambar 3.9 :	Struktur bunga sebagai alat perkembangbiakan pada Angiospermae...	48
Gambar 3.10 :	Struktur bunga sebagai alat perkembangbiakan pada Gymnospermae.....	49
Gambar 3.11 :	Daur hidup Gymnospermae	50
Gambar 3.12 :	Perkembangan biji Gymnospermae dan Angiospermae.....	51
Gambar 4.1 :	Keragaman genotipe beras merah (yang terlihat dari keragaman marka genetik), menghasilkan keragaman fenotipe yang ditunjukkan dari warna	

dan bentuk gabah/beras	57
Gambar 4.2 : Identifikasi keragaman genetik berdasarkan fenotipe bersifat kuantitatif (a) dan kualitatif (b)	59
Gambar 4.3 : Materi genetik di dalam sel tumbuhan.....	63
Gambar 4.4 : Berbagai bentuk pasangan alel dalam kromosom	65
Gambar 4.5 : Struktur DNA pita <i>double helix</i> dengan urutan basa nitrogen yang berpasangan ..	66
Gambar 4.6 : Susunan molekul asam nukleotida	67
Gambar 4.7 : Susunan molekul basa nitrogen turunan Pirimidin dan Purin pada DNA....	67
Gambar 4.8 : Sifat struktur molekul DNA double heliks	69
Gambar 4.9 : Pindah silang DNA antara pasangan kromosom sehomolog.....	75
Gambar 4.10 : Kumpulan gen primer (GP-1), sekunder ((GP-2), dan tersier (GP-3) pada genus <i>Gossypium</i> untuk melakukan persilangan	77
Gambar 5.1 : stek Daun (A), Stek Batang (B) dan stek akar (C)	108
Gambar 7.1 : Tahapan Progran Pemuliaan Tanaman.....	141
Gambar 7.2 : Alur pendaftaran varietas tanaman ke Pusat PVT Kementan.....	155
Gambar 7.3 : Alur Pelepasan Varietas	166
Gambar 7.4 : SK Pelepasan Varietas Tanaman Pelepasan Varietas Lembayung IPB.....	167

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 : Varietas Padi Toleran Kekeringan.....	3
Tabel 4.1 : Keragaman genotipe beras merah yang diperoleh dari eksplorasi di beberapa kabupaten di Provinsi Sumatera barat	57
Tabel 4.2 : Tipe mutagen fisik, sumber, deskripsi, energi dan daya tembus.....	80
Tabel 4.3 : Koleksi plasma nutfah dari 15 bank benih dunia.....	82
Tabel 6.1 : Beberapa Tipe Kultur Jaringan Tanaman dan Tujuannya Berdasarkan Macam Jaringan atau Organ Yang Digunakan.....	125
Tabel 6.2 : Contoh tanaman transgenik beserta sifat dan sumber transgen	135
Tabel 7.1 : Jumlah Pelepasan dan Pendaftaran Varietas Hortikultura sampai tahun 2020.....	157
Tabel 7.2 : Jenis tanaman, jumlah unit/lokasi dan musim tanam pada beberapa jenis tanaman	162

BAB 1

KONSEP DAN RUANG LINGKUP PEMULIAAN TANAMAN

Oleh Nurhayati

1.1 Pengertian

Pemuliaan tanaman sesuai dengan istilahnya adalah kegiatan untuk memuliakan, menjadikan suatu produk tanaman lebih baik dari yang sudah ada sebelumnya atau saat ini, baik dari peningkatan produksi dan kualitas produk tanaman. Namun indikator peningkatan produksi dan kualitas tersebut tidak terlepas dari beberapa faktor seperti kebutuhan masyarakat, permasalahan dalam masyarakat, tuntutan perubahan alam dan perkembangan teknologi. Faktor kebutuhan masyarakat terkait dengan berbagai kondisi dan kaitannya juga kesehatan dengan ilmu pengetahuan lain, salah satunya bidang kedokteran. Contohnya pada bidang kesehatan dibutuhkan makanan dengan karbohidrat rendah, ini menjadi tantangan bagi kegiatan pemuliaan tanaman untuk menghasilkan beras dengan kadar gula yang rendah, kebutuhan vitamin C yang tinggi menuntut adanya suatu jenis tanaman seperti pisang yang mengandung vitamin C tinggi. Berangkat dari tuntutan terhadap pemuliaan tanaman maka, Pemuliaan tanaman bukan hanya ilmu pengetahuan tetapi juga seni yang dapat merubah sifat tanaman. Perubahan sifat tersebut sesuai dengan kebutuhan sehingga sifatnya sangat berkembang dan terus berubah. Seninya Hal ini sesuai dengan definisi pemuliaan tanaman. *Plant Breeding Is The Art And Science Of Changing And Improving The Heredity Of Plants.*

Pemuliaan tanaman sebagai Ilmu (*science*) yang mempelajari tentang perubahan susunan genetik (sifat) tanaman sehingga diperoleh tanaman baru yang bermanfaat bagi manusia. Pemuliaan sebagai Seni (*art*) yaitu kemampuan dalam merakit tanaman baru yang memiliki sifat-sifat atau penampilan sesuai dengan tujuan yang diinginkan pemulianya.

1.2 Tujuan Pemuliaan Tanaman

Besarnya manfaat dan berbagai kepentingan yang terkait dengan kegiatan pemuliaan tanaman, maka pemuliaan tanaman memiliki tujuan jangka panjang dan jangka pendek. Tujuan Pemuliaan Tanaman dalam jangka panjang yaituantisipasi perubahan iklim, berdasarkan hasil penelitian Garret *et al* (2006) bahwa perubahan iklim terus terjadi, perubahan iklim terkait dengan peningkatan suhu berakibat pada banjir, kekeringan. Hal ini menuntut dihasilkannya tanaman yang mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim tersebut, yaitu tanaman yang tahan terhadap banjir, contohnya padi yang tidak mudah rebah, tanaman kedelai yang tahan terhadap cekaman kekeringan, tanaman yang tahan terhadap serangan hama, karena dari hasil penelitian Garret *et al* (2006) ada kaitan antara perubahan iklim dengan serangan hama dan penyakit. Jangka panjang juga perlu diciptakan tanaman yang respon terhadap pertanian organik dalam rangka mendukung pertanian berkelanjutan. Fenomena yang membutuhkan perubahan dapat diantisipasi dengan pemuliaan tanaman.

1.3 Pemanfaatan Pemuliaan Taman

1.3.1 Tanaman Toleran terhadap Cekaman Kekeringan

Kekeringan menjadi pembatas utama dalam produktivitas padi pada lahan sawah tadah hujan. Penanaman varietas padi toleran kekeringan merupakan pendekatan praktis untuk meminimalisir penurunan hasil akibat kondisi

cekaman kekeringan. Hasil penelitian Balitbangtan (2015) diperoleh varietas padi toleran cekaman kekeringan dalam rangka Antisipasi perubahan iklim. Varietas ini diperoleh dari berbagai badan riset Varietas unggul padi toleran kekeringan yang dalam bentuk kegiatan pemuliaaan tanaman padi yang dilakukan oleh Balitbangtann dan merupakan salah satu kunci dalam peningkatan produksi padi. Kebutuhan varietas toleran cekaman kekeringan dibutuhkan karena banyaknya daerah kering di Indonesia sementara kebutuhan pangan terus meningkat dengan meningkatnya jumlah penduduk. Balitbangtan telah merilis beberapa varietas padi toleran kekeringan yang mempunyai potensi hasil tinggi di lahan lahan kering. Balitbangtan telah menghasilkan beberapa varietas yang toleran kekeringan (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 : Varietas Padi Toleran Kekeringan

No	Varietas	Umur tanaman (HSS)	Potensi hasil (t/ha)	Tekstur nasi
1	Limboto	105	6	Sedang
2	Batutegi	112-120	6	Pulen
3	Towuti	105-115	7	Pulen
4	Situ Patenggang	110-120	5,6	Sedang
5	Situ Bagendit	110-120	5	Sedang
6	Inpago 4	124	6,1	Pulen
7	Inpago 5	118	6,2	Sangat pulen
8	Inpago 6	113	5,8	Pulen
9	Inpago 7	111	7,4	Pulen
10	Inpago 8	119	8,1	Pulen
11	Inpago 9	109	8,4	Sedang
12	Inpago 10	115	7,3	Sedang
13	Inpari 16	118	7,6	Pulen

No	Varietas	Umur tanaman (HSS)	Potensi hasil (t/ha)	Tekstur nasi
14	Inpari 18	102	9,5	Pulen
15	Inpari 19	104	9,5	Pulen
16	Inpari 38	115	8,1	Pulen
17	Inpari 39	115	8,4	Pulen
18	Inpari 40	116	9,6	Sedang
19	Inpari 41	114	7,8	Pulen

Sumber: Balitbangtan 2015

Varietas padi toleran cekaman kekeringan dapat ditanam pada daerah iklim kering dengan periode hujan singkat. Varietas Kalimutu, Cisokan, Situ Patenggang, dan Gilirang menunjukkan tingkat toleransi tinggi terhadap kekeringan yang mampu bertahan lama lebih dari 8 hari pada kondisi kadar air rendah (10%). Cekaman kekeringan mempengaruhi semua faktor aspek dari tanaman padi terjadi perubahan, yaitu perubahan fisiologi, morfologi, pola pertumbuhan, dan akhirnya mempengaruhi hasil dan produksi tanaman. Respon morfologi dan fisiologi dapat digunakan sebagai salah satu indikator yang dapat digunakan dalam seleksi varietas yang toleran kekurangan air. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan merupakan cara tanaman lolos dari kekeringan dan ketahanan terhadap kekeringan sehingga tetap bertahan dan berproduksi (Sujinah dan Ali Jamil). Program pemuliaan padi toleran kekeringan dinilai lebih tepat diarahkan untuk menghasilkan varietas galur murni, bukan varietas hibrida. Genotipe berpengaruh nyata terhadap karakter panjang daun bendera, tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai, jumlah gabah isi, jumlah gabah hampa, jumlah gabah total dan bobot biji per tanaman. Panjang malai dapat dijadikan sebagai karakter seleksi untuk

mengidentifikasi genotipe-genotipe toleran kekeringan (Medaraji *et al*, 2016).

1.3.2 Tanaman Toleran terhadap genangan

Kondisi Curah hujan hampir merata di seluruh wilayah Indonesia, dengan intensitas ada tinggi dan ada juga yang sedang. Daerah letak geografisnya di dataran tinggi lahannya dapat digunakan secara intensif untuk bercocok tanam sesuai komoditasnya, sedangkan di dataran rendah dengan curah hujan yang tinggi, lahan akan kelebihan cadangan air sehingga menyebabkan tergenangnya tanaman yang ada di lahan tersebut. Kondisi ini bisa menyebabkan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, tanaman menjadi rusak sehingga mati. Salah satu upaya mencegah hal tersebut adalah menanam padi varietas unggul. salah satu varietas padi tahan banjir adalah Inpari 30 Ciherang Sub 1.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) melalui Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) telah berhasil merakit varietas padi yang tahan terhadap rendaman akibat kelebihan cadangan air atau banjir. Varietas tersebut adalah Inpari 30 Ciherang Sub 1 yang dilepas pada tahun 2012 yang lalu. Varietas padi tersebut memiliki daya tahan yang lebih kuat terhadap rendaman air berlebih sudah disiapkan untuk mengatasi rendaman air akibat banjir. Mekansime ketahanan Varietas Inpari 30 Ciherang Sub 1 terhadap genangan karena mampu *me-recover* dirinya saat terendam, hal ini yang menjadi kelebihanannya dan tidak dimiliki oleh varietas padi lainnya. Varietas ini tahan terhadap rendaman air sampai 15 hari. Pada saat banjir dan terendam tanaman padi ini mampu menyimpan cadangan energi selama terendam kemudian tumbuh kembali setelah air surut dan tidak mati. Inpari 30 Ciherang Sub 1 cocok untuk ditanam di sawah irigasi dataran rendah sampai ketinggian 400 m dpl

pada daerah luapan sungai. Dapat juga ditanam di cekungan dan rawan banjir lainnya dengan rendaman keseluruhan fase vegetatif selama 15 hari. Umur tanaman Inpari 30 Ciherang Sub 1 hanya 111 hari setelah semai dengan potensi hasil 9,6 ton/ha. Tekstur nasi pulen yang disukai sebagian besar masyarakat umumnya (Litbang Pertanian, 2022).

1.3.3 Tanaman Toleran Penyakit

Pemuliaan tanaman untuk mendapat tanaman tahan terhadap penyakit secara konvensional telah banyak dilakukan dan memberikan salah satunya hasil penelitian Kirana dkk (2016). Perakitan varietas cabai tahan penyakit antraknosa relatif memerlukan waktu yang lama, tetapi varietas tahan antraknosa tetap penting diwujudkan sebagai kontribusi bidang pemuliaan tanaman untuk menurunkan tingkat pemakaian pestisida oleh petani, menjaga keseimbangan lingkungan, dan menyediakan produk yang aman bagi konsumen. Penelitian menyeleksi tetua tahan antraknosa dan mengetahui keberhasilan persilangan antara tetua tahan dengan varietas Balitsa yaitu Kencana dan Tanjung-2 dalam rangka memperluas keragaman genetik ketahanan terhadap antraknosa sebagai bahan dasar untuk program seleksi. Hasil pengujian tingkat ketahanan terhadap penyakit antraknosa di laboratorium, diketahui bahwa varietas cabai AVPP 0207 dan Perisai diketahui tahan terhadap antraknosa (*Colletotrichum acutatum*) (Kristamtini. 2005).

1.4 Tujuan Jangka Pendek

Tujuan Pemuliaan tanaman dalam jangka pendek untuk memenuhi keinginan konsumen melalui perbaikan kualitas produk yang dihasilkan, tergantung pada selera konsumen, beberapa contoh kegiatan pemuliaan tanaman yang menghasilkan berbagai produk :

1. Semangka Tanpa Biji

Semangka merupakan salah satu buah yang sangat populer sampai ke hotel berbintang, namun bagi konsumen sering merasa jengkel karena harus memisahkan buah semangka dari bijinya. Prof. Dr. Hitoshi Kihara, telah menghasilkan membuat tanaman semangka tanpa biji adalah dengan meylangkan semangka tetraploid dengan semangka diploid (semangka berbiji). Untuk mendapatkan semangka tetra tetraploid harus melalui pelipatgandaan jumlah kromosom (Mutasi Duplikasi). Hasil kedua persilangan ini akan mendapatkan jenis semangka triploid (semangka tanpa biji) yang mempunyai daya vitalitas rendah. Perkecambahan benih semangka triploid memerlukan suhu udara yang cukup tinggi (lebih dari 29°C) agar perkecambahannya dapat terjamin. Mungkin pada awalnya semangka akan tumbuh dengan tidak normal, seiring berjalannya waktu tanaman semangka akan tumbuh dengan kuat. Daya kecambah rata-rata semangka tanpa biji ini adalah 27,5-85% dengan bentuk kotiledon yang lebih kecil dari semangka diploid.

2. Pepaya California

Pepaya california hanya nama California, tetapi asalnya bukan berasal dari California, Amerika Serikat, melainkan buah asli Indonesia. Pepaya california merupakan pemuliaan tanaman papaya hasil karya Prof. Dr. Ir. Sriani Sujiprihati, seorang ilmuwan dari Pusat Kajian Buah Tropika, Institut Pertanian Bogor (IPB). Prof. Sriani dan para ilmuwan IPB mengadakan penelitian di berbagai daerah di Indonesia untuk mengumpulkan bibit buah-buahan unggul sejak tahun 2001, termasuk pepaya. Pepaya Unggul banyak jenisnya di seluruh Indonesia, Prof. Sriani dan para peneliti mengadakan riset untuk

mengembangkan jenis pepaya unggul. Hasilnya pepaya varietas unggul, seperti pepaya arum, pepaya prima, pepaya carisya, pepaya sukma, dan pepaya callina.



Gambar 1.1 : Pepaya california, pohonnya pendek dan berbuah lebat.

Foto: Sigit Wahyu, Sumber foto: ipb.ac.id.

Pepaya unggul bernama Pepaya Calina, tapi dikenal dengan pepaya california, aslinya diberi kode riset IPB-9. Namun, setelah buahnya dijual ke pasar, pedagang buah lebih suka menyebutnya pepaya california. Nama “california” seolah-olah buah impor dan mudah laku. Asal bibit dari kebun milik warga Bogor dilakukan kegiatan pemuliaan tanaman selama tujuh tahun sehingga menjadi bibit unggul dan diberi nama pepaya callina. Penemuan varietas baru pepaya callina diresmikan pada 3 Oktober 2010 oleh Menteri Pertanian RI, Bapak Dr. Suswono.

Keistimewaan Pepaya Calina Cepat Berbuah dan Terus Berbuah, selain perawatannya mudah, pepaya ini cepat menghasilkan. Pada umur 4 bulan, tanaman pepaya sudah mulai berbuah. Pada umur 7 sampai 9 bulan, buah sudah mulai bisa dipilih untuk dipanen. Panen bisa dilakukan seminggu sekali, selama 3 sampai 4 tahun. Panen yang terus menerus, para petani pun cepat mendapat untung. Manis dan Tidak Mengeluarkan Aroma Pepaya. Pepaya california disukai rasanya yang manis, dagingnya tebal dan lembut, tidak benyek, warnanya merah, dan tidak mengeluarkan aroma pepaya yang khas. Ukuran buahnya juga tidak terlalu besar dan bisa dihabiskan dalam sekali makan (Sumber: agrohort.ipb.ac.id).

3. Pemuliaan Tanaman ANGGREK

Anggrek merupakan kelompok tanaman hias dengan keragaman morfologi yang sangat luas. Aneka ragam bentuk disertai dengan variasi bunga yang mengagumkan menjadikan tanaman anggrek populer dalam perdagangan florikultura. *Phalaenopsis*, *Dendrobium*, *Vanda*, *Oncidium*, *Cymbidium* dan *Paphiopedilum* merupakan komoditas penting di pasar global. Nilai ekonomi yang tinggi dan potensi anggrek yang besar membuat pemulia anggrek terus mencoba mengembangkan varietas baru yang dapat diterima pasar. Program pemuliaan didesain untuk memperbaiki ukuran dan warna bunga, ketahanan bunga, panjang tangkai bunga, bentuk daun, mudah dibudidayakan, ketahanan terhadap hama penyakit, dan viabilitas biji yang dihasilkan. Selama ini, varietas-varietas baru anggrek diperoleh melalui metode pemuliaan tradisional, tetapi metode tersebut membutuhkan waktu yang lama dalam menghasilkan varietas unggul baru (3-6 tahun), juga berhadapan dengan masalah

inkompatibilitas, tingkat ploidy, dan hambatan sebelum dan sesudah fertilisasi. Selain itu teknik ini tidak dapat memanipulasi karakter spesifik, seperti ketahanan mekar bunga dan umur berbunga untuk memenuhi permintaan konsumen. Metode lain seperti pemuliaan genom, poliploidisasi dan transformasi genetik adalah metode yang mampu mengatasi hambatan yang dihadapi metode tradisional dalam menciptakan varietas baru. Aplikasi berbagai metode tersebut yang disertai dengan pemanfaatan sumber daya genetik diharapkan dapat diperoleh varietas unggul baru dengan karakter unik (Balithi).

Anggrek merupakan salah satu tanaman yang memiliki bentuk yang indah dengan warna yang beragam. Pemuliaan anggrek, khususnya *Dendrobium* dan *Phalaenopsis* sebagian besar dilakukan melalui biji, sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih lama dan anakan yang dihasilkan memiliki sifat yang tidak sama dengan induk. Agar mendapatkan hasil yang lebih seragam dan waktu yang lebih cepat, diperlukan upaya lain dalam pemuliaannya, antara lain melalui embriogenesis somatik, yaitu perbanyakan melalui pembentukan embrio dari sel somatik. Pembentukan embrio dari sel somatic menggunakan zat pengatur tumbuh Metode yang digunakan adalah induksi embrio somatik dari ujung akar, daun dan nodus tangkai bunga. Parameter yang diamati adalah embrio somatik yang terbentuk dari kombinasi zat pengatur tumbuh yang digunakan. Hasil yang didapat pada induksi embrio somatik adalah pada media MS (Murashige dan Skoog) dengan penambahan zat pengatur tumbuh auksin (IAA, IBA, NAA, dan 2,4-D) dan sitokinin (BAP dan TDZ) dengan kombinasi yang sesuai, embrio somatik dapat berkembang dengan baik menjadi plantlet (Yuni, 2015)

4. Pemuliaan kandungan bahan tertentu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beras yang dikonsumsi penduduk dunia menunjukkan bahwa kandungan vitamin A maupun zat besi di bawah tingkat kebutuhan tubuh manusia bahkan hampir tidak ada. Untuk mengatasi tersebut telah dikembangkan varietas beras baru yang memiliki banyak kandungan beta karoten, yang dapat diolah tubuh menjadi vitamin A, dan varietas yang tinggi tingkat kandungan zat besi di *International Rice Research Institute* (IRRI), Filipina. Varietas dengan beta karoten disebut golden rice, karena warna bijinya yang kuning tua. Tekstur beras ini tidak berbeda dengan jenis yang lain, kecuali warnanya yang kuning tua menyolok. Warna kuning tua merupakan hasil rekayasa genetika. Golden rice dikembangkan dengan teknik modifikasi genetika, dengan menggabungkan gen maizis dengan mikroorganisme tanah yang bisa menghasilkan beta karoten pada biji beras. Varietas ini pertama kali ditemukan oleh Profesor Ingo Potrykus ketika masih menjabat di Federal Institute of Technology, Swiss, dan Profesor Peter Beyer dari Universitas Freiburg, Jerman. Hasil penelitian menunjukkan, mengkonsumsi satu mangkok nasi dari golden rice bisa mencukupi setengah dari kebutuhan orang dewasa terhadap vitamin A. Sementara itu, varietas beras yang mengandung zat besi tinggi, dikembangkan dengan cara menambahkan gen dari kedelai. Jenis beras yang umum sangat kecil kandungan zat besinya.

Masyarakat Asia Tenggara banyak kekurangan zat besi, karena sebagian besar rakyatnya mengkonsumsi nasi setiap hari. Hal itu bisa berdampak buruk kepada anak-anak, ibu hamil maupun ibu menyusui maka dikembangkan

varietas beras yang memiliki kandungan zat besi tinggi dengan modifikasi genetika.

5. Tomat Tahan lama

Pemuliaan tanaman tomat diarahakan kepada buah tomat yang tahan lama dipenyimpanan. , karena merupakan tanaman tidak dapat bertahan lama atau mudah busuk. Para konsumen yang merupakan ibu rumah tangga tidak dapat menyimpan tomat dalam rentang waktu yang lama dengan jumlah yang banya, karena mudah membusuk. Pemuliaan tanaman melalui pemuliaan modern yaitu rekayasa genetika dihasilkan tomat berwarna ungu dan umur yang panjang. Hasil pemuliaan tanaman tersebut memiliki ketahanan waktu simpan yang sebelumnya hanya 21 hari bertambah menjadi 48 hari dengan nutrisi di dalamnya menjadi lebih baik.

1.5 Penyediaan materi pemuliaan

Pemuliaan tanaman sesuai dengan definisinya menghasilkan yang lebih baik atau yang unggul, hal ini memerlukan materi atau bahan untuk kegiatan pemuliaan. Materi pemuliaan tanaman banyak tersedia di pusat pusat keragaman tanaman karena materi pemuliaan tanaman harus mempunyai keragaman genetik yang tinggi terkait dengan usaha menciptakan yang unggul dan karakter yang bervariasi. Peningkatan keragaman genetik dapat dihasilkan melalui Koleksi, Introduksi, Hibridisasi, Mutasi, Poliploidi, Bioteknologi (rekayasa genetik). Koleksi keragaman genetik di Indonesia terdapat di Pusat Penelitian, diantaranya pusat Penelitian Kelapa sawit di Medan yang banyak mengkoleksi Plasma Nutfah Kelapa Sawit, Pusat Penelitian Padi di Jawa Barat, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao di Jember, Pusat Penelitian Karet Sei Putih, Pusat Penelitian Tanaman Obat dan Rempah di Bogor.

Pusat penelitian tersebut memiliki banyak koleksi tanaman yang dapat digunakan sebagai tetua dalam persilangan maupun sumber gen dalam kegiatan rekayasa genetika. Introduksi atau mendatangkan tanaman dari daerah lain juga merupakan cara untuk meningkatkan keragaman, dapat berasal dari Negara lain maupun daerah lain di Indonesia. Keragaman juga diciptakan dengan hibridisasi atau persilangan. Melalui persilangan tercipta kombinasi genetik yang baru antara tetua sehingga menghasilkan turunan yang beragam. Turunan tersebut dapat diseleksi sehingga diperoleh hasil unggul yang diharapkan. Poliploidi adalah peningkatan jumlah pasangan kromosom, dengan berbagai metode, contohnya dengan penggunaan bahan kimia yang berkaitan dengan mutasi gen. Mutasi gen dengan Poliploidi menghasilkan keragaman yang menjadi sumber variasi genetik. Rekayasa Genetika merupakan pemuliaan tanaman modern, dengan metode cloning gen. Variasi diciptakan dengan pemindahan gen antara tanaman, bahkan antar tanaman dengan hewan. Ekspresi gen yang diharapkan menjadi lebih fokus pada sifat unggul yang diinginkan.

Bagaimana merubah susunan gen?

Pemuliaan tanaman terkait dengan hal yg sangat mendasar yaitu gen. Produk pemuliaan tanaman berupa perbaikan karakter tanaman, sebagai akibat perubahan susunan. Gen pada dasarnya hanya terdiri dari empat asam amino, Adenin, Timin, Cytosin, Guanin. Susunan gen tersebut menentukan karakter yang muncul. Gen dapat tersusun kembali, mengalami rekombinasi sehingga terjadi perubahan karakter. Perubahan susunan gen dapat terjadi akibat kegiatan pemuliaan tanaman konvensional maupun yang modern.

Pemuliaan tanaman konvensional dengan cara persilangan (hibridisasi), menyilangkan tetua sebagai induk, sedangkan metode pemuliaan tanaman nonkonvensional yang

memanfaatkan bioteknologi dan pemuliaan konvensional. Pemuliaan nonkonvensional antara lain kultur jaringan dan rekayasa genetika yang secara cepat mengkombinasi gen sesuai dengan kebutuhan

Perubahan susunan gen melalui metode pemuliaan Kultur Jaringan, ada beberapa metode pemuliaan tanaman yang digunakan, yakni teknik kultur tunas, teknik organogenesis, dan teknik somatik embriogenesis. Tujuan memperbanyak bibit unggul, meningkatkan keragaman genetik, menghasilkan tanaman transgenik dari merekayasa sel tanaman.

Rekayasa Genetika, Metode pemuliaan tanaman pada rekayasa genetika yaitu memodifikasi molekul genetik dari suatu organisme sehingga mendapatkan sifat baru yang dimiliki. Dikembangkan untuk meningkatkan kualitas produk pertanian, sehingga muncul berbagai komoditas hasil rekayasa genetika, atau yang sering kita sebut sebagai produk genetically modified organisms (GMO) atau produk rekayasa genetika (PRG) (Endang, 2018).

Hibridisasi/Persilangan dengan merakit individu-individu yang berkarakter unggul secara fenotipe sehingga menghasilkan individu yang lebih baik. Kelemahan informasi fenotipe yang diperoleh sering memberikan hasil yang tidak konsisten karena karakter dipengaruhi faktor lingkungan, Metode Pemuliaan Tanaman Menyerbuk Sendiri, dengan metode polinasi. Polinasi atau persilangan dapat menggabungkan sifat-sifat baik dua induk atau tetua dengan tujuan agar keturunannya memiliki sifat-sifat baik dari tetuanya. Metode Pemuliaan Tanaman Menyerbuk Silang dilakukan dengan seleksi massa dan uji keturunan.

Pemuliaan tanaman tidak dapat berdiri sendiri tapi harus didukung oleh ilmu lain, yaitu Ilmu GENETIKA yang mempelajari pewarisan suatu sifat; Ilmu BOTANI yang

mempelajari morfologi, fisiologi, tanaman; STATISTIKA untuk mempelajari perhitungan dan evaluasi sifat tanaman; ILMU HAMA DAN PENYAKIT yang mempelajari ketahanan terhadap faktor biotik; AGRONOMI DAN HORTIKULTURA yang mempelajari produksi tanaman. Ilmu-ilmu tersebut dibutuhkan dalam kegiatan pemuliaan tanaman dalam menghasilkan varietas baru mulai tahap peningkatan keragaman, persilangan, seleksi sampai pengujian di lapangan.

1.6 Tahap Kegiatan Pemuliaan Tanaman

Untuk mencapai tujuan pemuliaan tanaman maka dibutuhkan tahapan yang satu dengan lain saling terkait, karena keberhasilan tahap berikutnya ditentukan tahap sebelumnya. Proses yang harus dilakukan adalah :

- a. Menentukan tujuan program pemuliaan.

Pemulia tanaman mengidentifikasi permasalahan yang ada, melakukan riset harapan produsen dan konsumen, dan gagasan pemulia sendiri. Berdasarkan beberapa faktor yang dikaji tersebut maka pemulia tanaman menentukan tujuan program pemuliaan, contohnya untuk menghasilkan bunga potong yang tahan lama supaya awet untuk digunakan di perkantoran maupun perumahan.

- b. Penyediaan materi pemuliaan.

Materi pemuliaan tanaman yang disiapkan tergantung pada tujuan kegiatan pemuliaan tanaman. Contoh diatas tujuannya untuk menghasilkan bunga potong yang tahan lama, maka perlu koleksi keragaman jenis bunga potong. Variasi genetik bunga potong menjadi sumber genetik untuk menghasilkan produk tujuan. Tanaman dapat ditingkatkan ketahanannya, harus ada perbedaan/keragaman genetik di antara materi pemuliaan bunga potong. Bunga potong yang bervariasi tersebut dilakukan persilangan, hasil persilangan yang beragam menjadi

sumber varietas baru (pemuliaan konvensional). Penggunaan rekayasa genetika juga dapat dilakukan dengan cloning gen yang disisipkan tanaman bunga potong sebagai penerima gen.

- c. Penilaian genotipe atau populasi untuk dijadikan varietas baru.

Tahap ini merupakan lanjutan dari peningkatan variasi melalui persilangan maupun rekayasa genetika. Hasil persilangan/rekayasa genetika diseleksi dengan penggunaan metode seleksi yang efektif tergantung dari macam pembiakan, tanaman dan tujuan serta fasilitas tersedia. Melalui seleksi dapat dilakukan untuk penilaian genotipe untuk dijadikan varietas baru. Pada tahap ini juga diperhatikan kemampuan tanaman terhadap lingkungan ekstrim seperti kekeringan, dan salinitas.

- d. Pengujian Multilokasi

Hasil persilangan yang sudah terpilih disebut suatu galur atau populasi harapan. Galur tersebut dapat dilepas menjadi suatu varietas baru setelah terlebih dahulu diadakan pengujian atau adaptasi diberbagai lokasi, musim atau tahun, yang disebut uji Multilokasi. Maksud pengujian ini untuk melihat kemampuan tanaman terhadap lingkungan di banding dengan varietas unggul yang sudah ada. Untuk varietas padi biasanya dilakukan pengujian di beberapa daerah di Indonesia.

- e. Pelepasan Varietas Baru

Varietas yang telah teruji dari berbagai lokasi dan dapat tumbuh dengan baik maka dapat dikategorikan unggul. Varietas tersebut dilepas oleh pemerintah dan digunakan secara luas oleh petani dalam budidaya, contohnya padi untuk menghasilkan beras yang dapat dikonsumsi masyarakat. Pemerintah melakukan pelepasan varietas dengan SK dari Kementerian Pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Endang, G. L. 2018. Pemanfaatan Kultur Jaringan Untuk Perbanyakan, Produksi Metabolit Sekunder Dan Penyimpanan Tanaman Obat. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111, Indonesia
- Garrett, KA et al. 2006. Climate Change Effects on Plant Disease: Genomes to Ecosystems. Annu. Rev. Phytopathol. 44:489–509.
- Kirana, R, Kusmana, Hasyim, A, dan Sutarya, R Kirana, R, Kusmana, Hasyim, A, dan Sutarya, R, 2014. J. Hort. 24(3):189-195. Persilangan Cabai Merah Tahan Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum acutatum*) [The Crossing of Resistance to Anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) in Pepper] Balai Penelitian Tanaman Sayuran,
- Kristantini. 2005. PEMULIAAN TANAMAN UNTUK KETAHANAN TERHADAP PENYAKIT DENGAN TEKNIK BIOTEKNOLOGI PLANT BREEDING TO DISEASE RESISTANT WITH BIOTECHNOLOGY TECHNIQUE. Agros Vol.7, No.1,:22-28. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta
- Medaraji, S., D. Wirnas, dan A. Junaedi. 2016. Genetic Control of Drought Tolerance in Rice (*Oryza sativa* L.) Jurnal Agronomi Indonesia. Vol 44 (2) : 119 - 125
- Pepaya California. agrohort.ipb.ac.id
- Siti Nur Aeni. Varietas Padi yang Tahan Genangan, Cocok Ditanam Saat Musim Hujan", Klik untuk baca: <https://agri.kompas.com/read/2022/10/18/192634384/ini-varietas-padi-yang-tahan-genangan-cocok-ditanam-saat-musim-hujan?page=all>.
- Sujinah dan Jamil. 2016. Respon Varietas Toleran terhadap Kekeringan 1 Mekanisme Respon Tanaman Padi

terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran.
Iptek Tanaman Pangan Vol. 11 No. 1. Balai Besar
Penelitian Tanaman Padi Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang,
Jawa Barat, Indonesi

Yuni, S. S. Pemuliaan Tanaman Anggrek Dendrobium dan
Phalaenopsis secara Embriogenesis Somatik.
Universitas Nusantara PGRI Kediri. VOL. 2 NO. 1 (2015):
OKTOBER 2015

[https://www.beritasatu.com/news/39316/golden-rice-upaya-
menciptakan-beras-bervitamin](https://www.beritasatu.com/news/39316/golden-rice-upaya-menciptakan-beras-bervitamin)

[https://lindungihutan.com/blog/pemuliaan-tanaman/#rb-2-
perbaikan-kualitas-produk-yang-dihasilkan](https://lindungihutan.com/blog/pemuliaan-tanaman/#rb-2-perbaikan-kualitas-produk-yang-dihasilkan)

[http://balithi.litbang.pertanian.go.id/jurnal-judul-386-
penyediaan-varietas-unggul-anggrek-melalui-inovasi-
pemuliaan.html](http://balithi.litbang.pertanian.go.id/jurnal-judul-386-penyediaan-varietas-unggul-anggrek-melalui-inovasi-pemuliaan.html)

<http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3843/>

[https://bobo.grid.id/read/08676585/asal-pepaya-california-
ternyata-dari-bogor?page=all](https://bobo.grid.id/read/08676585/asal-pepaya-california-ternyata-dari-bogor?page=all)

BAB 2

CENTRE OF ORIGIN DAN PLASMA NUTFAH

Oleh Visi Tinta Manik

2.1 Pendahuluan

Bidang pertanian merupakan salah satu aspek yang memegang peranan penting dalam pembangunan dan kemajuan umat manusia. Informasi tentang tanaman dan asal tanaman penting dalam kajian pemuliaan tanaman guna menemukan spesies dengan kekerabatan terdekat, spesies terkait, maupun gen baru yang berperan dalam penentuan variasi dalam spesies. Hal ini mengindikasikan ada keterkaitan antara pusat asal tanamann dengan keanekaragaman. Pusat keanekaragaman mungkin tidak mewakili pusat asal tanaman pangan. Meskipun beberapa spesies dapat berasal secara terpisah lebih dari satu tempat, tetapi sebagian besar spesies berasal dari tempat tertentu dan kemudian menyebar ke tempat lain. Pengetahuan tentang asal usul tanaman khususnya tanaman budidaya penting untuk menghindari erosi genetik yang mengakibatkan hilangnya plasma nutfah.

