

DASAR-DASAR PEMULIAAN TANAMAN



Penulis :

Fadhillah Laila, Ali Zainal Abidin Alaydrus, Iskandar Umarie
Abdul Jalil, Abdul Hakim, Indah Sriwahyuni
Rini Ismayanti, Dini Hervani, Eliyani

ISBN 978-625-198-667-6



9 786231 985675



DASAR-DASAR PEMULIAAN TANAMAN

**Fadhillah Laila
Ali Zainal Abidin Alaydrus
Iskandar Umarie
Abdul Jalil
Abdul Hakim
Indah Sriwahyuni
Rini Ismayanti
Dini Hervani
Eliyani**



GET PRESS INDONESIA

DASAR-DASAR PEMULIAAN TANAMAN

Penulis :

Fadhillah Laila
Ali Zainal Abidin Alaydrus
Iskandar Umarie
Abdul Jalil
Abdul Hakim
Indah Sriwahyuni
Rini Ismayanti
Dini Hervani
Eliyani

ISBN : 978-623-198-567-5

Editor : Mila Sari, M.Si.

Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Aulia Syaharani, S.Tr.Kes.

Penerbit : GETPRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, 5 Agustus 2023

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

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Dasar-dasar Pemuliaan tanaman dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini berisikan tentang center origin dan plasma nutfah, tipe perkembangbiakan tanaman, keragaman genetik, heritabilitas, perakitan tanaman hibrida, teknologi pemuliaan konvensional & inkonvensional, bioteknologi dan aplikasinya dalam lingkup pemuliaan tanaman, pelepasan varietas, serta pemuliaan tanaman dan produksi benih unggul.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, 5 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 CENTER ORIGIN DAN PLASMA NUTFAH	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Center of Origin	2
1.3 Plasma Nutfah	7
DAFTAR PUSTAKA	14
BAB 2 TIPE PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN	15
2.1 Pendahuluan	15
2.2 Perkembangbiakan Sexual (Generatif)	16
2.2.1 Perkembangbiakan tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae)	17
2.2.2 Perkembangbiakan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae).....	19
2.3 Perkembangbiakan Asexual (Vegetatif)	22
2.3.1 Perkembangbiakan vegetatif alami	23
2.3.2 Perkembangbiakan vegetatif Buatan.....	27
DAFTAR PUSTAKA	34
BAB 3 KERAGAMAN GENETIK	35
3.1 Definisi Keragaman Genetik	35
3.2 Pentingnya Keragaman Genetik dalam Pemuliaan Tanaman	36
3.2.1 Stabilitas genetik:	36
3.2.2 Potensi perbaikan:	38
3.2.3 Produktivitas dan kualitas:	39
3.2.4 Ketahanan terhadap perubahan lingkungan:	40
3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keragaman Genetik dalam Pemuliaan Tanaman.....	42
3.3.1 Rekombinasi genetik melalui reproduksi seksual	42
3.3.2 Mutasi genetik.....	44
3.3.3 Migrasi atau perpindahan gen	45
3.3.4 Seleksi alam dan seleksi buatan	47
3.4 Strategi Pemuliaan Berbasis Keragaman Genetik.....	48
3.4.1 Pemuliaan Silang.....	48
3.4.2 Pemuliaan Selektif.....	49
3.4.3 Pemuliaan Akselerasi.....	50
3.5 Metode-Metode Pengukuran Keragaman Genetik.....	52
3.5.1 Keragaman Fenotipik.....	52
3.5.2 Keragaman Genotipik	53
DAFTAR PUSTAKA	55

BAB 4 HERITABILITAS.....	61
4.1 Pendahuluan	61
4.2 Pengertian Heritabilitas.....	63
4.3 Manfaat Heritabilitas	65
4.4 Cara Menghitung Heritabilitas.....	66
4.4.1 Heritabilitas dalam arti luas	66
4.4.2 Heritabilitas dalam arti sempit.....	67
4.4.3 Analisis Ragam Untuk Menghitung Heritabilitas	68
4.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Heritabilitas	69
4.5.1 Karakteristik Kualitatif	69
4.5.2 Karakteristik Kuantitatif	69
4.5.3 Karakteristik yang Dipengaruhi oleh Interaksi Gen x Lingkungan	70
4.5.4 Karakteristik dengan Basis Genetik yang Sederhana	70
4.5.5 Karakteristik dengan Perbedaan Genotip yang Jelas:	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
BAB 5 PERAKITAN TANAMAN HIBRIDA.....	73
5.1 Varietas Hibrida	73
5.2 Pemuliaan Varietas Hibrida	75
5.3 Awal Sejarah Pemuliaan Hibrida	77
5.4 Inbreeding pada Tanaman Menyerbuk Silang.....	83
5.5 Vigor Hibrida Atau Heterosis	86
5.6 Penjelasan Tentang Vigor Hibrida	88
5.7 Pengembangan Galur Inbrida	93
5.8 Menggabungkan Inbrida Menjadi Single Cross.....	95
5.9 Daya Gabung Umum	96
5.10 Daya Gabung Khusus.....	98
5.11 Mandul Jantan Cytoplasmic dan Produksi Benih Hibrida.....	99
5.12 Penggunaan Cms Pada Produksi Benih Hibrida.....	100
5.13 Galur A, Galur B, Galur R Model For Produksi Benih Hibrida	100
5.13.1 GALUR A DAN GALUR B	101
5.13.2 GALURS R	102
5.13.3 Persilangan Galur A Dan Galur R	103
DAFTAR PUSTAKA.....	106
BAB 6 TEKNOLOGI PEMULIAAN KONVENSIONAL & INKONVENSIONAL	107
6.1 Pendahuluan	107
6.2 Teknologi Pemuliaan	110
DAFTAR PUSTAKA.....	116
BAB 7 BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA DALAM LINGKUP PEMULIAAN TANAMAN	117
7.1 Pendahuluan	117
7.2 Kultur Jaringan	118

7.2.1 Kultur Protoplas.....	118
7.2.2 Keragaman Somaklonal	119
7.2.3 Kultur Anter	121
7.3 Marka Molekuler	122
7.3.1 RFLP (<i>Restriction Fragment Length Polymorphism</i>)	123
7.3.2 AFLP (<i>Amplified Fragment Length Polymorphism</i>)	124
7.3.3 RAPD (<i>Random Amplified Polymorphic DNA</i>).....	124
7.3.4 SSR (<i>Simple Sequence Repeat</i>).....	125
7.3.5 SNP (<i>Single Nucleotide Polymorphism</i>)	126
7.4 Rekayasa Genetik.....	126
7.5 Genome Editing	129
DAFTAR PUSTAKA.....	131
BAB 8 PELEPASAN VARIETAS.....	133
8.1 Pendahuluan	133
8.2 Pengertian Pelepasan Varietas	134
8.3 Calon Varietas Baru	135
8.3.1 Persyaratan Calon Varietas yang Bisa Dilepas	135
8.3.2 Tipe Calon Varietas	139
8.3.3 Penamaan Calon Varietas	140
8.3.4 Pengujian yang Dilakukan Pada Calon Varietas.....	142
8.4 Tahapan Pelepasan Varietas.....	142
8.4 Permohonan Pelepasan Varietas	143
8.5 Perlindungan Varietas Tanaman	144
DAFTAR PUSTAKA.....	146
BAB 9 PEMULIAAN TANAMAN DAN PRODUKSI BENIH UNGGUL	147
9.1 Pendahuluan	147
9.2 Produksi Benih Unggul.....	148
9.2.1 Pengertian Benih Unggul.....	148
9.2.2 Karakteristik Benih Unggul.....	149
9.2.3 Keuntungan Produksi Benih Unggul	150
9.3 Pemuliaan Tanaman.....	151
9.3.1 Pengertian Pemuliaan Tanaman.....	151
9.3.2 Tujuan Pemuliaan Tanaman	152
9.3.3 Metode Pemuliaan Tanaman	153
9.4 Pengaruh Pemuliaan Tanaman Terhadap Produksi Benih Unggul	154
9.5 Teknik Produksi Benih Unggul	160
9.5.1 Pemilihan Tanaman Induk yang Tepat	160
9.5.2 Teknik Penyerbukan dan Penyerbukan Silang	160
9.5.3 Perlakuan Benih	161
9.5.4 Teknik Pemeliharaan Tanaman Benih	162
9.6 Penyimpanan dan Distribusi Benih Unggul	163
9.6.1 Penyimpanan Benih.....	164

9.6.2 Distribusi benih	169
9.7 Tantangan dalam Produksi Benih Unggul	171
9.8 Kesimpulan.....	175
DAFTAR PUSTAKA.....	177
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Center of origin and diversity by Vavilov	3
Gambar 1.2. Peta center of origin by Zeven dan Zukhovsky	5
Gambar 2.1. Siklus Perkembangbiakan Pada Tumbuhan Berbiji Terbuka	18
Gambar 2.2. Struktur Bunga	20
Gambar 2.3. Siklus Perkembangbiakan Pada Tumbuhan Berbiji Terbuka	21
Gambar 2.4. Perkembangbiakan vegetatif melalui Rhizoma	23
Gambar 2.5. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stolon	24
Gambar 2.6. Perkembangbiakan vegetatif melalui Umbi	25
Gambar 2.7. Perkembangbiakan vegetatif melalui Tunas	26
Gambar 2.8. Perkembangbiakan vegetatif melalui Tunas Adventif	26
Gambar 2.9. Perkembangbiakan vegetatif melalui Spora	27
Gambar 2.10. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stek Batang	29
Gambar 2.11. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stek Daun	29
Gambar 2.12. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stek Akar	30
Gambar 2.13. Teknik Perkembangbiakan Secara Okulasi	31
Gambar 2.14. Teknik Perkembangbiakan Secara Cangkok	32
Gambar 2.15. Teknik Perkembangbiakan Melalui Kultur Jaringan	33
Gambar 3.1. Reproduksi Seksual	41
Gambar 5.1. Tanaman Hibrida Jagung	74
Gambar 5.2. Perbandingan ukuran tongkol hibrida jagung dengan tetua inbridanya	74
Gambar 5.3. Pembentukan hibrida single cross pada jagung	79
Gambar 5.4. Pembentukan hibrida double cross pada jagung	80
Gambar 5.5. Tanaman jagung pollinated dan keturunannya	82
Gambar 5.6. Perbandingan homozigositas dicapai dengan fertilisasi sendiri	84
Gambar 5.7. Penurunan vigor pada jagung dengan generasi inbreeding berturut-turut. S0 mewakili tanaman selfing (inbrida) dan S1 hingga S6, generasi selfing (inbrida) berturut- turut	85
Gambar 5.8. Vigor hibrida pada tanaman jagung	87
Gambar 5.9. Pembentukan Hibrida	89
Gambar 5.10. Detasseling atau pembuangan bunga jantan pada tanaman betina untuk produksi benih jagung hibrida	92
Gambar 5.11. proses pembentukan hibrida menggunakan galur A, Galur B dan Galur R	104
Gambar 6.1. Alur pemuliaan tanaman padi dalam konsep breeding 4.0	109
Gambar 6.2. Teknik Hibridisasi	111

Gambar 6.3. Metode Transfer Gen	113
Gambar 7.1 Perbedaan jumlah sekuens menyebabkan perbedaan pola pita sehingga terjadi polimorfisme	124
Gambar 7.2 Metode transfer gen menggunakan <i>A. Tumefaciens</i>	127
Gambar 7.3 Gambaran umum proses dan tahapan genom editing pada tanaman padi.....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Sebaran <i>Center of diversity</i> tanaman.....	3
Tabel 1.2. Sebaran keragaman tanaman budidaya dan wilayahnya berdasarkan Zeven and Zhukovsky (1975) dan Zeven and de Wet (1982)	5
Tabel 4.1. Analisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok berdasarkan nilai harapan kuadrat tengah.....	68
Tabel 4.2. Analisis ragam gabungan lokasi	68
Tabel 5.1. Jumlah kombinasi persilangan dari galur inbrida	97
Tabel 5.2. Jumlah kombinasi hibrida menggunakan lima (5) tetua inbrida	98
Tabel 8.1 Contoh susunan deskripsi baku pada salah satu tanaman buah, sayuran, florikultura dan obat.....	137

BAB 1

CENTER ORIGIN DAN PLASMA NUTFAH

Oleh Fadhillah Laila

1.1 Pendahuluan

Keberadaan sumber daya genetik bagi pemuliaan tanaman memiliki peran penting. Salah satu tahap awal metode pemuliaan tanaman diantaranya adalah eksplorasi plasma nutfah sebagai bahan genetik untuk perakitan tanaman varietas baru. Keberadaan plasma nutfah pun tersebar di berbagai wilayah yang memiliki kekhasan tersendiri dengan latar belakang genetik yang berbeda pula. Hal ini menjadikan keragaman genetik di suatu wilayah bervariasi dan menjadikan wilayah tersebut sebagai pusat keragaman genetik bahkan sebagai *megabiodiversity*. Pentingnya plasma nutfah tersebut tidak hanya sebatas eksplorasi namun haruslah dijaga kelestariannya dengan teknik konservasi tertentu di tengah ancaman *climate change* (perubahan iklim) maupun alih fungsi lahan. Teknik konservasi dilakukan baik secara konvensional maupun memanfaatkan teknologi. Pelestarian sumber daya genetik yang dilakukan secara dinamis dapat menjadi faktor pendukung pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) khususnya pembangunan pertanian serta untuk menjaga ketahanan pangan suatu negara. Fokus pelestarian plasma nutfah tidak hanya pada tanaman pangan saja, akan tetapi perlu diperhatikan untuk pelestarian plasma nutfah komoditas alternatif di masa yang akan datang. Baik sebagai alternatif pangan, bahan bakar energi maupun bahan baku industri.

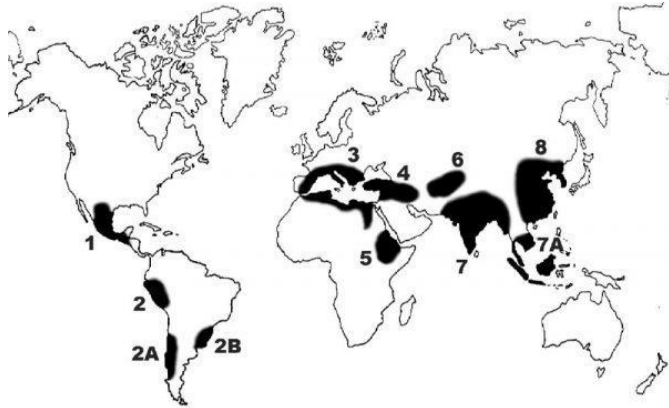
1.2 Center of Origin

Seorang Botanis Rusia bernama Nikolai Ivanovich Vavilov (1887-1943) melakukan identifikasi area-area yang memiliki karakteristik fisiologis serupa, dimana di daerah tersebut terdapat variabilitas maksimum dari spesies tanaman budidaya utama. Dia mengabdikan hidupnya untuk mempelajari dan mengembangkan tanaman gandum, jagung dan tanaman sereal lainnya yang menopang hidup manusia. Vavilov pun merumuskan teori pusat keragaman atau *center of origin* bagi keanekaragaman tumbuhan.

Vavilov menyatakan bahwa variasi-variasi genetik di dalam spesies tanaman biasanya terkonsentrasi di dalam area-area geografi yang kecil yang disebut *center of diversity*. Pada Gambar 1.1 area-area yang memiliki sumber daya genetik terbagi ke dalam beberapa wilayah dan terpusatkan ke dalam 8 *center of diversity*. Jika dilihat pada peta pusat keragaman Vavilov, negara atau wilayah tersebut diantaranya:

- Asia (Cina, India, Indomalayan)
- Amerika Tengah (Mexico) dan Latin (Brasil),
- Mediterania (Eropa Selatan)
- Afrika (Ethiopia) dan
- Timur Tengah (*Middle East*).

Hal ini menjadikan wilayah tersebut kaya akan plasma nutfah sebagai bahan genetik. Bahan genetik sangat penting untuk program pemuliaan tanaman yang dapat dimanfaatkan atau dikembangkan untuk mengatasi permasalahan pangan, kesehatan, farmasi, bahan bakar energi maupun untuk industri.



Gambar 1.1. Center of origin and diversity by Vavilov

Keterangan: 1) Mexico-Guatemala; (2) Peru-Ecuador-Bolivia; (2A) Southern Chile; (2B) Southern Brazil; (3) Mediterranean; (4) Middle East; (5) Ethiopia; (6) Central Asia; (7) Indo-Burma; (7A) Siam-Malaya-Java; (8) China dan Korea

Sumber gambar: <http://scih.org/?s=nikolai+vavilov>

Pada area-area *center of origin* tersebut, terdapat tanaman yang sampai saat ini masih bisa kita budidayakan dan konsumsi. Dapat dilihat dalam Tabel 1.1, sebaran *center of diversity* dari beberapa tanaman.

Tabel 1.1. Sebaran *Center of diversity* tanaman

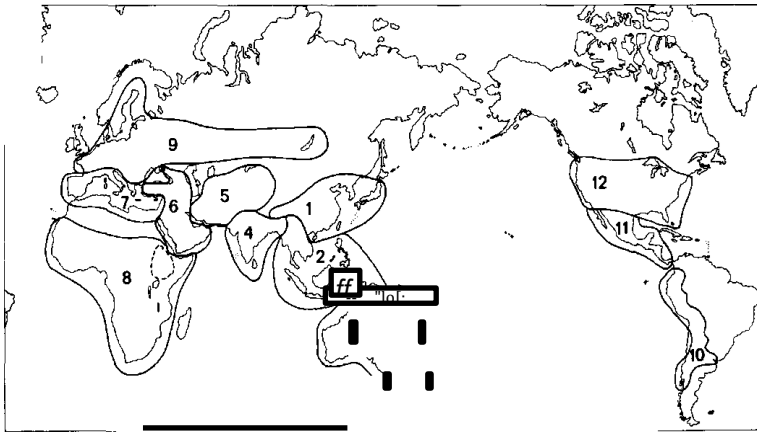
No	<i>Center of diversity</i>	Tanaman
1	Chinese center	Adzuke bean, Millet, Naked oat, Sesame, Soybean
2	Indian center	Rice bean, Chickpea, Aboreum cotton, Jute, Finger mmillet, Mungbean, Rice, Sugarcane, Taro, Yam
2a	Indomalayan center	Banana, coconut, sugarcane, yam
3	Central Asiatic center	Chickpea, Flax, Lentil, Pea, Rye, Safflower, Sesame, Bread wheat
4	Near Eastern center	Alfafa, Barley, Chickpea, Flax, Lentil, Melon, Red oat, Pea, Rye, Sesame
5	Mediterania center	Broad bean, Cabbage, Lettuce, Hulled oat, Durum wheat

No	<i>Center of diversity</i>	Tanaman
6	Ethiopian (formely Abyssinian) center	Barley, Chickpea, Flax, Lentil, Finger millet, Pea, Sesame, Teff, Tetraploid wheat
7	South Mexico dan Central American center	Common bean, Corn, Upland cotton, Cucurbits (gourd, squash, pumpkin, Sisal hemp
8	South American: (Peruvian-Ecuadorian-Bolivian) center	Lima bean, sea-island, cotton, potato, sweet potato, tobacco, and tomato
8a	Chiloe center	Potato
8b	Brazilian – Paraguayan center	Cacao, manioc, peanut, pineapple, and rubber tree

Vavilov menduga bahwa *center of diversity* (pusat keragaman) suatu tanaman adalah *center of origin* bagi tanaman tersebut. Pandangan tersebut menjadi perdebatan karena beberapa tanaman memiliki lebih dari satu *center of diversity*, dan untuk beberapa tanaman tersebut, salah satu dari *center of diversity* tidak berada satu tempat yang relatif liar. Hal ini dapat dijelaskan dengan asumsi bahwa tanaman yang dibawa ke tempat terakhir lebih awal dan variasi genetik semakin meluas. Sehingga, Vavilov merumuskan bahwa wilayah dimana proses domestikasi muncul dikatakan sebagai *primary center*, dan area yang dimana terjadi variasi setelah proses domestikasi disebut sebagai *secondary center*. Konsep *center of diversity* ini sangat penting bagi pemulia tanaman karena pusat keragaman tersebut merepresentasikan wilayah dimana keragaman plasma nutfah dapat dikumpulkan.