2.2 Sejarah *Center of Origin*

Centre of Origin adalah suatu wilayah geografis tempat sekelompok organisme, baik itu organisme yang sudah dibudidayakan maupun masih liar, pertama kali ditemukan dan mengembangkan sifat khasnya (FAO, 2009). Ilmuwan Rusia Nicolay Ivanovich Vavilov diyakini sebagai orang pertama yang mengumpulkan koleksi tanaman dalam jumlah

besar untuk diidentifikasi karakter intrisik spesifik/uniknya. Meski sebetulnya konsep *centre of origin* spesies yang telah didomestikasi (spesies yang dipelihara) untuk pertama kalinya dikemukakan oleh de Candolle pada abad ke-19 (de Candolle 1883). Belakangan, setelah publikasi Vavilov's '*On the Origin of Cultivated Plants*' (1926), konsep ini diterima secara umum untuk konservasi sumber daya genetik tanaman dengan menunjukkan hubungan yang jelas antara keragaman genetik, pola distribusi geografis dan asal-usulnya dari tanaman yang bersangkutan (Engels *et al.*, 2006)

Semasa hidupnya, Vavilov telah melakukan ratusan ekspedisi untuk mengumpulkan sampel tanaman ke wilayah yang merupakan area pertanian terpenting didunia. Vavilov melakukan perjalanan ke situs peradaban pertanian kuno dan berbagai daerah pegunungan. Pada tahun 1916 melakukan perjalanan ke Iran dan pegunungan Pamir untuk menyelidiki penyebab wabah yang menyebar di antara pasukan Rusia. Dia menemukan bahwa tepung gandum yang digunakan untuk membuat roti telah terkontaminasi oleh biji *Lolium temulentum*, yang merupakan tanaman gulma yang beracun. Sementara di Iran Tengah dan Utara, Pamir, dan wilayah lain di Asia Tengah, Vavilov mengumpulkan varietas tanaman pertanian primitif untuk mencoba melakukan introduksi tanaman tersebut ke daerah yang paling kering di wilayah Rusia utara, dan untuk menentukan batas altimetriknya. Vavilov juga mencari sejenis gandum yang dikenal sebagai '*Grain of Persia*', yang dianggap sangat tahan penyakit. Terlepas dari usahanya, dia tidak dapat menemukan gandum ini di Iran, melainkan dia menemukan jejak asal pertanian di Asia Barat Daya. Apalagi beberapa ekotipe tanaman yang dia kumpulkan dari Pamirs, menunjukkan asal sebenarnya mereka berada di gunungdaerah. Temuan ini membuatnya menyimpulkan bahwa

Asia Barat Daya adalah pusat asli untuk banyak jenis tanaman yang dibudidayakan (Corinto, 2014).

Tak lama setelah ekspedisinya ke Pamirs dan Iran, Vavilov merumuskan 'hukum deret homolognya', setelah mencatat bahwa seluruh keluarga Legume dicirikan oleh variabilitasnya. Istrinya, Elena Ivanova Barulina, seorang ahli genetika terkemuka, membuat perbandingan langsung antara sampel vetch dan rumput kacang yang berasal dari Iran dan menemukan bahwa ada kemiripan yang begitu kuat di antara mereka sehingga para ahli pun kesulitan membedakan benih dari kedua spesies tersebut. Ini dianggap sebagai contoh klasik dari Hukum seri homolog Vavilov dalam variabilitas hereditas (Kurlovich *et al.*, 2004).

Pada Tahun 1921, Vavilov pernah mengadakan perjalanan resmi ke Kanada dan AS dengan tujuan menemukan tanaman yang tahan kekeringan. Perjalanan tersebut dilatarbelakangi oleh krisis pertanian di Rusia yang disebabkan oleh kekurangan air. Dia percaya bahwa benua Amerika Utara bukanlah pusat pembentukan dan domestikasi tanaman atau pertanian yang kuat, namun meyakini Meksiko Selatan, Amerika Tengah dan Selatan sebagai centre of origin paling penting bagi banyak varietas tumbuhan. Setelah kembali dari Amerika pada tahun 1922, Vavilov juga mengunjungi banyak negara Eropa, termasuk Inggris Raya, Prancis, Polandia, Belanda, dan Swedia.

Pada tahun 1924, Vavilov melakukan ekspedisi ke wilayah Afghanistan bersama dengan ahli agronomi teknik V. N. Lebedev dan ahli agronomi D. D. Bukinich. Menurut Kurlovich *et al.* (2000), hasil studi lapangan ini mengkonfirmasi hipotesis mereka yang sebelumnya yang menyatakan bahwa Asia Barat Daya adalah pusat asal banyak spesies tanaman dan selanjutnya mereka menyimpulkan bahwa Afghanistan adalah pusat pembentukan tanaman yang utama karena variabilitas

besar yang ada di sebagian besar tanaman budidaya penting di wilayah Eurasia. Wilayah memiliki sumber bahan genetic spesies tahan kekeringan. Vavilov menunjukkan minat khusus pada oasis Khorezm, dekat Laut Aral terletak antara Afghanistan dan Iran. Pada tahun 1925, Vavilov menginspeksi daerah sekitar sungai Amu Darya di Uzbekistan, dan meskipun ada indikasi kuat bahwa tanaman yang dibudidayakan dari Iran dan Afghanistan telah berkembang secara lokal, karakteristik Khorezm Oasis mengungkapkan tanda-tanda koneksi dengan Afrika Barat Laut dan Mesir yang telah mempengaruhi sifat dari tanaman yang dibudidayakan.

Vavilov mengunjungi negara-negara Mediterania pada tahun 1926, melakukan perjalanan dari Afrika Utara, pulau-pulau Siprus, Kreta, Sisilia dan Sardinia, ke Eropa Selatan, Portugal, Spanyol, Prancis, dan Yunani. Menariknya, ia mencatat bahwa manusia memiliki aktivitas berdampak kecil pada variabilitas tanaman di setiap wilayah pesisir Mediterania, sedangkan gambaran yang sangat berbeda muncul di daerah pedalaman, di mana dampak peradaban Eropa terlihat jelas. Di Afrika, dia menganggap flora Ethiopia unik dalam banyak hal, dan Vavilov menganggap wilayah ini sebagai pusat asal utama varietas tanaman, kemudian mendefinisikannya sebagai Pusat keragaman Abyssinian. Ketertarikannya pada budaya pertanian tertua juga membawanya ke Suriah, Palestina dan Yordania, tempat ditemukannya banyak jejak pertanian kuno. Pada tahun 1929, Vavilov melakukan ekspedisi ilmiah ke berbagai wilayah di China, Jepang dan Korea. Di Cina Utara dan Barat, tujuannya adalah untuk mengidentifikasi peran Asia Tengah (di dalam perbatasan Cina) dalam asal usul tanaman yang dibudidayakan di Cina Timur. Saat kembali, dia menginspeksi daerah dekat perbatasan Cina, di sekitar Danau Issyk-Kul (sekarang Kyrgyzstan) dan cekungan Sungai Syr Darya (sekarang

Uzbekistan), dan menyimpulkan bahwa Asia Tengah tidak memiliki ciri sebagai pusat asal karena semua tanaman telah diperkenalkan dari Timur. Penyelidikannya di Jepang, membuatnya menduga bahwa wilayah ini merupakan pusat asal tanaman budidaya (Asia Tengah-Eropa Timur). Meskipun telah mendatangkan beberapa tanaman dari China, dia berpikir bahwa isolasi geografis, perluasan garis lintang, iklim dan ekologi keragaman telah menghasilkan ciri-ciri unik pada flora yang dibudidayakan.

Pada tahun 1932, ia diundang untuk berpartisipasi dalam Kongres Genetika Internasional VI di AS, sehingga memberikan kesempatan untuk mengunjungi banyak wilayah Amerika seperti Kuba, Meksiko, Ekuador, Peru, Bolivia, Chili, Brasil, Argentina, dan Uruguay. Vavilov juga melakukan perjalanan secara ekstensif di wilayah bekas Uni Soviet dengan fokus khusus pada pegunungan Kaukasus dan Asia Tengah, di mana ia menemukan nenek moyang dari beberapa tumbuhan budidaya. Hubungan langsung antara Kaukasus, Iran, Asia Tengah dan Turkmenistan, membantu menjelaskan kemiripan tertentu antara pusat asal ini dan Asia Barat Daya (Corinto, 2014).

2.3 *Center of Origin* Tanaman Budidaya

Kelebihan Vavilov dibandingkan dengan penemu konsep variabilitas tanaman seperti Darwin dan lainnya adalah menyadari bahwa tanaman pangan utama yang dikembangkan selama ribuan tahun pasti berasal dari suatu pusat titik yang disebut central of origin. Dia berhipotesis bahwa “centre of origin” merupakan suatu wilayah dengan keragaman genetik tanaman tertinggi. Vavilov kemudian menguji lebih dalam hipotesisnya dengan melakukan eksplorasi dan evaluasi tanaman demi membuktikan adanya pusat-pusat tersebut. Dalam pengantar bukunya, *Five Continents*, Vavilov

membandingkan pendekatan yang diambil oleh Departemen Pertanian AS dan yang lain dengan *Soviet All-Union Institute of Plant Industry* tentang introduksi tanaman. Vavilov menggambarkan system orang Amerika itu sebagai contoh "*successful eclecticism*" sistem Eropa sebagai "*haphazard*" sedangkan Rusia adalah "*systematic botanical research which focused on the pools of elementary species formation and the subsequent stages of dispersal of cultivated plants*". Penjelajahan Vavilov meliputi kunjungan ke daerah pegunungan yang sering kali dekat dengan gurun atau semi-gurun di mana sebelumnya petani asli di oasis melakukan proses "peningkatan" plasma nutfah spesies liar untuk menghasilkan *landraces* (hasil seleksi tanaman yang sudah dibudidayakan) untuk tanaman yang diinginkan (Hummer and Hancock, 2015).

Pada Tahun 1924 Vavilov mengusulkan lima centre of origin. Namun pada tahun 1935 berkembang menjadi delapan centre of origin, meskipun makalah terakhirnya (1992; 1997 publikasi anumerta) membahas tujuh pusat utama dengan tambahan kecil. Delapan pusat asal menurut Vavilov dapat dilihat di Gambar 2.1.



Gambar 2.1 : Vavilov's centre of origin dari tanaman pangan utama dunia. Gambar diadaptasi dari N.I Vavilov 1992
(Sumber : Hummer and Hancock, 2015)

Berdasarkan Gambar 2.1 delapan centre of origin (pusat asal) tanaman budidaya di Dunia meliputi :

1. Pusat Asia Timur, meliputi Cina bagian Tengan dan Barat, Korea, Jepang, dan Taiwan. Pusat ini dianggap sebagai salah satu pusat asal mandiri tanaman budidaya yang paling awal dan terbesar. Spesies endemik yang terdaftar dari pusat ini termasuk kacang kedelai, lobak, lobak, pir, persik, prem, colacasia, buckwheat, opium poppy, brinjal, aprikot, jeruk, teh cina dll. Vavilov memperkirakan bahwa 20% dari flora dunia yang dibudidayakan berasal dari Asia Timur
2. Pusat Himalaya atau disebut juga Pusat India (Hindustan). Pusat ini mencakup wilayah Assam, Burma, Indo-cina, dan Kepulauan Melayu. Spesies endemik yang terdaftar dari pusat ini termasuk Beras, *red gram*, buncis, kacang polong, Mung dal, brinjal, mentimun, tebu, lada hitam, *moth beans*,

ricebean, kapas, kunyit, *Indigo Plants*, millet, dll. Lebih dari 30% tanaman di dunia yang dibudidayakan berasal dari sini.

3. Pusat Inter-Asia, termasuk pedalaman pegunungan di Asia Kecil, Iran, Suriah, Palestina, Trans-Jordania, Afghanistan, Asia bagian dalam, dan India barat laut. Tanaman asli dari pusai ini Gandum, gandum hitam, Delima, Almond, Fig, Cherry, Walnut, Alfa Alfa, semanggi Persia, dll. Sekitar 15% tanaman budidaya yang penting untuk dunia berasal dari sini
4. Pusat Kaukasia atau pusat Asia Tengah. Pusat ini meliputi India barat laut, Afghanistan, Uzbekistan, dan Cina barat. Spesies endemik yang terdaftar dari pusat ini termasuk gandum dan gandum hitam, wijen, biji rami, muskmelon, wortel, bawang merah, bawang putih, aprikot, anggur, rami, kapas dll.
5. Pusat Mediterania mencakup negara-negara yang berbatasan dengan Laut Mediterania. Peradaban kuno yang hebat memilih banyak sayuran dan tanaman hijauan termasuk zaitun dan pohon carob. Spesies endemik lain yang terdaftar dari pusat ini termasuk gandum Durum, gandum emmer, oat, barley, lentil, kacang polong, kacang rumput, kacang polong, kubis, asparagus, pepper mint, dll.. Sekitar 10% dari spesies tanaman budidaya berasal dari sini.
6. Pusat Abyssinian. Wilayah ini meliputi Ethiopia dan sebagian Somali. Komoditas asli yaitu teff (*Eragrostis abyssiniaca* Link.), tanaman minyak biji niger (*Guizotia abyssiniaca* Cass.), pisang [*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman], dan kopi (*Coffea arabica* L.), gandum, sorgum, bajra, safflower, jarak, kacang panjang, okra, dll. Sekitar 4% dari tanaman dunia berasal dari sini

7. Pusat Amerika Tengah. Wilayah ini meliputi Amerika Utara bagian selatan, Meksiko, Kepulauan Hindia Barat, Kosta Rika, Guatemala, dan Honduras. Tanaman pokok seperti jagung, kapas, kacang-kacangan, labu, coklat, alpukat, dan buah-buahan subtropis berasal di sini. Sekitar 8% dari tanaman penting dari dunia berasal dari sini
8. Pusat Andes atau disebut juga Pusat Amerika Selatan. Pusat ini mencakup wilayah Peru, pulau-pulau di Chili selatan, Brasil, wilayah Paraguay, dan daerah pegunungan Andes. Spesies endemik yang terdaftar dari pusat ini meliputi tanaman umbi-umbian seperti kentang, ubi jalar, singkong, kemudian kacang lima, tomat, pepaya, tembakau, kina, , karet, kacang tanah, Kakao, nanas, dan *coca bush*.

2.4 Erosi Genetik Sumber Daya Tanaman Dan Pengaruh Teori Vavilov

Vavilov memulai pengumpulan tanaman ekspedisi untuk mendapatkan sumber daya genetik tertentu yang akan berguna langsung untuk meningkatkan tanaman, seperti gandum dan jelai, untuk bisa ditanam di Rusia. Sekembalinya, benih itu disimpan di suatu tempat yang digunakan dalam program pemuliaan program dan sisanya untuk konservasi jangka panjang. Dia memberi tahu stafnya untuk tidak mengecambahkan, menumbuhkan, atau mengumpulkan tanaman dari benih berharga tersebut untuk kebutuhan mereka sendiri. Vavilov mengumpulkan benih tersebut untuk disimpan dan digunakan untuk pemuliaan serta mencegah tanaman tertentu yang memiliki sifat yang diinginkan dari kepunahan. Dia menyadari benih yang didapat dari alam liar memiliki potensi untuk menjadi hilang selamanya di tempat mereka tumbuh. Dia melihat kebutuhan mendesak untuk melestarikan sumber daya tanaman untuk digunakan manusia jangka panjang (Fowler and Mooney, 1990).

Sejak awal karirnya, Vavilov menyadari kebutuhan untuk melestarikan sumber daya genetik untuk kemanusiaan. Dia melihat erosi genetik berarti hilangnya keanekaragaman hayati dan *landrace* lokal. Hal tersebut akan menjadi ancaman terhadap ketahanan pangan.

Salah satu dampak abadi dari teori Vavilov adalah pembentukan bank gen internasional di mana sumber daya genetik menjadi milik umat manusia. Pendanaan swasta seperti dari Rockefeller dan *Ford Foundations* disediakan untuk mendirikan pusat penelitian dan perbaikan tanaman oleh Kelompok Konsultatif (CG) pada penelitian pertanian internasional. Pusat penelitian pertama didirikan di Meksiko pada tahun 1963, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jagung dan Gandum Internasional, dalam bahasa Spanyol, *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* (CIMMYT). Pusat kedua, Institut Penelitian Padi Internasional (IRRI), didirikan di Filipina. Keduanya didirikan untuk membawa kultivar hibrida produktif baru ke lokasi miskin di negara berkembang untuk meningkatkan hasil panen dan mengurangi kelaparan.

2.5 Kontribusi *Centre Of Origin* Dan *Centre Of Diversity* Dalam Pertanian Modern

Sejak dikemukakannya teori Vavilov mengenai *centre of origin* tanaman budidaya, daerah asal dan keragaman tanaman yang berbeda telah diperdebatkan, diselidiki dan disempurnakan dengan memanfaatkan informasi arkeologi, bahasa, genetik, dan taksonomi. Istilah '*Centre of Diversity*' lebih disukai daripada '*Centre of Origin*' untuk menjelaskan pemahaman bahwa konsentrasi tinggi dari varietas tanaman dan spesies liar terkait tidak selalu terletak tepat di mana tanaman awalnya didomestikasi (Zeven and de Wet, 1982).

Penelitian mengenai kontribusi wilayah dengan keanekaragaman tanaman untuk pertanian modern dan pola makan manusia saat telah dilakukan. Khoury *et al.*, (2016) dalam risetnya telah menentukan asal geografis spesies tanaman pertanian yang penting dalam persediaan makanan (diukur dalam kalori, protein, lemak dan berat makanan) dan sistem produksi pertanian (diukur dalam produksi kuantitas, luas panen dan nilai produksi) di seluruh dunia. Dia juga menganalisis 'wilayah utama keragaman', yang didefinisikan sebagai lokasi domestikasi awal tanaman yang meliputi zona geografis utama dari variasi tanaman yang dihasilkan dan wilayah yang memiliki kekayaan spesies kerabat liar yang relatif tinggi.

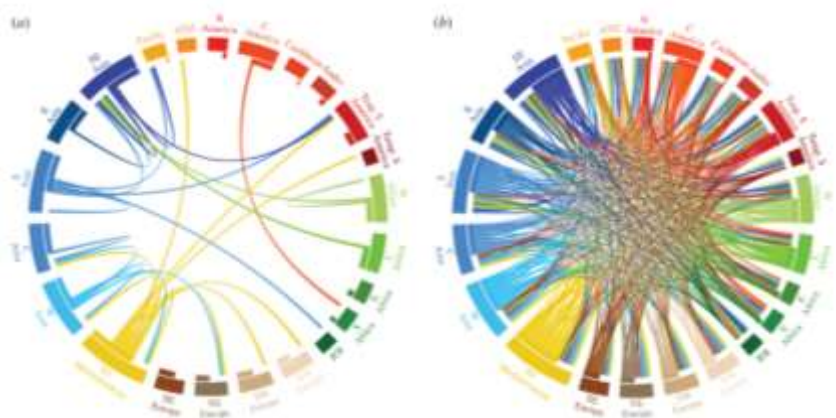
Daerah utama keragaman tanaman pertanian diidentifikasi di seluruh dunia baik di wilayah tropis maupun subtropis, lalu meluas ke daerah beriklim sedang di kedua belahan bumi, didapatkan sebaran seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Wilayah utama keragaman tanaman pertanian di seluruh dunia

(Sumber : Khoury *et al.*, 2016)

Khouri menemukan bahwa suplay pangan dan produk pertanian diseluruh dunia saling terkoneksi sehingga dapat ditemukan berbagai macam tanaman yang berasal dari beberapa daerah primer yang berbeda keragaman. Koneksi luas antara negara dan wilayah di berbagai belahan dunia mengenai asal tanaman penting untuk suplai pangan dan produksi pertanian. Area keanekaragaman primer yang paling mempengaruhi sistem pangan modern suatu negara lebih mungkin ditemukan di tempat lain (gambar 2.3b). Bertahannya pola makan tradisional dan bahkan mungkin jejak keterbatasan biologis yang melekat pada tanaman pangan masih terlihat jelas dalam pola suplai makanan (Gambar 2.3a—konsumsi gandum dan beras dilihat sebagai penghubung antara Asia Barat dan Asia Tengah, Mediterania Selatan dan Timur, dan Eropa; versus Selatan, Asia Timur dan Tenggara, dan Afrika Barat dan Tengah). Tren utama adalah penggunaan yang luar biasa dari tanaman pangan asli dan asing terutama dari berbagai daerah tropis dan Subtropis. Meskipun data yang lebih baru mengkonfirmasi wilayah utama Vavilov dan penulis selanjutnya sebagai tempat kelahiran makanan yang paling penting, wilayah primer yang kurang dikenal juga sangat penting untuk pasokan makanan modern dan sistem produksi, terutama untuk tanaman penghasil minyak (mis. Amerika Utara penting karena mensuplai bunga matahari untuk bahan baku *sunflower oil*, dan Afrika Barat dan Tengah karena kelapa sawit untuk minyak kelapa sawit). Hal tersebut menunjukkan adanya saling ketergantungan pada tanaman masing-masing.



Gambar 2.3 : Bagan pai yang menghubungkan area utama keanekaragaman tumbuhan dengan nilai kalorinya saat ini ($\text{kcal per kapita}^{-1} \text{ d}^{-1}$) di area pasokan makanan. Setiap daerah memiliki warna yang mewakili tanaman asli masing-masing dan warna tersebut terhubung ke daerah lain karena pentingnya tanaman tersebut dalam persediaan pangan di daerah lain (sumber : Khoury *et al.*, 2016)

Negara-negara saling berhubungan erat dalam hal area prioritas keanekaragaman tanaman yang mereka tanam dan/atau konsumsi. Tanaman asing digunakan secara luas dalam pasokan makanan (rata-rata 68,7% pasokan makanan nasional dunia dari tanaman asing) dan sistem produksi (69,3% tanaman ditanam di luar negeri). Penggunaan tanaman non-asli telah meningkat secara signifikan selama 50 tahun terakhir, bahkan di negara-negara dengan keanekaragaman tanaman asli yang tinggi.

2.6 Plasma Nutfah

Plasma nutfah adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan benih, tanaman, atau bagian tanaman yang berguna dalam pemuliaan tanaman, penelitian, dan upaya konservasi. Tumbuhan, benih, atau kultur adalah plasma nutfah bila dipelihara untuk tujuan mempelajari, mengelola, atau menggunakan informasi genetik yang dimilikinya. Dengan demikian, benih dari varietas tomat pusaka tua hanyalah benih ketika diproduksi oleh tukang kebun atau perusahaan benih, tetapi merupakan plasma nutfah ketika bagian dari koleksi dikumpulkan untuk melestarikan keragaman genetik tomat atau untuk mengembangkan program pemuliaan varietas tomat baru. atau bahkan untuk tujuan melestarikan sifat-sifat tertentu yang dikendalikan secara genetik (*National Research Council (US) Committee on Managing Global Genetic Resources: Agricultural Imperatives*, 1991).

Ilmuwan dan pemulia tanaman saat ini harus memiliki akses dan pengetahuan tentang beragam varietas tanaman, ras tanah, dan spesies liar terkait dalam pencarian mereka untuk sifat genetik tertentu. Benih, serbuk sari, atau bahan tanaman lain yang mengandung sifat-sifat ini disebut sumber daya genetik, atau plasma nutfah.

Kumpulan plasma nutfah biasanya mencakup *landrace* primitif dan spesies liar yang berkerabat dengan tanaman tertentu, serta varietas yang dikembangkan. Plasma nutfah digunakan untuk mengembangkan varietas tanaman baru untuk makanan, pakan, serat, rumput, hijauan, dan tanaman hias serta untuk keperluan kehutanan, industri, dan obat-obatan. Oleh karena itu, plasma nutfah—benih dan tanaman yang digunakan sebagai *building block* dalam pemuliaan kultivar baru—mungkin serupa dengan tanaman yang ditanam oleh petani atau tukang kebun, atau mungkin sangat berbeda dan bahkan jauh berbeda dari produk yang dibeli di pasar.

Para peneliti telah mengembangkan koleksi stok genetik untuk beberapa spesies tanaman. Aksesori ini memiliki gen mutan unik, kelompok gen, atau delesi atau duplikasi gen; kromosom yang dipertukarkan atau ditranslokasi, di mana dua kromosom yang berbeda telah putus dan bagian dari masing-masing kemudian dipertukarkan; dan kromosom dengan bagian yang terbalik. Beberapa stok mungkin memiliki kromosom duplikat atau terhapus.

Meskipun tidak digunakan oleh konsumen, stok genetik sangat penting untuk penelitian genetik & sitogenetik serta penting untuk beberapa prosedur pemuliaan tanaman. Ini termasuk, misalnya, menemukan gen *nonnuclear* di kloroplas atau mitokondria, mempelajari fotosintesis ataupun mempelajari *cytoplasmic male sterility*. Untuk beberapa spesies tanaman, banyak gen yang telah “dipetakan” menurut susunan liniernya pada kromosom. Peta ini sangat berharga untuk manipulasi genetik dan penelitian dasar. Pengumpulan stok genetik seringkali sulit dan mahal untuk dipelihara, serta diperlukan pengetahuan, keterampilan, dan fasilitas khusus untuk meningkatkan dan memelihara aksesori.

2.7 Pengawetan Plasma Nutfah

Biji adalah bentuk plasma nutfah yang paling sering diawetkan. Biji-bijian utama, legum, dan sebagian besar sayuran dapat dikeringkan dan disimpan dalam waktu lama pada kelembapan rendah dan pada atau di bawah titik beku. Untuk alasan tertentu, plasma nutfah beberapa tumbuhan tidak boleh disimpan dalam bentuk biji/benih. Dalam kasus ini, plasma nutfah harus disimpan sebagai tanaman hidup di luar ruangan atau di dalam ruangan (misalnya, rumah kaca atau ruang penyaringan), sebagai serbuk sari, kultur jaringan, atau stek (misalnya pohon buah dan kacang).

Banyak tumbuhan tropis penting seperti kakao atau hevea gum dan beberapa spesies beriklim sedang seperti padi liar (*Zizania aquatica*) memiliki biji yang rusak akibat pengeringan dan pendinginan. Benih ini sering digambarkan sebagai rekalsitran, namun bisa dikatakan sensitif terhadap kekeringan. Spesies ini harus disimpan sebagai tanaman hidup di penanaman luar ruangan atau rumah kaca. Tanaman dapat diperbanyak dari biji atau ketika genotipe klon tertentu (misalnya stek, pembibitan) diperlukan untuk memperbanyak vegetatif (misalnya untuk banyak pohon buah dan kacang atau tebu). Pemeliharaan klon juga diperlukan untuk tanaman yang tidak memiliki benih asli atau benih yang langka atau sulit diperoleh (misalnya pisang dan bawang putih).

Teknik bioteknologi yang muncul telah membuka peluang baru untuk penyimpanan dan penggunaan plasma nutfah. Kultur jaringan semakin banyak digunakan untuk mengawetkan tanaman bebas virus dan melengkapi penanaman plasma nutfah lapangan ketika penyimpanan benih tidak praktis. Embrio dapat pada media buatan ketika, karena berbagai alasan, mereka tidak dapat hidup jika dibiarkan hingga dewasa. Kriopreservasi—penyimpanan dalam atau tersuspensi di atas nitrogen cair pada suhu dari -150°C hingga -196°C —dapat sangat memperpanjang periode penyimpanan (National Research Council (US) Committee on Managing Global Genetic Resources: Agricultural Imperatives, 1991).

Di Indonesia, salah satu tempat konservasi plasma nutfah adalah Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (BB Biogen). Sampai dengan tahun 2018, total koleksi sumber daya genetik (SDG) tanaman pangan yang dikelola di Bank Gen Pertanian di BB Biogen adalah sebanyak 10.790 aksesori yang meliputi: padi 3.223 aksesori, padi liar 94 aksesori, jagung 1.279 aksesori, sorgum 255 aksesori, hanjeli 12 aksesori, jewawut 9 aksesori, wijen 6 aksesori,

gandum 83 aksesi, kedelai 888 aksesi, kacang tanah 821 aksesi, kacang hijau 1.058 aksesi, kacang tunggak 139 aksesi, kacang Bogor 69 aksesi, kacang gude 13 aksesi, komak 17 aksesi, kacang koro benguk 9 aksesi, kacang koro pedang 7 aksesi, kacang nasi 46 aksesi, kecipir 88 aksesi, ubikayu 556 aksesi, ubijalar 1.364 aksesi, talas 245 aksesi, belitung 126, patat 34 aksesi, ganyong 63 aksesi, gembili 17 aksesi, gadung 14 aksesi, ubi kelapa 20 aksesi, suweg 2 aksesi serta terong dan kerabat liarnya 233 aksesi. Selain itu, terdapat koleksi SDG mikroba sebanyak 1.404 aksesi, yang terdiri dari SDG bakteri 1.259 aksesi, fungi 98 aksesi dan virus 48 aksesi (BB Biogen, no date)

DAFTAR PUSTAKA

- BB Biogen (no date) *Bank Gen Pertanian*. Available at: <http://biogen.litbang.pertanian.go.id/bank-plasma-nutfah/> (Accessed: 31 December 2022).
- Corinto, G.L. 2014. 'Nikolai Vavilov's centers of origin of cultivated plants with a view to conserving agricultural biodiversity', *Human Evolution*, 29(4), pp. 285–301.
- Engels, J.M.M. *et al.* 2006. 'Centres of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation', *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(8), pp. 1675–1688. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10722-005-1215-y>.
- FAO. 2009. 'on Plant Genetic', *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*, pp. 1–68.
- Fowler, C. and Mooney, P. 1990. *Shattering: Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*. University of Arizona Press.
- Hummer, K.E. and Hancock, J.F. 2015. 'Vavilovian centers of plant diversity: Implications and impacts', *HortScience*, 50(6), pp. 780–783. Available at: <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.6.780>.
- Khoury, C.K. *et al.* 2016. 'Origins of food crops connect countries worldwide', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1832). Available at: <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0792>.
- Kurlovich, B. *et al.* 2004. 'Journal Article (The) significance of Vavilov's scientific expeditions and ideas for development and use of legume genetic resources', *Plant Genetic Resources Newsletter (IPGRI/FAO)*, pp. 23–32.

- National Research Council (US) Committee on Managing Global Genetic Resources: Agricultural Imperatives. 1991. *Managing Global Genetic Resources: The U.S. National Plant Germplasm System, Managing Crop Genetic Resources*. Washington (DC): National Academies Press (US). Available at: <https://doi.org/10.17226/1583>.
- Zeven, A. and de Wet, J. 1982. *Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity*. Available at: <http://edepot.wur.nl/350203>.

BAB 3

TIPE PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN

Oleh Indah Sriwahyuni

3.1 Pendahuluan

Indonesia memiliki banyak keanekaragaman hayati, seperti berbagai macam flora yang memiliki aneka ciri khas tertentu. Kekayaan flora merupakan salah satu sumber potensi yang dimiliki oleh negara Indonesia, yaitu berbagai jenis tanaman obat-obatan dan tanaman sumber pangan yang bermanfaat untuk kehidupan manusia ataupun masyarakat di dunia. Tanaman disamping digunakan sebagai kebutuhan medis dan konsumsi juga memiliki manfaat sebagai penghias yang memiliki nilai estetika, dimana bagi yang melihatnya dapat menyegarkan mata dan membuat ruangan ataupun area tempat ditanamnya tanaman hias tersebut menjadi lebih nyaman, asri, dan indah.

Tanaman memiliki peran penting bagi manusia, oleh sebab itu budidaya tanaman penting dilakukan agar tanaman selalu mampu memproduksi dengan baik dan bertujuan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang dibutuhkan. Melalui pemuliaan tanaman maka kita dapat melakukan teknik untuk memodifikasi genotipe tanaman menjadi lebih baik kualitasnya seperti menghasilkan tanaman dengan varietas yang unggul.

Sebelum melakukan pemuliaan tanaman, menurut (Selvia, 2021) pemulia harus memiliki pengetahuan mengenai tipe perkembangbiakan tanaman yang dapat membantunya untuk menetapkan teknik dan analisis yang dibutuhkan dalam

melaksanakan serta mengevaluasi jalannya proses di akhir suatu program pemuliaan tanaman.

Tanaman atau tumbuhan memiliki dua jenis perkembangbiakan yaitu, perkembangbiakan aseksual dan perkembangbiakan seksual. Perkembangbiakan aseksual yaitu tanaman bereproduksi secara vegetatif yang dilakukan tanaman tanpa adanya peleburan antar dua sel gamet dari jantan dan betina. Sedangkan perkembangbiakan seksual yaitu tanaman bereproduksi secara generatif yang dapat dilakukan oleh tumbuhan atau tanaman itu sendiri dan dengan cara yang alami.