Evgeniya Nikolaevna Sinskaya (1889-1965) melanjutkan penelitian Vavilov tentang evolusi tanaman dan *center of origin*. Dia menambahkan Afrika sebagai *center of origin* ke dalam peta *Vavilov centers*. Peter M. Zhukovsky (1888-1975) menjadi direktur institut Vavilov selama sepuluh tahun periode. Dia mengembangkan konsep "*Mega-gene-centers*" dan juga "*Endemic micro-gene centers*" (Gambar 1.2). Dia membuat peta dunia yang

berisi daftar spesies tanaman yang dibudidayakan yang termasuk dalam pusat-pusat tersebut. Dengan A. Zeven dari Belanda, Zhukovsky menerbitkan buku "*Dictionary of cultivated plants and their centers of diversity*".



Gambar 1.2. Peta *center of origin by* Zeven dan Zukhovsky

Sumber: <https://edepot.wur.nl/31807>

Data spesies tanaman budidaya utama dimana terdapat keragaman dipaparkan dalam Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Sebaran keragaman tanaman budidaya dan wilayahnya berdasarkan Zeven and Zhukovsky (1975) dan Zeven and de Wet (1982)

No	Wilayah pusat keragaman	Tanaman
1	Wilayah China-Jepang	<ul style="list-style-type: none"> - Proso millet, Fox tail millet, Naked oat - Soybean, Adzuki bean - Leafy mustard - Orange/<i>Citrus</i>, Peach, Apricot, Litchi - Bamboo, Ramie, Tung oil tree, tea
2	Wilayah Indocina-Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> - Rice - Rice bean, winged bean - Cucurbits/Ash gourd - Mango, Banana, Rambutan, Durian, Bread fruit, <i>Citrus</i>/Lime, Grapefruit

No	Wilayah pusat keragaman	Tanaman
		- Bamboos, nutmeg, clove, sago-palm, ginger, taros and yams, betel nut, coconut
3	Wilayah Australia	- <i>Eucalyptus</i> , <i>Acacia</i> , <i>Macadamia nut</i>
4	Wilayah Hindustan	- Rice, little millet - Black gram, green gram, moth bean, rice bean, <i>Dolichos</i> bean, pigeonpea, cowpea, chickpea, horse gram, jute - Eggplant, okra, cucumber, leafy mustard, rats tail radish, taros and yams - <i>Citrus</i> , banana, mango, sunhemp, tree cotton - Sesame, ginger, tumeric, cardamom, arecanut, sugarcane, black pepper, indigo
5	Wilayah Asia Tengah	- Wheat (bread/club/shot), rye - <i>Allium</i> /onion, garlic, spinach, peas, beetroot, faba bean - Lentil, chickpea - Apricot, plum, pear, apple, walnut, almond, pistachio, melon, grape, carrot, radish - Hemp/ <i>Cannabis</i> , sesame, flax, safflower
6	Wilayah Timur Dekat (Asia Barat Daya)	- Wheat (einkorn, durum, poulard, bread), barley, rye/ <i>secale</i> - Faba bean, chickpea, french bean, lentil, pea - <i>Brassica oleracea</i> , <i>Allium</i> , Melon, grape, plum, pear, apple, apricot, pistachio, Fig, Pomegranate, Almond - Safflower, Sesame, Flax - Lupins, Medics
7	Wilayah Mediterania	- Wheat (Durum, turgidum), oats - <i>Brassica oleracea</i> , lettuce, beetroot, colza - Faba bean, Radish - Olive, <i>Trifolium</i> /Berseem, Lupins, <i>Crocus</i> , grape, fennel, cumin, celery, linsed
8	Wilayah Afrika	- Wheat (Durum, emmer, poulard, bread) - African rice, sorghum, pearl millet, finger millet, teff - Cowpea, bottle gourd, okra, yams, cucumber - Castor bean, sesame, niger, oil palm, safflower, flax - Cotton, kenaf, coffee - Kola, bambara groundnut, date palm, ensete, melons

No	Wilayah pusat keragaman	Tanaman
9	Wilayah Eropa-Siberia	<ul style="list-style-type: none"> - Peach, pear, plum, apricot, apple, almond, walnut, pistachio, cherry - Cannabis, mustard (black), chicory, hops, lettuce
10	Wilayah Amerika Selatan	<ul style="list-style-type: none"> - Potato, sweet potato, <i>Xanthosoma</i> - Lima bean, amaranth, <i>Chenopodium</i>, <i>Cucurbita</i>, Tomato, tobacco, lupin - Papaya, pineapple - Groundnut, sea island cotton - Cassava, cacao, rubber tree, passion fruit
11	Wilayah Amerika Tengah dan Meksiko	<ul style="list-style-type: none"> - Maize, french bean, potato, <i>Cucurbita</i>, pepper/chili, amaranth, <i>Chenopodium</i>, tobacco, sisal hemp, upland cotton
12	Wilayah Amerika Utara	<ul style="list-style-type: none"> - Jerusalem artichoke, sunflower, plum, raspberry, strawberry

1.3 Plasma Nutfah

Plasma nutfah merupakan sumber bahan genetik yang digunakan oleh pemulia tanaman untuk mengembangkan kultivar baru. Plasma nutfah juga merupakan substansi yang terdapat dalam setiap dari kelompok makhluk hidup yang merupakan sumber sifat keturunan yang dapat dirakit untuk menciptakan jenis unggul atau kultivar baru.

Plasma nutfah dapat berupa biji atau bagian organ tanaman lainnya seperti daun, batang, polen atau sel kultur dimana dapat tumbuh menjadi tanaman dewasa. Pentingnya plasma nutfah harus dijaga kelestariannya agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Gerakan pelestarian plasma nutfah di tingkat Internasional telah dimulai pada pertengahan tahun 1960-an, ketika dirasakan mulai melenyapnya sebagian dari plasma

nutfah yang ada di dunia. Lembaga-lembaga Internasional seperti PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) dan FAO (*Food and Agriculture Organization*) telah melakukan berbagai langkah pelestarian plasma nutfah seperti mendirikan Bank-bank pelestarian biji

Perkembangan sosial dan ilmu pengetahuan dapat berpengaruh dalam upaya pelestarian plasma nutfah. Suatu peristiwa dapat menyebabkan kehilangan plasma nutfah akan mudah terjadi. Seperti pada laporan Borojevic (1900) ketika mengadakan pertukaran material genetik galur-galur gandum baru dengan *Agricultural Research Institute* di India. Dilakukan penelitian untuk pengujian terhadap

ketahanan terhadap virus *yellow barley dwarf virus*. Hasil pengujian tersebut ternyata hanya satu galur koleksi yang tahan terhadap virus yaitu galur NS-879. Saat itu India meminta Borojevic mengirimkan galur tersebut lebih banyak namun ternyata koleksi di Yugoslavia telah musnah. Beruntung setelah dilakukan penelusuran, galur tersebut masih terdapat dalam koleksi *Agricultural Research Statim* di Tamworth, Australia.

Peristiwa-peristiwa yang terjadi di dunia seperti ketika terjadi Perang Dunia I merupakan salah satu contoh bagaimana keberadaan plasma nutfah dapat terancam dan merugikan manusia. Oleh karena itu, pentingnya koleksi dan preservasi plasma nutfah baik secara *ex-situ* maupun *in-situ*.

Sumber-sumber utama variasi genetik yang perlu dipreservasi diantaranya:

- Tanaman-tanaman komersial yang lama maupun yang baru
- Materi pemuliaan lama yang belum diuji atau diregistrasi tapi mengandung gen-gen penting
- Materi-materi pemuliaan yang memiliki gen-gen spesifik (resistensi, protein, dan lain-lain)
- Populasi lokal (*land races*)
- Materi genetik khusus (mutan, *genetic resources*, dan lain-lain)
- Poliploid dan aneuploid
- Hibrida sintetik spesifik
- Spesies liar dan gulmanya

Indonesia merupakan salah satu pusat sumber plasma nutfah dunia. Keanekaragaman plasma nutfah ini harus dilestarikan. Teknik pelestarian plasma nutfah dapat dilakukan secara *in-situ* (pelestarian pada habitatnya) maupun secara *ex-situ* (di luar habitatnya, berupa kebun koleksi, kebun raya, penyimpanan benih dan kultur in vitro)

Pelestarian Plasma Nutfah *In-situ*

Pelestarian *in-situ* bersifat pasif, menggunakan tempat tumbuh asli suatu jenis. Jenis-jenis tertentu diberi kesempatan untuk berkembang dan bertahan dalam keadaan lingkungan alam dan habitatnya yang asli, tanpa campur tangan manusia. Contoh konservasi

secara *in-situ* diantaranya: suaka alam (cagar alam dan suaka margasatwa), kawasan pelestarian alam (taman nasional, taman hutan raya, taman wisata alam).

Pelestarian Plasma nutfah *Ex-situ*

Pelestarian secara *ex-situ* bersifat aktif dengan cara memindahkan suatu jenis ke suatu lingkungan atau tempat pemeliharaan baru di luar habitat alaminya. Bentuk konservasi plasma nutfah secara *ex-situ* diantaranya :

1. Bank gen koleksi benih

Untuk koleksi plasma nutfah padi, sorgum, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, kacang tunggak, kacang gude, komak, kacang bogor, kacang koro, padi liar berada di Laboratorium Bank Gen dan Genetika Tanaman, BB Biogen Bogor.

2. Bank gen di lapangan (*field gene bank*)

Untuk koleksi plasma nutfah ubi kayu, ubi jalar, ubi-ubian minor (ubi kelapa, talas, gembili, ganyong, patat, iles-iles) berlokasi di BB Biogen Bogor, kebun percobaan Cikeumeuh Bogor, kebun percobaan Pacet Cianjur, kebun percobaan Muara Bogor.

3. Konservasi secara *in-vitro*

Pelestarian *in vitro* merupakan salah satu aplikasi dari konservasi *ex-situ*. Pelestarian *in vitro* dilakukan pada tanaman yang mempunyai viabilitas benih yang singkat dan pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif

4. Konservasi secara *Cryopreservasi*

Penyimpanan biji, embrio, ujung pucuk, meristem, dan atau pollen pada suhu ultra rendah (-196°C) selama jangka panjang sehingga proses biokimia dan sebagian fisik berhenti dan dapat mengonservasi jangka lama menggunakan N cair (-196°C)

Lembaga-lembaga Internasional pun didirikan dalam rangka upaya untuk mengoleksi, mengklasifikasi dan mengonservasi plasma nutfah atau sumber daya genetik di seluruh dunia. Koleksi besar sudah dikumpulkan oleh Vavilov di *All -Union Institute of Plant Industry*, St.Petersburg Russia. Lebih dari 250.000 aksesori yang dikumpulkan selama perjalanan eksplorasi yang ekstensif oleh Vavilov. Amerika Serikat mengumpulkan secara komprehensif lebih dari 460.000 aksesori tanaman pangan dan hortikultura yang dilestarikan di *United States Department of Agriculture* (USDA)

Jaringan antar negara dan lembaga pun dibangun demi mempertahankan keberadaan plasma nutfah di seluruh dunia oleh FAO dan CGIAR (*Consultative Group on International Agriculture Research*). Perkumpulan negara donor, bank-bank pembangunan, dan yayasan didirikan. CGIAR termasuk dari IBPGR (*International Board for Plant Genetics Resources*) yang memiliki fungsi untuk mengembangkan pandangan negara-negara di seluruh dunia tentang konservasi sumber daya genetik

(plasma nutfah), mempromosikan dan mengkoordinir upaya negara-negara untuk mengkonservasi plasma nutfah pada komoditas utama dan membantu institusi dalam mengembangkan kapabilitasnya dalam menyimpan dan mengevaluasi koleksi plasma nutfah.

Beberapa lembaga Internasional lainnya yang berupaya dalam melestarikan plasma nutfah diantaranya :

- *International Maize and Wheat Improvement Center* (CIMMYT), di Meksiko. Mengoleksi tanaman : jagung, gandum, triticale.
- *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT) di Patancheru, India. Mengoleksi tanaman : Sorgum, Pearlmillet, chickpea, pigeon pea, dan peanut (groundnut)
- *International Center of Tropical Agriculture* (CIAT) di Cali, Kolombia. Mengoleksi tanaman : Dry bean, ubi kayu, dan tropical forages
- *Asian Vegetable Research and Development Center* (AVRDC) di Shanhua, Taiwan. Mengoleksi tanaman : mungbean, kedelai, tomat, Chinese cabbage, merica.
- *International Institue of Tropical Agriculture* (IITA) di Ibadan, Nigeria. Mengoleksi tanaman: Cowpea, ubi kayu, ubi jalar dan yam.
- *International Potato Center* (CIP) di Lima, Peru. Mengoleksi tanaman: kentang dan ubi jalar.

- *International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA)* di Aleppo, Syria. Mengoleksi tanaman : gandum, barley, broad bean dan lentils.

Hingga saat ini, pertanian telah berhasil menyediakan makanan yang cukup untuk populasi dunia yang berkembang pesat, meskipun dunia tampaknya terbagi antara yang kelebihan gizi dan kekurangan gizi. Dengan mengikuti jejak Nikolai Vavilov, beberapa pemerintah internasional telah membuat program berskala besar untuk konservasi, dan budidaya sumber daya genetik tanaman, dengan tujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan produksi tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Baihaki A., T. Herawati, A. Karuniawan. 2000. *Pelestarian Sumber Daya Hayati Pertanian*. Balitbang Departemen Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Borojevic, S. 1990. *Principles and Methods of Plant Breeding*. Elsevier Sci. Pub. Co. Inc. New York, 368p.
- Corinto, Gian Luigi. 2014. *Nikolai Vavilov's Centers of Origin of Cultivated Plants With a View to Conserving Agricultural Biodiversity*. Human Evolution. 29. 285-301.
- Harahap, F.2011. *Bab VII :Pelestarian Plasma Nutfah pada Kultur In Vitro*. Universitas Negeri Medan. Available at <http://digilib.unimed.ac.id/1640/8/Bab%20VIII.pdf>
- Hayward. M. D, N. O. Boseman and Ramagesa. 1993. *Plant Breeding Prospect*. Chapman And Hall. 33 pp.
- Poehlman, J.M., and D.A. Sleeper. 1995. *Breeding Field Crops*. Iowa State University Press. USA.
- Tietz,T. *Nikolai Vavilov and the Centres of Origin of Cultivated Plants*. Available at . <http://scihi.org/nikolai-vavilov-cultivated-plants/>
- Zeven, A. and Zhukovsky, P. 1975.*Dictionary of Cultivated Plants and Their Centres of Diversity. Excluding Ornamentals, Forest Trees and Lower Plants*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen. Available at <https://edepot.wur.nl/31807>

BAB 2

TIPE PERKEMBANGBIAKAN TANAMAN

Oleh Ali Zainal Abidin Alaydrus

2.1 Pendahuluan

Pada era modern ini, kebutuhan akan sumber daya pangan semakin mendesak seiring meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk yang memberikan tekanan besar pada sistem pangan global. Dalam konteks pertanian sebagai sumber untuk pemenuhan pangan, pengembangbiakan tanaman menjadi salah satu aspek penting yang perlu dikembangkan untuk dapat memenuhi permintaan pangan yang terus meningkat sehingga diperlukan upaya dalam meningkatkan produktivitas tanaman secara signifikan. Pengembangbiakan tanaman berperan penting untuk menjadi jawaban dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman pangan. Bidang ini terus berkembang melalui penemuan dan inovasi dengan menghasilkan varietas tanaman yang lebih produktif, tahan terhadap kondisi ekstrem, dan memiliki kualitas nutrisi yang baik, pengembangbiakan tanaman membantu meningkatkan produksi pangan, mengurangi kerugian hasil panen, dan berkontribusi pada keamanan pangan global.

Perkembangbiakan merupakan salah satu proses terpenting pada siklus kehidupan pada setiap organisme makhluk hidup, termasuk tanaman. Tanaman mempunyai kemampuan untuk berkembangbiak secara seksual maupun asexual. Pada setiap tipe perkembangbiakan memiliki karakteristik dan mekanisme yang berbeda-beda.

Pada dasarnya, perkembangbiakan tanaman terbagi atas dua kelompok, yaitu perkembangbiakan secara aseksual dimana perkembangbiakan dilakukan dengan memanfaatkan bagian-bagian organ vegetatif pada tubuh tanaman berupa akar, batang dan daun. Sedangkan kelompok yang kedua adalah perkembangbiakan secara seksual untuk berkembang biak dan memperbanyak diri., yaitu perkembangbiakan tanaman memanfaatkan bagian-bagian pada organ generatif (Organum Reproductivum) berupa bunga, buah dan biji.

Di dalam sebuah tanaman, kombinasi atau kumpulan gen yang ada disebut genotipe. Penampakan atau ekspresi genotipe yang terlihat oleh mata manusia disebut fenotipe, yaitu penampilan atau karakteristik tertentu dari genotipe tanaman yang tumbuh dalam lingkungannya. Dalam pemuliaan tanaman, ini dikenal sebagai interaksi antara genotipe dan lingkungan. Oleh karena itu, fungsi perkembangbiakan tanaman adalah untuk menjaga dan mempertahankan genotipe tertentu dalam keturunannya. Saat ini, menurut Selvia (2021), pengembangbiakan tanaman terus mengalami kemajuan sebagai teknologi untuk menggabungkan dan mengubah variasi genetik menjadi bentuk yang lebih bermanfaat bagi manusia.

2.2 Perkembangbiakan Sexual (Generatif)

Perkembangbiakan secara seksual pada tanaman melibatkan proses penyerbukan dan pembuahan untuk menghasilkan keturunan yang baru yang diperankan oleh organ reproduksi jantan dan betina. Perkawinan ini membutuhkan gamet jantan dan betina. Perempuan. Reproduksi seksual ditandai oleh adanya dua jenis kelamin, yaitu jantan dan betina, yang menghasilkan sel reproduksi. Proses pembuahan terjadi ketika sel reproduksi jantan menyatukan diri dengan sel reproduksi betina, membentuk zigot. Zigot ini kemudian

berkembang menjadi individu baru. (Anisa *et al.*, 2022). Proses perkembangbiakan tersebut terjadi pada tumbuhan berbiji tertutup dan berbiji terbuka.

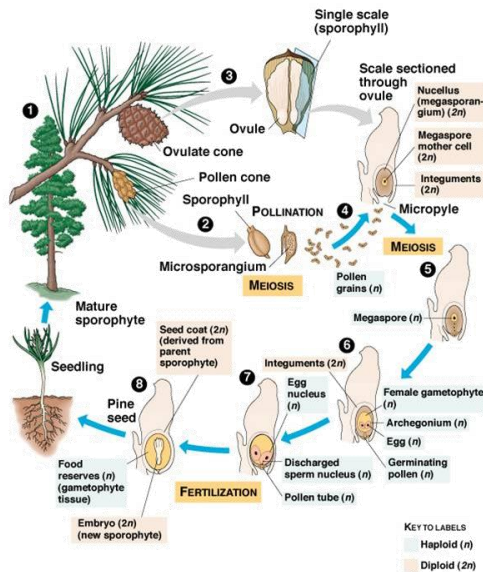
2.2.1 Perkembangbiakan tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae)

Gymnospermae adalah tumbuhan yang memiliki biji terbuka. Tumbuhan berbiji memiliki sel kelamin jantan (gamet jantan) dan sel kelamin betina (gamet betina). Tumbuhan gymnospermae, seperti pinus, damar, melinjo, dan lainnya, adalah contoh tumbuhan yang memiliki biji terbuka. Mereka juga memiliki organ reproduksi jantan (gamet jantan) dan betina (gamet betina). Alat reproduksi pada tumbuhan gymnospermae disebut sebagai konus atau strobilus.

Perkembangbiakan pada tumbuhan gymnospermae melibatkan pembuahan tunggal. Pembuahan ini terjadi ketika semua inti sperma bersatu dengan ovum, yang kemudian berkembang menjadi embrio. Proses ini berbeda dengan perkembangbiakan pada tumbuhan angiospermae, yang biasanya melibatkan pembuahan ganda. Dengan demikian, tumbuhan gymnospermae memiliki ciri khas dalam cara mereka melakukan reproduksi dan perkembangbiakan. Hal ini membedakan mereka dari tumbuhan lain, seperti angiospermae.