3.2 Perkembangbiakan Secara Aseksual

Setiap jenis tanaman memiliki proses penting dalam siklus hidupnya seperti tanaman yang berkembangbiak secara aseksual yang mengalami perubahan dan perkembangan pada pertumbuhan tanamannya. Tanaman yang berkembang biak secara aseksual dibedakan menjadi dua jenis yaitu tanaman yang berkembangbiak secara vegetatif alami dan vegetatif buatan. Hal mendasari pada perbedaan tersebut adalah cara terjadinya perkembangbiakan pada setiap tanaman. Adapun beberapa kelebihan yang dimiliki pada tanaman yang berkembang biak secara aseksual (vegetatif) yaitu Tumbuhan dapat memiliki keturunan yang hasilnya dapat sama persis dengan induknya. Dimana Tetua memiliki kemampuan menyesuaikan diri dengan lingkungannya dan membentuk klon yang terdiri dari individu-individu yang merupakan suatu klon yaitu suatu populasi yang terdiri dari organisme-organisme yang identik secara genetik.

3.2.1 Reproduksi Vegetatif Alami

Pada perkembangbiakan vegetatif ini tanaman mampu menghasilkan jaringan dan bagian yang lain yang dapat terjadi secara alami dengan sempurna tanpa dibantu manusia. Tanaman dapat melakukan perkembangbiakan secara

vegetative alami seperti melalui umbi, rhizoma, tunas dan lain-lainnya.

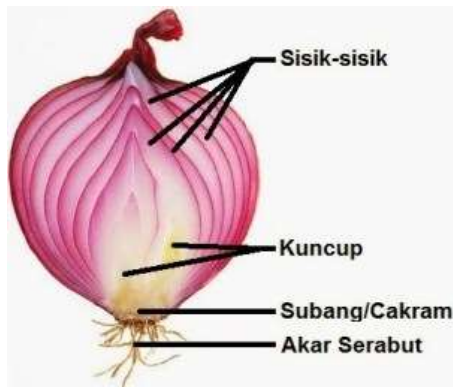
A. Contoh Jenis Perkembangbiakan Vegetatif Alami

1. Umbi

Tanaman dengan vegetative alami yaitu tanaman yang berumbi yangmana dengan umbi tersebut dapat menghasilkan individu baru. Pada umbi itu sendiri, ada tiga jenis perkembangbiakan melalui umbi lapis, umbi batang, dan umbi akar.

a. Umbi Lapis

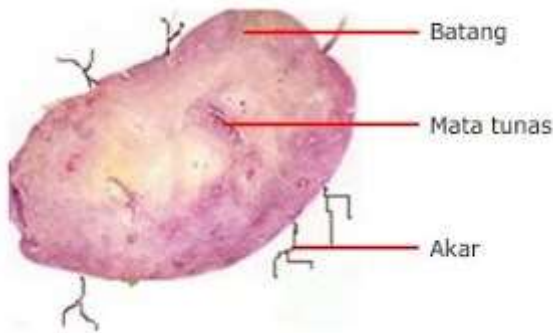
Umbi lapis merupakan bagian umbi yang berlapis-lapis. Pada umbi lapis terdapat daun yang menebal mengelilingi batang yang menebal berlapis-lapis dan digunakan sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Kemudian membentuk siung dan akhirnya tumbuh menjadi individu baru. Contoh perkembangbiakan umbi lapis yaitu bawang merah, bunga tulip, dan bunga lili.



Gambar 3.1 : Umbi lapis
(Sumber: www.amongguru.com, 2020)

b. Umби Batang

Pada Umби batang dimana batang yang bertumbuh dalam tanah, dan cadangan makanannya disimpan pada batang. Didalam umби batang tersebut terdapat mata tunas yang akan bertumbuh menjadi individu yang baru. Contoh tanaman umби batang seperti kentang, umи jalar, serta talas.



Gambar 3.2 : Umби Batang

(Sumber: www.amongguru.com, 2020)

c. Umби Akar

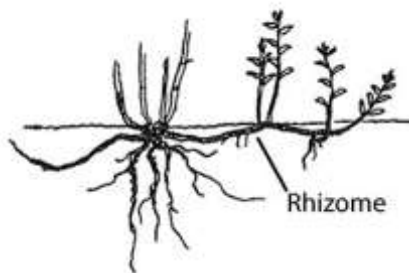
Umби akar dimana tanaman yang akarnya tumbuh dalam tanah dan digunakan sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Contoh tanaman dengan perkembangbiakan ini adalah lobak, bunga dahlia, ketela pohon.



Gambar 3.3 : Umbi Akar

2. Rhizoma

Pada perkembangbiakan ini ada pada tanaman seperti jahe, lengkuas, kencur, dan kunyit. Pada tanaman ini bagian batangnya memiliki ruas, tunas dan buku-buku. Rhizoma adalah penggabungan dari batang tumbuh dan berkembang secara menjalar pada bawah permukaan tanah. Pada bagian ruas tersebut akan muncul tanaman baru.



Gambar 3.4 : Rhizoma pada tumbuhan

3. Tunas

Pada tunas biasanya tanaman tumbuh serta berkembang di ujungnya batang, ruas, serta ketiak daun. Tunas yang akan tumbuh disekitar induk maka bentuknya akan rumpun. Contoh perkembangbiakan tanaman tunas adalah bambu, tebu, dan pisang.



Gambar 3.5 : Tunas pada Tanaman Pisang

3.2.2 Reproduksi Vegetatif Buatan

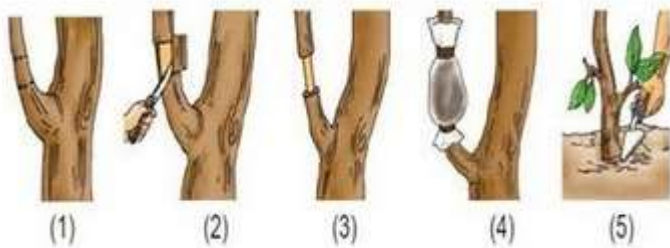
Perkembangbiakan dengan cara vegetatif buatan merupakan perkembangbiakan yang dibantu oleh manusia. Pada umumnya, tanamannya berkambium. Sementara untuk tanaman monokotil biasanya tidak dapat berkembang biak secara vegetatif buatan. Contoh perkembangbiakan ini adalah seperti cangkok, stek, dan kultur jaringan.

A. Contoh Jenis Perkembangbiakan Vegetatif Buatan

1. Cangkok

Perkembangbiakan dengan cara cangkok merupakan cara tanaman untuk memproduksi atau memperbanyak individu yang baru dengan cara

menguliti pada bagian batang tanaman lalu dibungkus dengan tanah agar akarnya mampu tumbuh dan selanjutnya ditanam pada media yang lain. Media yang digunakan pada perkembangbiakan ini biasanya selain tanah yang ditutup pelastik tetapi juga dapat menggunakan sabut kelapa. Keberhasilan pada proses percangkakan tanaman dapat dilihat jika ada akar yang bermunculan. Tanaman yang dapat dicangkok hanyalah tanaman dikotil dan tumbuhan berbiji terbuka. Contoh tanaman yang dapat dicangkok seperti rambutan, jeruk, dan manga.

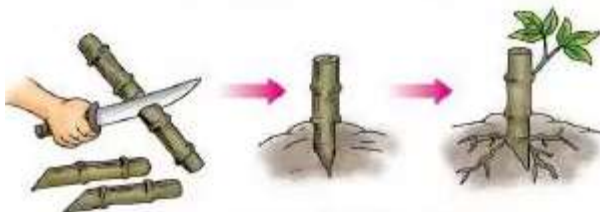


Gambar 3.6 : Cara Mencangkok Tanaman
(Sumber : www.sinautani.com)

2. Stek

Perkembangbiakan dengan stek merupakan cara memperbanyak tanaman dengan memanfaatkan serta menggunakan bagian tanaman baik bagian batang, daun ataupun akar yang kemudian ditanam kembali untuk menghasilkan individu atau tanaman yang baru dengan sifat yang sama persis seperti induknya. Pada setiap bagian tubuh tanaman memiliki sifat titopotensi yaitu kemampuan satu sel membelah menjadi sel lain. Perkembangbiakan dengan stek biasanya dilakukan

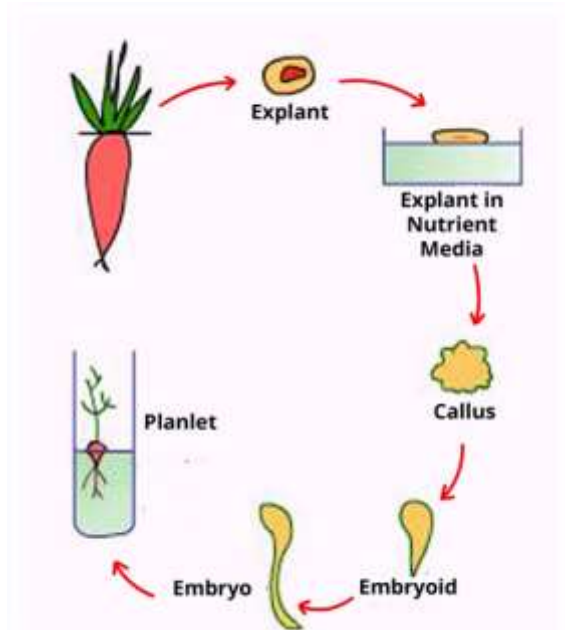
pada tanaman dikotil sementara untuk tanaman monokotil masih jarang.



Gambar 3.7 : Cara Stek Tanaman
(Sumber : www.kutanam.com)

3. Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah teknik untuk memperbanyak satu jenis tanaman dengan bagian vegetative tanaman, dan dengan memperbanyak sel, jaringan, ataupun organ pada media tanam yang dilakukan secara aseptik dan in vitro. Proses kultur jaringan terdapat beberapa tahapan seperti pembuatan media, inisiasi dengan pengambilan eksplan pada berbagai tanaman yang akan dikulturttkan, kemudian disterilisasi, selanjutnya melakukan proses multiplikasi dengan menanam eksplan ke media untuk memperbanyak calon tanaman, dilakukan proses pengakaran dan pada tahapan akhir yaitu proses aklimatisasi dimana eksplan akan dipindahkan keluar yaitu ditanam ke medium tanam seperti pada tanaman umumnya.



Gambar 3.8 : Mekanisme Kultur Jaringan
(Sumber : www.sumber.belajar.kemdikbud.go.id)

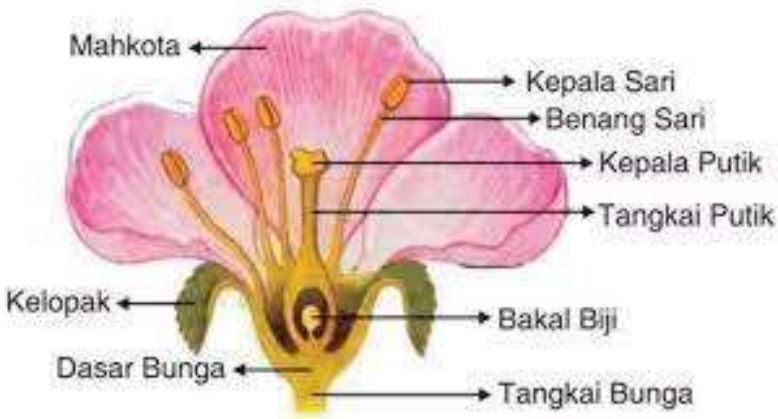
3.3 Perkembangbiakan Secara Seksual

Perkembangbiakan tanaman dengan cara seksual atau disebut sebagai Reproduksi generatif merupakan cara reproduksi yang melibatkan proses peleburan gamet jantan dan gamet betina. Proses peleburan dua gamet induk ini disebut pembuahan. Dalam bunga inilah terdapat Putik dan Benang Sari yang menjadi alat reproduksi bagi tanaman. Perkembangbiakan generative selalu diawali dengan jatuhnya serbuk sari ke kepala putik yang disebut polinasi. Reproduksi generatif terjadi pada tanaman berbiji, yaitu gymnospermae (berbiji terbuka) atau angiospermae (berbiji tertutup). Perkembangbiakan secara generatif pada tanaman berbiji tertutup ditandai dengan

munculnya bunga. Bunga memiliki bentuk dan susunan yang sangat beraneka ragam.

3.3.1 Struktur Organ Reproduksi Tanaman

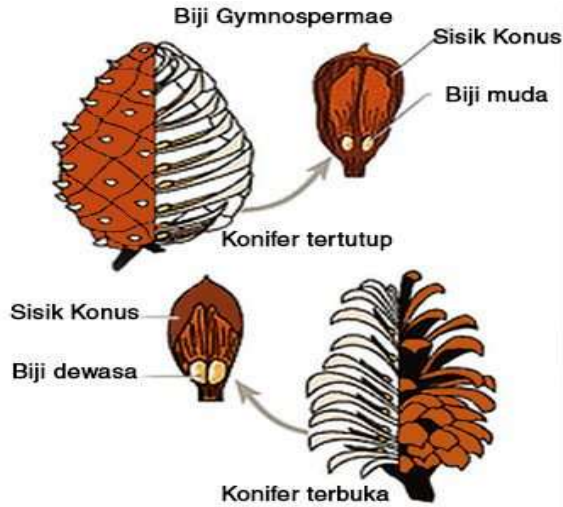
Bunga merupakan alat reproduksi tumbuhan. Bunga memiliki struktur bervariasi berdasarkan taksa tumbuhan yang sangat berperan penting dalam keberhasilan penyerbukan. Peristiwa jatuhnya serbuk sari (polen) di atas kepala putik (stigma) disebut penyerbukan atau polinasi. Tanaman berbiji dikelompokkan menjadi 3 taxa: Angiospermae, Gymnospermae dan Pteridospermae (Setiawan, 2015). Struktur bunga Angiospermae terdiri atas kelopak, mahkota, putik, dan benang sari. Angiospermae dapat memiliki bunga sempurna (struktur lengkap) dan bunga tidak sempurna (struktur tidak lengkap), bisa berumah satu ataupun berumah dua, dan dapat memiliki sifat hermafrodit.



Gambar 3.9 : Struktur bunga sebagai alat perkembangbiakan pada Angiospermae.

(Sumber: www.amongguru.com, 2022)

Gymnospermae (Tanaman berbiji terbuka) memiliki struktur bunga yang tersusun atas sumbu sentral.



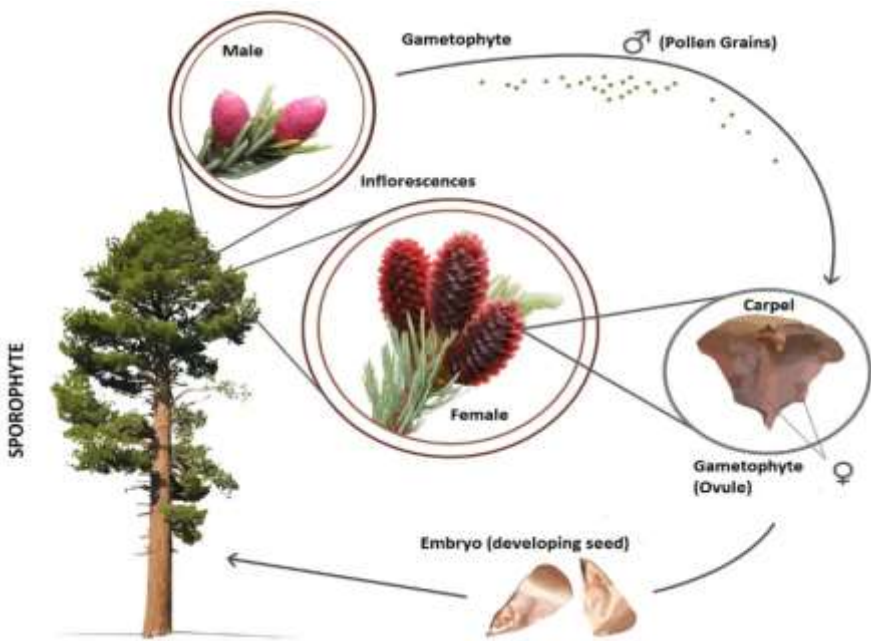
Gambar 3.10 : Struktur bunga sebagai alat perkembangbiakan pada Gymnospermae.

(Sumber: www.materiipa.com, 2018)

Tanaman ini memiliki organ jantan dan betina terpisah tetapi dapat berumah satu serta memiliki biji yang terletak di luar bakal buahnya.

Akarnya merupakan akar tunggang dan juga memiliki batang dan akar yang berkambium.

Akarnya merupakan akar tunggang dan juga memiliki batang dan akar yang berkambium.

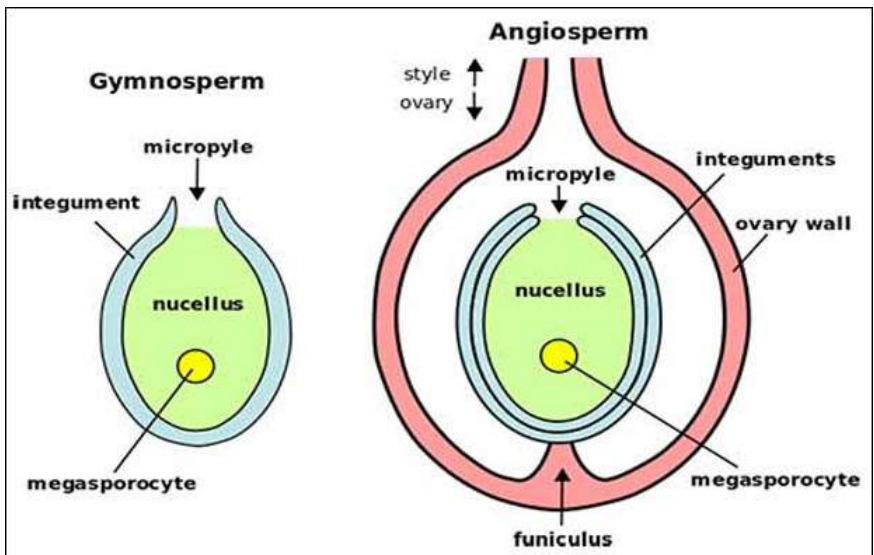


Gambar 3.11 : Daur hidup Gymnospermae.
(Sumber: www.zenius.net, 2022)

3.3.2 Perbedaan Gymnospermae dan Angiospermae

Berdasarkan fisik dan kenampakannya, tumbuhan Gymnospermae dan Angiospermae memiliki perbedaan diantaranya seperti alat reproduksi pada angiospermae adalah bunga sedangkan untuk tumbuhan gymnospermae adalah strobilus. Pada Angiospermae terdapat selubung biji sementara pada Gymnospermae tidak ada. Angiospermae memiliki bentuk daun yang bervariasi tetapi pada Gymnospermae memiliki bentuk daun yang sempit dan kaku. Kemudian pada jenis akarnya, Angiospermae memiliki akar serabut sedangkan

untuk Gymnospermae memiliki akar tunggang. Tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae) merupakan komoditas tumbuhan berbiji yang paling banyak, hal ini disebabkan karena tumbuhan angiospermae tetap dapat tumbuh dengan baik pada berbagai kondisi alam dan kebanyakan rumah yang memungkinkan untuk terjadi persilangan dan menghasilkan varian baru dalam spesies. Tumbuhan Angiospermae biasanya dikenal sebagai tumbuhan berbunga yang terdiri dari dua kelas, yaitu kelas monokotil dan kelas dikotil.



Gambar 3.12 : Perkembangan biji Gymnospermae dan Angiospermae

DAFTAR PUSTAKA

- Amongguru.com. 2020. Pengertian Tanaman Umbi lapis dan Contohnya dalam Kehidupan. <https://www.amongguru.com/pengertian-tanaman-umbi-lapis-dan-contohnya-dalam-kehidupan/>
- Amongguru.com. 2020. Pengertian Tanaman Umbi batang, Cara budidaya dan contohnya.. <https://www.amongguru.com/pengertian-umbi-batang-cara-budidaya-dan-contohnya/>
- Amongguru.com. 2022. Ciri-ciri Klasifikasi Organ Reproduksi Tumbuhan Angiospermae. <https://www.amongguru.com/ciri-ciri-klasifikasi-dan-organ-reproduksi-tumbuhan-angiospermae/>
- Kutanam.com. 2020. Semua Hal yang Perlu Kamu Ketahui Tentang Stek. <https://kutanam.com/semua-hal-yang-perlu-kamu-ketahui-tentang-stek/>
- Materiipa.com. 2018. 15 Ciri-ciri Tumbuhan Berbiji Terbuka. <https://materiipa.com/ciri-ciri-tumbuhan-berbiji-terbuka>
- Mangoendidjojo, W. 2003. Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman. Kanisius. Yogyakarta: Kanisius.
- Rochiman K, Harjadi SS. 1973. *Pembiakan Vegetatif*. Bogor (ID): *Departemen Agronomi Fakultas Pertanian IPB*.
- Selvia, I. N., 2021. *Pemuliaan Tanaman*. Diktat Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. Available At: <http://repository.uinsu.ac.id/15468/1/DIKTAT%20PEMU LIAAN%20TANAMAN.pdf>
- Setiawan, E. 2015. *Perkembangbiakan Tanaman*. Bangkalan: UTMPress.

- Sinautani.com. 2022. Cara mencangkok tanaman dan 5 Manfaatnya. <https://sinautani.com/cara-mencangkok-dan-manfaatnya/>
- Sumber.belajar.kemdikbud.go.id. 2019. Kultur Jaringan. <https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/FileUpload/Biologi%20Kultur%20Jaringan-BB/Topik-2.html>
- Zenius.net. 2022. Gymnospermae Pengertian, Ciri-ciri, dan Klasifikasinya. <https://www.zenius.net/blog/tumbuhan-gymnospermae>

BAB 4

KERAGAMAN GENETIK

Oleh Noverina Chaniago

4.1 Pendahuluan

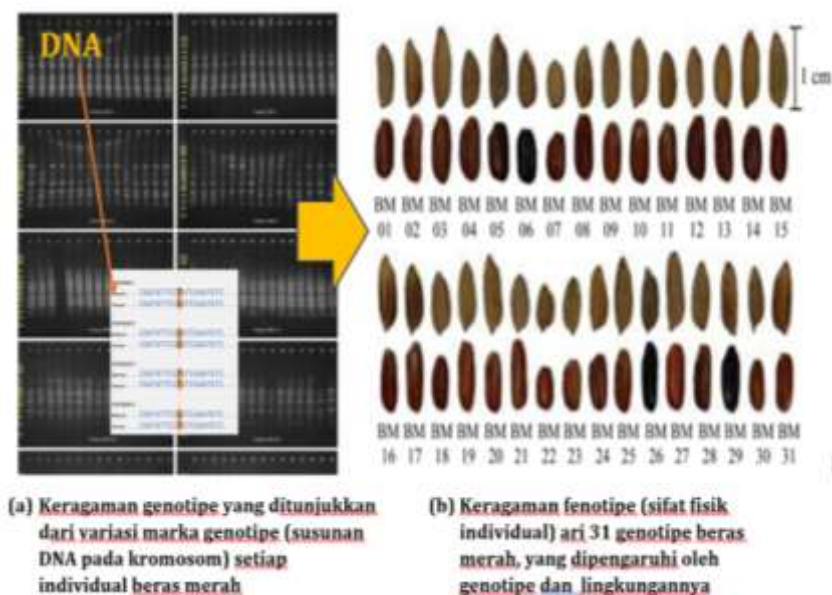
Keragaman genetik berbeda dengan keanekaragaman hayati. Keragaman genetik, merupakan hierarki dasar dalam keanekaragaman hayati. Keragaman genetik ini sangat penting untuk keberlangsungan Biodiversitas. Keragaman genetik, merupakan variasi dari suatu karakter atau sifat antara individu (spesies) dalam suatu populasi atau antar populasi dari suatu spesies, yang dikendalikan secara genetik akibat adanya variasi susunan basa nitrogen dalam DNA (Deoksiribo Nukelat Acid) (Pearson, 2006). Kunci penting bagi spesies dapat bertahan hidup sampai generasi selanjutnya di masa mendatang, karena adanya keragaman genetik.

Pemuliaan tanaman banyak mengambil manfaat dari luasnya keragaman genetik. Salah satunya sebagai bahan dasar (tetua) guna menghasilkan varietas-varietas baru dalam menghadapi tantangan untuk memenuhi berbagai kebutuhan dalam program pembangunan pertanian di masa mendatang. Keberhasilan suatu program pemuliaan tanaman, sangat ditentukan dengan tingginya keragaman genetik (Sunarya *et al.*, 2017). Tanpa ketersediaan keragaman genetik, sangat tidak mungkin untuk memperbaiki dan memperluas genetik varietas tanaman (Cooper, Spillane dan Hodgkin, 2000).

Variasi genetik terjadi pada sel benih yaitu sel sperma dan sel telur. Tanaman yang diperbanyak melalui biji, hasil perkawinan sel jantan dan betina, akan mengalami segregasi gen dari generasi ke generasi sehingga menimbulkan

variabilitas genetik yang tinggi, yang diwariskan dari satu individu ke individu lainnya, sehingga mempengaruhi dinamika populasi, yang akhirnya dapat berevolusi (Allard, 1992).

Keragaman genetik antar individu dalam suatu populasi atau antar populasi dari suatu spesies, mengacu pada perbedaan susunan urutan DNA yang dikemas dalam bentuk kromosom. Perbedaan variasi genetik antar individu dalam suatu populasi atau antar populasi dari suatu spesies, dapat dianalisis melalui marka molekuler (marka genetik), dengan mengamati perbedaan pada struktur, bentuk dan ukuran kromosom (Gambar 4.1a). Adanya variasi genetik juga ditunjukkan dari karakter atau sifat yang ditampilkan (fenotipe) dari suatu spesies yang diamati, (Aziz, 2019). Gambar 4.1, menunjukkan keragaman fenotipe gabah dan beras merah yang berasal dari Sumatera Barat, yang ditunjukkan dari kode genotipe (BM 01 hingga 31), yang disebabkan karena adanya keragaman genotipe yang terlihat dari variasi marka genetik (susunan DNA pada kromosom) setiap individual beras merah. Keragaman Fenotipe ini juga disebabkan oleh lingkungan tumbuh yang beragam (Tabel 4.1). Perbedaan susunan urutan DNA (variasi genom), menyebabkan timbulnya perbedaan karakter atau sifat yang ditampilkan (fenotipe) oleh setiap individual. Interaksi genotipe terhadap lingkungan tumbuhnya juga sangat berpengaruh terhadap fenotipe setiap individual (National Human Genome Research Institute/NHGRI, 2022). Hal ini didukung oleh pernyataan Suryanugraha, Supriyanta dan Kristamtini (2017), "keragaman penampakan (fenotipe) tumbuhan dalam suatu populasi dapat disebabkan oleh struktur genetik individu yang bervariasi dalam suatu populasi, atau disebabkan faktor lingkungan, dan interaksi genetik x lingkungan".



Gambar 4.1 : Keragaman genotipe beras merah (yang terlihat dari keragaman marka genetik), menghasilkan keragaman fenotipe yang ditunjukkan dari warna dan bentuk gabah/beras
(Sumber : Suliansyah, Yusniwati dan Dwipa, 2018)

Tabel 4.1 : Keragaman genotipe beras merah yang diperoleh dari eksplorasi di beberapa kabupaten di Provinsi Sumatera barat

No.	Nama Lokal	Kode Genotipe	Berasal (Kabupaten)
1	Surian	BM 001	Solok
2	Travel	BM 002	Agam
3	Talang Babungo	BM 003	Solok
4	Sungai Abu	BM 004	Solok
5	Sariak Alam	BH 005	Solok

No.	Nama Lokal	Kode Genotipe	Berasal (Kabupaten)
	Tigo		
6	Solok	BH 006	Solok
7	Gunung Pasir	BM 007	Solok Selatan
8	Siarang	BM 008	Solok Selatan
9	Perbatasan	BM 009	Solok Selatan
10	Balingka	BM 010	Agam
11	Teluk Embun	BM 011	Pasaman
12	Jorong Mudiak	BM 012	Pasaman
13	Pido Manggih	BM 013	Pasaman Barat
14	Sikarujuik	BM 014	Pasaman Barat
15	Capacino	BM 015	Pasaman Barat
16	Situjuh	BM 016	Lima Puluh Kota
17	Simarosok	BM 017	Agam
18	Banuhampu	BM 018	Agam
19	Sigah	BM 019	Pasaman Barat
20	Silomlom Pulen	BM 020	Pasaman
21	Silomlom Pera	BM 021	Pasaman
22	Kotitiran	BM 022	Pasaman
23	Batu Kangkung	BM 023	Dharmasraya
24	Sitiung II	BM 024	Dharmasraya
25	Air Dingin 1	BM 025	Solok
26	Air Dingin 2	BH 026	Solok
27	Sibandung	BM 027	Pasaman
28	Ladang Dua Koto	BM 028	Pasaman

No.	Nama Lokal	Kode Genotipe	Berasal (Kabupaten)
29	Bareh Hitam Talamau	BH 029	Solok
30	Bareh Merah Talamau 1	BM 030	Solok
31	Bareh Merah Talamau 2	BM 031	Solok

Sumber : (Suliansyah, Yusniwati dan Dwipa, 2018)

Chaniago *et al.* (2022), menyatakan bahwa identifikasi keragaman genetik terhadap beberapa genotipe padi lokal yang berasal dari beberapa desa dan kecamatan di Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara, dapat diamati dari beberapa karakter (fenotipe), yang bersifat kuantitatif seperti: tinggi tanaman, diameter batang, panjang malai dan lain-lain, atau bersifat kualitatif seperti warna bunga, warna gabah atau warna beras (Gambar 4.2). Informasi mengenai tingkat keragaman genetik yang memiliki karakter potensial, sangat diperlukan oleh pemulia dalam mengidentifikasi calon tetua yang digunakan untuk persilangan. Di samping itu, bermanfaat untuk mencegah penggunaan tetua-tetua yang berkerabat dekat. Identifikasi keragaman genetik ini, merupakan langkah awal dalam mendukung program pemuliaan tanaman (Sunarya *et al.*, 2017).

dimanfaatkan sebagai tetua dalam kegiatan pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas baru sesuai dengan tuntutan dan keinginan masyarakat. Variabilitas genetik yang sempit tidak cukup baik untuk dijadikan tetua dalam pengembangan varietas (Sugianto, Nurbaiti dan Deviona, 2015).

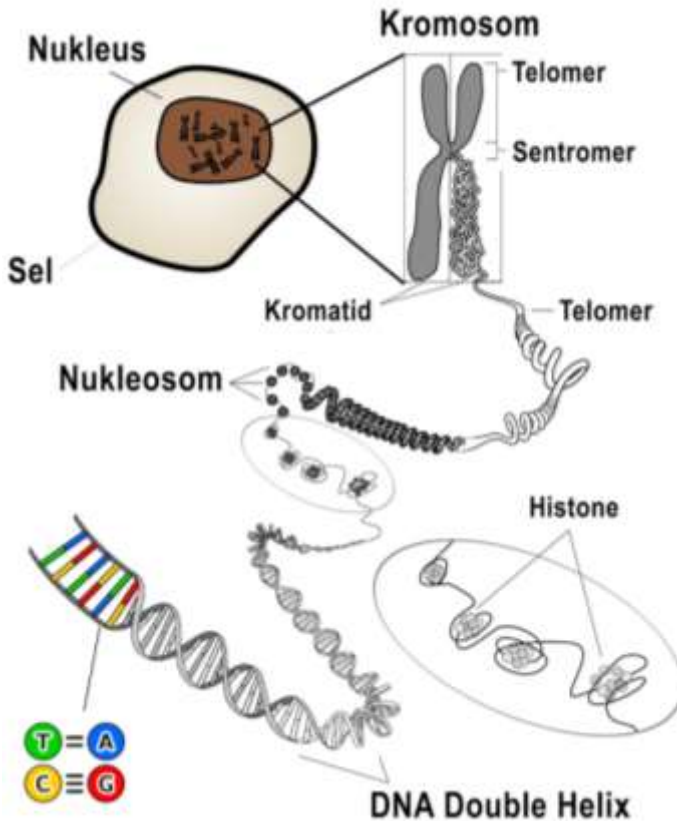
Krisis keanekaragaman hayati bermula dari erosi keragaman genetik dari suatu spesies dalam populasi. Bertahannya populasi suatu spesies di habitatnya akibat adanya seleksi alam ataupun seleksi yang dilakukan oleh manusia dalam pemanfaatan sumber daya hayati, sangat tergantung pada keragaman genetiknya. Keragaman genetik yang tinggi terhadap suatu spesies dalam populasi, menyebabkan spesies tersebut memiliki peluang yang lebih tinggi untuk bertahan hidup di habitatnya. Ini dikarenakan setiap variasi gen merespon kondisi lingkungan secara beragam. Jadi jika suatu populasi memiliki variasi gen yang beragam pada individu-individunya, maka apabila terjadi berbagai perubahan lingkungan di habitatnya maka dapat direspons dengan lebih baik (Cooper, Spillane dan Hodgkin, 2000).

4.2 Materi Genetik

Materi genetik dikenal dengan istilah "Gen". Gen dianggap sebagai unit dasar pewarisan (Pearson, 2006). Gen merupakan senyawa yang membawa informasi genetis, yang diperlukan untuk menentukan karakter atau sifat fisik dan biologis individu dari setiap makhluk hidup, yang diteruskan dari induk ke keturunannya pada saat proses pembelahan atau penggabungan sel. Definisi gen yang lebih luas mencakup segmen-segmen DNA yang menyandikan informasi untuk membuat molekul RNA yang berperan dalam sintesis protein (NHGRI, 2022).

Selain berperan dalam membawa informasi genetis, gen juga berperan dalam berbagai reaksi kimia lainnya. Proses metabolisme di dalam organ tanaman dikatalisis oleh enzim. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman juga dikendalikan hormon. Pembentukan dan pengontrolan kerja enzim dan hormon dikendalikan oleh gen (Pearson, 2006; Pennisi, 2007). Gen terdapat di setiap sel (terletak di nukleus) dikemas dalam kromosom, yang merupakan kumpulan serabut benang kromatid yang mengandung nukleosom. Struktur unik kromosom membuat DNA terlilit erat di sekitar protein histon, sehingga membentuk gulungan. Kemasan seperti itu, membuat molekul DNA yang terlalu panjang dapat dimuat di dalam sel yang ukuran sangat kecil. Kumpulan DNA yang melilit protein histon, membentuk struktur yang disebut nukleosom (Gambar 4.2). Kromosom memadat dengan cara menggulung ke arah panjangnya sehingga membentuk benda berwarna gelap. Penambahan zat warna seperti safranin dapat digunakan dalam pengamatan kromosom, karena kromosom bersifat mudah menyerap zat warna. Pengamatan kromosom paling tepat pada saat pagi hari, dimana sel-sel dalam kondisi aktif melakukan pembelahan sehingga kromosom terlihat jelas. Pada saat sel tidak sedang melakukan aktifitas pembelahan, kromosom akan terlihat seperti benang-benang halus, dengan sebutan kromatin. Di dalam kromosom terkandung hingga jutaan gen, yang berperan membawa informasi genetis dari induk kepada keturunannya (Chaniago *et al.*, 2016).