Secara umum, proses reproduksi generatif pada tumbuhan gymnospermae dimulai dengan pembentukan konus. Konus, yang sering dikenal sebagai "bunga" pada pohon pinus dan sering digunakan dalam industri kerajinan tangan, memainkan peran penting dalam reproduksi tumbuhan ini. Di dalam konus jantan, terdapat banyak anteridium yang mengandung sel-sel induk serbuk sari. Sel-sel induk ini mengalami pembelahan melalui meiosis, yang menghasilkan empat butir serbuk sari bersayap yang haploid dari setiap induk. Di sisi lain, pada konus betina terdapat banyak arkegonium. Di dalam setiap arkegonium

terdapat satu sel induk lembaga. Sel induk lembaga ini juga mengalami pembelahan melalui meiosis, menghasilkan empat sel haploid. Namun, dari keempat sel tersebut, hanya satu yang tetap hidup dan berfungsi sebagai sel telur, sementara tiga sel lainnya akan mati.



Gambar 2.1. Siklus Perkembangbiakan Pada Tumbuhan Berbiji Terbuka

Sumber : <https://duniapendidikan.co.id/reproduksi-angiospermae/>

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pada tumbuhan gymnospermae, seperti tanaman pinus, sel telur yang dihasilkan oleh konus betina hanya satu, bukan empat seperti yang dihasilkan oleh sel induk lembaga setelah pembelahan meiosis. Mekanisme reproduksi generatif pada tumbuhan gymnospermae ini memiliki ciri khas dan membedakan mereka dari tumbuhan lain dalam kerajaan Plantae.

Pada saat musim semi, konus jantan tumbuhan gymnospermae akan melepaskan butir-butir serbuk sari. Penyerbukan ini dapat terjadi melalui bantuan angin atau hewan serangga yang hinggap pada bunga pinus. Jika butir serbuk sari ini berhasil menempel pada ujung putik konus betina, maka akan terbentuk buluh serbuk. Di dalam buluh serbuk, inti serbuk sari akan mengalami pembelahan menjadi inti tabung dan inti spermatogen. Selama perjalanannya menuju ruang arkegonium, inti spermatogen akan membelah menjadi dua inti sperma. Pada saat yang sama, inti tabung akan mati. Begitu mencapai ruang arkegonium, inti sperma akan membuahi sel telur yang terdapat dalam setiap arkegonium. Hal ini menghasilkan pembentukan zigot, yang selanjutnya akan berkembang menjadi embrio di dalam biji.

Setelah konus berusia sekitar dua tahun, biji telah matang sepenuhnya, dan konus akan pecah. Biji yang terbentuk dapat terbawa oleh angin atau hewan, membantu dalam proses penyebaran dan reproduksi tanaman gymnospermae. Mekanisme penyerbukan, pembuahan, dan penyebaran biji pada tanaman gymnospermae merupakan adaptasi yang penting bagi kelangsungan hidup mereka. Proses ini memungkinkan tanaman untuk menyebarkan keturunan mereka dengan cara yang efisien dan menciptakan variasi genetik baru dalam populasi mereka dan meningkatkan dalam populasi tumbuhan.

2.2.2 Perkembangbiakan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae)

Perkembangbiakan pada tumbuhan berbiji tertutup atau Angiospermae melibatkan proses penyerbukan, pembuahan, dan pembentukan buah. Angiospermae, yang juga dikenal sebagai tumbuhan berbunga, adalah kelompok tumbuhan yang memiliki biji yang terlindungi oleh buah. Tumbuhan Angiospermae mempunyai alat kelamin perkembangbiakan generatif berupa

bunga. Bunga yang lengkap adalah bunga yang tersusun atas kelopak bunga, mahkota bunga, putik dan benang sari. Bunga adalah batang dan daun yang termodifikasi. Menurut Ramdhini *et al* (2021), modifikasi ini disebabkan oleh dihasilkannya sejumlah enzim yang dirangsang oleh sejumlah fitohormon tertentu. Bagian-bagian bunga yang berfungsi sebagai organ reproduksi adalah putik (organ betina) dan benang sari (organ jantan).



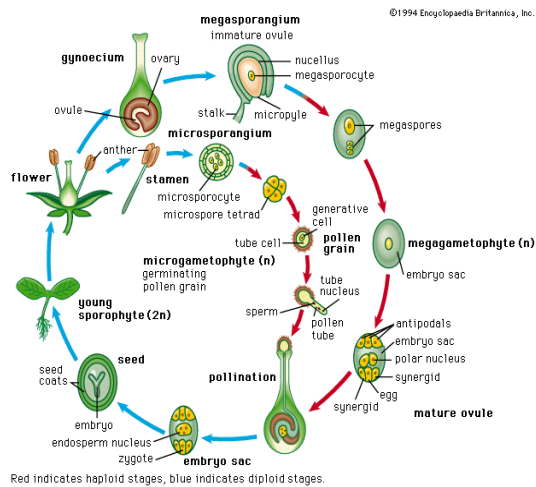
Gambar 2.2. Struktur Bunga

Sumber : <https://kependidikan.com/bagian-bagian-bunga/>

Pada tumbuhan Angiospermae, benang sari terdiri dari tangkai sari (filamentus) dan kepala sari (antena). Di dalam kepala sari terdapat kantung sari yang disebut mikrosporangium. Mikrosporangium ini mengandung sel induk mikrospora. Sel induk mikrospora mengalami pembelahan meiosis dan menghasilkan empat mikrospora. Kemudian, mikrospora mengalami pembelahan meiosis berulang-ulang, membentuk serbuk sari yang merupakan gametofit jantan. Serbuk sari ini dilapisi oleh selaput luar (eksin) dan selaput dalam (intin). Dalam serbuk sari terdapat inti generatif dan inti vegetatif (sel buluh). Inti generatif akan membentuk dua sel sperma apabila terjadi pembuahan. Selain itu, terdapat juga sel buluh yang berperan dalam pertumbuhan tabung serbuk sari. Tabung serbuk sari akan

tumbuh dari serbuk sari dan tumbuh melalui jaringan putik menuju sel telur dalam ovarium.

Proses perkembangbiakan pada tumbuhan Angiospermae melibatkan penyerbukan yang terjadi ketika serbuk sari jatuh pada kepala putik dan menempel pada stigma. Setelah itu, tabung serbuk sari akan tumbuh melalui jaringan putik dan mencapai sel telur di dalam ovarium. Pembuahan terjadi ketika inti sperma dari serbuk sari membuahi sel telur, membentuk zigot yang akan berkembang menjadi embrio. Dengan adanya proses penyerbukan dan pembuahan, biji pada tumbuhan Angiospermae dapat terbentuk dalam buah. Biji ini memiliki peran penting dalam perkembangbiakan dan penyebaran tumbuhan Angiospermae ke lingkungan baru. Selain itu, tumbuhan Angiospermae juga memiliki beragam bentuk bunga yang menarik bagi polinator, seperti serangga, burung, dan hewan lainnya, yang membantu dalam penyerbukan. (Wardhini and Iriawati, 2016).



Gambar 2.3. Siklus Perkembangbiakan Pada Tumbuhan Berbiji Terbuka

Sumber : <https://www.dosenpendidikan.co.id/spermatophyta>

Penyerbukan dapat terjadi karena bantuan dari luar, seperti hewan, air, angin dan manusia.

- Angin (anemogami) → serbuk sarinya kering/ringan dan mahkota bunganya kecil : Misalnya Padi, Jagung dan Rumput-rumputan dll
- Hewan (zoidiogami) → serangga, burung, kelelawar. Bunga menghasilkan madu atau mengeluarkan aroma: Misalnya Bunga Aster, Kamboja dll
- Air (hidrogami) → tumbuhan yang habitatnya di dalam air: misalnya Hydrilla, Eceng Gondok, Teratai dll
- Manusia (Antropogami) → Penyerbukan yang terjadi karena bantuan oleh manusia. Biasanya dilakukan pada bunga yang putik dan benang sari berada pada tanaman berbeda. Misalnya Tumbuhan vanili, salak.

Dengan begitu, perkembangbiakan pada tumbuhan Angiospermae melibatkan proses kompleks melibatkan benang sari, serbuk sari, jaringan putik, dan ovarium. Proses ini memberikan kekayaan variasi bentuk bunga & biji, serta peranan penting dalam keberlanjutan spesies tumbuhan Angiospermae di berbagai lingkungan.

2.3 Perkembangbiakan Asexual (Vegetatif)

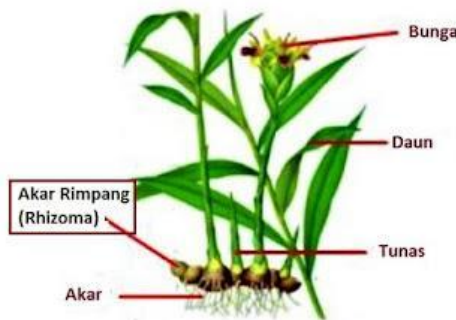
Perkembangbiakan asexual juga dikenal sebagai perkembangbiakan vegetatif, tidak melibatkan pertemuan atau peleburan sel kelamin. Oleh karena itu, keturunan yang dihasilkan melalui perkembangbiakan tak kawin memiliki sifat yang sama dengan induknya. Proses perkembangbiakan tak kawin pada tumbuhan dapat terjadi secara alami maupun secara buatan (Kumala, 2019).

2.3.1 Perkembangbiakan vegetatif alami

Perkembangbiakan vegetatif alami adalah proses reproduksi tanaman yang terjadi secara alami tanpa campur tangan manusia. Dalam perkembangbiakan vegetatif alami, tanaman menghasilkan keturunan baru tanpa melalui proses perkawinan atau pembuahan. Perkembangbiakan vegetatif alami dapat melalui beberapa cara. Berikut adalah beberapa metode perkembangbiakan vegetatif alami :

❖ Rhizoma atau Rimpang

Modifikasi dari batang yang tumbuh menjalar di bawah permukaan tanah adalah rhizoma. Salah satu ciri yang terlihat pada rhizoma adalah adanya ruas-ruas, sehingga setiap ruas tersebut dapat tumbuh menjadi individu baru yang terpisah dari tanaman induk. Contoh tumbuhan yang menggunakan rhizoma sebagai alat perkembangbiakan adalah Sansiveira, Jahe, dan Lengkuas.