Analisis keragaman genetis sangat tepat dilakukan secara molekuler, dengan metode preparasi kromosom untuk melihat struktur, bentuk dan ukuran kromosom. Analisis ini memiliki tingkat keakuratan variabilitas genetis yang sangat tinggi dan diperlukan waktu yang lebih singkat, dibanding dengan identifikasi terhadap karakter-karakter fenotipe (Aziz, 2019).



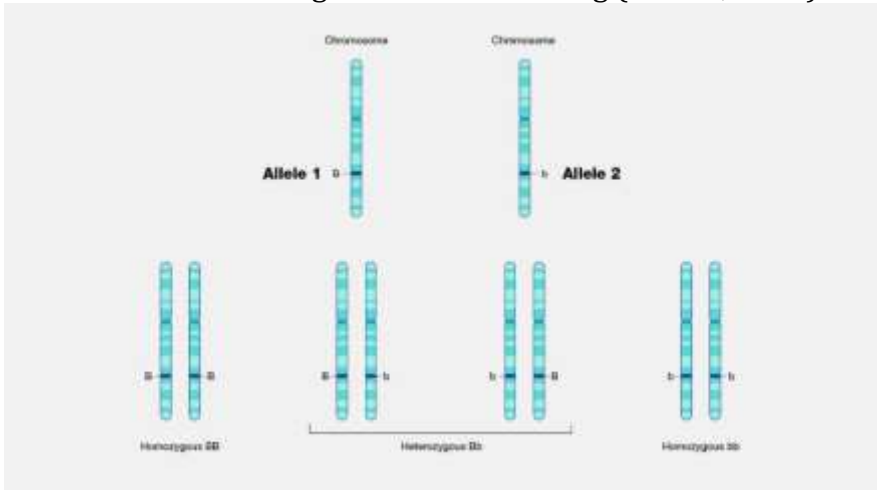
Gambar 4.3 : Materi genetik di dalam sel tumbuhan
(Sumber : Admin, 2019)

Setiap makhluk hidup memiliki sel dengan jumlah gen yang berbeda-beda. Makhluk hidup dengan struktur organ yang kompleks memiliki jumlah gen yang lebih banyak. Keberadaan kromosom di dalam sel, tepatnya di inti sel selalu berpasangan. Beberapa contoh tanaman dengan jumlah kromosom disetiap selnya: padi memiliki 24 kromosom (12 pasang kromosom), jagung 20 kromosom (10 pasang kromosom), tebu 86 kromosom (43 pasang kromosom),

kentang 48 kromosom (23 pasang kromosom) dan lain sebagai. Setiap pasang kromosom, satunya berasal dari kromosom setiap tetua (jantan dan betina), yang berarti bahwa keturunannya mewarisi setengah dari kromosom tetua betinanya dan setengah dari tetua jantannya.

Posisi gen pada kromosom disebut lokus, bersifat tetap. Setiap pasangan kromosom yang memiliki ukuran dan bentuk, serta jumlah gen yang sama disebut kromosom homolog. Letak gen pada kromosom homolog juga terdapat pada lokus yang sama. Gen-gen yang terletak pada lokus yang sama pada kromosom homolog, tetapi sifatnya berlawanan disebut *alel*. Terbentuknya alel karena adanya variasi pada urutan basa nitrogen akibat terjadi mutasi baik secara alami maupun diinduksi oleh manusia dengan berbagai mutagen. Di antara gen-gen yang sealel, ada gen yang mengalahkan gen alelnya dan ada yang pengaruhnya sama-sama kuat. Gen yang pengaruhnya lebih kuat disebut gen homozigot *dominan*, gen yang pengaruhnya lebih lemah disebut gen homozigot *resesif*, sedangkan gen yang pengaruhnya sama-sama kuat disebut gen *intermediate* (heterozigot) (Gambar 4.4). Penulisan gen biasanya menggunakan simbol dengan huruf latin, gen dominan ditulis dengan huruf besar dan gen resesif ditulis dengan huruf kecil, ini bertujuan untuk mempermudah dalam memahaminya. Sebagai contoh tanaman padi yang memiliki gen dominan dengan karakter batang berdiameter tebal, ditulis dengan huruf besar "B". Seperti penjelasan di atas bahwa kromosom di dalam sel selalu berpasangan dengan kromosom homolognya, maka penulisan genotipenya terdiri dua huruf besar "BB". Namun terkadang pada lokus yang sama terdapat gen resesif, yang membawa sifat berlawanan contoh batang berdiameter tipis, maka gen yang berlawanan tersebut ditulis dengan huruf kecil "b" karena kromosom berpasangan ditulis "bb". Jika suatu tanaman memiliki genotipe "Bb", maka

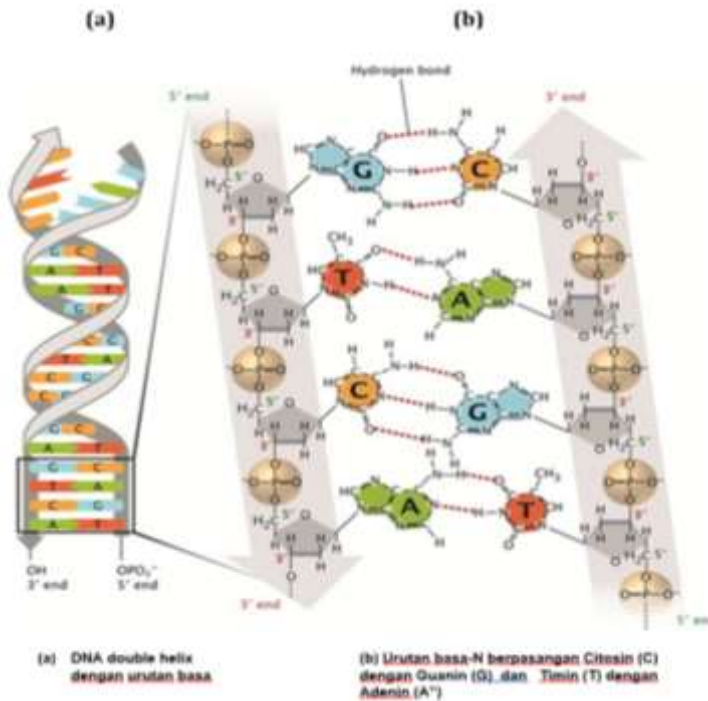
tanaman tersebut memiliki gen dengan diameter batang tebal mengalahkan gen diameter batang tipis. Akan tetapi, jika antara gen B dan b bersifat *intermediate*, tanaman bergenotipe Bb berarti memiliki batang berdiameter sedang (NHGRI, 2022).



Gambar 4.4 : Berbagai bentuk pasangan alel dalam kromosom
(Sumber : NHGRI, 2022)

DNA (*Deoxyribonucleic acid*)

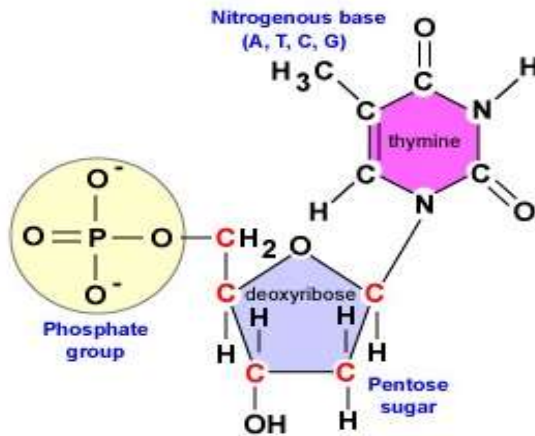
Gen pembawa informasi genetik pada suatu individu, terbentuk dari sejumlah asam nukleat, yang dikenal dengan DNA. Struktur molekul DNA oleh Watson dan Crick (1953), digambarkan sebagai pita *double helix* (Gambar 4.5a), karena sifat basa nitrogen *Cytosine* (C) selalu berpasangan dengan *Guanine* (G) atau *Thymine* (T) berpasangan dengan Adenin (A). Kemampuan DNA membentuk *double helix* mempunyai arti penting dalam menjalankan fungsinya dalam sel karena memungkinkan proses replikasi informasi genetik dengan sangat tepat dan teliti.



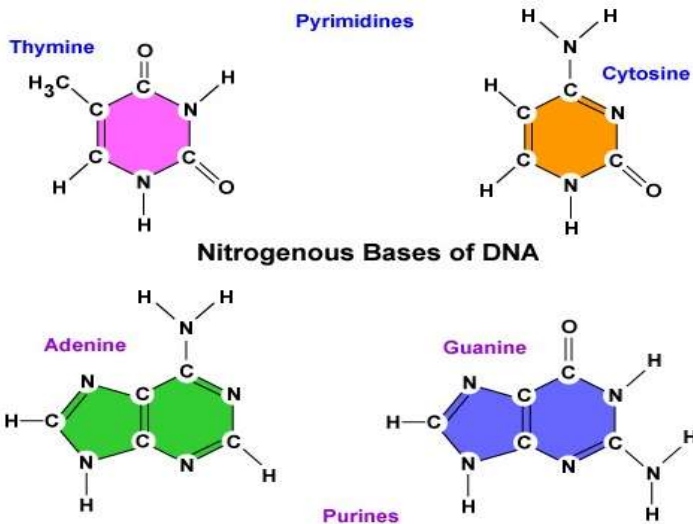
Gambar 4.5 : Struktur DNA pita *double helix* dengan urutan basa nitrogen yang berpasangan
(Sumber : Leslie, 2008)

DNA, merupakan polimer asam nukleotida dengan berat molekul jutaan.

Ada tiga jenis senyawa monomer yang menyusun asam nukleotida (Gambar 4.6) yaitu: (1) Gula pentosa (*deoxyribose*); (2) Basa nitrogen berfungsi sebagai penyimpan informasi genetik; (3) Asam fosfat (monofosfat). Basa nitrogen pada DNA terdiri dari turunan Pirimidin yaitu *Cytosine* dan *Thymine*, dan turunan Purin yaitu *Adenine* dan *Guanine* (Gambar 7) (Travers dan Muskhelishvili, 2015; Kaiser, 2022).

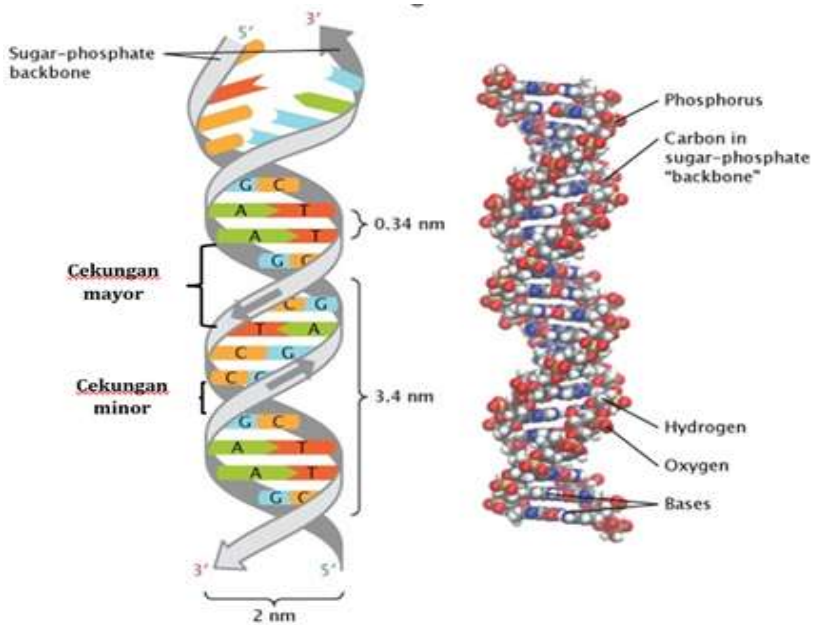


Gambar 4.6 : Susunan molekul asam nukleotida
(Sumber: Kaiser, 2022)



Gambar 4.7 : Susunan molekul basa nitrogen turunan Pirimidin dan Purin pada DNA
(Sumber: Kaiser, 2022)

Menurut Travers dan Muskhelishvili, (2015); Kaiser, (2022), struktur DNA dengan pita ganda heliks (*double helix*) (Gambar 4.5), memiliki sifat-sifat sebagai berikut : (1) Dua polimer nukleotida saling melilit mengitari sumbu. (2) Dua polimer nukleotida tersusun anti paralel, dengan salah satu rantai pasangan memiliki ujung 5' (fosfat) dan rantai pasangan lainnya dengan ujung 3' (gula). (3) Susunan basa nitrogen dari kedua rantai tersusun merata, mendatar dan tegak lurus terhadap sumbu, susunan basa nitrogen bertumpuk satu di atas yang lain, dan jaraknya $3,4 \text{ \AA}$ (0,34 nm). (4) Basa nitrogen dari rantai yang berhadapan membentuk pasangan karena adanya ikatan hydrogen. Hanya ada pasangan A=T dan G=C. (5) Sekali putaran lengkap heliks panjangnya $34 \text{ \AA}$ (3,4 nm) dan terdapat 10 pasangan basa nitrogen. (6) Terdapat cekungan besar (mayor) dan cekungan kecil (minor) setiap sekali putaran lengkap heliks, dimana kedua cekungan ini tersusun saling bergantian. (7) Diameter *double helix* ini memiliki ukuran $20 \text{ \AA}$ (2,0 nm).



Gambar 4.8 : Sifat struktur molekul DNA double heliks
(Sumber : Leslie, 2008)

4.3 Sumber Keragaman Genetik

Ketersediaan keragaman genetik yang tinggi merupakan hal yang sangat penting dalam perbaikan tanaman, untuk menghasilkan varietas-varietas baru yang memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dari sebelumnya, sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Kegiatan pemuliaan yang tidak didukung dengan ketersediaan berbagai sumber keragaman genetik akan berdampak terhadap penyempitan kandungan genetik varietas yang dihasilkan, dengan kata lain terjadi penyeragaman latar belakang plasma nutfah terhadap varietas yang dihasilkan. Varietas baru yang dihasilkan dengan latar belakang plasma nutfah yang sempit dapat menimbulkan sifat rentan terhadap cekaman biotik (seperti serangan hama dan penyakit) atau cekaman abiotik (seperti kekeringan), akibat menurunnya

kemampuan sanggah genetik dan berkurangnya daya adaptasi terhadap suatu lingkungan pada varietas baru yang dihasilkan (Borlaug, 1981 cit. Sumarno dan Zuraida, 2008).

Adanya sumber keragaman genetik yang tinggi dapat memudahkan melakukan seleksi tanaman sesuai dengan tujuan pemuliaan tanaman yang dikehendaki. Pemilihan tetua sebagai donor gen, dilakukan dengan menseleksi beberapa karakter atau sifat unggul terhadap suatu populasi tertentu, sesuai dengan yang diinginkan. Oleh karena itu keberhasilan program pemuliaan sangat bergantung pada ketersediaan sumber daya genetik (SDG). Tanpa kontribusi SDG yang tinggi, maka hasil kegiatan pemuliaan tanaman mengalami gejala penyempitan kandungan genetik, yang dikenal dengan istilah “leher botol genetik” (Spillane dan Gepts, 2001). Peningkatan keragaman genetik tanaman dapat ditempuh melalui berbagai cara seperti introduksi, persilangan (rekombinasi genetik) dan mutasi.

4.3.1 Introduksi

Introduksi merupakan upaya pemuliaan tanaman untuk memperoleh keragaman genetik, dengan cara memasukkan, mendatangkan atau memindahkan bahan tanaman dari suatu negara atau wilayah (tempat asal tumbuhnya) ke negara atau wilayah lain (lokasi baru) yang belum pernah ada sebelumnya (Mangoendidjojo, 2007).

Introduksi bahan tanaman dapat diperoleh dari koleksi plasma nutfah, baik berupa organ utuh atau bagian dari organ tanaman. Menurut Hawkes, Maxted dan Lloyd (2000), unsur plasma nutfah yang dapat dimanfaatkan sebagai donor gen adalah tanaman primitif atau *landrace* yang didomestikasi, diadaptasi secara lokal dan telah berkembang dari waktu ke waktu melalui budidaya secara tradisional; strain liar di habitat asli dari tanaman budidaya, varietas lama yang sudah tidak beredar di masyarakat karena tidak dimanfaatkan lagi; galur hasil kegiatan pemulia yang tidak memiliki nilai jual, tetapi

masih memiliki potensi gen yang dapat dimanfaatkan untuk program pemuliaan tanaman.

Sebagian besar koleksi plasma nutfah, diperoleh dari pusat gen atau pusat asal tanaman (*center of origin*), yaitu suatu daerah dimana spesies tumbuhan dapat ditemukan dalam kelompok besar (dominan) dan terdapat kesamaan dalam penyimpanan gennya. Semakin jauh dari pusat asal, sifat dominan tanaman semakin berkurang dan semakin muncul sifat resesif. Oleh karena itu, ditemukan banyak variasi tanaman di pusat asal karena tingginya populasi hibrida sebagai hasil persilangan spesies yang ada. Selain itu koleksi plasma nutfah juga berasal dari *center of diversity* yaitu tempat dimana tumbuhan tersebut telah lama dibudidayakan secara intensif (Syukur, Sujiprihati dan Yuniarti, 2018).

Adanya koleksi plasma nutfah, dapat dipelajari tingkat keragaman tanaman yang ada, sekaligus melestarikan sumber daya genetik untuk memenuhi kebutuhan genetik di masa yang akan datang. Ketersediaan gen yang tinggi, dapat dimanfaatkan untuk menciptakan varietas tanaman yang resisten terhadap perubahan ras patogen dan dinamika munculnya hama baru, serta menyediakan gen untuk mengatasi terjadinya stress lingkungan akibat kekeringan, suhu tinggi atau rendah (Cooper, Spillane dan Hodgkin, 2000). Oleh karena itu pengelolaan plasma nutfah harus dilakukan dengan tepat, karena setiap program pemuliaan tanaman membutuhkan ketersediaan sumber genetik yang tinggi, salah satunya didapat dari koleksi plasma nutfah. Keberhasilan pengelolaan plasma nutfah ditentukan dari kemampuannya dalam menyediakan akses plasma nutfah sebagai sumber gen donor dalam setiap kegiatan pemuliaan tanaman. Sebaliknya produk yang dihasilkan dalam setiap kegiatan pemuliaan tanaman akan menjadi optimal, jika memanfaatkan sumber keragaman genetik yang tersedia di

koleksi plasma nutfah, sesuai dengan sifat gen yang diinginkan si pemulia (Sumarno dan Zuraida, 2008).

Ketersediaan sumber keragaman genetik yang didapat dari koleksi plasma nutfah merupakan andalan bagi pemulia di Indonesia, untuk menghasilkan secara cepat, kandidat varietas unggul yang akan direkomendasikan kepada petani untuk ditanam. Pemanfaatan tanaman introduksi bisa sebagai tanaman komersial atau sebagai bahan persilangan dalam rangka memperbaiki varietas lokal. Tanaman yang didatangkan harus terlebih dahulu diseleksi dan dievaluasi untuk mendapatkan tanaman yang superior yang akan digunakan untuk pembentukan kultivar unggul.

Beberapa contoh introduksi plasma nutfah elite dalam bentuk genotipe yang diperoleh dari berbagai wilayah di Indonesia, yang telah dilepas oleh pemulia ke masyarakat secara luas, sebagai varietas unggul lokal untuk direkomendasi kepada petani untuk dibudidayakan, karena memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan dan kualitas berasnya enak. Misalnya varietas unggul lokal "Pandanwangi" berasal dari Cianjur, Jawa Barat, varietas unggul lokal "Rojolele" dari Klaten dan varietas unggul lokal "Mentik Wangi" dari Magelang, Jawa Tengah (Sumarno dan Zuraida, 2008).

Contoh lain varietas gandum "Timor dan Nias" merupakan hasil introduksi galur dan varietas dari daerah pusat penanaman gandum dan Pusat Penelitian Internasional Gandum dan Jagung (CIMMYT), dengan metode seleksi penyesuaian diri (adaptasi) terhadap berbagai kondisi habitat di Indonesia. Setelah melewati seleksi adaptif pada tahun 1993, pemerintah melalui Departemen Pertanian memilih dua varietas gandum yang adaptif terhadap habitat di Timor dan Nias, sehingga diberi nama Timor dan Nias. Menurut deskripsi varietas 'Timor' berasal dari galur 'Punjab 81' yang

didatangkan dari India, sedangkan varietas 'Nias' berasal dari galur 'Thai 88' yang didatangkan dari Thailand (Jusuf, 2002 cit Soeranto, 2003).

4.3.2 Persilangan (Hibridisasi)

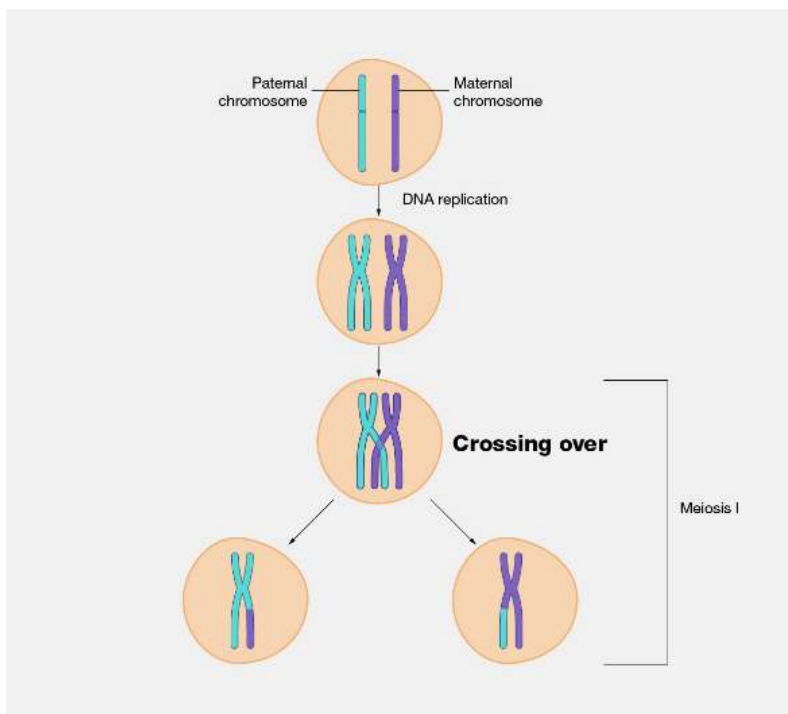
Hibridisasi adalah perkawinan antara individu atau populasi yang berbeda secara genetik untuk mendapatkan keturunan dengan kombinasi genetik dari kedua individunya (Albert, 1997). Hibridisasi bisa terjadi pada individu dari spesies yang berbeda (interspesifik) atau antara individu dari spesies yang sama (intraspesifik). Dua individu yang akan disilangkan disebut *parents* (tetua), dilambangkan dengan huruf P, dan keturunan yang dihasilkan dari perkawinan parental disebut *filial* dilambangkan dengan huruf F, diikuti dengan angka untuk menunjukkan urutan generasi, misalnya F1 untuk persilangan generasi pertama dan F2 untuk persilangan generasi kedua.

Semula kegiatan hibridisasi ditujukan untuk menyatukan sifat-sifat unggul dari dua parental kepada generasinya. Namun sejalan dengan perkembangan tujuan pemuliaan tanaman, hibridisasi dilakukan untuk menambah jumlah keragaman genetik. Sebagai contoh hibridisasi jenis jagung yang berbeda-beda, berharap untuk mendapatkan keturunan dengan fenotipe baru yang memiliki sifat yang berbeda dengan parentalnya.

Rekombinasi genetik yang didapat selama proses hibridisasi, terjadi karena adanya proses pemutusan seuntai polimer nukleotida pada DNA atau bisa juga pada RNA, yang dilanjutkan dengan penyatuan atau penyisipan urutan basa nitrogen lainnya. Ini dilakukan agar diperoleh beberapa variasi genetik. Rekombinasi genetik secara alami berlangsung pada fase meiosis, dengan adanya pertukaran atau penyisipan komponen genetik yang terjadi antara untaian polimer

nukleotida yang berbeda (*interstrand*), atau antara komponen genetik yang terletak dalam satu untaian polimer nukleotida yang sama (*intrastrand*) (Toha *et al.*, 2015). Sejalan dengan berkembang pesatnya teknologi, proses rekombinasi genetik ini dapat direkayasa dengan memanipulasi materi genetik dari organisme berbeda (Kinsey dan McCooey, 2000; Toha *et al.*, 2015).

Rekombinasi biasanya berlangsung selama proses meiosis (selama perkembangan sel telur dan sel sperma) sebagai pindah silang atau pertukaran DNA antara pasangan kromosom yang sehomolog. Proses ini menghasilkan kombinasi alel baru dalam gamet (baik sel telur ataupun sel sperma) sehingga dipastikan adanya variasi genom yang diwariskan pada setiap keturunan yang dihasilkan (Gambar 4.9). Variasi genetik ini membantu meningkatkan keragaman suatu spesies. Keragaman genetik yang tinggi memperkuat kemampuan spesies untuk merespons perubahan lingkungan dari waktu ke waktu (Kinsey dan McCooey, 2000).



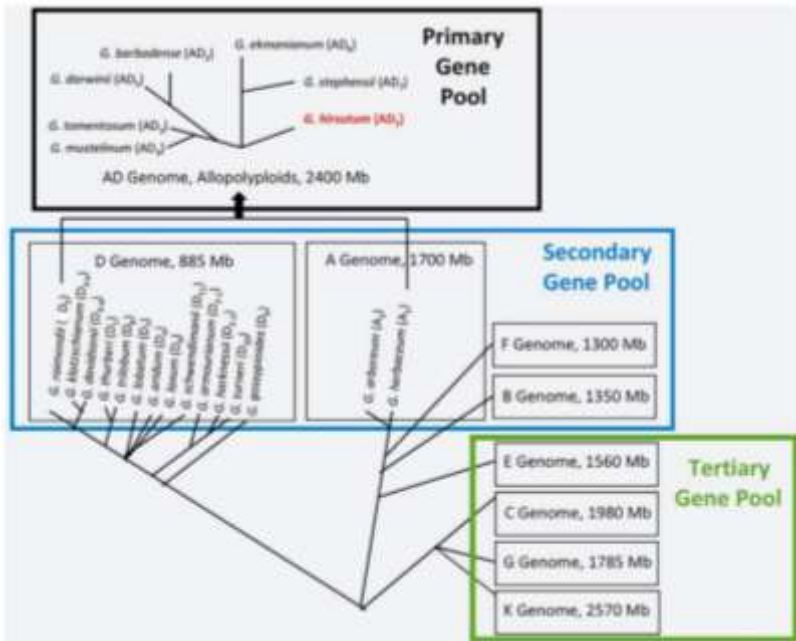
Gambar 4.9 : Pindah silang DNA antara pasangan kromosom sehomolog
(Sumber :NHGRI, 2022)

Tingkat kemampuan plasma nutfah tanaman untuk melakukan persilangan sangat beragam, Harlan dan Wet (1971), mengklasifikasikannya menjadi tiga golongan kumpulan gen yaitu kumpulan gen primer (GP-1), kumpulan gen sekunder (GP-2) dan kumpulan gen tersier (GP-3). Plasma nutfah yang tergolong GP-1, antar sub-spesies atau antar varietas yang memiliki varian genetik, memiliki kemampuan dengan mudah untuk saling silang, dengan demikian kumpulan gen primer ini memiliki peluang yang tinggi dalam membentuk

keragaman genetik. Biasanya plasma nutfah yang terkumpul dalam GP-1, mengindikasikan spesiesnya telah lama melakukan penyesuaian terhadap lingkungannya, dan sudah berkembang biak secara luas di wilayahnya, dan telah mengalami perubahan pada sifat-sifat yang diwariskan dari generasi ke generasi berikutnya. Oleh karena itu wilayah kumpulan plasma nutfah GP-1 dapat dinyatakan sebagai pusat asal tanaman yang bersangkutan. Kumpulan plasma nutfah yang tergolong ke dalam GP-2, spesiesnya secara alami memiliki beberapa hambatan untuk dapat saling silang, oleh karena itu kumpulan plasma nutfah yang tergolong dalam kelompok gen sekunder memiliki peluang lebih rendah untuk membentuk keragaman genetik. Plasma nutfah yang tergolong ke dalam kumpulan gen tersier (GP-3), dimana anggota spesiesnya secara alami sulit untuk saling silang, sehingga diperlukan teknik tertentu untuk dapat saling silang. Kumpulan gen tersier ini memiliki peluang sangat kecil untuk membentuk keragaman genetik, dengan demikian keragaman genetiknya sempit.

Studi kasus pada genus *Gossypium* (Gambar 4.10), menunjukkan penggambaran kumpulan gen primer, sekunder, dan tersier. Kumpulan gen primer (GP-1) genus *Gossypium* poliploid merupakan tanaman yang dibudidayakan dibedakan atas tujuh himpunan (AD) spesies tetraploid (*G. hirsutum*, *G. barbadense*, *G. mustelinum*, *G. tomentosum*, *G. darwinii*, *G. stephensii*, dan *G. eckmanianum*) yang dapat disilangkan dengan relatif mudah dengan spesies budidaya utama *G. hirsutum*. Kumpulan gen sekunder (GP-2) dari kumpulan tanaman liar yang memiliki gen-gen yang keterkaitan jauh, dengan demikian lebih sulit untuk diintegrasikan, mereka berpotensi memiliki tingkat ploidi yang berbeda dari spesies yang dibudidayakan. Untuk *Gossypium* kumpulan gen sekunder terdiri dari spesies diploid yang mengandung pelengkap genom yang sangat terkait dengan kandungan genome sub-gen dari spesies

tetraploid, termasuk genom kapas A, B, D dan F. Kumpulan gen tersier (GP-3) terdiri dari spesies kekerabatannya sangat jauh biasanya memiliki perbedaan besar dalam struktur genom dan tingkat ploidi yang membuat integrasi ke dalam spesies yang dibudidayakan cukup sulit. Kumpulan gen tersier *Gossypium*, terdiri dari spesies diploid yang memiliki struktur genom yang tidak dimiliki oleh spesies tetraploid, termasuk genom kapas C, E, G dan K (Shim, Puneet dan Rosalyn, 2018)



Gambar 4.10 : Kumpulan gen primer (GP-1), sekunder ((GP-2), dan tersier (GP-3) pada genus *Gossypium* untuk melakukan persilangan
(Sumber : Shim, Puneet dan Rosalyn, 2018)

4.3.2 Mutasi

Peningkatan keragaman genetik dapat terjadi melalui mutasi. Istilah “mutasi” diperkenalkan oleh seorang ahli botani dan genetika berkebangsaan Belanda yaitu Hugo De Vries, pada tahun 1901. Hugo mempelajari adanya perubahan materi genetik yang tidak mengikuti hukum Mendel. Terjadinya mutasi secara biologis pada suatu spesies disebabkan karena perubahan sekuens polimer nukleotida DNA atau RNA secara tiba-tiba dan acak. Perubahan ini menghasilkan varian genetik pada spesies tersebut (Kharkwal, 2012).

Mutasi terjadi karena adanya kesalahan replikasi materi genetik selama proses meiosis. Organisme yang mengalami perubahan sifat atau karakter yang menyimpang akibat mutasi disebut “mutan”. Pengaruh dari perubahan yang menyimpang ini bisa berdampak besar atau kecil terhadap fenotipe yang ditampilkan, tergantung besar kecilnya materi gen yang mengalami mutasi. Sebagian besar (90%) tanaman mutan sebenarnya bersifat merugikan, karena karena mutannya bersifat letal dan homozigot resesif, sehingga menimbulkan perubahan karakter yang menyimpang dari kondisi yang biasanya. Dimana karakter yang muncul sebelum mengalami penyimpangan, telah menyesuaikan diri terhadap lingkungannya, selama jutaan tahun. Akibat bermutasi tanaman tersebut dapat mengalami penurunan daya adaptasinya terhadap lingkungan hidupnya. Keuntungan dari tanaman yang mengalami mutasi, menghasilkan genotipe baru yang dapat dimanfaatkan oleh pemulia tanaman untuk menghasilkan spesies yang memiliki sifat unggul, dengan melakukan pindah silang antar kromosom homolog yang bukan saudaranya, atau melalui segregasi bebas (Soeranto, 2003; Warmadewi, 2017; Nur dan Syahrudin, 2017).

Salah satu bentuk mutasi yang menguntungkan pada tanaman adalah terciptanya tanaman poliploid yang memiliki

sifat unggul, contoh tanaman semangka dengan buah tanpa biji, begitu juga tanaman jeruk tanpa biji. Hal ini menguntungkan bagi konsumen yang memanfaatkan buah tersebut. Berbeda bagi tanaman poliploid tersebut, karena tidak dapat berkembang biak secara generatif, karena tidak dihasilkannya biji. Beberapa kasus mutasi pada tingkat gen dengan terbentuknya alel baru disukai bagi kalangan pendukung evolusi, karena munculnya variasi baru pada spesies (Warmadewi, 2017).