Gambar 2.4. Perkembangbiakan vegetatif melalui Rhizoma

Sumber : <https://www.dosenpendidikan.co.id/spermatophyta>

❖ Stolon

Stolon atau geragih merupakan modifikasi batang yang tumbuh menjalar di atas permukaan tanah sehingga pada tempat- tempat tertentu akan membentuk individu baru yang menghasilkan akar dan tunas baru di ujungnya, yang dapat tumbuh menjadi individu baru. Contoh tumbuhan yang membentuk stolon sebagai alat perkembangbiakan adalah Strawberry, Arbei dan Pegagan.

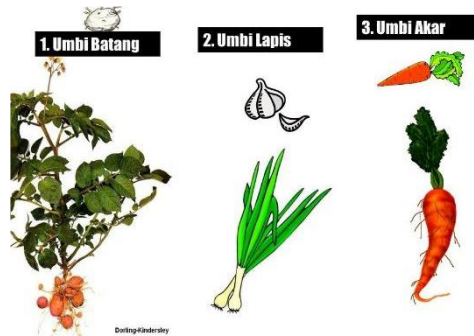


Gambar 2.5. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stolon

Sumber : <https://www.amongguru.com/perkembangbiakan-tumbuhan-secara-stolon-geragih-dan-contohnya/>

❖ Umbi

Umbi adalah modifikasi akar atau batang yang memiliki peran ganda, yaitu sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan dan sebagai alat perkembangbiakan. Berdasarkan ciri-cirinya umbi menjadi tiga jenis, yaitu umbi batang, umbi akar, dan umbi lapis.



Gambar 2.6. Perkembangbiakan vegetatif melalui Umbi

Sumber : <https://www.tumbuhan.my.id/2021/07/tanaman-yang-berkembang-biak-dengan.html>

❖ Tunas

Perkembangbiakan tumbuhan dengan cara bertunas adalah melalui munculnya kuncup-kuncup yang tumbuh di ujung batang atau pada ketiak daun induk tanaman, yang kemudian akan menjadi tumbuhan baru. Beberapa contoh tumbuhan yang berkembangbiak dengan tunas meliputi pohon pisang, lidah buaya, dan pohon bambu. Beberapa tanaman dapat menghasilkan tunas adventif dari batang, akar, atau daun mereka. Tunas adventif adalah tunas baru yang tumbuh di luar lokasi normal tunas, seperti pada batang yang terluka atau daun yang jatuh ke tanah. Tunas adventif dapat tumbuh menjadi individu baru yang terpisah. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan tunas adventif adalah sukun, kersen, kesemek, begonia, dan wijayakusuma.



Pohon Pisang



Pohon Bambu



Lidah Buaya

Gambar 2.7. Perkembangbiakan vegetatif melalui Tunas

Sumber : <https://ipa.pelajaran.co.id/perkembangbiakan-tumbuhan-vegetatif/>



Tanaman Cocor Bebek



Tanaman Begonia

Gambar 2.8. Perkembangbiakan vegetatif melalui Tunas Adventif

Sumber : <https://ipa.pelajaran.co.id/perkembangbiakan-tumbuhan-vegetatif/>

❖ **Spora**

Spora merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan selain tumbuhan biji. Tanaman tersebut berkembangbiak dengan mereproduksi diri mereka melalui pembentukan dan pelepasan spora. Proses reproduksi ini dikenal sebagai reproduksi spora atau sporogenesis. Contoh tanaman yang berkembangbiak

secara spora adalah lumut, seperti lumut hati dan lumut kerak, serta tumbuhan paku.



Gambar 2.9. Perkembangbiakan vegetatif melalui Spora

Sumber: <https://www.tumbuhan.my.id/2021/04/spora-pada-tumbuhan-paku>

Perkembangbiakan vegetatif alami memiliki keuntungan dalam mempertahankan sifat-sifat yang menguntungkan dari induknya, tanpa adanya variasi genetik yang dihasilkan melalui perkawinan. (Ifitiah *et al.*, 2021). Hal ini memungkinkan tanaman untuk memperbanyak diri dengan cepat dan secara efisien dalam kondisi lingkungan yang sesuai.

2.3.2 Perkembangbiakan vegetatif Buatan

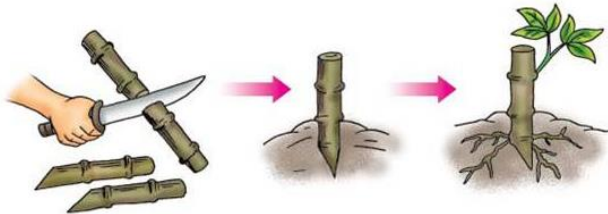
Perkembangbiakan vegetatif secara buatan adalah metode perkembangbiakan vegetatif yang dilakukan secara sengaja oleh manusia guna memenuhi kebutuhan mereka (Santoso, 2019). Metode ini digunakan untuk menghasilkan tanaman baru yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan atau untuk memperbanyak tanaman tertentu yang sulit atau lambat berkembangbiak secara alami. Beberapa teknik perkembangbiakan vegetatif secara buatan yang umum digunakan antara lain:

❖ **Stek**

Stek adalah salah satu metode perkembangbiakan vegetatif yang umum digunakan dalam dunia pertanian. Tujuan stek adalah untuk memperbanyak tanaman yang memiliki sifat yang sama dengan induknya dan cepat menghasilkan (Wiraatmaja, 2017). Stek dilakukan dengan memotong bagian tanaman yang mengandung jaringan meristem aktif seperti batang atau daun, kemudian menanamnya dalam media tumbuh yang sesuai. Bagian tersebut akan menghasilkan akar dan tumbuh menjadi individu baru yang serupa dengan tanaman induknya.

Proses stek dimulai dengan memotong bagian tanaman yang diinginkan dengan menggunakan alat yang steril. Bagian yang dipotong tersebut kemudian ditanam dalam media tumbuh yang sesuai, seperti tanah, substrat, atau air. Selama periode ini, bagian tanaman tersebut akan mengembangkan akar dan meristem yang memungkinkan pertumbuhan dan pembentukan tanaman baru. Stek dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan bagian tanaman yang digunakan:

1. **Stek batang:** Stek batang melibatkan pemotongan bagian batang tanaman, biasanya menggunakan bagian ujung atau daun yang sedang tumbuh. Bagian tersebut kemudian ditanam dalam media tumbuh dan akan menghasilkan akar serta tunas baru. Zat pengatur tumbuh auksin sering digunakan sebagai stimulan perakaran pada stek batang, yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan stek (Ardian, 2013). Contoh tanaman yang dapat di stek batang misalnya pada tanaman Singkong, Tebu, Mawar dan Mint.



Gambar 2.10. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stek Batang

Sumber : <https://www.amongguru.com/macam-macam-perkembangbiakan-vegetatif-buatan>

2. **Stek daun:** Stek daun melibatkan pengambilan satu atau beberapa daun dari tanaman induk dan menanamnya dalam media tumbuh. Beberapa tanaman dapat menghasilkan akar dan tunas baru dari bagian tepi atau pangkal daun yang ditanam. Misalnya pada tanaman cocor bebek, wijayakusuma, sri rejeki, kaktus, lidah buaya, begonia dan lain-lain.

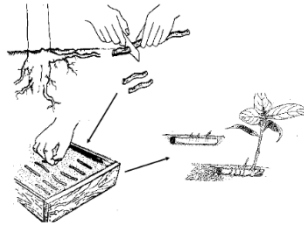


Gambar 2.11. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stek Daun

Sumber : <https://www.berkebun.net/stek-tanaman-hias/>

3. **Stek akar:** Stek akar dilakukan dengan memotong akar tanaman yang sehat dan menanamnya dalam

media tumbuh. Bagian akar tersebut akan menghasilkan tunas baru dan dapat berkembang menjadi tanaman baru. raspberry, blackberry, mawar, trumpet vine dan lain-

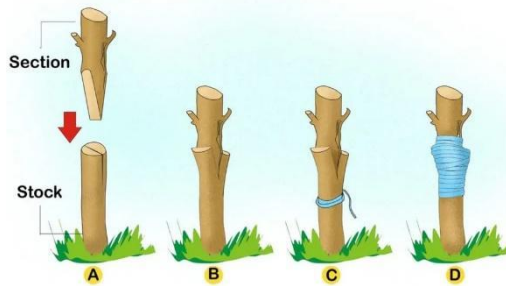


Gambar 2.12. Perkembangbiakan vegetatif melalui Stek Akar

Sumber : <https://www.dictio.id/t/apa-yang-dimaksud-dengan-stek-tanaman/138127>

❖ Okulasi

Okulasi adalah teknik yang umum digunakan pada tanaman buah-buahan. Pada okulasi, sebatang mata tunas (okul) dari tanaman yang diinginkan (yang disebut pohon induk) ditempatkan ke dalam batang tanaman lain yang disebut bawah-batang. Okul akan tumbuh dan berkembang menjadi cabang baru yang menghasilkan buah. Okulasi sering juga disebut menempel, menurut Wudianto (1988), tanaman hasil Okulasi mempunyai kelebihan yaitu mutu yang lebih baik daripada induknya karena okulasi dilakukan pada tanaman yang mempunyai perawakan yang baik dan tahan terhadap penyakit dan serangan hama dipadukan dengan tanaman yang mempunyai rasa buah yang lezat.

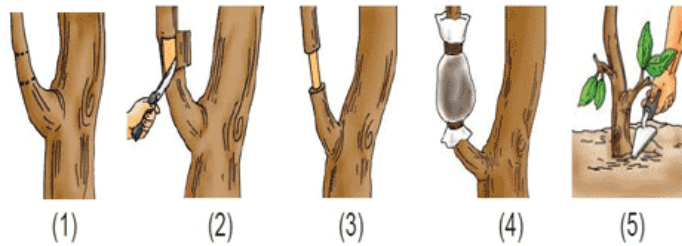


Gambar 2.13. Teknik Perkembangbiakan Secara Okulasi

Sumber : <https://kebons.com/kupas-tuntas-beda-okulasi-dan-sambung-pucuk/>

❖ Cangkok

Cangkok adalah perkembangbiakan vegetatif yang dilakukan pada tumbuhan dikotil dengan cara mengupas ranting pohon yang sudah besar sampai terlihat kambiumnya. Bagian tersebut dibungkus dengan media tumbuh yang lembab kemudian dibebat dengan bahan kedap air, dan dibiarkan sampai akar terbentuk sewaktu bagian tersebut masih tersambung dengan tanaman. Cangkok dilakukan dengan memindahkan sebagian batang tanaman ke dalam tanah atau media tumbuh yang terpisah. Cangkok dapat dilakukan pada tanaman yang memiliki kambium misalnya pada tanaman jambu, mangga, durian, alpukat, rambutan, dan lainnya.