Sesungguhnya mutasi cenderung jarang terjadi. Mutasi dapat terjadi secara tiba-tiba di alam dikenal dengan mutasi spontan, yang kemunculannya mutase spontan biasanya sangat rendah ($<1:10.000$ individu). Selain itu mutasi bisa terjadi karena adanya rangsangan, atau dikenal dengan mutasi induksi. Pada dasarnya tidak ada perbedaan antara mutasi spontan di alam dengan mutasi hasil induksi, sama-sama menghasilkan keragaman genetik. Keragaman genetik yang muncul dimanfaatkan sebagai dasar untuk melakukan seleksi untuk memperoleh spesies yang memiliki karakter unggul. Proses seleksi yang dilakukan baik secara alami melalui proses evolusi, atau seleksi secara buatan melalui kegiatan pemuliaan. Penyebab mutasi disebut “mutagen”. Kebanyakan mutagen disebabkan oleh bahan fisika berupa zat radioaktif (sinar-X, radiasi Gamma, radiasi Beta, neutrons, dan partikel dari aselerators (Tabel 4.2), yang memiliki kemampuan untuk menembus materi genetik dalam nukleus. Selain itu mutagen dapat berupa zat kimia seperti *ethyl methane sulphonate*, *diethyl sulphate*, *methyl methane sulphonate*, *hydroxylamine*, *nitrous acids* dan *acridines* (THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY/IAEA, 1977). Ada juga mutasi yang tidak jelas mutagennya, adanya faktor kebetulan semata, yang kemungkinan besar disebabkan kesalahan pada saat proses

metabolisme dalam sel, jadi bukan karena faktor yang berasal dari luar (Soeranto, 2003; Warmadewi, 2017).

Tabel 4.2 : Tipe mutagen fisik, sumber, deskripsi, energi dan daya tembus.

Tipe Radiasi	Sumber	Deskripsi	Energi	Daya tembus
Sinar X	Mesin sinar X	Radiasi elektromagnetik	50-300 kV	Beberapa mm Sampai banyak cm
Sinar gamma	Radioisotop dan reaksi nuklir	Radiasi elektromagnetik	sampai beberapa MeV	Banyak cm
Neutron	Reaktor nuklir dan aselerator	Partikel tidak berubah	Kurang dari 1 sampai berjuta eV	Banyak cm
Partikel beta	Radioisotop atau aselerator	Berupa elektron	Sampai beberapa MeV	Sampai beberapa mm
Partikel alfa	Radioisotop	Inti helium	2-9 mm	Sedikit mm
Proton atau deuteron	Reaktor nuklir atau aselerator	Inti hidrogen	Sampai beberapa GeV	banyak cm

Sumber : (IAEA, 1977).

4.4 Konservasi Sumber Daya Genetik

Urgensi pelestarian plasma nutfah pertama kali disorot oleh ilmuwan Rusia N. I. Vavilov pada tahun 1930-an. Vavilov mengoleksi ribuan tanaman dari seluruh dunia, dengan berekspedisi selama tahun 1920-1940. Hasil ekspedisi disimpulkan bahwa ada hubungan antara letak geografis, iklim

dengan forma tanaman (Vavilov, 1992). Kemudian The Rockefeller Foundation dan Ford Foundation, melakukan Revolusi Hijau dengan mendirikan lembaga penelitian padi yaitu International Rice Research Institute (IRRI), dan lembaga pusat perbaikan jagung dan gandum yaitu *International Maize and Wheat Improvement Center* (CIMMYT). Ilmuwan tanaman dan pembuat kebijakan di seluruh dunia bersepakat untuk melestarikan plasma nutfah tanaman yang berada di lapangan (Hamilton, Karamura dan Kakudidi, 2016).

Terbentuknya kelompok konsultatif penelitian pertanian Internasional, yang didirikan tahun 1971 dengan nama CGIAR (*The Consultative Group on International Agricultural Research*), yang awalnya menaungi empat pusat Lembaga penelitian tanaman termasuk CIMMYT, IRRI, CIAT (*Communications Installation Advisory Team*) dan IITA (*International Institute of Tropical Agriculture*), sangat berperan aktif dalam melakukan konservasi sumber daya genetik (Wang *et al.*, 2011).

Peristiwa penting lainnya dalam sejarah konservasi keanekaragaman tanaman adalah pembentukan IBPGR (*International Board for Plant Genetic Resources*) pada tahun 1974, dan kemudian ditingkatkan dengan terbentuknya IPGRI (*International Plant Genetic Resources Institute*) pada tahun 1991 dan Biodiversity International pada tahun 2006. Saat ini, sekitar 15 bank benih di seluruh dunia (Tabel 4.3) yang bergabung di bawah kepemimpinan CGIAR.

Tabel 4.3 : Koleksi plasma nutfah dari 15 bank benih dunia

No	Institusi/Bank gen	Lokasi	Tanaman	Total Akses	Keterangan
1	International Maize and Wheat Improvement Center (CYMMIT)	Meksiko	Gandum Jagung	153,000 28,000	https://www.cimmyt.org/
2	International Crop Research Institute for Semi Arid Tropic (ICRISAT)	India	Sorgum Millet Buncis Kacang tanah Pigeon pea	39000 23,000 17,000 18,000 15,000	https://www.icrisat.org/
3	International Institute of Tropical Agriculture (IITA)	Nigeria	Pisang Singkong Kacang cow Ubi	228 2,035 16,005 1,433	https://www.iita.org/
4	Centro International de Agriculture Tropical (CIAT)	Kolombia	Kacang polong Singkong Alfalfa	38,000 6,600 17,476	https://ciat.cgiar.org/
5	Center International Potato (CIP)	Peru	Kentang	4,415	https://cipotato.org/ 6
6	International Rice Research Institute (IRRI)	Philipina	Padi	128,000	https://www.irri.org/
7	Africa Rice Center (ARC)	Ivory Coast	Padi	20000	http://www.africarice.org/
8	Pusat Internasional untuk Penelitian	Syria	Barley Chickpea Lentil Gandum	25,113 10,599 11,940 33,459	https://www.icaarda.org/

No	Institusi/Bank gen	Lokasi	Tanaman	Total Akses	Keterangan
	Pertanian di Daerah Kering (ICARDA)		Kacang Fava	25,83	
9	International Livestock Research Institute (ILRI)	Kenya	Rumput gajah	2,300	https://www.ilri.org/
10	Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)	Brazil	Kedelai Gandum Sorgum Kacang Polong	27,050 15,118 7,215 16,447	https://www.embrapa.br/en/international
11	N.I.Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR)	Rusia	Gandum Barley Oat Kentang Gandum hitam	54,000 20,000 13,000 10,000 3,000	http://www.vir.nw.ru/unu-kollektsiya-vir/
12	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)	Australia	Rumput	800	https://www.csiro.au/
13	Biodiversity International	Itali	Pisang	15,000	https://www.biodiversityinternational.org/
14	United State Department of Agriculture (USDA)	US	Padi Kedelai Kapas Jagung Barley	19,000 22,497 9,812 8,506 2,000	https://www.usda.gov/
15	National Bureau of Plant Genetic Resources	India	Kacang tanah Barley Gandum	14,704 124,737 35,889 6,909	https://www.devex.com/organizations/nationalbureau-of-

No	Institusi/Bank gen	Lokasi	Tanaman	Total Akses	Keterangan
	(NBPGR)		Jagung Sorghum Pearl millet Groundnut	17,4665, 772 13,144	plant-geneticsresources-nbpgr-

Sumber : (Majeed *et al.*, 2021)

Saat ini terdapat ~1750 bank gen dengan simpanan 7,4 juta akses tanaman yang disimpan. Bank gen ini terlibat dalam pengumpulan, pengujian, penggandaan, karakterisasi, penyimpanan, dan distribusi plasma nutfah untuk tujuan penelitian. Bank gen berbasis CGIAR mewakili 10% dari total koleksi ini, menyumbang 94% dari distribusi plasma nutfah di seluruh dunia. Rata-rata, bank gen CGIAR menyediakan 100.000 akses ke lebih dari 100 negara setiap tahun (Majeed *et al.*, 2021). Meskipun terdapat banyak bank gen di berbagai negara dengan fasilitas canggih, namun ada bank benih terbesar dan teraman di dunia, berbasis di Kutub Utara di wilayah permafrost Norwegia yang berjarak 1300 km di luar lingkaran Arktik yaitu “Svalbard Global Seed Vault”. Bank ini memiliki kapasitas penyimpanan lebih dari 4,5 juta sampel benih, tetapi saat ini memiliki lebih dari 1 juta sampel. Bank ini berfungsi sebagai fasilitas penyimpanan cadangan sampel benih jika terjadi bencana alam dan bencana akibat ulah manusia karena bank benih lainnya cukup rentan terhadap peristiwa bencana alam (Majeed *et al.*, 2021).

Saat itu, keanekaragaman hayati tanaman terancam serius akibat erosi genetik. Dilaporkan bahwa 75% dari keanekaragaman hayati dunia hilang selama abad ke-20. Erosi genetik ini disebabkan oleh : (1) Urbanisasi, penduduk pedesaan meninggalkan pertanian dan berpindah ke kota

dengan melakukan kegiatan non pertanian. Begitu juga dengan kondisi perang atau kerusakan sipil, menyebabkan masyarakat yang semula mempertahankan/mengembangkan *landraces*, mengelola hutan dan padang penggembalaan, akhirnya meninggalkan pelestarian plasma nutfah tanaman tertentu (Wang *et al.*, 2011). (2) Perubahan sistem pertanian, dengan kebijakan pemerintah yang memodernkan usaha tani melalui pengembangan varietas modern yang hanya menekankan pada aspek produksi, melalui introduksi beberapa varietas modern, sehingga mengakibatkan rendahnya pengelolaan dan pemanfaatan varietas lokal secara berkelanjutan (Iskandar dan Iskandar, 2018). (3) Industrialisasi, tingginya konversi lahan pertanian produktif ke sektor non pertanian seperti industri dan pemukiman, mengakibatkan berkurangnya lahan-lahan strategis yang membudidayakan tanaman lokal (Saleh *et al.*, 2015; Sembiring, 2017). (4) Perubahan iklim global, mengakibatkan tingginya frekuensi anomali iklim berupa El-Nino dan La-Nina menyebabkan terjadinya kekeringan dan banjir dalam kurun waktu yang panjang. Hal ini berdampak terhadap ketidakmampuan spesies tertentu (kerentanan genetik) untuk beradaptasi dengan kondisi tersebut. (5) Eksploitasi berlebihan, penggundulan hutan akibat pemanenan yang tidak terkendali dari alam menyebabkan berbagai spesies tanaman hilang akibat (misalnya jenis kayu, tanaman obat-obatan dan tanaman hias yang berhabitat di hutan). Eksploitasi berlebihan dapat mengakibatkan hilangnya spesies, bahkan merusak habitat.

Oleh karena itu, sangat penting untuk melestarikan sumber daya genetik tanaman pada skala global agar dapat digunakan secara berkelanjutan dalam proyek pemuliaan tanaman untuk mengatasi tantangan ketahanan pangan.

Kehilangan SDG di Indonesia akibat bermigrasi, diadopsi atau diokupasi oleh negara lain merupakan kesalahan besar. Sumber daya genetik terbentuk secara alami, apabila mengalami kepunahan maka tidak mungkin mendapatkan penggantinya. Mengantisipasi erosi atau kepunahan keragaman genetik tanaman diperlukan strategi konservasi tanaman. Upaya sistematis untuk menyelamatkan keberadaan keragaman genetik tanaman adalah melakukan identifikasi, eksplorasi, koleksi (Hasanah, 2004; Suliansyah, Yusniwati dan Dwipa, 2018). Mengidentifikasi keanekaragaman hayati merupakan tahap awal dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Identifikasi ini menjadi ujung tombak dalam mengatasi permasalahan yang berhubungan dengan pelestarian tanaman dan perlu dilakukan sejak awal untuk mengantisipasi atau meminimalkan kemungkinan punahnya plasma nutfah (Wijayanto, 2013).

Di Indonesia keragaman plasma nutfah dikelola Komisi Nasional Plasma Nutfah (KNPN), namun secara fisik koleksi plasma nutfah menjadi tanggung jawab Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan khusus plasma nutfah tanaman yang berhubungan dengan kegiatan pertanian menjadi tanggung jawab Balai Besar Sumber Daya Genetik dan Bioteknologi (BB Biogen) yang berada di bawah Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian, yang berdomisili di Bogor (Syukur, Sujiprihati dan Yuniarti, 2018).

Strategi pelestarian plasma nutfah dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu : (1) Pelestarian yang dilakukan di luar habitatnya, dikenal dengan konservasi *ex situ*. Pelestarian ini meliputi koleksi benih seperti yang dilakukan oleh IRRI yang menyimpan benih padi budidaya maupun padi liar dari tempat asal dalam bank gen, atau CIMMYT yang mengoleksi benih jagung dan gandum. Di Indonesia salah satu contoh konservasi *ex situ* adalah pemeliharaan plasma nutfah dalam bentuk

tanaman hidup yang dilakukan di kebun Raya Bogor. (2) Pelestarian yang dilakukan di tempat asal tanaman, dikenal dengan konservasi *in situ*. Pelestarian ini diwujudkan dalam bentuk pemeliharaan spesies atau populasi plasma nutfah di habitat asalnya. Di Indonesia pemeliharaan plasma nutfah di habitatnya ada di cagar alam atau hutan lindung. (3) Pelestarian plasma nutfah yang menggabungkan konservasi *ex situ* dan *in situ* (konservasi *on farm*), di mana pelestarian ini dilakukan oleh petani terhadap suatu populasi tanaman dengan cara membudidayakannya sekaligus mengelolanya secara berkesinambungan pada suatu agroekosistem. Sistem ini dapat dijumpai di kawasan sekitar Desa Marajai Kecamatan Halong Kabupaten Balangan, yang membudidayakan berbagai jenis durian hasil perkawinan silang secara alami maupun perkawinan dengan bantuan manusia. Kawasan ini dikelola sebagai ekowisata tanaman buah-buahan tropis.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin, N. 2019. *Pengertian Kromosom Lengkap Struktur, Jenis, Fungsi, Kelainan dan Gambar*. Available at: <https://www.markijar.com/2019/02/pengertian-kromosom-lengkap-struktur.html> (Accessed: 19 December 2022).
- Albert G.J Tacon. 1997. *The use of inter-species hybrids in aquaculture and their reporting to FAO*. Rome, Italy.
- Allard, R.W. 1992. *Principles of Plant Breeding*. Edited by John Wiley and Sons. New York- London.
- Aziz, I.R. 2019. 'Kromosom Tumbuhan Sebagai Marka Genetik', *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 13(2). Available at: <https://doi.org/10.24252/teknosains.v13i2.9638>.
- Chaniago, N. *et al.* 2022. 'Morphological characteristics of local rice in Deli Serdang District, North Sumatra, Indonesia', *Biodiversitas*, 23(2), pp. 883–894. Available at: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230229>.
- Chaniago Ramadhani *et al.* 2016. *GENETIKA*. Graha Ilmu.
- Cooper, H.D., Spillane, C. and Hodgkin, T. 2000. 'Broadening the genetic base of crops: an overview.', in *Broadening the Genetic Base of Crop Production*. GB: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) CABI, pp. 1–23. Available at: <https://doi.org/10.1079/9780851994116.0001>.
- Hamilton, A.C., Karamura, D. and Kakudidi, E. 2016. 'History and conservation of wild and cultivated plant diversity in Uganda: Forest species and banana varieties as case studies', *Plant Diversity*, 38(1), pp. 23–44. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.04.001>.

- Harlan, J.R. and Wet, J.M.J. 1971. 'TOWARD A RATIONAL CLASSIFICATION OF CULTIVATED PLANTS', *TAXON*, 20(4), pp. 509–517. Available at: <https://doi.org/10.2307/1218252>.
- Hasanah, M. 2004. 'Pedoman Pengelolaan Plasma Nutfah dalam rangka Pelaksanaan Otonomi Daerah.', in *Lokakarya Strategi Pengelolaan Plasma Nutfah*. Bogor 12 hal.
- Hawkes, J.G., Maxted, N. and Ford-Lloyd, B.V. 2000. *The ex situ conservation of plant genetic resources. London (UK): Kluwer Academic Publishers. 250p*. The University of Birmingham, U.K.: Springer Science+Business Media. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-94011-4136-9>.
- Iskandar, J. and Iskandar, B.S. 2018. 'Etnoekologi, Biodiversitas Padi dan Modernisasi Budidaya Padi: Studi Kasus Pada Masyarakat Baduy dan Kampung Naga', *Jurnal Biodjati*, 3(1), p. 47. Available at: <https://doi.org/10.15575/biodjati.v3i1.2344>.
- Kaiser Gary. 2022. *Deoxyribonucleic Acid (DNA)*, <https://bio.libretexts.org/> (Accessed: 5 December 2022).
- Kharkwal, M.C. 2012. 'A brief history of plant mutagenesis.', in *Plant mutation breeding and biotechnology*. UK: CABI, pp. 21–30. Available at: <https://doi.org/10.1079/9781780640853.0021>.
- Kinsey, M.K. and Beth McCooey. 2000. *The Basics of Recombinant DNA*. <https://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/Projects00/rdna/rdna.html> (Accessed: 21 December 2022).
- Leslie A. Pray. 2008. 'Discovery of DNA Structure and Function: Watson and Crick', *Nature Education*, 1(1), pp. 1–100.

- Lundqvist, U., J.D. Franckowiak and B.P. Forster. 2012. *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Edited by Q. Y. Shu et al. London, UK.: 2012. Mutation Categories. Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Joint FAO/IAEA Programme. British Library, London, UK.
- Majeed, S. *et al.* 2021. 'Introduction: Crop Wild Relatives in Plant Breeding', in *Wild Germplasm for Genetic Improvement in Crop Plants*. Elsevier, pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822137-2.00001-1>.
- Mangoendidjojo, W. 2007. *Dasar-dasar Pemuliaan Tanaman*. Kanisius, Jogjakarta .
- National Human Genome Research Institute/NHGRI. 2022. *Talking Glossary of Genomic and Genetic Terms*. Available at: <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genomic-Variation> (Accessed: 5 December 2022).
- Nur, A. and Syahrudin, K. 2017. *Aplikasi Teknologi Mutasi dalam Pembentukan Varietas Gandum Tropis*. Available at: [http:// balitsereal.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2017/01/ mutasigdm.pdf](http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2017/01/mutasigdm.pdf) (Accessed: 7 December 2022).
- Pearson H. 2006. *Genetics: what is a gene?* Available at: <https://doi.org/10.1038/441398a>.
- Pennisi, E. 2007. 'DNA study forces rethink of what it means to be a gene', *Science*, pp. 1556–1557. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.316.5831.1556>.
- Pinaria *et al.* 1995. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag.
- Saleh, E. *et al.* 2015. 'Pengembangan Teknologi untuk Pengelolaan Lahan Suboptimal yang Produktif, Inklusif dan Ekonomis', *Prosiding Rumusan Hasil Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, pp. 953–955.

- Sembiring, H. 2017. 'Sasaran Prouksi Tanaman Pangan :Strategi dan Operasional', in *Terobosan Inovasi Teknologi Padi Adaptif Perubahan Iklim Mendukung Kedaulatan Pangan*. Sukamandi, Subang, Jawa Barat: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, pp. VII–XV.
- Shim Junghyun, Puneet Kaur Mangat and Rosalyn B Angeles-Shim. 2018. 'Natural Variation in Wild Gossypium Species as a Tool to Broaden the Genetic Base of Cultivated Cotton', *HSOA Journal of Plant Science: Current Research*, 2(1), pp. 2–9.
- Soeranto, H. 2003. 'Peran Iptek Nuklir Dalam Pemuliaan Tanaman Untuk Mendukung Industri Pertanian', in *Pertemuan dan Presentas ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*. Yogyakarta, pp. 308–316.
- Spillane, C. and Gepts, P. 2001. *Broadening the Genetic Base of Crop Production*. Edited by H. Cooper, T. Hodgkin, and Charlie Spillane. GB: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) CABI. Available at: <https://doi.org/10.1079/9780851994116.0000>.
- Sugianto, Nurbaiti and Deviona. 2015. 'Genetic Variability And Heritability Of Agronomic Characters Some Genotypes Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Batan Collections', *Jom Faperta*, 2(1), pp. 1–13.
- Suliansyah, I., Yusniwati and Dwipa, I. 2018. 'Genetic diversity and association amongst West Sumatra brown rice genotype based on morphological and molecular markers', *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(2), pp. 610–

615. Available at:
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.2.1944>.
- Sumarno and Zuraida Nani. 2008. 'Pengelolaan Plasma Nutfah Tanaman Terintegrasi dengan Program Pemuliaan', *Buletin Plasma Nutfah*, 14(2), pp. 57–67. Available at: <http://repository.pertanian.go.id/bitstream/handle/123456789/2062/Pengelolaan%20Plasma%20Nutfah%20Tanaman%20Terintegrasi%20dengan%20Program%20Pemuliaan.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed: 6 December 2022).
- Sunarya, S. *et al.* 2017. 'Variabilitas genetik, kemajuan genetik, dan pola klaster populasi tegakan benih *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen setelah seleksi massa berdasarkan marka morfologi', *Kultivasi*, 16(1), pp. 279–286. Available at: <https://doi.org/10.24198/kltv.v16i1.11544>.
- Suryanugraha, W.A., Supriyanta and Kristamtini. 2017. 'Keragaan Sepuluh Kultivar Padi Lokal (*Oryza sativa* L.) Daerah Istimewa Yogyakarta', *Vegetalika*, 6(4), pp. 55–70.
- Syukur Muhamad, Sriani Sujiprihati and Rahmi Yunianti. 2018. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Cetakan III. Edited by Nugroho Sony and Febriani. Jakarta: Penebar Swadaya.
- THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY/IAEA. 1977. *Manual on Mutation Breeding*. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/09/373/9373711.pdf. (Accessed: 14 December 2022).
- Toha, A.H. *et al.* 2015. 'Rekombinasi Genetik', *Konservasi Bioiversitas Raja Ampat*, 4(11), pp. 9–13.
- Travers, A. and Muskhelishvili, G. 2015. 'DNA structure and function', *FEBS Journal*, 282(12), pp. 2279–2295. Available at: <https://doi.org/10.1111/febs.13307>.

- Vavilov, N.I. 1992. *Origin and Geography of Cultivated Plants*. Edited by V.F. Dorofeyev. Cambridge University Press. Available at: <https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=BqNOA AAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR11&ots=xrM2JPrAim&sig=WvmbJJCb1DbNPx9XP4EZU2kPVDk> (Accessed: 14 December 2022).
- Wang, S. *et al.* 2011. 'Two unusual self-threading frameworks self-assembled from mixed ligands and cobalt/zinc ions', *CrystEngComm*, 13(1), pp. 325–329. Available at: <https://doi.org/10.1039/C004065G>.
- Warmadewi, A.D. 2017. *MUTASI GENETIK*. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/46040f013f61d5c656dc4998b3d08418.pdf (Accessed: 5 December 2022).
- Watson, J.D. and Crick, F.H.C. 1953. 'Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid', *Nature*, 171(4356), pp. 737–738. Available at: <https://doi.org/10.1038/171737a0>.
- Wijayanto, T. 2013. 'Pengembangan Biodiversitas Padi Lokal Sulawesi Tenggara (Prospect on the application of biotechnology to the utilization and improvement of local rice biodiversity of Southeast Sulawesi)', *J Agroteknos*, 3(1), pp. 41–47.

BAB 5

METODE SELEKSI PEMULIAAN TANAMAN MEMBIAK VEGETATIF

Oleh Rahmat Joko Nugroho

5.1 Pendahuluan

Pada mulanya, pemuliaan tanaman berkembang didasari oleh 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 dari satu tempat ketempat lain (nomaden) sampai menetap sembari bercocok tanam dan berternak. Pada waktu itu manusia memilah jenis atau variasi tanaman yang lebih bermanfaat. Dalam memilih di populasi tanaman didasari oleh hati, keterampilan diri, kemampuan dan petunjuk yang terekspresi pada tanaman. Tanaman yang telah dipilih tersebut kemudian dikembangkan dan dibiakkan untuk kebutuhan petani.

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

Pada tahun-tahun 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.

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. 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.

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). 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 kekeringan dan lain sebagainya (Syukur,*et al*, 2010).

5.2 Tujuan Pemuliaan Tanaman

Selanjutnya secara ringkas tujuan pemuliaan tanaman adalah:

- 1) Supaya memperoleh tanaman yang memiliki daya hasil/produksi tinggi baik dari segi ukuran, jumlah, kandungan serta tanaman yang adaptif
- 2) Supaya 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 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. Seperti buah buahan 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 estetik, maka akan mengubah pertanian subsistem menjadi pertanian yang lebih modern.

Pada dasarnya, perkembangbiakan tanaman terbagi atas dua kelompok, yaitu:

- Perkembangbiakan Aseksual merupakan perkembangbiakan yang dilakukan dengan memanfaatkan bagian-bagian vegetatif tubuh tanaman.
- Perkembangbiakan Seksual, yaitu perkembangbiakan tanaman yang dilakukan melalui penggunaan biji.

Pembiakan tanaman secara tidak kawin atau aseksual merupakan dasar pembiakan vegetatif suatu tanaman yang membatasi adanya variasi genetik pada turunannya. Pembiakan vegetatif tanaman dapat terjadi karena setiap sel tanaman mengandung gen yang mampu tumbuh dan berkembang menjadi tanaman baru yang normal. Berbeda dengan pembiakan generatif

atau seksual, pada pembiakan vegetatif atau aseksual, turunan yang diperoleh memiliki karakter yang identik dengan induknya. Hal ini disebabkan karena organ pembiakan (bahan perbanyakan) merupakan organ vegetatif tanaman berupa akar, batang, atau daun. Dari organ vegetatif tersebut dihasilkan tanaman baru yang utuh namun identik dengan tanaman induknya. Tumbuh dan berkembangnya tanaman baru ini dikarenakan pada organ vegetatif tersebut mampu tumbuh dan berkembang akar dan tunas melalui serangkaian proses metabolisme yang kompleks.

5.3 Dasar Dalam Pembiakan Vegetatif

Pembiakan tanaman secara tidak kawin atau aseksual merupakan dasar pembiakan vegetatif suatu tanaman yang membatasi adanya variasi genetik pada hasilnya atau turunannya. Pembiakan vegetatif dapat mengabadikan individu tanaman tanpa mengalami perubahan bahan genetik pada generasinya hingga sampai beberapa tahun ke depan. Jadi turunan (*progeny* atau *offspring*) akan identik dengan tanaman induknya. Atau dikenal sebagai klon.

Pembiakan vegetatif tanaman dapat terjadi karena setiap sel tanaman mengandung gen yang mampu tumbuh dan berkembang menjadi tanaman baru yang normal asalkan lingkungan tempat ditumbuhkannya mendukung untuk proses tumbuh dan kembang. Kemampuan ini dikenal dengan istilah *totipotensi*. Sesuai dengan istilahnya, pembiakan vegetatif memerlukan organ atau bagian vegetatif tanaman untuk ditumbuhkan menjadi tanaman baru. Batang dan akar biasanya digunakan sebagai bahan pembiakan, tetapi daun dapat juga digunakan untuk tujuan pembiakan vegetatif. Masing-masing sel dari organ vegetatif tersebut memiliki kemampuan untuk tumbuh dan kemudian menghasilkan tanaman utuh yang secara genetik adalah identik dengan sel asalnya. Tanaman

yang dihasilkan dari pembiakan vegetatif dikenal sebagai *ramet*, dan sekelompok *ramet* dinyatakan sebagai klon (*clone*).

Pada banyak tanaman, pembiakan vegetatif benar-benar merupakan proses alami, sedangkan pada tanaman tertentu merupakan pembiakan vegetatif yang memerlukan keterlibatan manusia. Ada banyak cara pembiakan vegetatif, yang bila dilakukan secara buatan pemilihannya sangat tergantung pada tanaman dan tujuan perbanyakan.

Kemampuan tumbuh tersebut adalah akibat adanya pembelahan sel sederhana (atau *mitosis*) yang terjadi selama jaringan tanaman tersebut masih tumbuh.

5.4 Teknik Pembiakan Vegetatif

Perbanyakan secara vegetatif adalah cara perkembangbiakan tanaman dengan menggunakan bagian-bagian seperti batang, cabang, ranting, pucuk, daun, umbi dan akar, untuk menghasilkan tanaman baru yang sama dengan induknya. Prinsipnya adalah merangsang tunas adventif yang ada di bagian-bagian tersebut agar berkembang menjadi tanaman sempurna yang memiliki akar, batang, dan daun sekaligus.

Keunggulan cara ini adalah menghasilkan tanaman yang memiliki sifat yang sama dengan induknya. Selain itu, lebih cepat berbunga dan berbuah. Kelemahan dari cara ini membutuhkan pohon induk yang lebih besar dan lebih banyak, sehingga membutuhkan biaya yang banyak. Selain hal tersebut juga tidak semua tanaman dapat diperbanyak dengan cara stek/setek, dan tingkat keberhasilannya sangat rendah, terlebih jika dilakukan oleh hobiis atau penangkar pemula.

Pembiakan vegetatif tanaman dapat dibagi dua yaitu memnbiak dengan secara alami maupun secara buatan. Dengan rincian sebagai berikut :

5.4.1 Pemiakan Vegetatif Alami

Pada perkembangbiakan aseksual keturunannya merupakan organisme yang asalnya adalah suatu organisme tunggal yang tidak melalui proses fertilisasi (pembuahan). Hasil dari proses perkembangbiakan tersebut akan menjadi sebuah klon yakni sebuah populasi terdiri atas organisme-organisme dimana organisme tersebut identik secara genetik. Perkembangbiakan aseksual sering pula disebut dengan perkembangbiakan vegetatif, yaitu salah satu jenis perkembangbiakan yang biasa terjadi pada tumbuhan. Perkembangbiakan vegetatif meliputi proses fragmentasi yang merupakan proses terpisahnya bagian tubuh tumbuhan kemudian disertai oleh regenerasi pembentukan individu yang utuh.

Pada awal masa kehidupannya, tumbuhan yang merupakan keturunan dari hasil perkembangbiakan vegetatif berupa fragmen dewasa yang asalnya dari tetuanya tidak terlalu memiliki resiko dalam menghadapi keadaan lingkungannya apabila dibandingkan tumbuhan yang asalnya kecambah. Perkembangbiakan aseksual maupun seksual mempunyai peran penting pada proses evolusi adaptasi tumbuhan pada lingkungannya.

Pemiakan vegetatif alami merupakan pembiakan tanaman dimana suatu tanaman muda (baru) tumbuh dan berkembang dari bagian-bagian vegetatif tanaman induknya.

(a) Modifikasi batang, yaitu:

- Umbi lapis (*bulbus*) adalah proses tumbuhnya calon batang tumbuhan baik itu mengalami pemendekan, penebalan, serta membentuk lapisan-lapisan. Umbi lapis yang berkembang secara sempurna dikenal dengan *offset*. Pada famili Liliaceae, *bulbus* akan terlihat contohnya pada brambang, bakung, dan lain-lain.

- *Cormus* adalah proses tumbuhnya calon batang tumbuhan yang mengalami pemendekan dan penebalan, tetapi tidak disertai dengan lapisan-lapisan. Umbi batang dapat dilihat pada bunga gladiol, bawang putih, dan lain-lain.
- Rimpang (*rhizome*) adalah batang tumbuhan yang tumbuhnya pada bawah permukaan tanah. *Rhizome* dibedakan lagi atas: *Rhizome* yang tidak berdaging dapat dilihat pada alang-alang dan *rhizome* yang berdaging dapat dilihat pada tanaman temu-temuan.
- Sulur/*stolon/runner* merupakan sebuah batang tumbuhan yang tumbuh menggantung dari mata tunas kemudian menjulur di permukaan tanah. Ketika dipotong, maka sulur yang memiliki ruas-ruas akan mudah tumbuh akar dari bukannya. Perkembangbiakan ini dapat dilihat pada stroberi, tapak liman dan lain-lain.
- *Tuber* merupakan bagian batang tumbuhan yang berada dalam bawah permukaan tanah kemudian menjulur serta membesar menjadi lokasi penyimpanan cadangan makanan, di bagian kulitnya banyak terdapat tunas. Contohnya tanaman kentang.
- Tunas lateral (*offshoots*) dan tunas pucuk (*crown*) ada pada tanaman nenas.

Sementara tunas air (*sucker*) terdapat pada tanaman pisang.

- (b) Modifikasi akar/umbi akar, merupakan akar yang mengalami pembesaran dan memiliki fungsi menjadi lokasi penyimpanan cadangan makanan serta memiliki mata tunas. Umbi akar terdapat di tanaman ubi jalar, gadung, dan lainnya.
- (c) Biji apomiksis, merupakan perkembangbiakan vegetatif dimana proses reproduksi seksualnya tidak normal.

Tanaman yang diperoleh melalui peristiwa apomiksis disebut dengan apomicts. Peristiwa apomiksis ini dapat terjadi disebabkan peristiwa partenogenesis dan apogami. Partenogenesis adalah peristiwa dimana embrio yang tumbuh berasal dari sel telur yang tidak mengalami pembuahan. Jika sel telur itu tidak mengalami pembelahan meiosis, maka embrio akan tumbuh memiliki sifat diploid. Tetapi jika embrio yang tumbuh berasal dari sel telur yang mengalami meiosis, maka embrio akan tumbuh dengan memiliki sifat haploid. Peristiwa ini sering terdapat pada tanaman bawang merah dan apel. Pada makrosporogenesis, pembelahan reduksi dari sel induk megaspora, juga menghasilkan sel antipoda dan sel sinergid selain menghasilkan sel telur. Jika embrio yang tumbuh berasal dari sel sinergid atau antipoda maka disebut apogami. Contoh Tanaman yang membiak vevegetatif. Bawang merah, kentang, jahe, stroberi, nanas dan pisang.

5.4.2 Pembiakan Vegetatif Buatan

Pembiakan vegetatif buatan merupakan upaya perbanyak tanaman jenis-jenis tertentu yang dilakukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Tanpa campur tangan manusi, tanaman bersangkutan tidak dapat membiak dengan sendirinya, walaupun pada dasarnya tanaman bersangkutan telah memiliki calon tanaman hanya saja belum tumbuh dan berkembang sehingga diperoleh tanaman baru yang utuh.

Perbanyak vegetatif sudah sejak lama digunakan, stek adalah cara yang paling banyak digunakan.

Perbanyak secara vegetatif adalah cara perkembangbiakan tanaman dengan menggunakan bagian-bagian seperti batang, cabang, ranting, pucuk, daun, umbi dan

akar, untuk menghasilkan tanaman baru yang sama dengan induknya. Prinsipnya adalah merangsang tunas adventif yang ada di bagian-bagian tersebut agar berkembang menjadi tanaman sempurna yang memiliki akar, batang, dan daun sekaligus.

Keunggulan cara ini adalah menghasilkan tanaman yang memiliki sifat yang sama dengan induknya. Selain itu, lebih cepat berbunga dan berbuah. Kelemahan dari cara ini membutuhkan pohon induk yang lebih besar dan lebih banyak, sehingga membutuhkan biaya yang banyak. Selain hal tersebut juga tidak semua tanaman dapat diperbanyak dengan cara stek/setek, dan tingkat keberhasilannya sangat rendah, terlebih jika dilakukan oleh hobiis atau penangkar pemula.

Perbanyakan dengan stek pada umumnya dilakukan pada tanaman dikotil, pada monokotil masih jarang; namun pada beberapa tanaman seperti asparagus – dalam kondisi terkontrol dapat dilakukan.

Perbanyakan secara stek meliputi stek batang, stek bertunas daun, stek daun, stek akar, stek mata, stek umbi (meliputi umbi lapis, umbi palsu, umbi batang, umbi akar dan akar batang). Stek berasal dari kata *stuk* (bahasa Belanda) dan *cuttage* (Bahasa Inggris) yang artinya potongan. Sesuai dengan namanya perbanyakan ini dilakukan dengan menanam potongan tanaman induk ke dalam media agar tumbuh menjadi tanaman baru. Perbanyakan dengan stek mudah dilakukan karena tidak memerlukan peralatan khusus dan teknis pelaksanaan tidak rumit. Keunggulan teknik ini adalah dapat menghasilkan tanaman baru dalam jumlah banyak walaupun bahan tanaman yang tersedia sangat sedikit atau terbatas.

Pada beberapa penelitian pada stek yang dilakukan di akar (stek akar), inisiasi akar biasanya terjadi dengan didahului oleh inisiasi daun. Regenerasi dari akar sangat lambat, kecuali diinduksi oleh zat pengatur tumbuh dari luar misalnya

cytokinin, yang akan merangsang keluarnya akar . Menurut Hartman dan Davies (1990), akar baru yang terbentuk biasanya bukan merupakan akar adventif tetapi adalah akar yang berkembang dari akar laten yang terkandung didalam cabang akar-akar tua yang mungkin terbawa ketika stek akar dilakukan. Akar-akar ini biasanya berkembang karena adanya perlakuan hara atau zat pengatur tumbuh. Akar-akar ini berasal dari sel-sel dewasa dari pericycle atau endodermis atau kedua-duanya.

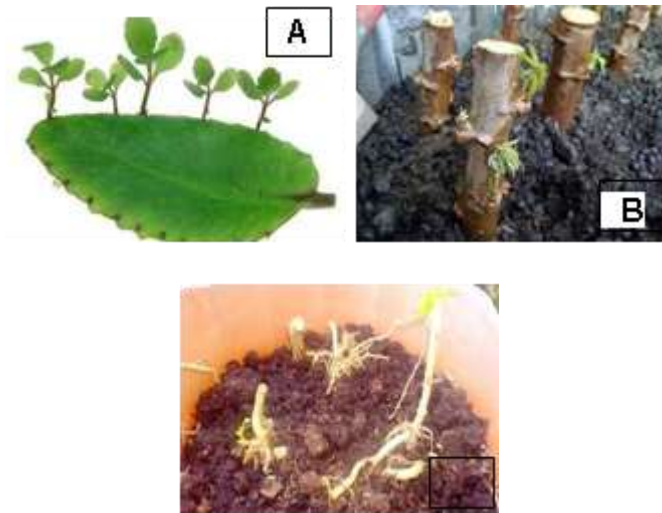
Stek akar yang diambil dari tanaman yang muda atau yang telah memasuki fase juvenil, lebih cepat berakar dari yang tua. Secara fisiologis hal ini menurut Hartman dan Kestler (1983), dapat disebabkan karena adanya faktor endogenus yaitu adanya auksin untuk merangsang perkembangan akar adventif dan masih tingginya cytokinin didalam tanaman yang dapat merangsang keluarnya akar pada bagian bawah tanaman (akar asli), namun pada banyak kasus yang sering terjadi adalah akar keluar pertama kali dibawah pucuk adventif, dari akar selain akar yang mengalami pemotongan.

Pada beberapa penelitian pada tanaman hias biasanya tanaman yang pertumbuhan bagian atasnya baik (bagian atas dari tanaman induk), akan diikuti dengan pertumbuhan akar yang juga baik apabila dilakukan penyetekan akar.

Beberapa tanaman sering menunjukkan fenotipe yang berbeda dengan induknya, misalnya sifat berduri dan tidak berduri, Contohnya pada waktu dilakukan stek akar akan menghasilkan tanaman yang berduri, sedangkan dengan stek daun atau stek batang akan menghasilkan tanaman yang tidak berduri. Terdapat hubungan yang sangat erat antara sifat-sifat anatomi batang dengan faktor-faktor yang mempengaruhi proses pertumbuhan akar.

Menurut Hartman et al. (2002), bahwa stek yang diambil dari materi yang terlalu muda akan mudah diserang penyakit

sehingga cepat busuk/mati. Kemudian Leppe dan Smits (1988), menyampaikan bahwa saat terbaik untuk pengambilan bahan stek adalah pada saat pucuk beristirahat, karena apabila pucuk tanaman diambil dalam keadaan aktif, eksplan akan mudah layu dan busuk. Dalam pembangunan kebun pangkas untuk memproduksi bibit secara masal konsep juvenilitas materi stek sangat penting



Gambar 5.1 : stek Daun (A), Stek Batang (B) dan stek akar (C)

Pada beberapa pustaka menunjukkan bahwa polaritas dari jaringan batang sangat kuat, sifat ini disebabkan oleh komponen selular individual, karena betapa kecilnyapun potongan stek, regenerasi secara konsisten terjadi secara polar. Pada waktu sepotong akar dipotong menjadi dua segmen, dua permukaan yang bersentuhan sebelum dipotong adalah serupa dalam segala hal. Namun pada saat terjadi regenerasi dari pucuk dan akar, satu permukaan potongan menjadi akar dan

permukaan potongan lainnya menjadi batang. Beberapa penelitian pada stek advokat yang diberi perlakuan IBA, menggunakan CO_2 radioaktif yang diaplikasi ke daun, menunjukkan bahwa setelah kalus dan akar mulai terbentuk terjadi peningkatan dalam jumlah besar dari gula dan terjadi kehilangan yang sangat tinggi dari pati yang berlangsung di bagian bawah dari stek. Fenomena ini menunjukkan bahwa kalus dan akar yang sedang terbentuk adalah sink untuk terjadinya gerakan karbohidrat terlarut dari bagian atas stek tersebut kearah bawah.

Dalam penelitian lain, pada stek tanaman kacang-kacangan, IAA yang ditambahkan meningkatkan akumulasi gula pada dasar stek, terjadi peningkatan asimilat ke arah bawah, hal ini diketahui dari ^{14}C berlabel radioisotop yang diberikan ke daun.

Pada telaah fisiologi perakaran stek juga dikenal adanya polaritas yaitu peng- kutuban ke suatu arah tertentu yang inheren pada pucuk dan akar. Stek batang yang diambil dari pucuk yang berada pada ujung distal yaitu bagian yang paling dekat dengan ujung pucuk, dan akar pada ujung proximal (paling dekat dengan mahkota tanaman; crown = pertemuan pucuk dengan akar). Stek akar membentuk akar pada ujung distal dan membentuk pucuk pada ujung proximal (Hartman dan Kestler, 1976).

5.4.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Stek

Perbedaan besar terjadi dalam proses pengakaran antar spesies dan kultivar. Meskipun hubungan botani dapat memprediksi tingkat keberhasilan perakaran yang sama, namun bukti empiris sering berbeda. Keadaan ini disebabkan karena pengaruh yang besar dari berbagai faktor yang saling berinteraksi yaitu antar faktor bahan stek itu sendiri dengan faktor fisiologi dan lingkungan. Apabila akar telah terinisiasi biasanya proses metabolik akan lebih cepat karena akar yang sedang tumbuh merupakan sink untuk translokasi pati atau karbohidrat. Dari beberapa hasil penelitian ditunjukkan bahwa inisiasi akar merangsang sintesis protein dan produksi RNA. Beberapa penelitian pada tanaman hortikultura khususnya buah-buahan menunjukkan bahwa selama pembentukan akar adventif terdapat banyak enzim-enzim peroxidase, cytochrome oksidase, suksisnic dehidrogenase dan enzim-enzim penghidrolisis pati di dalam sel pada jari-jari floem dan xylem dari berkas vaskular. Pada proses perkembangan yang lebih lanjut diketahui bahwa aktifitas dari enzim-enzim tersebut berpindah dari jari-jari floem ke bagian pinggir dari seludang pembuluh.

Selanjutnya dijelaskan bahwa enzim peroksidase berfungsi untuk mendekstruksi inhihitor-inhibitor tertentu yang dapat menghambat proses metabolik. Enzim suksinik dehidrogenase dan *cythocrome* oksidase terlibat dalam respirasi selular, sedangkan enzim amylase terlibat dalam proses perubahan gula dari zat pati sebagai substrat untuk berbagai proses sintetik.

a. Tanaman Induk

Tanaman induk dalah bahan tanam yang akan digunakan untuk perbanyakan. Bahan tanam harus berasal dari pohon induk yang sehat dan telah diketahui asal-

usulnya, mudah dibiakkan, tahan hama dan penyakit, produktivitas tinggi, bercabang kekar, tumbuh normal, serta memiliki perakaran yang kuat dan rimbun.

Untuk memperbanyak tanaman keras dan tanaman buah tahunan tanaman induk harus dipilih dari tanaman yang sudah berbuah sedikitnya lima kali agar diketahui secara pasti keunggulan sifat buahnya. Untuk tanaman sayuran dan buah-buahan berumur pendek, tanaman induk dipilih dari tanaman yang bersosok kekar, pertumbuhannya baik dan sehat.

b. Hormon dan Zat Tumbuh Tanaman

Hormon tanaman adalah senyawa organik yang disintesis di salah satu bagian tanaman dan dipindahkan ke bagian lain, dan pada konsentrasi yang sangat rendah mampu menimbulkan suatu respon fisiologis. Ini adalah batasan hormon yang diterima secara universal.

Zat pengatur tumbuh tanaman adalah zat organik yang dalam jumlah kecil mempunyai aktifitas menstimulasi, menghambat, menekan (retardasi) dan memodifikasi berbagai proses fisiologi. Zat pengatur tumbuh tidak disintesis di dalam tanaman. Gardner dan Mitchel (1991), mendefinisikan zat pengatur tumbuh tanaman yang disintesis di dalam tanaman dengan sebutan hormon tanaman atau fitohormon. Istilah hormon berasal dari fisiologi hewan yang berarti suatu substansi yang disintesis dalam suatu organ yang akan merangsang terjadinya respon pada organ yang lain. Hormon tanaman tidaklah khusus seperti hormon hewan yang sangat spesifik akan tempat sintesis ataupun organ tempat responnya, tetapi cenderung mengikuti pola tingkah laku yang umum.

c. **Bahan-Bahan Yang Terbentuk Secara Alami**

Banyak senyawa baik yang telah diidentifikasi yang berpengaruh dalam merangsang pembentukan akar adventif. Beberapa diantaranya adalah semacam kofaktor pengakaran (*rooting cofactor*). Meskipun dapat diekstrak dari tanaman namun secara normalnya tidak dimasukkan dalam proses fisiologi (Waering dan Philips, 1986)

d. **Efek Dari Daun Dan Tunas**

Beberapa peneliti mengatakan bahwa pembentukan akar adventif pada batang atas adalah atas dasar gerakan ke arah bawah dari cairan tanaman dalam batang. Dalam hubungan dengan ini, ada postulat bahwa ada bahan pembentuk akar yang khas yang dibuat didalam daun yang bergerak ke arah bawah dari dasar batang, yang dapat memacu pembentukan akar. Pada tahun 1925 ditemukan bahwa tunas-tunas yang berkecambah, secara kuat akan merangsang perkembangan akar tepat di bawah tunas tersebut pada stek *anggur*. Diasumsikan bahwa bahan semacam hormon dibentuk dalam tunas yang sedang berkembang dan ditransportasikan melalui floem ke dasar stek, dimana bahan-bahan tersebut merangsang akar.

Adanya faktor pembentukan akar yang spesifik pertama kali ditemukan pada saat mengekstrak daun tanaman *Acalypa* yang diaplikasikan ke jaringan tanaman tersebut, bahan-bahan tersebut menginduksi pembentukan akar. Hal ini selanjutnya dijelaskan bahwa daun dan tunas dapat menstimulasi pengakaran pada stek, mereka menamakan zat tersebut *rhizokalin*.

e. **Efek Inhibitor**

Stek dari tanaman berakar akan sulit berakar bahkan gagal berakar karena adanya zat penghambat perakaran yang terbentuk secara alami. Pada suatu studi pada jaringan *Eucalyptus grandis*, terdapat senyawa yang

memblok pembentukan akar adventif. Terdapat tiga inhibitor pada *Eucalyptus grandis* yang adalah derivatif yang terbentuk secara alami dari 2,3-dioxabicyclic decane. Inhibitor ini tidak terdapat pada jaringan juvenil dari tanaman tersebut yang mudah berakar.

Selanjutnya penelitian pada tanaman *dahlia* yang mudah berakar dan sulit berakar ditemukan bahwa tanaman yang steknya sulit berakar, inhibitor terbentuk di akar dan bergerak ke arah atas, berakumulasi di pucuk, selanjutnya berdiferensiasi dalam pembentukan akar. Pada kultivar yang mudah berakar tingkat inhibitorynya rendah.

Secara umum dalam pembiakan vegetatif dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Perundukan (Layering)

Perundukan adalah metode perbanyakan dimana akar adventif dipacu terbentuk pada batang sementara batang tersebut masih melekat pada tanaman induknya. Batang yang telah berakar, dirundukkan, selanjutnya dipisahkan untuk menjadi tanaman baru yang tumbuh pada akarnya sendiri. Perundukan dapat dipandang sebagai persiapan untuk pemisahan tanaman selanjutnya. Hal ini merupakan cara alami dari reproduksi, seperti tanaman *strawberry*, atau perundukan juga dapat diinduksi dengan metode “artifisial” (*artificial*; buatan) yang diuraikan dalam bagian ini.

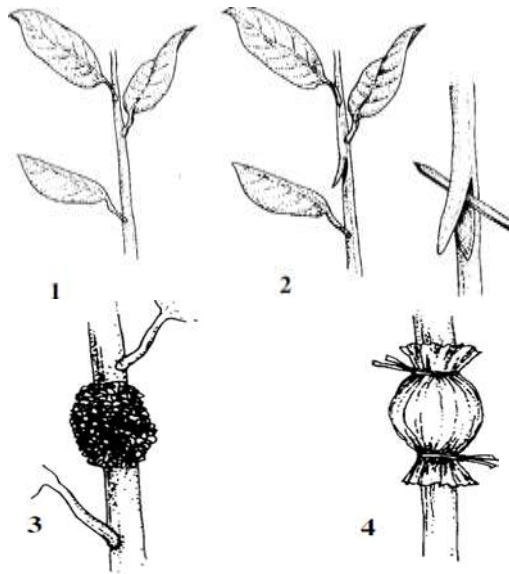
Pembentukan akar selama perundukan dipacu oleh berbagai perlakuan batang yang menyebabkan penghentian (*interruption*) translokasi ke bawah dari bahan-bahan organik – karbohidrat, auksin, dan faktor pertumbuhan lain – dari daun ke ujung pucuk yang sedang tumbuh. Bahan-bahan ini berakumulasi di dekat titik

perlakuan, dan pengakaran terjadi di bagian ini meskipun batang masih melekat di tanaman induk.

Manfaat utama dari perundukan adalah kesuksesan pembentukan akar pada batang. Banyak klon yang steknya tidak mudah berakar dapat diperbanyak dengan perundukan, sehingga memungkinkan ditumbuhkan pada akarnya sendiri. Kebanyakan metoda perundukan relatif sederhana untuk dikerjakan dan dapat dipraktekkan di pembibitan atau di kebun. Jika jumlah tanaman yang terlibat relatif sedikit, perundukan dapat memberikan keberhasilan yang tinggi dengan sedikit keahlian, usaha, dan peralatan ketimbang penyetekan. Dengan sedikit macam tanaman dimana perundukan terjadi secara alami,

2. Cangkok (Air Layering)

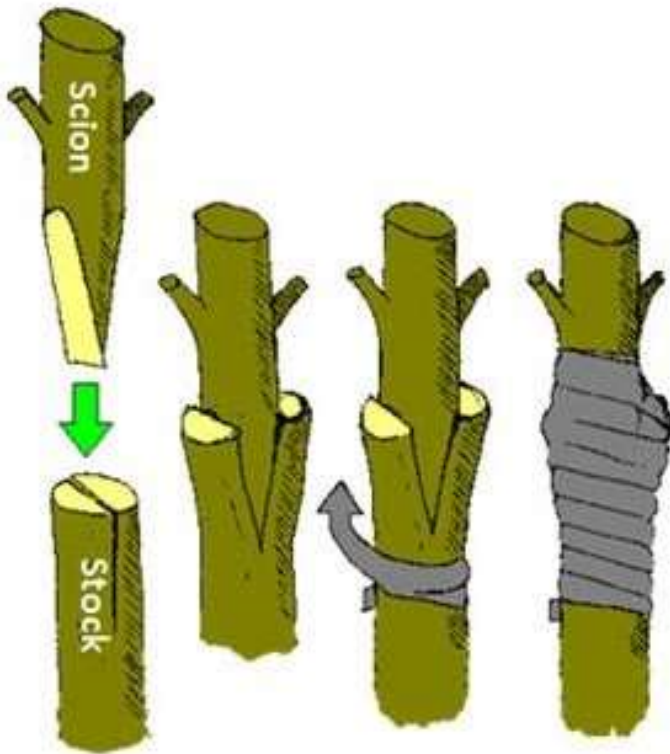
Pencangkakan adalah salah satu tipe perundukan, dimana akar terbentuk pada bagian tanaman yang masih berada di tanaman induknya. Pada perundukan tipe ini batang tanaman di kerat dan dibungkus dengan tanah. Batang tanaman akan dibiarkan selama beberapa minggu sampai membentuk akar. Dengan gambar sbb



3. Penyambungan Dan Okulasi

Menyambung (*grafting*), merupakan cara perbanyakan dengan menyambungkan mata tunas yang berasal dari batang atas dengan batang bawah yang masih memiliki kulit serta kayu. *Grafting* banyak digunakan di tanaman kakao, kopi, dan lain-lain.

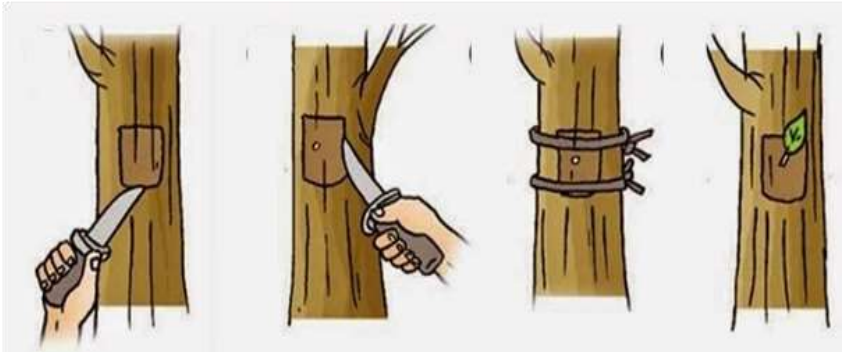
Penyambungan yaitu perbanyakan tanaman yang dilakukan secara generatif-vegetatif dengan menggunakan campuran dua bahan tanam, yaitu yang berasal dari bibit asal biji dan yang berasal dari bagian vegetatif serta mata tunas atau pucuk dari tanaman lain. Bibit asal biji dijadikan batang bawah untuk menopang pertumbuhan bagian vegetatif yang dijadikan batang atas. Dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini



Perbanyakan secara generatif-vegetatif dilakukan dengan dua cara, yaitu *sambungan (grafting)* dan *tempelan (okulasi)*. Menurut Rini (1990), penyambungan atau *grafting* atau *ent*, adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan suatu cara dalam penggabungan tanaman dengan batang bawah dan batang atas dari tanaman yang berbeda sedemikian rupa, sehingga terjadi persenyawaan, menyatu, dan kombinasi ini akan terus tumbuh membentuk tanaman baru.

Menempel (okulasi), merupakan cara perbanyakan dengan menempelkan mata tunas dari batang lainnya ke batang bawah tanpa kayu. Perbanyakan dengan cara

tersebut sering dilakukan pada tanaman buah-buahan, seperti: rambutan, mangga, jeruk, dan lain-lain. Dapat dilihat pada Gambar berikut ini



Secara garis besar, okulasi dilakukan melalui beberapa tahapan seperti pengirisan batang bawah, pengambilan dan kemudian penyisipan mata tunas (batang atas), pengikatan tempelan, pelepasan ikatan, dan pemotongan batang bawah di atas tempelan. Pengirisan yang dalam hal ini bentuk irisan tergantung pada cara okulasi yang dipilih. . Irisan dibuat pada batang bawah kurang lebih 20 cm di atas permukaan tanah. Kedalaman irisan sedapat mungkin hanya setebal kulit kayu. Letak irisan pada batang bawah sebaiknya terhindar dari terpaan sinar matahari langsung. Demikian pula halnya dengan terpaan hujan langsung..

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.
- Dewi, E.S. 2016. Pemuliaan Tanaman. Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh. Aceh.
- Duaja, M.D. dkk. 2020. Pembiakan Tanaman Secara Vegetatif. Penebit Fakultas Ekonomi dan Bisnis. Universitas Jambi.
- 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.
- Gardner, P dan Mitchel. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Universitas Indonesia. Jakarta

- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies, R.L. Geneve, 2002. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Printice Hall International Inc.
- Hartman H. T and D. E. Kestler 1976. *Plant Propagation. Principle and Practices*. 3nd ed. Prentice Hall of India Private. Ltd., New delhi.
- Hartman and F. T. Davies, Jr. 1990. *Plant Propagation Principles and Practice*. Fifth Edition. Prentice – Hall International, Inc. London.
- Malau, S. 2005. *Biometrika Genetika dalam Pemuliaan Tanaman*. Universitas HKBP Nomensen, Medan.
- Mustami, M.K. 2013. *Genetika*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Rini, W. 1990. Mencangkok Diffenbachia. *Trubus* 245:168.
- Santosa, B.B. 2020. *Pembiakan Vegetatif Dalam Hortikultura*. Universitas Mataram. Lombok
- Setiawan, E. 2015. *Perkembangbiakan Tanaman*. Universitas Trunojoyo 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.
- Wareing, P. F. and I. J. Philips. 1986. *Growth and Differentiation in Plant*. Third Edition. Pergamon Press. Oxford.

Widodo. 1964. Pemuliaan Tanaman. Universitas Gajah Mada,
Yogyakarta.

BAB 6

BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA DALAM LINGKUP PEMULIAAN TANAMAN

Oleh Riyanti

6.1 Aplikasi Bioteknologi dalam Pemuliaan Tanaman

Ditinjau dari terminologi/kata, bioteknologi dapat diartikan sebagai seluruh kegiatan yang berkaitan dengan perubahan bahan mentah menjadi bahan jadi (produk baru) dengan memanfaatkan makhluk hidup. Menurut pengertian yang saat ini banyak diterima, bioteknologi berarti:

1. Penggunaan organisme hidup beserta pemanfaatan produk untuk memodifikasi manusia dan lingkungannya;
2. Penggunaan prinsip teknologi pada suatu sistem hidup untuk mengembangkan proses yang menghasilkan suatu produk;
3. Pemanfaatan prinsip-prinsip ilmiah dan rekayasa makhluk hidup, sistem dan proses biologis di dalamnya, untuk menghasilkan dan meningkatkan potensi organisme dalam menghasilkan produk dan jasa bagi kepentingan hidup manusia (Avivi dkk., 2019).

Bioteknologi dapat dikatakan sebagai revolusi dalam ilmu biologi, perpaduan antara biologi dan teknologi. Bioteknologi merupakan aplikasi dari prinsip-prinsip dasar sains dan perekayasaan atas proses material dengan bantuan agen biologi untuk menghasilkan berbagai barang dan jasa.

Bioteknologi merupakan ilmu dan sains masa depan yang menarik minat para ilmuwan. Bioteknologi modern dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti: kesehatan, obat-obatan, lingkungan, pertanian, dan industri.

Penerapan bioteknologi untuk pertanian merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan pengadaan dan peningkatan suplai pangan dunia sebagai akibat dari pertumbuhan populasi penduduk dunia yang sangat pesat. Ruang lingkup bioteknologi yang berkaitan dengan pertanian saat ini sangatlah luas, yang meliputi:

1. Kultur jaringan tanaman, untuk memperbanyak secara massal, perbaikan genetik, konservasi plasma nutfah tanaman dan produksi bahan kimia tertentu;
2. Transformasi genetik pada tanaman dan ternak (termasuk ikan budidaya), untuk meningkatkan produksi, kualitas produk, ketahanan terhadap hama, penyakit dan cekaman lingkungan;
3. Penggunaan penanda (marker) molekuler, untuk pemuliaan tanaman dan ternak;
4. *Biofertilizer* (pupuk hayati, seperti penggunaan *Rhizobium* dan kompos);
5. Pengendalian hayati dan pestisida hayati (penggunaan organisme, seperti bakteri, jamur, nematoda atau serangga, untuk pengendalian dan pemberantasan hama, penyakit dan parasit);
6. Rekayasa produk pertanian, yaitu rekayasa karbohidrat, lemak, protein dan lain-lain menjadi produk baru, seperti biopolimer (misalnya pembuatan plastik dari selulosa);
7. Biofarmasi (produksi obat-obatan menggunakan tanaman dan ternak transgenik);
8. Fertilisasi *in vitro* dengan sperma dan sel telur terpilih pada ternak;

9. Manipulasi embrio dan kloning pada ternak, untuk menyeleksi dan menghasilkan ternak unggul;
10. Penggunaan hormon rekombinan untuk meningkatkan produksi susu dan daging;
11. Teknologi antibodi monoklonal untuk diagnosis berbagai penyakit pada manusia, ternak maupun tanaman;
12. Teknologi sidik jari (*finger print*) DNA untuk identifikasi dan karakterisasi tanaman dan ternak;
13. Penggunaan organisme untuk produksi bahan bakar (biogas, alkohol dan lain-lain) dari produk atau limbah pertanian (Raharjo, 2013).

6.2 Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah salah satu teknik perbanyakan tanaman secara vegetatif, yaitu dengan cara mengisolasi bagian tanaman, seperti daun, mata tunas, sel, protoplas dan menumbuhkannya pada media buatan yang kaya nutrisi dan zat pengatur tumbuh. Kultur jaringan disebut juga dengan kultur *in vitro*. Teknik ini dilakukan secara aseptik dalam wadah tertutup yang tembus cahaya sehingga bagian-bagian tanaman tadi dapat memperbanyak diri dan beregenerasi menjadi tanaman lengkap.

Teori yang mendasari teknik kultur jaringan adalah teori totipotensi sel yang dikemukakan oleh Schwann dan Schleiden pada tahun 1838, yang menyatakan bahwa sel-sel bersifat otonom, dan pada prinsipnya mampu beregenerasi menjadi tanaman lengkap. Berdasarkan teori ini, Haberlandt berspekulasi dengan menyatakan bahwa jaringan tanaman dapat diisolasi dan dikultur hingga berkembang menjadi tanaman normal dengan melakukan manipulasi terhadap kondisi lingkungan dan nutrisinya. Namun usaha Haberlandt dalam menerapkan kultur jaringan tanaman pada tahun 1902 mengalami kegagalan (Zulkarnain, 2014).

Menurut Harahap (2011), kultur jaringan atau budidaya jaringan merupakan awal revolusi dalam bioteknologi dan disebut sebagai pionir/cikal bakal munculnya bioteknologi lanjutan. Sukses pertama teknik kultur jaringan adalah kloning pada tanaman anggrek, dimana satu mata tunas yang ditanam dengan media cair dan penggojokan dapat menghasilkan 10 juta tanaman anggrek yang seragam dalam kurun waktu 1 tahun. Selanjutnya kultur jaringan digunakan untuk melanjutkan atau memperbaiki metode pemuliaan tanaman tradisional/konvensional dan untuk melakukan modifikasi terhadap tanaman dan perbaikan tanaman.

Teknik kultur jaringan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan teknik konvensional, diantaranya yaitu:

1. Dapat menghasilkan bibit dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang relatif singkat tanpa memerlukan jumlah induk yang banyak;
2. Tanaman yang dihasilkan secara genetik akan identik dengan induknya karena prosedur kultur jaringan bersifat vegetatif maka rekombinasi acak dari karakter genetik yang terjadi pada perbanyakan seksual (melalui biji) dapat dihindarkan;
3. Dapat menyediakan bahan tanaman yang bebas patogen dalam jumlah besar karena teknik kultur jaringan dilakukan pada kondisi yang aseptik;
4. Tanaman yang sulit diperbanyak dengan teknik konvensional, dapat diatasi melalui teknik kultur jaringan dengan cara memanipulasi lingkungan kultur atau dengan menggunakan bahan eksplan yang memiliki daya meristematik tinggi;
5. Dapat memperbanyak tanaman di sepanjang tahun karena teknik ini tidak tergantung pada musim.

Teknik perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan memiliki peranan yang sangat penting untuk mendapatkan hasil-hasil yang tidak mungkin dicapai melalui teknik perbanyakan secara konvensional. Berikut ini disajikan aplikasi sejumlah teknik kultur jaringan tanaman beserta tujuannya.

Tabel 6.1 : Beberapa Tipe Kultur Jaringan Tanaman dan Tujuannya Berdasarkan Macam Jaringan atau Organ Yang Digunakan

Tipe Kultur	Tujuan
Kultur embrio	- Mempersingkat siklus pemuliaan tanaman - Mengatasi aborsi embrio - Mengatasi inkompatibilitas - Sebagai sumber pembentukan kalus
Kultur biji anggrek	- Mempersingkat siklus pemuliaan - Menggantikan simbiosis (mikoriza) - Meniadakan kompetisi dengan mikroorganisme lain
Kultur meristem	- Eliminasi patogen (virus, cendawan, dan bakteri) - Perbanyakan vegetatif pada anggrek - Perbanyakan klon tanaman selain anggrek - Penyimpanan tanaman bebas penyakit - Pengangkutan fitosintat - Koleksi plasma nutfah
Kultur tunas dan buku tunggal	- Perbanyakan anggrek - Percabangan aksilar sebagai sarana perbanyakan klon tanaman - Kreopreservasi untuk membuat bank gen
Kultur eksplan	- Pembentukan organ vegetatif untuk

Tipe Kultur	Tujuan
tanpa buku	- perbanyak klon tanaman - Mendapatkan tanaman bebas penyakit - Isolasi mutan - Mengatasi masalah kimera - Mendapatkan poliploidi
Kultur kalus dan suspensi sel	- Perbanyak klon tanaman melalui pembentukan organ dan embrio - Regenerasi varian-varian genetika - Mendapatkan tanaman bebas virus - Sebagai sumber untuk produksi protoplas - Sebagai bahan awal untuk kreopreservasi - Produksi metabolit sekunder - Biotransformasi
Kultur antera dan mikrospora	- Produksi tanaman haploid dan mendapatkan tanaman homozigot - Sebagai titik awal untuk induksi mutasi - Mendapatkan tanaman mandul yang semuanya berjenis kelamin jantan - Sebagai sarana manipulasi genetika - Melakukan pemuliaan pada tingkat ploidi yang rendah
Kultur ovul	- Mengatasi inkompatibilitas - Mengatasi absisi bunga yang terlalu dini - Mendapatkan pembuahan secara <i>in vitro</i>
Kultur protoplas	- Hibridisasi somatik (melalui fusi protoplas)

Tipe Kultur	Tujuan
	- Penciptaan hibrida sel (<i>cybrid</i>) - Pencangkakan inti, kromosom, dan organel-organel sel - Penelitian transformasi - Regenerasi varian-varian genetika
Kultur sel, jaringan, dan organ	- Penetrasi dan replikasi virus - Kultur parasit obligat - Interaksi inang parasit - Kultur nematoda (kultur potongan akar) - Pengujian fitotoksin - Penelitian pembentukan nodul - Penelitian siklus sel - Metabolisme tanaman - Penelitian nutrisi - Penelitian morfogenetik dan perkembangan

Sumber: Zulkarnain (2014)

6.2.1 Prinsip Dasar Kultur Jaringan

Teknik kultur jaringan berbeda dengan teknik perbanyakan tanaman secara konvensional, di mana teknik kultur jaringan ini melibatkan pemisahan sejumlah komponen biologis dari tanaman dan juga tingkat pengendalian yang tinggi untuk memacu proses regenerasi dan perkembangan eksplan.

Menurut Hartman *et al.* (1990), teknik kultur jaringan didasarkan pada prinsip-prinsip sebagai berikut:

1. Totipotensi sel

Totipotensi sel adalah suatu konsep yang menyatakan bahwa setiap sel hidup memiliki potensi genetik untuk menghasilkan organisme lengkap. Istilah totipotensi

digunakan untuk menunjukkan kapasitas genetik dari sel-sel tanaman yang berada pada tahap perkembangan uninucleate untuk beregenerasi menjadi tanaman lengkap, baik secara langsung maupun melalui suatu fase kalus. Ekspresi totipotensi sel dipengaruhi oleh hormon tumbuh.

2. Regenerasi pucuk dan akar akibat pengaruh hormon

Regenerasi pucuk dan akar tanaman dipengaruhi oleh adanya hormon/zat pengatur tumbuh, terutama auksin dan sitokinin. Auksin dapat merangsang pemanjangan pucuk, sedangkan sitokinin dapat meningkatkan pembelahan sel di dalam jaringan tanaman. Pemberian auksin dan sitokinin merupakan tindakan yang penting dalam mengatur pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi sel, serta pembentukan organ tanaman di dalam sistem kultur jaringan.

3. Organogenesis dan embriogenesis

Organogenesis adalah suatu proses dimana pucuk dan atau akar adventif berkembang dari dalam massa sel-sel kalus. Pada kultur suspensi, sel-sel berkembang menjadi struktur yang menyerupai embrio yang disebut embrioid. Proses ini disebut embriogenesis.

4. Kompetensi dan determinasi

Kompetensi dan determinasi sangat erat kaitannya dengan proses perkembangan jaringan pada kultur *in vitro*. Kompetensi menunjukkan kemampuan internal dari suatu sel atau jaringan untuk berkembang melalui serangkaian program seluler atau memori. Sel atau jaringan yang memiliki kompetensi, selanjutnya akan mengalami determinasi yang arah perkembangannya bersifat tidak dapat balik (*irreversible*).