Gambar 2.14. Teknik Perkembangbiakan Secara Cangkok

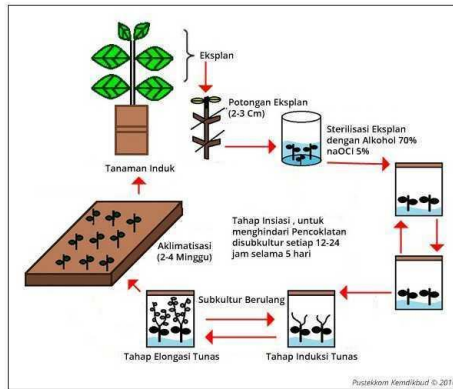
Sumber : <http://pelajarelit.blogspot.com/2015/04/teks-prosedur-kompleks-cara-pencangkokan.html?m=0>

❖ Kultur jaringan

Kultur Jaringan adalah metode perkembangbiakan vegetatif yang melibatkan pembiakan tanaman menggunakan jaringan tanaman dalam tabung reaksi atau kondisi steril. Teknik ini memungkinkan pengembangbiakan tanaman secara cepat dalam jumlah yang besar dan dapat digunakan untuk memperbanyak tanaman langka atau sulit berkembangbiak secara alami.

Menurut Dwiyani (2015), Teknik kultur jaringan digunakan sebagai metode perbanyak tanaman yang dapat menghasilkan puluhan hingga ratusan tanaman baru dari satu bahan tanam atau eksplan. Metode ini termasuk dalam perbanyak vegetatif, di mana tidak ada fertilisasi antara sel telur dan sel kelamin jantan seperti pada pembentukan biji. Oleh karena itu, planlet yang dihasilkan melalui teknik kultur jaringan identik dengan tanaman induknya. Proses perbanyak tanaman menggunakan teknik kultur jaringan juga dikenal sebagai mikropropagasi atau perbanyak mikro, yang mengacu

pada penggunaan eksplan kecil (mikro) sebagai bahan tanam awal, bahkan dapat mencapai ukuran ≤ 1 mm.



Gambar 2.15. Teknik Perkembangbiakan Melalui Kultur Jaringan

Sumber : *Pustekom Kemdikbud, 2016*

Perkembangbiakan vegetatif secara buatan memberikan kontrol lebih besar terhadap proses perkembangbiakan tanaman, sehingga dapat menghasilkan tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan secara konsisten. Metode ini sangat penting dalam pemuliaan tanaman, produksi tanaman secara komersial, dan pelestarian tanaman langka atau terancam punah.

Keuntungan dan kerugian Perkembangbiakan tumbuhan secara vegetatif buatan:

1. Tumbuhan hasil vegetatif buatan memiliki sifat yang sama dengan induknya dan lebih cepat berbuah dibandingkan tumbuhan yang ditanam dari biji
2. Tumbuhan hasil vegetatif buatan umurnya lebih pendek dan mudah roboh dibandingkan tumbuhan yang ditanam dari biji karena sistem perakarannya adalah serabut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, A. *et al.* (2022) 'Perkembangbiakan dan Pertumbuhan Makhluk Hidup', *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), pp. 203–205.
- Ardian (2013) 'Perbanyak Tanaman Melalui Stek Batang Mini Tanaman Singkong (*Manihot esculenta* Crantz .) untuk Pemulia Tanaman dan Produsen Benih', *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan Vol. 13 (1): 24-32*, 13(1), pp. 24–32.
- Dwiyani, R. (2015) *Kultur Jaringan Tanaman, Journal of Chemical Information and Modeling*. Bali: Pelawa Sari.
- Iftitah, S.N. *et al.* (2021) 'Pelatihan Perbanyak Tanaman Hias Secara Vegetatif', *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(3), pp. 467–473.
- Kumala, F.N. (2019) *Konsep Tumbuhan*. Malang: Ediide Infografika.
- Ramdhini, R.N. *et al.* (2021) *Anatomi Tumbuhan, Anatomi Tumbuhan*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Santoso, B.B. (2019) *Pembiakan Vegetatif Dalam Hortikultura, PE*. Mataram: Unram Press.
- Selvia, I. nila (2021) *Pemuliaan Tanaman*. Medan.
- Wardhini, T.H. and Iriawati (2016) *Embriologi Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Wiratmaja, I.W. (2017) *Pembiakan Vegetatif Secara Alamiah dan Buatan*. Denpasar: Faperta UNUD.
- Wudianto, R. (1988) *Membuat Setek, Cangkok dan Okulasi*. Jakarta: Swadaya.

BAB 3

KERAGAMAN GENETIK

Oleh Iskandar Umarie

3.1 Definisi Keragaman Genetik

Keragaman genetik merujuk pada variasi genetik yang ada dalam suatu populasi tanaman. Variasi ini muncul akibat adanya perbedaan dalam alel-alel yang terkandung dalam gen-gen individu dalam populasi tersebut.

Keragaman genetik tanaman merujuk pada variasi dalam materi genetik yang ada di antara individu atau populasi tanaman. Ini meliputi variasi dalam urutan DNA, alel, atau gen yang dapat mempengaruhi sifat-sifat morfologi, fisiologi, dan ketahanan tanaman terhadap penyakit, hama, atau kondisi lingkungan tertentu. Keragaman genetik tanaman sangat penting dalam pemuliaan tanaman, konservasi keanekaragaman hayati, serta ketahanan dan keberlanjutan pertanian.

Menurut Brian Staskawicz, seorang ahli biologi molekuler tanaman, "Keragaman genetik tanaman adalah kekayaan genetik yang harus dijaga dan ditingkatkan untuk menghasilkan varietas tanaman yang tahan terhadap hama, penyakit, dan perubahan lingkungan" (Staskawicz, 2001).

Keragaman genetik tanaman memiliki beberapa manfaat penting. Pertama, keragaman genetik memungkinkan tanaman untuk memiliki adaptabilitas yang lebih baik terhadap perubahan lingkungan. Tanaman dengan keragaman genetik yang lebih tinggi memiliki kemampuan untuk bertahan dan beradaptasi dengan lebih baik terhadap kondisi cuaca yang ekstrem,

perubahan iklim, dan tekanan biotik. Kedua, keragaman genetik juga memberikan sumber daya genetik untuk pemuliaan tanaman. Melalui persilangan dan seleksi, variasi genetik dapat digunakan untuk menghasilkan varietas tanaman yang lebih produktif, lebih tahan terhadap penyakit, atau memiliki sifat-sifat lain yang diinginkan. Ketiga, keragaman genetik merupakan aset berharga dalam upaya konservasi keanekaragaman hayati. Tanaman dengan keragaman genetik yang tinggi memiliki potensi untuk menjadi sumber bahan genetik yang berharga untuk pemulihan dan konservasi spesies yang terancam punah.

Studi tentang keragaman genetik tanaman melibatkan teknik-teknik seperti analisis DNA, polimorfisme molekuler, dan pemetaan genetik. Metode-metode ini memungkinkan para peneliti untuk mengidentifikasi dan memahami variasi genetik dalam populasi tanaman serta mengembangkan strategi pemuliaan yang efektif.

3.2 Pentingnya Keragaman Genetik dalam Pemuliaan Tanaman

3.2.1 Stabilitas genetik:

Keragaman genetik memastikan adanya variasi dalam populasi tanaman, sehingga meningkatkan stabilitas genetik. Dengan demikian, tanaman memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan dan resisten terhadap penyakit, hama, dan kondisi ekstrim.

Sejak tahun 1917, para pemulia dan ahli statistik telah berusaha untuk menemukan model statistik untuk mengukur stabilitas fenotipe. Akan tetapi, sampai sekarang semua model masih mengandung banyak kelemahan, walaupun masing-masing model secara relatif mempunyai keunggulan dibandingkan dengan model lain.

Menurut sebuah studi oleh Cullis dan Thomson (2007), stabilitas genetik memainkan peran kunci dalam mempertahankan karakteristik penting pada organisme dan populasi. Mekanisme yang terlibat dalam menjaga stabilitas genetik mencakup pengawasan ketat terhadap proses replikasi DNA, perbaikan kesalahan replikasi, dan perlindungan serta perbaikan DNA. Penyimpangan dari stabilitas genetik dapat menghasilkan variasi genetik yang tidak terkontrol, yang pada gilirannya dapat mengganggu fungsi organ dan sistem biologis serta mempengaruhi adaptasi organisme terhadap lingkungan.

Stabilitas genetik juga memiliki implikasi penting dalam konteks kesehatan manusia. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kidd et al. (2010), stabilitas genetik telah dikaitkan dengan kelainan genetik dan penyakit. Penyimpangan dari stabilitas genetik dapat menyebabkan perubahan pada DNA yang berkaitan dengan penyakit genetik, seperti kanker atau kelainan genetik lainnya. Oleh karena itu, pemahaman tentang stabilitas genetik menjadi penting dalam studi dan pengembangan pengobatan genetik.

Beberapa penelitian juga telah menyoroti pentingnya stabilitas genetik dalam pemuliaan tanaman dan hewan. Dalam studi oleh Zhang et al. (2011), stabilitas genetik terbukti menjadi faktor kunci dalam mempertahankan kualitas dan produktivitas tanaman yang dihasilkan dari program pemuliaan. Keberhasilan program pemuliaan tanaman bergantung pada stabilitas genetik yang baik dalam mempertahankan karakteristik yang diinginkan dari generasi ke generasi.

Berbagai ahli telah berusaha membuat pembahasan secara menyeluruh (review) terhadap model yang ada, yakni Lin, Binns dan Lefkovitch (1986), Weber dan Wricke (1987), dan Becker (1987). Berdasarkan kesimpulan Lin, Binns dan Lefkovitch (1986) terdapat 9 metode statistik yang mengukur stabilitas. Mereka menyimpulkan ada 3 bentuk konsep stabilitas

Bentuk 1. Suatu genotipe dikatakan stabil apabila varians lingkungan tumbuhnya (among-environments variance) adalah kecil, Bentuk 2. Suatu genotipe dikatakan stabil apabila responnya terhadap lingkungan-lingkungan tumbuhnya adalah sejajar (parallel) dengan respons rata-rata semua genotipe yang diuji dalam percobaan. Bentuk 3. Suatu genotipe dikatakan stabil apabila jumlah Kuadrat Sisa (galat) dari model regresi pada indeks lingkungan adalah kecil.

3.2.2 Potensi perbaikan:

Keragaman genetik menyediakan bahan mentah untuk seleksi dan perbaikan tanaman. Dengan adanya variasi genetik, pemulia dapat memilih individu dengan sifat-sifat yang diinginkan dan menghasilkan varietas yang lebih unggul.

Potensi perbaikan keragaman genetik merujuk pada kemampuan untuk meningkatkan atau memperluas keragaman genetik dalam populasi tanaman. Dalam konteks pemuliaan tanaman, perbaikan keragaman genetik sangat penting untuk menghasilkan varietas yang lebih unggul dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap penyakit, produktivitas yang tinggi, atau adaptabilitas terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah.

Salah satu cara untuk meningkatkan keragaman genetik adalah melalui persilangan antara individu yang memiliki keragaman genetik yang berbeda. Melalui persilangan, kombinasi gen baru dapat dihasilkan, sehingga meningkatkan variasi genetik dalam populasi. Seperti yang dikatakan oleh Edward F. Anderson, seorang ahli botani, "Persilangan adalah salah satu metode paling efektif untuk meningkatkan keragaman genetik dan menghasilkan tanaman yang lebih tangguh dan adaptif" (Anderson, 2005).

Selain itu, teknologi modern seperti rekayasa genetika juga dapat digunakan untuk memperbaiki keragaman genetik. Teknik rekayasa genetika memungkinkan penambahan, penggantian, atau penghilangan gen tertentu dalam tanaman dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat yang diinginkan. Penggunaan rekayasa genetika telah terbukti berhasil dalam menghasilkan tanaman transgenik yang memiliki ketahanan terhadap hama, penyakit, atau kondisi lingkungan yang ekstrem.

Perbaikan keragaman genetik memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas pertanian, ketahanan pangan, dan keberlanjutan sistem pertanian. Dengan meningkatkan keragaman genetik, kita dapat menciptakan varietas tanaman yang lebih tangguh, adaptif, dan beradaptasi dengan baik terhadap perubahan lingkungan dan tekanan biotik.

3.2.3 Produktivitas dan kualitas:

Keragaman genetik dapat meningkatkan produktivitas tanaman, baik dalam hal kuantitas maupun kualitas hasil panen. Melalui pemilihan individu dengan sifat-sifat yang menguntungkan, dapat dihasilkan tanaman dengan tingkat produksi yang lebih tinggi dan kualitas yang lebih baik.

Keragaman genetik dalam populasi tanaman memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman. Dengan adanya variasi genetik yang luas, tanaman memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan berbagai kondisi lingkungan, melawan penyakit dan hama, serta menghasilkan hasil panen yang lebih baik. Selain itu, keragaman genetik juga dapat mempengaruhi kualitas tanaman, seperti rasa, tekstur, nilai gizi, atau ketahanan penyimpanan.

Studi oleh Brown et al. (2010) menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam populasi tanaman dapat meningkatkan produktivitas pertanian. Melalui persilangan antara individu yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan, variasi genetik baru dapat dihasilkan yang mungkin memiliki pertumbuhan yang lebih cepat, resistensi terhadap stres lingkungan, atau kapasitas produksi yang lebih tinggi.

Selain itu, keragaman genetik juga berperan dalam meningkatkan kualitas tanaman. Misalnya, dalam penelitian yang dilakukan oleh Cheng et al. (2018), mereka menemukan bahwa keragaman genetik dalam jagung berkontribusi terhadap keanekaragaman fitokimia yang penting untuk kualitas gizi dan sifat antioksidan.

Peningkatan produktivitas dan kualitas tanaman melalui keragaman genetik merupakan hal yang penting dalam mencapai keberlanjutan sistem pertanian dan keamanan pangan global. Dengan memanfaatkan keragaman genetik, kita dapat menghasilkan varietas tanaman yang lebih tangguh, produktif, dan berkualitas, yang dapat memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat.

3.2.4 Ketahanan terhadap perubahan lingkungan:

Dalam menghadapi perubahan iklim dan kondisi lingkungan yang semakin kompleks, keragaman genetik memainkan peran penting dalam memastikan kelangsungan tanaman. Tanaman dengan keragaman genetik yang luas cenderung memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik.

Keragaman genetik dalam populasi tanaman memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan terhadap perubahan lingkungan. Dengan adanya variasi genetik yang luas, tanaman memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan suhu, curah hujan, kekeringan, dan kondisi lingkungan lainnya. Ketahanan terhadap perubahan lingkungan

menjadi semakin penting dalam menghadapi perubahan iklim global dan tantangan lingkungan lainnya.

Penelitian oleh Dawson et al. (2019) menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam populasi tanaman dapat memainkan peran kunci dalam meningkatkan ketahanan terhadap perubahan lingkungan. Dengan adanya variasi genetik yang melibatkan berbagai sifat adaptasi, tanaman dapat menghadapi tekanan lingkungan yang berubah dengan lebih baik, seperti peningkatan suhu atau kekeringan. Varietas dengan keragaman genetik yang lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan adaptasi yang lebih luas dan lebih tahan terhadap stres lingkungan.

Selain itu, penelitian oleh Reimann-Philipp et al. (2020) menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam populasi tanaman juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan penyakit dan hama. Varietas dengan keragaman genetik yang tinggi memiliki kemungkinan lebih besar untuk memiliki resistensi terhadap berbagai penyakit atau hama tertentu. Hal ini penting dalam menghadapi tantangan serangan patogen yang terus berkembang dan beradaptasi.

Meningkatkan ketahanan terhadap perubahan lingkungan melalui keragaman genetik adalah strategi yang penting dalam keberlanjutan sistem pertanian dan keamanan pangan. Dengan mempertahankan dan memanfaatkan keragaman genetik dalam tanaman, kita dapat menghasilkan varietas yang lebih adaptif, tahan terhadap perubahan lingkungan, dan lebih mampu menjaga ketahanan pangan global.

3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keragaman Genetik dalam Pemuliaan Tanaman

3.3.1 Rekombinasi genetik melalui reproduksi seksual

Proses reproduksi seksual menghasilkan kombinasi baru alel-alel yang ada dalam populasi, yang mengarah pada peningkatan keragaman genetik.

Reproduksi seksual atau perkembangbiakan seksual adalah suatu jenis siklus hidup. Pada reproduksi seksual generasi berganti-ganti antara sel dengan satu set kromosom (haploid) dan sel dengan dua set kromosom (diploid). (Smith & Szathmary, 1997) Reproduksi seksual merupakan siklus hidup paling umum pada eukariota, misalnya hewan dan tumbuhan.

Sel diploid membelah menjadi sel haploid dalam proses yang disebut meiosis. Dua sel haploid bergabung menjadi satu sel diploid dalam proses yang disebut pembuahan. Antara pembuahan dan meiosis dapat terjadi pembelahan sel tanpa perubahan jumlah kromosom.

Pembuahan menciptakan zigot bersel tunggal yang berisi materi genetik dari kedua gamet. Dalam proses yang disebut rekombinasi genetik, materi genetik (DNA) bergabung sehingga urutan kromosom homolog dijajarkan satu sama lain, dan ini diikuti oleh pertukaran informasi genetik. Dua putaran pembelahan sel kemudian menghasilkan empat sel anak dengan setengah jumlah kromosom dari setiap sel induk asli, dan jumlah kromosom yang sama seperti kedua induk. Misalnya, dalam reproduksi manusia setiap sel manusia mengandung 23 pasang kromosom atau 46 kromosom. Meiosis pada gonad orang tua menghasilkan sel gamet yang masing-masing hanya mengandung 23 kromosom. Ketika gamet digabungkan melalui hubungan seksual untuk membentuk sel telur yang dibuahi, anak yang dihasilkan akan memiliki 23 kromosom dari masing-masing

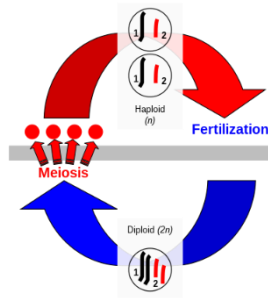
orangtua yang secara genetik dikombinasi ulang menjadi 23 pasang kromosom atau total 46.

Pembelahan sel berupa mitosis kemudian memulai perkembangan organisme individu baru dalam organisme multiseluler, (Otto & Lenormand, 2002) termasuk hewan dan tumbuhan, yang sebagian besar di antaranya menggunakan reproduksi seksual sebagai metode utama reproduksi (Smith & Maynard-Smith, 1978).

Evolusi reproduksi seksual adalah teka-teki utama karena reproduksi aseksual seharusnya mampu mengalahkannya karena setiap organisme muda yang diciptakan dapat menghasilkan keturunannya sendiri. Ini menyiratkan bahwa populasi aseksual memiliki kapasitas intrinsik untuk tumbuh lebih cepat dengan setiap generasi. Biaya 50% ini adalah kerugian kebugaran reproduksi seksual (Ridley, 2004). Biaya seks dua kali lipat termasuk biaya ini dan fakta bahwa setiap organisme hanya dapat mewariskan 50% gennya kepada keturunannya. Salah satu keuntungan yang pasti dari reproduksi seksual adalah menghambat akumulasi mutasi genetik (Hussin, et al. 2015)

Seleksi seksual adalah mode seleksi alam ketika beberapa individu bereproduksi lebih banyak dari individu lain dalam populasi karena individu tersebut lebih baik dalam mendapatkan pasangan untuk reproduksi seksual (Starr, 2013). Seleksi seksual telah dideskripsikan sebagai "kekuatan evolusi yang kuat yang tidak ada dalam populasi aseksual (Agrawal, 2001)

Prokariota, yang sel awalnya memiliki materi genetik tambahan atau yang diubah, bereproduksi melalui reproduksi aseksual tetapi dapat, dalam transfer gen horizontal, melakukan proses seperti konjugasi bakteri, transformasi dan transduksi, yang mirip dengan reproduksi seksual walaupun proses-proses tersebut tidak mengarah pada reproduksi.



Gambar 3.1. Reproduksi