6.2.2 Tahapan Kultur Jaringan

Teknik kultur jaringan meliputi tahap-tahap sebagai berikut:

1. Isolasi Bahan Tanam (Eksplan)

Tahap ini dimulai dari pemilihan tanaman induk. Tanaman induk yang dipilih harus tanaman yang sehat, bebas dari hama dan penyakit, serta memiliki pertumbuhan yang bagus. Pierik (1997) dalam Zulkarnain (2014) mengemukakan bahwa ada tiga aspek utama yang harus diperhatikan dalam seleksi bahan tanam, yaitu genotip, umur, dan kondisi fisiologis bahan tersebut. Sebelum eksplan diambil, tanaman induk disemprot dengan pestisida untuk menjaga kesehatan tanaman dan diberi pupuk untuk pertumbuhan vigor. Bagian tanaman yang diambil sebagai eksplan biasanya adalah tunas lateral yang baru tumbuh karena sel-selnya masih aktif membelah.

2. Sterilisasi Eksplan

Untuk menghilangkan sumber infeksi, bahan tanam harus disterilkan sebelum ditanamkan pada media tumbuh. Jaringan ataupun organ yang terinfeksi jamur atau bakteri sebaiknya dibuang. Bahan-bahan sterilisasi yang biasanya digunakan adalah larutan hipoklorit (natrium ataupun kalsium). Perlakuan Na-hipoklorit 0,3-0,6% selama 15-30 menit terbukti efektif untuk sterilisasi sebagian besar bahan tanam. Tingkat konsentrasi dan lamanya perlakuan harus benar-benar diperhatikan karena bahan sterilisasi ini juga bersifat meracuni jaringan (Zulkarnain, 2014).

3. Penanaman Eksplan

Eksplan yang sudah steril dipotong menjadi bagian yang lebih kecil, selanjutnya ditanam pada media steril yang sudah disiapkan. Media tanam yang digunakan sudah diberi ZPT tertentu tergantung dari tujuan kultur. Selama penanaman, kondisi aseptik harus tetap dijaga, baik itu ruang tanam, pekerja, maupun alat-alat yang digunakan.

Keberhasilan kultur jaringan sangat dipengaruhi oleh kemampuan pekerja dalam menjaga kondisi aseptik tersebut (Dwiyani, 2015).

4. Perbanyak (Proliferasi)

Perbanyak dapat dilakukan dengan membuat sub kultur pada media baru yang dapat berupa media induksi kalus untuk perbanyak kalus dan media induksi tunas untuk perbanyak tunas. Untuk perbanyak embrio somatik dilakukan sub kultur pada media tanpa hormon.

a. Pengakaran

Pengakaran dapat dilakukan secara *in vitro* (di laboratorium) maupun *ex vitro* (di luar laboratorium). Untuk menstimulasi pertumbuhan akar, pada media kultur ditambahkan ZPT dari golongan auksin. Pengakaran secara *in vitro* dilakukan dalam kondisi yang aseptik, sedangkan pengakaran *ex vitro* dapat dilakukan dalam kondisi yang semi aseptik. Oleh karena itu, teknik *ex vitro* kini lebih banyak digunakan untuk menghindarkan pekerjaan *in vitro* yang rumit dan hati-hati.

b. Aklimatisasi atau Pemindahan Tanaman ke Lapang

Aklimatisasi adalah proses adaptasi bertahap tanaman hasil kultur jaringan terhadap lingkungan barunya. Kondisi lingkungan mikro botol kultur menyebabkan tanaman hasil kultur jaringan tidak memiliki lapisan lilin dan stomata tidak berfungsi sehingga sangat riskan jika langsung ditanam ke lapang.

6.3 Rekayasa Genetika

Rekayasa genetika adalah penerapan teknik biologi molekuler yang mengubah susunan genetik dalam kromosom atau mengubah sistem ekspresi genetik yang diarahkan pada kemanfaatan tertentu yang berguna untuk meningkatkan

keragaman tanaman, menjamin ketahanan pangan, dan meningkatkan kualitas hasil panen. Rekayasa genetika bertujuan untuk memberikan karakter baru pada tanaman melalui pengintegrasian gen-gen yang berasal dari organisme lain untuk memperbaiki sifat tanaman itu sendiri.

Beberapa tujuan dan manfaat dari rekayasa genetika:

1. Menghasilkan produk pangan yang sempurna yang memiliki sifat tahan terhadap hama;
2. Menghasilkan produk pangan yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi dan lengkap;
3. Menghasilkan produk pangan yang memiliki umur simpan yang lebih panjang;
4. Menghemat pemanfaatan lahan pertanian;
5. Mereduksi kebutuhan pupuk kimia dan pestisida;
6. Menghasilkan tanaman yang tidak menyebabkan alergi pada manusia (Soleh, 2016).

Suwanto (2006) menjelaskan bahwa teknik rekayasa genetika merupakan suatu teknik alternatif untuk melakukan modifikasi bahan genetik pada suatu makhluk hidup. Perbedaan utamanya dengan teknik pemuliaan yang lain adalah dalam hal tingkat ketepatan dan kecepatan hasil mutasinya. Mutan yang diperoleh melalui teknik rekayasa genetika merupakan hasil mutagenesis langsung pada sasarannya (*site directed mutagenesis*), sedangkan mutasi dengan teknik lain menghasilkan mutan yang bersifat *pleiotrof* (mutasi di luar gen sasaran). Selain itu teknik rekayasa genetika juga memungkinkan penambahan atau penyisipan gen dari kelompok makhluk hidup yang secara filogenetik sangat jauh hubungan kekerabatannya atau secara seksual tidak kompatibel.

Teknik rekayasa genetika pertama kali dikembangkan oleh Herbert Boyer dan Stanley Cohen pada tahun 1973. Teknik

ini dilakukan untuk mengatasi kebutuhan pangan penduduk dunia yang semakin meningkat dan juga permasalahan kekurangan gizi manusia, sehingga teknik ini menjadi bagian dari teknik pemuliaan tanaman yang semakin dikembangkan.

6.3.1 Transformasi Genetik Pada Tanaman

Transformasi genetik pada tanaman adalah proses untuk mendapatkan tanaman transgenik yaitu proses menyisipkan gen asing yang berasal dari tanaman, virus, bakteri, hewan, atau manusia pada suatu species tanaman tertentu. Gen asing yang disisipkan tersebut sudah direkayasa secara molekuler sehingga bisa disisipkan ke dalam genom tanaman. Gen asing yang sudah direkayasa tersebut dikenal dengan istilah transgen.

Proses transformasi genetik pada tanaman melewati beberapa tahapan yaitu insersi transgen, integrasi transgen ke genom tanaman, dan ekspresi transgen yang terintegrasi pada genom. Pada tahapan insersi transgen dibutuhkan suatu metode agar transgen bisa masuk ke sel tanaman. Setelah transgen masuk ke sel tanaman, transgen tersebut harus bisa terintegrasi ke genom tanaman, artinya transgen tersebut harus bersatu dengan DNA kromosom yang ada di dalam sel tanaman. Setelah terintegrasi, selanjutnya DNA akan ditranskripsi menjadi RNA dan akan terbentuk protein yang dikode oleh gen tersebut melalui proses translasi. Pada tahap ini transgen sudah berfungsi dan sifat dari transgen tersebut akan terekspresi bersama ekspresi gen tanaman (Dwiyani *et al.*, 2016).

Metode insersi transgen dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya transformasi melalui *Agrobacterium tumefaciens*, metode senjata gen, metode elektroporasi, dan transformasi melalui media karbid silikon. Metode yang sering dilakukan adalah transformasi dengan menggunakan *Agrobacterium tumefaciens* sebagai mediator.

Menurut Aldemita & Hodges (1996) dalam Dwiyani *et al.* (2016), metode ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu menghasilkan tanaman transgenik fertil, relatif mudah dilakukan, biaya murah, dan transgen yang disisipkan ke genom tanaman dapat diturunkan melalui Hukum Mendel. Masing-masing metode insersi transgen tersebut di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1. Transformasi Genetik Melalui *Agrobacterium tumefaciens***
Agrobacterium tumefaciens adalah bakteri gram negatif yang secara alamiah menginfeksi tanaman dikotil dan menyebabkan tumor pada batang tanaman. Bakteri ini dapat menginfeksi tanaman secara alami karena memiliki plasmid Ti, yaitu suatu vektor (pembawa DNA) untuk menyisipkan gen asing. Di dalam plasmid Ti terdapat gen yang menyandikan sifat virulensi yang menyebabkan penyakit tertentu pada tanaman. Transgen yang ingin dimasukkan ke dalam tanaman dapat disisipkan ke dalam plasmid Ti. Selanjutnya *Agrobacterium tumefaciens* secara langsung dapat memindahkan transgen pada plasmid tersebut ke dalam genom (DNA) tanaman. Setelah transgen menyatu dengan DNA tanaman maka sifat-sifat yang diinginkan dapat diekspresikan tanaman.
- 2. Transformasi Genetik Dengan Metode Senjata Gen**
Metode senjata gen ini disebut juga dengan metode penembakan mikro proyektil. Metode ini sering digunakan pada tanaman padi dan jagung. Metode ini dilakukan dengan menggunakan senjata yang dapat menembakkan mikro proyektil berkecepatan tinggi ke dalam sel tanaman. Mikro proyektil tersebut akan mengantarkan transgen untuk masuk ke dalam sel tanaman. Penggunaan senjata gen memberikan hasil yang bersih dan aman, meskipun ada kemungkinan terjadi kerusakan sel selama penembakan berlangsung.

3. Transformasi Genetik Dengan Metode Elektroporasi

Pada metode ini, sel tanaman yang akan menerima transgen harus mengalami pelepasan dinding sel hingga menjadi protoplas (sel tanpa dinding sel). Selanjutnya sel diberi kejutan listrik dengan voltase tinggi untuk membuka pori-pori membran sel sehingga transgen dapat masuk ke dalam sel dan terintergrasi dengan DNA tanaman. Kemudian dilakukan proses pengembalian dinding sel.

4. Transformasi Genetik Melalui Media Karbid Silikon

Metode ini kurang umum digunakan tetapi telah dilaporkan berhasil mentransformasi jagung. Metode ini menggunakan karbid silikon, di mana suspensi tanaman inang dicampur dengan serat karbid silikon yang mengandung transgen, kemudian dimasukkan ke dalam tabung mikro dan dilakukan pemutaran dengan vortex. Serat karbid silikon berfungsi sebagai jarum injeksi mikro untuk memudahkan perpindahan transgen ke dalam sel tanaman. Metode ini telah digunakan dan menghasilkan tanaman jagung yang fertil (Herman *et al.*, 2004).

6.3.2 Tanaman Transgenik

Tanaman transgenik dihasilkan dengan cara mengintroduksi gen tertentu ke dalam tubuh tanaman, sehingga diperoleh sifat yang diinginkan. Jenis-jenis tanaman transgenik yang telah dikenal, diantaranya tanaman tahan hama, toleran herbisida, tahan antibiotik, tanaman dengan kualitas nutrisi lebih baik, serta tanaman dengan produktivitas yang lebih tinggi.

Beberapa keuntungan tanaman transgenik antara lain :

1. Dari aspek pertanian, dapat meningkatkan hasil/produksi ;
2. Dari aspek lingkungan, dapat mengurangi penggunaan pestisida dan herbisida ;

3. Dari aspek gizi, mampu meningkatkan kualitas bahan makanan ;
4. Dari aspek kesehatan, mampu mencegah penyakit yang menyebar melalui makanan (Karmana, 2009).

Beberapa contoh tanaman transgenik dapat dilihat pada tabel 6.2 di bawah ini.

Tabel 6.2 : Contoh tanaman transgenik beserta sifat dan sumber transgen

Jenis tanaman	Foto	Sifat yang telah dimodifikasi	Sumber transgen
Padi		Mengandung provitamin A (betakaroten) dalam jumlah tinggi	Gen dari tanaman narsis, jagung dan bakteri <i>Erwinia</i>
Jagung, kapas, kentang		Tahan (resisten) terhadap hama	Gen toksin Bt dari bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i>
Tembakau		Tahan terhadap cuaca dingin	Gen dari tanaman <i>Arabidopsis thaliana</i> atau dari sianobakteri (<i>Anacyctis nidulans</i>)

Jenis tanaman	Foto	Sifat yang telah dimodifikasi	Sumber transgen
Tomat		Memperlambat pembusukan	Gen khusus yang disebut <i>antisenescens</i> , dan gen dari <i>E. coli</i>
Kedelai		Mengandung asam oleat tinggi dan tahan terhadap herbisida	Gen dari bakteri <i>Agrobacterium</i> galur CP4
Ubi jalar		Tahan terhadap penyakit tanaman yang disebabkan virus	Gen dari selubung virus tertentu
Kanola		Menghasilkan minyak kanola yang mengandung asam laurat tinggi	Gen <i>FatB</i> dari <i>Umbellularia californica</i>
Pepaya		Tahan terhadap virus tertentu, contohnya Papaya ringspot virus (PRSV)	Gen yang menyandikan virus PRSV

Jenis tanaman	Foto	Sifat yang telah dimodifikasi	Sumber transgen
Melon		Buah tidak cepat busuk	Gen dari bakteriofag T3
Bit gula		Tahan terhadap herbisida glifosat dan glufosinat	Gen dari bakteri <i>Agrobacterium</i> galur CP4 dan cendawan <i>Streptomyces virido chromogenes</i>
Prem (<i>plum</i>)		Resisten terhadap infeksi virus cacar plem (plum pox virus)	Gen selubung virus cacar prem
Gandum		Resisten terhadap penyakit hawar yang disebabkan cendawan <i>Fusarium</i>	Gen penyandi enzim kitinase

Sumber: Wikipedia

6.3.3 Pro dan Kontra Tanaman Transgenik

Perkembangan tanaman transgenik yang cukup pesat ternyata menimbulkan kekhawatiran dan keresahan masyarakat, terutama menyangkut kesehatan dan aspek

lingkungan, sehingga masih banyak menuai sikap pro dan kontra di kalangan masyarakat. Masyarakat yang pro, terutama melihat pada potensi pemanfaatan tanaman transgenik untuk mengatasi krisis pangan dan cenderung berpendapat bahwa tanaman transgenik tidak berbahaya. Mereka umumnya berasumsi bahwa dalam dunia pertanian tanaman pangan, transgenetika bertujuan mulia yaitu demi keuntungan petani maupun pengolah hasil pertanian. Sedangkan masyarakat yang kontra karena menganggap tanaman transgenik belum dievaluasi mendetail untuk keamanan tingkat konsumsinya bagi manusia dan lingkungan, dan mempertanyakan asal-usul gen yang diintroduksi ke dalam tanaman.

Untuk menjembatani masalah pro dan kontra tanaman transgenik ini, maka ada beberapa usulan yang dapat dilakukan agar masyarakat dapat memilih untuk memanfaatkan tanaman transgenik atau tidak. Usulan tersebut diantaranya adalah :

1. Produsen harus memberikan pilihan pada masyarakat, caranya dengan mencantumkan label pada produk pangan yang menyatakan bahwa produk pangan tersebut merupakan tanaman transgenik ;
2. Perlu ada informasi yang disebarkan kepada masyarakat dalam rangka membentuk opini yang positif terhadap produk tanaman transgenik ;
3. Perlu dibuktikan bahwa produk tanaman transgenik dapat memuaskan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat ;
4. Harus benar-benar diketahui sumber gen dari tanaman transgenik supaya dapat ditentukan halal tidaknya tanaman transgenik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Avivi, S., Hartatik, S., Sanjaya, B. R. L. 2019. Bioteknologi Rekayasa Genetika Tanaman. UPT Penerbitan dan Percetakan Universitas Jember.
- Dwiyani, R. 2015. Kultur Jaringan Tanaman. Denpasar: Pelawa Sari.
- Dwiyani, R., Yuswanti, H., Darmawati, I. A. P., Mayadewi, N. N. A. 2016. Transformasi Genetik Pada Tanaman Melalui *Agrobacterium tumefaciens*. Denpasar: Swasta Nulus.
- Harahap, F. 2011. Kultur Jaringan Tanaman. Medan: Unimed.
- Herman, M., Kusumanegara, K., Damayanti, D. 2004. Perakitan dan Bioasai Tanaman Transgenik Tahan Serangga Hama. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Karmana, I. W. 2009. Adopsi Tanaman Transgenik dan Beberapa Aspek Pertimbangannya. Ganec Swara. 3 (2). LPPM Universitas Mahasaraswati Mataram.
- Raharjo, S. H. T. 2013. Bioteknologi Tanaman dalam Perspektif Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura. Sintesis Pemikiran Ilmiah untuk Pembangunan Wilayah Kepulauan di Indonesia. Universitas Pattimura Ambon.
- Soleh, M. I. 2016. Pro Kontra Produk Pangan Rekayasa Genetika. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/detil-konten/ipitek/14> diakses pada tanggal 29 November 2022 pukul 14.01 WIB.
- Suwanto, A. 2006. Genetically Modified Organisms (Gmos): Keragaman Genetik dan Preferensi Manusia. Institut Pertanian Bogor.

Wikipedia. Tanaman Transgenik. https://id.wikipedia.org/wiki/Tanaman_transgenik diakses pada tanggal 7 Desember 2022 pukul 07.32 WIB.

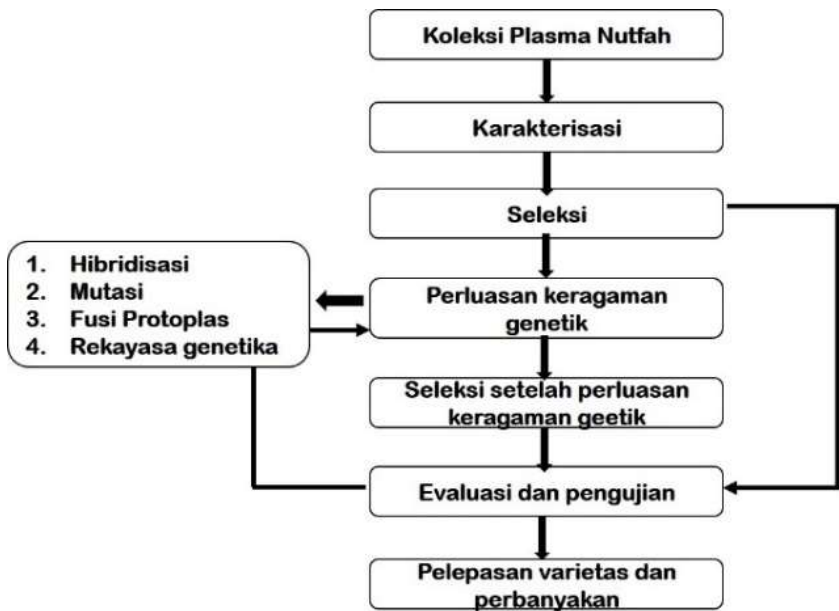
Zulkarnain. 2014. Kultur Jaringan Tanaman, Solusi Perbanyak Tanaman Budi Daya. Jakarta: Bumi Aksara.

BAB 7

PELEPASAN VARIETAS

Oleh Abdul Hakim

Pelepasan varietas merupakan tahap akhir dari kegiatan pemuliaan tanaman. Berikut adalah tahapan dalam kegiatan pemuliaan tanaman.



Gambar 7.1 : Tahapan Progran Pemuliaan Tanaman
(Syukur *et.al* 2015)

Sebelum membahas lebih dalam terkait pelepasan varietas dibawah ini akan dipaparkan secara ringkas tahapan bagaimana dari awal kegiatan pemuliaan tanaman sampai akhirnya bisa didapatkan varietas dan varietas itu kemudian di lepas sehingga bisa digunakan secara legal bagi para pengguna varietas terutamanya untuk para petani.

7.1 Pemuliaan Tanaman

Pelepasan varietas tanamannya tentunya tidak lepas dari bidang ilmu pemuliaan tanaman atau dalam bahasa kerennya disebut dengan ***Plant Breeding*** sementara pelakunya disebut ***Plant Breeder***.

Pemuliaan tanaman dapat diartikan sebagai perpaduan antara ilmu dan seni dalam merakit keragaman genetik suatu populasi tanaman tertentu menjadi lebih baik atau unggul dari sebelumnya. Pemuliaan tanaman bertujuan untuk memperbaiki bentuk dan karakter tanaman melalui proses yang lebih cepat dibandingkan dengan perbaikan dengan seleksi di alam.

Pemuliaan tanaman bertujuan untuk mengembangkan varietas unggul. Varietas unggul ini bisa melalui perbaikan dari berbagai sisi diantaranya :

1. Memperoleh tanaman dengan daya hasil atau produksi tinggi
2. Memperoleh tanaman yang memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap cekaman lingkungan biotik maupun abiotik
3. Memperoleh tanaman yang dengan mutu atau kualitas baik dari segi rasa, aroma, warna, bentuk dan lain-lain
4. Memperoleh tanaman yang memiliki nilai estetika atau keindahan

Tahap awal dalam kegiatan pemuliaan tanaman adalah koleksi plasma nutfah sebagai sumber genetik untuk

membentuk keragaman. Sumber keragaman ini dapat diperoleh dari plasma nutfah dengan cara melakukan eksplorasi ke daerah-daerah yang terdapat sumber keragaman plasma lokal atau hasil introduksi dari luar negeri.

Tahapan kedua adalah karakterisasi. Hasil dari kegiatan karakterisasi adalah terhimpunnya data-data dari masing-masing tanaman, termasuk keunggulan atau kekurangannya yang digunakan sebagai acuan dalam merakit varietas. Tujuan dari kegiatan ini adalah diperoleh info keragaman genetik baik karakter kualitatif maupun kuantitatif. Informasi tersebut akan digunakan oleh pemulia untuk pemilihan tetua dalam kegiatan hibridisasi. Menurut Deka *et al.* (2017) tujuan lain dari karakterisasi ini untuk keperluan legalitas secara hukum, memastikan hak kekayaan intelektual dan pemeliharaan kemurnian genetik. Srinivas *et al.* (2013) menyatakan pemilihan tetua yang digunakan tergantung dari tujuan program penelitian pemuliaan dan varietas seperti apa yang akan dihasilkan. Hasil dari tahap kedua tersebut adalah tanaman yang terseleksi dipilih. Hasil tanaman terseleksi selanjutnya bisa dilepas menjadi varietas baru setelah dilakukan tahapan *testing* atau pengujian atau dijadikan sebagai tetua dalam persilangan tanaman.

Tahap ketiga adalah seleksi. Seleksi dilakukan untuk memperbaiki satu atau berbagai sifat atau karakter yang diinginkan. Jika dalam koleksi plasma nutfah tersebut belum ada karakter yang diinginkan maka perlu dilakukan perluasan keragaman genetik yaitu terkait karakter atau sifat. Perluasan keragaman genetik ini bisa dilakukan dengan banyak cara. Peningkatan keragaman genetik paling umum dan mudah dilakukan yaitu dengan hibridisasi atau persilangan.

Persilangan didefinisikan sebagai proses polinasi silang antara tanaman yang memiliki susunan genetik yang berbeda. Persilangan bertujuan agar terbentuk kombinasi dari berbagai

plasma nuftah sehingga terkumpul sifat-sifat unggul dalam suatu tanaman. Informasi awal dalam melakukan melakukan persilangan ini perlunya mempelajari struktur bunga.

Tiap tanaman memiliki struktur bunga yang unik dan mempunyai karakter yang khas sehingga dengan mendapatkan informasi tersebut akan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dalam kegiatan persilangan.

Perluasan keragaman genetik juga bisa dilakukan dengan mutasi. Mutasi didefinisikan sebagai perubahan materi genetik atau DNA yang diwariskan dan bukan merupakan hasil dari penggabungan atau rekombinasi dan juga juga bukan hasil dari segregasi. Mutasi bisa terjadi secara alamiah tetapi peluang terjadinya sangat kecil. Mutasi alami bisa terjadi biasanya disebabkan oleh sinar kosmik, bahan radioaktif dan sinar UV. Mutasi buatan diatur untuk meningkatkan terjadinya mutasi yang mengarah pada perubahan karakter yang diinginkan. Mutasi buatan atau mutasi induksi ini biasanya menggunakan mutagen kimia atau mutagen fisik. Mutagen adalah zat atau materi yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi. Mutagen umumnya digolongkan menjadi tiga yaitu mutagen fisik, mutagen kimia, dan mutagen biologis. Mutagen fisik beberapa contohnya adalah sinar-X, sinar gamma, sinar UV dan neutron. Mutagen kimia misalnya contohnya adalah EMS (*ethyl metil sulfonate*), DES (*dietlsulfate*), EI (*etilenimine*) dan bahan kimia lainnya.

Metode lain untuk memunculkan keragaman genetik yaitu dengan fusi protoplas dan rekayasa genetika atau yang lebih diikenal dengan transgenik.

Fusi protoplas bisa diartikan sebagai proses mengawinkan sel somatik in vitro. Hal ini dilakukan karena keterbatasan persilangan secara konvensional. Fusi protoplasma cenderung meningkatkan keragaman genetik tanpa hibridisasi seksual. Fusi protoplas ini berpotensi untuk

merakit tumbuhan dari spesies yang berbeda, namun tingkat keberhasilannya relatif rendah.

Transformasi genetik tanaman didefinisikan sebagai transfer gen (DNA) dari gen asing (gen yang diisolasi berasal dari tanaman, virus, bakteri, jamur dan hewan) yang dimasukkan ke dalam genom tanaman. Gen asing tersebut memiliki karakter atau sifat yang dapat diekspresikan atau muncul sifatnya pada tanaman yang mengalami transformasi.

Sebagian besar varietas tanaman yang ada di Indonesia merupakan varietas yang diperoleh dengan menggunakan hibridisasi atau persilangan konvensional disusul dengan varietas hasil mutasi. Sementara varietas hasil dari fusi protoplas dan transformasi genetik masih tergolong sangat sedikit.

Setelah tahapan perluasan genetik, baik melalui hibridisasi, mutasi, fusi protoplas maupun rekayasa genetika, dilakukan lagi kegiatan seleksi. Metode seleksi yang digunakan tergantung pada jenis penyerbukan.

Tanaman atau genotipe terpilih pada tahapan seleksi tersebut kemudian dilakukan evaluasi dan pengujian. Kegiatan evaluasi dan pengujian ini biasanya dilakukan pada berbagai lokasi dan musim. Hasil dari evaluasi tahap ini adalah diperolehnya kandidat-kandidat varietas. Sebelum varietas tersebut digunakan dimasyarakat luas harus didaftarkan dan dilepas oleh Menteri Pertanian.

13.1.1. VARIETAS

Pemahaman terkait varietas perlu diketahui untuk lebih memahami terkait pelepasan varietas. Definisi varietas menurut UU No 12 tahun 1992 yaitu bagian dari suatu jenis tanaman yang ditandai dengan bentuk tanaman, pertumbuhan, daun, bunga, buah, biji, dan karakter-karakter lain sehingga dapat dibedakan dalam jenis yang sama. Arti varietas berdasarkan UU No. 29

Tahun 2000 adalah sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai dengan bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, buah, biji, dan ekspresi karakteristik genotipe atau kombinasi genotipe yang dapat dibedakan dari jenis atau spesies yang sama oleh paling sedikit satu karakter yang menentukan dan jika diperbanyak tidak terjadi perubahan.

Berikut beberapa nama atau istilah untuk varietas yang banyak ditemukan dalam ilmu pemuliaan tanaman.

a. Varietas Turunan Esensial

Varietas turunan esensial adalah varietas yang dirakit dengan cara menggabungkan varietas asli melalui seleksi tertentu sehingga varietas tersebut tetap mempertahankan ekspresi karakter-karakter utama varietas asal, namun masih dapat dibedakan dengan jelas dari varietas asalnya melalui sifat atau karakter yang muncul sebagai hasil dari seleksi.

b. Varietas lokal

Varietas lokal didefinisikan sebagai varietas yang sudah dibudidayakan oleh petani dengan cara turun temurun dan merupakan varietas milik masyarakat yang dikuasai oleh negara. Varietas lokal berdasarkan UU No. 29 Tahun 2000 Pasal 7 yaitu:

- (1) Varietas lokal milik masyarakat dikuasai oleh Negara.
- (2) Penguasaan oleh Negara sebagaimana dimaksud pada ayat 1 dilaksanakan oleh Pemerintah
- (3) Pemerintah berkewajiban memberikan penamaan terhadap varietas lokal sebagaimana dimaksud pada ayat (1).
- (4) Ketentuan, penamaan, pendaftaran dan penggunaan varietas lokal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ayat (2) dan ayat (3), serta instansi yang diberi tugas untuk melaksanakannya diatur lebih lanjut oleh pemerintah

Beberapa contoh varietas lokal yang ada di Indonesia seperti Ubi Cilembu dari Sumedang, Cabai Keriting Kopay dari Payakumbuh, Beras Pandan Wangi dari Cianjur, dan lain-lainnya.

c. Varietas Asal

Varietas asal didefinisikan sebagai varietas yang dipakai sebagai bahan atau material utama dalam membuat varietas turunan esensial, baik varietas yang telah mendapat PVT atau belum mendapat PVT, akan tetapi telah mempunyai nama dan telah didaftarkan oleh pemerintah

d. Varietas Introduksi

Varietas introduksi didefinisikan sebagai varietas yang berasal dari luar negeri. Varietas introduksi ini kemudian disebarluaskan di dalam negeri setelah dilakukan pengujian dan persyaratan legalitasnya sudah terpenuhi sehingga secara hukum syah untuk disebar di dalam negeri

e. Varietas komposit

Varietas komposit adalah varietas yang terdiri dari campuran berbagai bahan pemuliaan yang sifat-sifat potensialnya telah diketahui, misalnya dari campuran varietas bersari bebas dan hibrida.

f. Varietas Sintetik

Varietas yang dirancang khusus untuk tanaman yang memiliki tipe penyerbukan silang, diperoleh dari kombinasi galur-galur terpilih atau tanaman yang dilanjutkan dengan persilangan konvensional.

g. Kultivar

Kultivar adalah varietas tanaman yang dibudidayakan dengan ciri-ciri stabil yang berbeda dengan varietas lain baik dari segi bentuk, rasa, warna, ketahanan terhadap penyakit atau ciri-ciri lainnya. Istilah varietas yang umumnya dikenal pada masyarakat terutama petani adalah varietas hibrida dan varietas non hibrida atau varietas inbrida.

Varietas Hibrida merupakan varietas tanaman yang dihasilkan dari persilangan dua tetua galur murni yang berbeda secara genetik. Umumnya varietas ini banyak diproduksi oleh perusahaan benih swasta serta banyak diperjualbelikan di toko-toko pertanian. Biasanya di dalam kemasan benihnya hibrida ini ada keterangan hibrid atau kode F1 sedangkan varietas non hibrida atau Inbrida biasanya dikemasanya tidak ada keterangan F1. Varietas non hibrida ini secara umum banyak dihasilkan oleh Lembaga milik pemerintah seperti Balai-Balai Penelitian. Varietas-varietas non hibrida ini umumnya adalah hasil dari Balai penelitian yang ada di bawah Menteri Pertanian.

7.2 Jenis-Jenis Tanaman

Tanaman dapat diklasifikasikan berdasarkan aspek fungsionalnya, yaitu jenis dan manfaatnya. Kelompok ini meliputi tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Tanaman pangan adalah tanaman yang dapat dimakan, utamanya untuk kebutuhan pangan dan hasilnya relatif awet dalam penyimpanan. Tanaman hortikultura, digunakan untuk memenuhi kebutuhan vitamin dan mineral, umumnya dipanen dalam keadaan segar. Karakteristik tanaman hortikultura ini biasanya produknya mudah rusak dan ukurannya meruah (voluminous). Tanaman perkebunan digunakan utamanya diekspor. Karakteristik tanaman perkebunan ini dapat

disimpan dalam waktu yang relatif lama sebagai bahan baku industri.

Berdasarkan hal tersebut komoditas tanaman yang berada dibawah naungan Kementerian Pertanian ada tiga (3) diantaranya Tanaman Hortikultura, Pangan dan Perkebunan sehingga untuk mengatur kebijakan terkait komoditas tanaman tersebut Kementerian Pertanian membentuk Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Direktorat Jenderal Tanaman Hortikultura, dan Direktorat Jenderal Tanaman Perkebunan. Aturan pelepasan varietas untuk masing-masing tanaman juga berbeda.

7.2.1 Tanaman Hortikultura

Aturan tentang tanaman Hortikultura berdasarkan dalam UU No 18 Tahun 2010. Tanaman Hortikultura diartikan dalam UU tersebut adalah tanaman yang memproduksi buah-buahan, sayur-sayuran, bahan untuk pembuatan berbahan nabati, florikultur, termasuk berbagai jenis jamur, lumut, serta tanaman yang hidup di air yang memiliki fungsi sebagai sayuran, material pembuatan obat nabati, dan kebutuhan untuk keindahan atau ornamental.

Varietas tanaman hortikultura berdasarkan UU didefinisikan bagian dari suatu tanaman hortikultura dengan ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan dan menghasilkan daun, bunga, buah, biji, dan karakter-karakter lain sehingga bisa dibedakan dalam jenis yang sama. Tanaman Hortikultura yang ada di Indonesia dikelompokkan sebagai berikut:

1. Tanaman Buah

2. Tanaman Oramental atau hias meliputi:

- a. Tanaman berbunga
- b. Tanaman berdaun
- c. Tanaman batang

3. Tanaman Sayuran

4. Tanaman Obat-Obatan

7.2.2 Tanaman Pangan

Tanaman pangan adalah segala jenis tanaman yang memiliki kandungan karbohidrat dan protein sebagai sumber energi bagi manusia. Secara umum tanaman pangan merupakan tanaman yang tumbuh dalam satu musim.

Tanaman pangan yang merupakan kebutuhan pokok manusia untuk memenuhi kecukupan dan gizi yang diperlukan bagi pertumbuhan manusia seperti protein, karbohidrat, vitamin, dan mineral dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. Sereal
2. Umbi
3. Kacang-kacangan

7.2.3 Tanaman Perkebunan

Menurut UU No. 18 Tahun 2004 menyatakan perkebunan adalah segala kegiatan yang mengusahakan tanaman tertentu pada lahan dan/atau media tanam dalam ekosistem yang sesuai serta mengolah dan memasarkan barang dan jasa hasil tanaman tersebut menggunakan bantuan ilmu pengetahuan dan teknologi, permodalan, dan manajemen untuk mewujudkan kesejahteraan bagi pelaku usaha perkebunan serta bagi masyarakat.

Tanaman tertentu yang dimaksud berdasarkan definisi diatas yaitu tanaman semusim atau tahunan yang berdasarkan jenis dan tujuan pengelolaannya ditetapkan sebagai tanaman perkebunan.

UU No 18 Tahun 2004 kemudian diperbaharui menjadi UU No 39 Tahun 2014 sehingga istilah perkebunan didefinisikan segala kegiatan pengelolaan sumber daya alam, sumber daya manusia, sarana produksi, alat dan mesin, budi daya, panen, pengolahan, dan pemasaran yang berhubungan dengan tanaman perkebunan.

Berdasarkan UU baru tersebut Tanaman perkebunan diartikan sebagai tanaman semusim atau tanaman tahunan yang jenis dan tujuan pengelolaannya ditetapkan sebagai usaha perkebunan. Tanaman perkebunan yang ada di Indonesia sangat banyak. Adapun yang menjadi komoditas unggulan hanya beberapa saja. Tanaman perkebunan di Indonesia dikelompokkan menjadi:

1. Tanaman perkebunan tahunan dan penyegar
2. Tanaman semusim dan rempah

Pada bagian pembahasan pelepasan varietas lebih banyak membahas terkait pelepasan varietas untuk tanaman hortikultura. Walaupun secara umum tidak terdapat perbedaan yang besar dalam penyusunan untuk pelepasan varietas bagi tanaman pangan dan tanaman perkebunan.

7.3 Pendaftaran Varietas

Pendaftaran varietas tanaman dilakukan sebelum tahapan pelepasan varietas. Pendaftaran varietas tanaman adalah suatu kegiatan dalam mendaftarkan suatu varietas dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi tentang varietas lokal, varietas yang sudah dilepas dan varietas hasil pemuliaan yang tidak atau belum dilepas, serta informasi tentang hubungan hukum antara varietas dengan pemilik atau yang mengambil manfaat dari varietas. Varietas yang akan didaftarkan kemudian akan dilepas serta harus diberi nama.

Pemberian nama varietas harus dilakukan terlebih dahulu dan didaftarkan dipusat PVT. Pemberian nama ini berlaku untuk varietas asal yang dipakai untuk membauat varietas turunan esensial (VET), baik varietas lokal maupun dari varietas hasil pemuliaan.

Nama varietas yang akan didaftarkan mempunyai beberapa persyaratan atau peraturan secara umum tentang nama varietas diantaranya:

1. Nama varietas harus bisa dipakai walaupun umur atau usia perlindungannya telah habis;
2. Penamaan dilarang memunculkan kebingungan terhadap karakter-karakter varietas;
3. Pemberian nama varietas dilakukan oleh pemohon hak pvt dan didaftarkan pada pusat pvt;
4. Jika pemberian nama belum sesuai berdasarkan peraturan, maka pusat pvt memiliki hak untuk tidak menerima nama tersebut dan meminta ulang untuk nama yang baru;
5. Jika nama varietas sudah digunakan untuk varietas lain, pemohon harus mengganti dengan nama lain untuk varietas tersebut;
6. Nama varietas bisa juga diajukan untuk nama merek dagang mengikuti Perpu yang berlaku.

Berdasarkan Permentan No 29 tahun 2021 tentang Penamaan dan Pendaftaran Varietas Tanaman. Penamaan Varietas yang diberi PVT adalah kegiatan memberi nama kepada Varietas yang akan dimintakan PVT kepada Kantor PVT sebagai identitas varietas yang bersangkutan. Penamaan varietas yang tidak diberi PVT adalah kegiatan memberi nama kepada Varietas Lokal dan Varietas Hasil Pemuliaan yang tidak diberi PVT, sebagai identitas varietas yang bersangkutan dan pemenuhan persyaratan peraturan perundang-undangan untuk keperluan perolehan manfaat ekonomi bagi pemiliknya.

Hortikultura, d) Pelepasan Varietas Tanaman, meliputi: 1) Tanaman Pangan, 2) Tanaman Perkebunan; dan 3) Hijauan Pakan Ternak; dan e) Perlindungan Varietas Tanaman.

Pemberian nama varietas wajib melengkapi persyaratan sebagai berikut:

- a. Mengindikasikan identitas varietas lokal atau hasil pemuliaan yang bersangkutan;
- b. Dilarang menyebabkan kebingungan ciri, untuk identitas varietas lokal atau varietas hasil pemuliaan;
- c. Nama varietas belum pernah digunakan sebagai nama varietas yang sudah ada;
- d. Dilarang menggunakan nama orang terkenal, kecuali sudah memiliki izin dari yang bersangkutan atau ahli warisnya;
- e. Dilarang menggunakan nama alam, seperti nama untuk sungai, laut, teluk, danau, gunung, lembah, kawah, planet, satelit planet, dan bintang.
- f. Dilarang memakai lambang negara; dan
- g. Dilarang memakai nama merek dagang yang dihasilkan dari bahan perbanyakan sebagai contoh benih, bibit, bahan yang dihasilkan dari varietas lain, jasa transportasi, atau *rental* tanaman.
- h. Nama varietas bisa diganti selama belum diterbitkan tanda daftar.

Persyaratan lain yang harus dipenuhi selain ketentuan di atas, merujuk pada Peraturan Menteri Pertanian Nomor 01/Pert/SR.120/2/2006 yang terdapat pada Pasal 4 ayat (2) dan Pasal 11 ayat 3 bahwa pemberian nama untuk varietas lokal dan varietas hasil pemuliaan wajib memenuhi ketentuan dibawah ini:

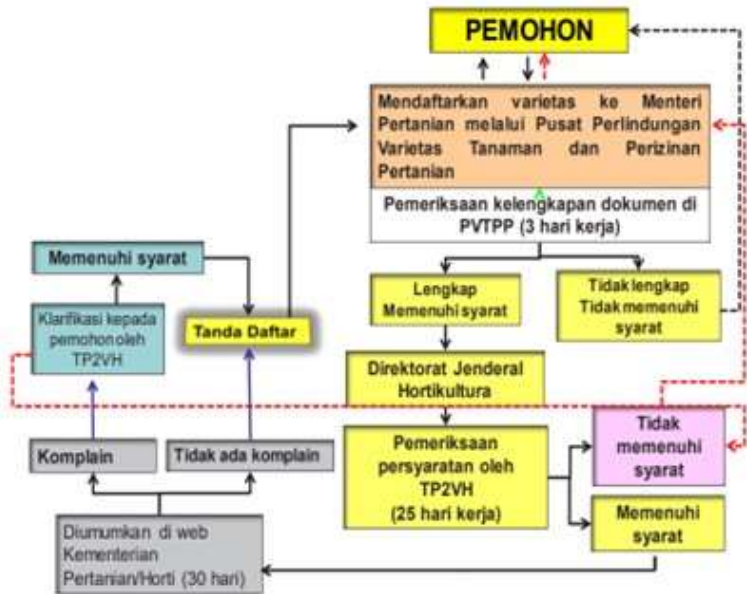
1. Jumlah huruf yang digunakan tidak lebih dari 30 (tiga puluh);
2. Tidak diartikan sebagai memperbesar nilai sesungguhnya dari varietas, contohnya terbaik, terenak, paling wangi dan lain sebagainya;

3. Dilarang menggunakan kata-kata yang tidak diperbolehkan sebagai contoh persilangan, hibrida, kelompok, bentuk, mutan, bibit, strain, varietas atau bentuk dari kata-kata seperti “yang diperbaiki” atau “yang ditransformasi”;
4. Dilarang menggunakan tanda baca, seperti titik, titik dua, koma; dan
5. Dilarang memakai nama spesies atau nama botani pada penggunaan kata tunggal

Pemberian nama untuk varietas hasil pemuliaan tanaman Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 01/Pert/SR.120/2/2006 Pasal 11 ayat (3) harus memenuhi persyaratan diantaranya:

1. Tidak hanya mengandung kata-kata deskriptif sederhana, seperti: hijau, tinggi, rendah;
2. Apabila sebelumnya nama yang diajukan pernah diusulkan di luar negeri, maka nama tersebut boleh dipakai pada waktu diusulkan di Indonesia, kecuali jika nama tersebut sudah digunakan di dalam negeri untuk jenis sama.

Nama varietas harus mengindikasikan identitas nama varietas sehingga nama varietas tersebut tidak boleh menimbulkan kerancuan sehingga terjadi salah persepsi tentang karakteristik, nilai, atau identitas varietas. Sebagai contoh jika varietas ini memiliki tanaman yang lebih tinggi dari varietas lain, maka disebut "pendek".



Gambar 7.2 : Alur pendaftaran varietas tanaman ke Pusat PVT Kementan

Sumber gambar : Web Kementan 2020

7.4 Pelepasan Varietas

UU No 12 tahun 1992 pasal 1, 2, dan 3 menyebutkan bahwa benih dari varietas hasil pemuliaan harus dilepas oleh pemerintah sebelum diedarkan atau diperjualbelikan. Permentan No 38 tahun 2019 menjelaskan pelepasan varietas adalah pengakuan pemerintah terhadap suatu varietas hasil pemuliaan di dalam negeri dan/atau introduksi dari luar negeri yang menyatakan bahwa varietas tersebut merupakan varietas yang unggul sehingga dapat diedarkan atau diperjualbelikan serta dinyatakan dalam surat keputusan Menteri Pertanian.

Istilah pelepasan varietas berdasarkan Permentan No 29 Tahun 2021 pasal 27 yang berbunyi “*Varietas yang telah mendapat atau dalam proses permohonan:*

- a. *Pendaftaran varietas*
- b. *Pelepasan varietas tanaman meliputi :*
 1. *Tanaman Pangan*
 2. *Tanaman perkebunan*
 3. *Hijauan pakan ternak*
- c. *Perlindungan varietas”*

Informasi lebih detail tentang Permentan No 29 Tahun 2021 bisa dilihat pada link berikut dibawah ini: (https://drive.google.com/file/d/1ZTdxdZDhbwbw6MJRxUPCAeU3JXq9zdzG/view?usp=share_link).

Berdasarkan hal tersebut ada perbedaan istilah untuk pelepasan pada tanaman hortikultura dengan sebutan pendaftaran varietas sedangkan untuk tanaman perkebunan dan pangan masih tetap dengan nama pelepasan varietas. Istilah selanjutnya untuk membedakan pendaftaran varietas hasil pemuliaan dan varietas lokal yang bertujuan terkait dengan kepemilikan maka “*Pendaftaran varietas hortikultura untuk peredaran*” setara dengan pelepasan varietas. Hal ini perlu dijelaskan agar tidak terjadi kerancuan dalam mendefinisikan terkait istilah untuk pelepasan pada utamanya pada varietas hortikultura.

Pelepasan varietas tanaman memiliki tujuan memberikan jaminan proteksi kepada konsumen, bahwa varietas yang sudah direlease adalah varietas unggul. Keunggulan varietas tersebut meliputi produksi tinggi, ketahanan pada cekaman biotik maupun abiotik.

Perkembangan Pelepasan/Pendaftaran Varietas Hortikultura sampai tahun 2020 pada Tabel 7.1. Kelompok tanaman sayuran merupakan kelompok tanaman yang memiliki

jumlah pendaftaran dan pelepasan paling banyak yaitu mencapai 1.803 varietas disusul kelompok tanaman buah dengan jumlah 867 varietas, tanaman florikultur sebanyak 289 varietas dan terakhir adalah kelompok tanaman obat dengan jumlah 30 varietas.

Tabel 7.1 : Jumlah Pelepasan dan Pendaftaran Varietas Hortikultura sampai tahun 2020

No	Kelompok Tanaman	PELEPASAN		PENDAFTARAN		TOTAL	
		1984 – JUNI 2011		Nov 2011 – Des 2020			
		Jenis	Var	Jenis	Var	Jenis	Var
1	Buah	42	608	27	259	43	867
2	Sayur	35	944	39	859	47	1.803
3	Florikultura	15	146	11	151	21	289
4	Tanaman Obat	6	23	5	7	10	30
Jumlah		98	1.721	75	1.276	121	2.989

Sumber : Kementan 2020

Daftar varietas tanaman hortikultura terupdate bisa di halaman web <https://www.varitas.net/dbvarietas/>. Pada halaman web ini menghimpunan data varietas khususnya tanaman hortikultura di Indonesia baik dari perusahaan swasta ataupun dari lembaga penelitian pemerintah. Berdasarkan penelusuran menggunakan web tersebut pada hari Kamis 29 Desember 2022 terdapat 3433 varietas tanaman hortikultura yang sudah dilepas dari tahun 1980.

Untuk varietas tanaman perkebunan dan tanaman pangan di Indonesia bisa di akses di web <http://www.litbang.pertanian.go.id/>.

Data varietas tanaman pangan yang sudah dilepas oleh litbang pertanian terdiri dari 10 varietas tanamana gandum, 26 varietas jagung, 42 varietas jagung hibrida, 27 varietas kacang hijau, 50 varietas kacang tanah, 8 varietas kacang tunggak, 100 varietas kacang kedelai, 24 varietas padi gogo, 15 varietas padi hibrida, 105 padi sawah irigasi, 15 varietas padi rawa, 13 varietas sorgum, 28 varietas ubi jalar, 21 varietas ubi kayu dan 6 varietas umbi-umbian.

Varietas tanaman perkebunan yang dihasilkan oleh litbang pertanian diantaranya 10 varietas aneka tanaman perkebunan, 3 varietas aren, 5 varietas atsiri, 3 varietas gambir, 7 varietas jahe, 7 varietas jambu mete, 3 varietas jarak kepyar, 9 varietas jarak pagar, 1 varietas kakao, 20 varietas kapas, 6 varietas kapuk, 22 varietas kelapa, 2 varietas kemiri, 8 varietas kenaf, 3 varietas kencur, 2 varietas kopi, 3 varietas kunyit, 8 varietas lada, 3 varietas nilam, 4 varietas pala, 2 varietas pinang, 1 varietas rami, 28 varietas tembakau, 2 varietas vanili, 6 varietas wijen, 3 varietas tanaman obat, 6 varietas tebu, 2 varietas teh, 7 varietas sereh wangi dan 3 varietas sagu.

Jumlah varietas untuk tanaman pangan dan tanaman perkebunan tersebut belum termasuk varietas-varietas yang dilepas oleh lembaga swasta. Lembaga-lembaga swasta banyak juga yang melepas varietas sebagai contoh untuk jagung pipil/pakan banyak di lepas oleh Perusahaan PT Bisi Internasional.

Varietas tanaman perkebunan juga banyak dilepas oleh lembaga swasta seperti perusahaan kelapa sawit banyak melepas varietas tanaman sawit seperti Perusahaan Sampoerna Agro.

Varietas-varietas dari ketiga jenis tanaman tersebut yaitu hortikultura, pangan dan perkebunan sudah banyak ditanam di seluruh Indonesia. Masing-masing varietas tanaman tersebut tentunya dilepas sesuai dengan keunggulan dan adaptasi yang berbeda-beda. Keunggulan varietas tanaman berdasarkan

Direktorat Perbenihan Direktorat Jenderal Hortikultura (2019) diantaranya:

- a. Produksi tinggi atau daya hasil tinggi (rata-rata daya hasil atau produksi persatuan luas);
- b. Ketahanan pada cekaman biotik dalam hal ini adalah Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) utama.
- c. Ketahanan terhadap cekaman lingkungan abiotik (tingkat ketahanan pada cekaman lingkungan ditentukan dengan standar baku dengan merujuk pada studi literatur);
- d. Umur dan musim panen bersifat khusus sebagai contoh umur panen lebih genjah (ditentukan menurut tingkat fisiologi kemasakan bergantung dari jenis atau tipe tanaman);
- e. Peningkatan kualitas hasil (menurut standar yang berlaku);
- f. Memiliki daya simpan yang bagus (sesuai dengan prosedur yang berlaku);
- g. Toleran pada kerusakan yang diakibatkan oleh alat-alat pertanian dalam kegiatan budidaya dan pengolahan pasca panen.
- h. Keragann atau ukuran tanaman yang sesuai (mengikuti konsep idiotipe);
- i. Kekhasan atau karakter unik pada bagian vegetatif dan generatif (berdasarkan karakter kualitatif terutama tanaman ornamental);
- j. Memiliki nilai peluang pasar yang *segmented* (berdasarkan hasil pengujian preferensi konsumen);
- k. Untuk batang bawah, keunggulan varietas bisa dinyatakan melalui ketahanan terhadap penyakit tular tanah dan terhadap cekaman abiotik, selain itu memiliki kompatibilitas dengan berbagai varietas

batang atas dengan sifat yang unggul.

Varietas tanaman yang akan dilepas berasal dari kegiatan pemuliaan baik dalam negeri maupun introduksi. Varietas tersebut bisaberupa galur murni, multilini, populasi bersari bebas, komposit, sintetik, klon, semiklon, biklon, multiklon, mutan maupun hibrida. Varietas lokal yang memiliki keunggulan juga bisa dilepas. Varietas yang akan dilepas harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian varietas meliputi uji adaptasi untuk mendapatkan informasi terkait:

- a. Keunggulan daya hasil;
- b. Keunggulan mutu atau kualitas;
- c. Respon terhadap penggunaan pupuk;
- d. Ketahanan cekaman biotik
- e. Umur panen yang genjah;
- f. Ketahanan terhadap cekaman abiotik;
- g. Keseragaman dan kestabilan;
- h. Berbeda dengan varietas yang lebih dahulu dilepas.

Pada varietas hibrida selain uji adaptasi juga perlu dilakukan uji potensi produksi benih. Varietas tanaman tahunan dan varietas lokal untuk uji yang dilakukan adalah uji observasi. Uji observasi dilakukan dengan tujuan:

- a. Menghindari periode pengujian yang lama
- b. Tidak harus adanya varietas pembanding
- c. Pengujian tidak perlu dilakukan di beberapa lokasi

Berdasarkan aturan Permentan No 38/Permentan/OT.140/7/2011 tentang Pendaftaran Varietas Tanaman Hortikultura menyebutkan berbagai persyaratan teknis pada pendaftaran varietas dengan tujuan untuk komersialisasi atau peredaran benih meliputi tersedianya hasil

uji keunggulan dan deskripsi varietas yang baku dan dilampirkan hasil uji kebenaran varietas.

Deskripsi varietas adalah sekumpulan informasi yang meliputi sifat atau karakter baik kuantitatif dan kualitatif yang disusun berdasarkan aturan karakterisasi varietas. Informasi karakter-karakter yang ada pada deskripsi varietas digunakan sebagai dasar untuk uji kebenaran. Berdasarkan hal tersebut pemahaman terkait penulisan istilah – istilah pada deskripsi varietas harus sama sama agar tidak terjadi perbedaan persepsi.

Informasi-informasi dilampirkan pada deskripsi yang meliputi keunggulan dan penciri varietas yang berfungsi sebagai pembeda dengan varietas lain. Data-data deskripsi varietas ini didapatkan dengan melakukan uji keunggulan.

Uji keunggulan varietas adalah uji yang dilakukan dilapang yang terdiri dari uji adaptasi bagi tanaman semusim sementara untuk tanaman tahunan dan varietas lokal menggunakan uji observasi.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 38/Permentan/OT.140/7/2011 menjelaskan bahwa deskripsi varietas hasil uji keunggulan wajib dilakukan pengecekan atau verifikasi melalui uji kebenaran. Uji Kebenaran ini dilakukan oleh pihak atau lembaga yang diberi kewenangan. Ada juga tanaman yang dikecualikan untuk tidak dilakukan uji kebenaran. Tanaman-tanaman yang dikecualikan tidak diwajibkan dilakukannya uji kebenaran ada pada Keputusan Menteri Pertanian Nomor : 510/Kpts/Ot .320/D/11/2011 tentang jenis tanaman hortikultura yang dikecualikan dari Uji Kebenaran Varietas.

1. Uji adaptasi

Uji adaptasi bertujuan mendapatkan informasi keunggulan dan hubungan interaksinya dengan tempat tumbuh, dan membuat deskripsi dari kandidat varietas hortikultura untuk didaftarkan sebagai persyaratan untuk komersialisasi benih varietas tersebut.

Uji adaptasi untuk varietas introduksi menggunakan paling sedikit pada tiga (3) lokasi pada ketinggian atau altitude yang sama sementara uji adaptasi bagi varietas yang merupakan hasil dari kegiatan pemuliaan di dalam negeri bisa dilakukan minimal satu lokasi dan disesuaikan dengan rencana pengembangan varietas.

Pada tanaman pangan untuk pelaksanaan uji adaptasi akan berbeda-beda tergantung jenis tanaman, jumlah unit/lokasi dan musim tanam, sebagaimana pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 : Jenis tanaman, jumlah unit/lokasi dan musim tanam pada beberapa jenis tanaman

No.	Jenis tanaman	Jumlah Unit/ Lokasi ***) (Minimal)	Musim Tanam
1.	Padi sawah	8	Dapat dilakukan dalam 1, 2 musim tanam atau lebih
2.	Padi gogo	6	
3.	Padi rawa	6	
4.	Jagung hibrida	8	
5.	Jagung bersari bebas	6	
6.	Jagung khusus (fungsional)	6	
7.	Sorghum	6	
8.	Gandum	6	
9.	Jewawut dan sereal lainya	4	
10.	Kedelai	6	
11.	Kacang Tanah	6	
12.	Kacang Hijau	6	
13.	Aneka kacang lainnya*	4	
14.	Ubi kayu	6	
15.	Ubi Jalar	6	
16.	Aneka umbi lainnya**	4	

Sumber : Kementan 2021

Keterangan :

*) : Aneka kacang lainnya meliputi: kacang tunggak, kacang komak, kacang kratok, kacang koro, dan lain-lain.

***) : Aneka umbi lainnya meliputi: talas, garut, bentul, porang, dan lain-lain.

***)) : Jumlah unit uji adaptasi tersebut adalah jumlah unit minimal dengan variabel hasil memiliki koefisien keragaman maksimal 17%, kecuali untuk pengujian cekaman lingkungan (abiotik) maksimal 20%.

2. Uji Observasi

Tujuan uji observasi mendapatkan dan memperoleh data mengenai sifat-sifat unggul varietas baik untuk tanaman buah tahunan, tanaman florikultur, tanaman obat, dan tanaman semusim yang dikecualikan dari uji adaptasi di wilayah tempat adaptasinya. Tanaman semusim yang diperbolehkan untuk melakukan uji observasi minimalnya memenuhi salah satu ketentuan seperti di bawah ini:

- a. Calon varietas tanaman membutuhkan wilayah tempat tumbuh dan berkembang yang bersifat khusus;
- b. Varietas lokal yang ditanam secara turun-temurun ditanam oleh masyarakat minimal telah dilakukan dalam kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir dan hingga kini masih tumbuh dan berkembang dengan baik;
- c. Varietas tanaman yang diperbanyak dalam kondisi terbatas dan memiliki permintaan tidak terlalu banyak.

Teknis pelaksanaan kegiatan pengujian untuk uji adaptasi dan uji observasi pada calon varietas tanaman hortikultura terdapat pada link dibawah ini :

https://docs.google.com/document/d/1bMqrEOOykQhBj1ybn3wI4JCjdKLSOhct/edit?usp=share_link&oid=117241491783797503957&rtpof=true&sd=true

Sementara untuk teknis pelaksanaan pelepasan tanaman pangan terdapat pada link berikut:

https://drive.google.com/file/d/1c7KdHDNnl1HcKYr52yt9_r_s_F8MJjak/view?usp=share_link

Pada tanaman perkebunan secara garis besar tahap pengujiannya tidak jauh berbeda. Hanya ada beberapa tambahan pengujian ketika varietas tanaman perkebunan akan di lepas. Jika pada tanaman hortikultura dan tanaman pangan terdapat uji adaptasi dan uji obseravasi pada tanamana perkebunan seperti yang tercantum dalam Permentan No 19 tahun 2021 Pasal 48 Pengujian pada tanaman Perkebunan meliputi:

- a. Uji Keunggulan terutama daya hasil atau produksi
- b. Uji ketahanan cekaman biotik meliputi penyakit dan hama
- c. Uji kualitas hasil
- d. Uji pada karakter unggulan
- e. Pada varietas hibrida tanaman perkebunan semusim dilakukan uji potensi produksi benih

Penjelasan lebih lengkap terkat uji diatas dan tata cara aturan pelaksanaan pada pelepasan varietas tanaman perkebunan terdapat pada link di bawah ini :
: https://drive.google.com/file/d/1CPQHJS6VWaK0z0pjInxMpQDtO6cxOP5X/view?usp=share_link.

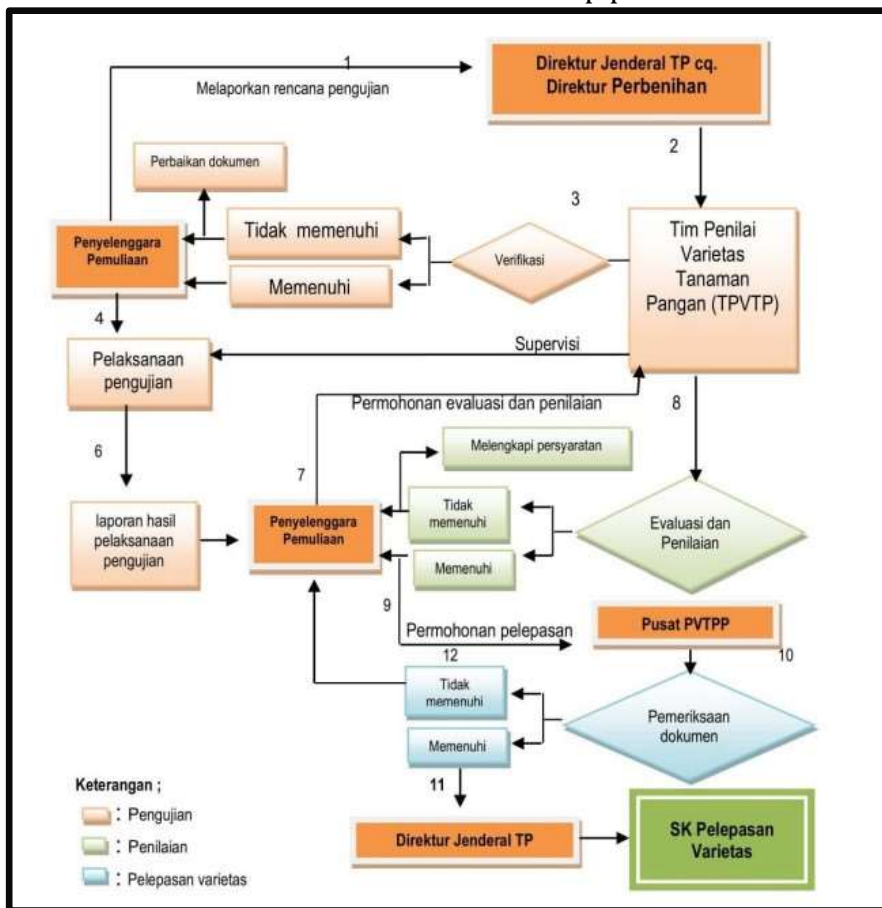
Format usulan pendaftaran untuk peredaran komersial varietas hortikultura sama dengan format usulan pelepasan varietas tanaman pangan dan tanaman perkebunan. Letak perbedaanya pada pengujian keunggulan untuk membuat dekripsi varietas.

7.5 Tahapan Pelepasan Varietas

Berikut adalah salahsatu contoh tahapam pelepasan varietas berdasarkan Pedoman Penilaian dan Pelepasan varietas pada tahun 2004 prosedur untuk pelepasan varietas utamanya tanaman hortikultura sebagai berikut:

1. Permohonan
 - a. Pengajuan permohonan varietas disampaikan atau diajukan secara tertulis oleh orang yang memiliki calon varietas kepada Menteri Pertanian melalui Ketua Badan Benih Nasional (BBN) u/p Ketua Tim Penilaian dan Pelepasan Varietas dengan alamat Direktorat Perbenihan Hortikultura.
 - b. Permohonan harus disertai dengan makalah atau proposal pelepasan varietas yang akan diajukan. Satu proposal usulan pelepasan varietas hanya untuk satu varietas dan dilengkapi dengan foto berwarna dan yang paling utama pada foto tersebut menunjukkan keunggulan dan penciri khusus dari varietas yang diajukan.
2. Penilaian dilakukan oleh TIM Penilai dan Pelepas Varietas Hortikultura
 - a. Usulan pelepasan varietas dinilai pada sidang TP2V
 - b. Hasil penilaian dihasilkan kepada ketua BBN
 - c. Usulan yang tidak memenuhi syarat ditolak permohonannya disertai dengan alasan yang kuat. Surat penolakan ditanda tangani oleh ketua TP2V
 - d. Varietas yang memenuhi syarat diusulkan oleh ketua BBN kepada Menteri Pertanian untuk disahkan pelepasannya sebagai varietas baru
 - e. Varietas yang disetujui oleh Menteri Pertanian untuk dilepas akan dituangkan dalam keputusan Menteri Pertanian
 - f. Sekretariat TP2V mengirimkan Keputusan Menteri Pertanian tentang pelepasan varietas kepada pengurus

dan menyebarluaskan ke Instansi Pengawasan dan
Sertifikasi Benih Tanaman di setiap provinsi



Gambar 7.3 : Alur Pelepasan Varietas

Sumber gambar: Web Kementan 2022

DAFTAR PUSTAKA

- Deka SD. 2017. Taxonomic diversity of cultivated *Capsicum* genotypes of India. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 8(2): 660-667.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan. 2021. Standar Operasional Prosedur Penilaian Calon Varietas Dalam Rangka Pelepasan Varietas Tanaman Pangan. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan.
- Hakim A. 2018. Pewarisan Karakter Komponen Hasil dan Pemanfaatan Segregan Transgresif untuk Perbaikan Hasil Cabai Rawit Merah (*Capsicum frutescens* L.) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2019 Tentang Pelepasan Varietas Tanaman
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2021 Tentang Penamaan Dan Pendaftaran Varietas Tanaman
- Permentan Nomor 19 tahun 2021 tentang Sumber daya Genetik dan Pelepasan Varietas tanaman Perkebunan.
- Pedoman Penilaian dan Pelepasan Varietas Hortikultura (PPP VH) 2004. Direktorat Perbenihan Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura
- Sobir, Syukur M. 2015. Genetika Tanaman. Bogor (ID): IPB Press
- Srinivas B, Thomas B, Gogineni S. 2015. Genetic divergence for yield and its component traits in chilli (*Capsicum frutescens* L) accessions of Kerala. *IJSR*. 4 (4):442-446.
- Syukur M, dan Sarsidi S. 2013. *Sitogenetika Tanaman*. Bogor (ID): IPB Press.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yuniarti R. 2015. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Bogor (ID): Penebar Swadaya.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2010
tentang Hortikultura.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2014
tentang Perkebunan.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2000
tentang Perlindungan Varietas Tanaman.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1992
tentang Sistem Budidaya Tanaman.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Nurhayati, MP

Program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian,
Universitas Islam Sumatera Utara

Penulis lahir di Medan tanggal 10 Desember 1967. Penulis adalah dosen DPK pada program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara. Tahun 1991 menyelesaikan pendidikan S1 Agronomi pada Institut Pertanian Bogor. Tahun 1997 menyelesaikan pendidikan S2 Agronomi pada Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Tahun 2007 menyelesaikan pendidikan S3 Ilmu Pertanian pada Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Selain sebagai dosen, penulis juga sebagai Ketua Lembaga Penelitian Universitas Islam Sumatera Utara, Asesor Jabatan Akademik LLDIKTI Wil I; Tim Percepatan Guru Besar dan Lektor Kepala Dosen di UISU, Anggota Dewan Riset Inovasi Daerah Pemprov; Anggota Asosiasi Profesor Indonesia.

BIODATA PENULIS



Visi Tinta Manik S.Si., M.Si

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi

Penulis lahir di Garut tanggal 28 Agustus 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Prodi Biologi dan melanjutkan S2 pada Prodi Bioteknologi. Penulis menekuni bidang menulis sejak tahun 2019. Selain sebagai dosen, penulis juga aktif sebagai editor jurnal ilmiah dan pernah menjadi reviewer jurnal ilmiah pada tahun 2021. Tahun 2021 penulis telah tersertifikasi kompeten sebagai Editor, dan pada tahun 2022 penulis tersertifikasi sebagai Asesor bidang Pertanian Organik Tanaman,

BIODATA PENULIS



Indah Sriwahyuni, B.Sc., M.P.

Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Samarinda tanggal 14 Juni 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pangan Universiti Putra Malaysia dan selanjutnya menyelesaikan studi S2 pada Konsentrasi Agronomi Magister Pertanian Tropika Basah Universitas Mulawarman. Penulis pernah melakukan penelitian mengenai analisis keragaman genetik kultivar beras lokal berpigmentasi pada penyelesaian project akhir tesis Magister Pertanian. Penulis pernah mengajar sebagai dosen tetap program studi Teknologi Industri Pertanian di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur pada tahun 2020 – 2022. Disamping aktif mengajar, Penulis juga mencintai kegiatan sosial yang berhubungan dengan Pendidikan, hal ini dibuktikan dengan pengalaman penulis yang pernah bergabung menjadi relawan kelas inspirasi di Samarinda.

Email Penulis :

indahswyuni@gmail.com

indah.sriwahyuni@faperta.unmul.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Noverina Chaniago, M.P.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara

Penulis lahir di Perbaungan tanggal 10 November 1970. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Pertanian, kemudian melanjutkan S2 pada Jurusan Agronomi dan S3 pada Jurusan Ilmu Pertanian.

BIODATA PENULIS



Riyanti, S.P., M.Pd.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Amir Hamzah Medan

Penulis lahir di Limapuluh, Sumatera Utara pada tanggal 28 Maret 1971. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Amir Hamzah Medan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara Medan dan melanjutkan S2 pada Program Studi Pendidikan Biologi, Program Pascasarjana Universitas Negeri Medan. Mata kuliah yang diampu pada saat ini adalah Pengendalian Limbah dan AMDAL, Bioteknologi Tanaman, Biokimia Tanaman, Botani Umum, dan Biologi Dasar.

BIODATA PENULIS



Abdul Hakim, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi

Penulis lahir di Sumedang tanggal 03 Agustus 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Dosen Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Agronomi dan Hortikultura melanjutkan S2 pada Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman.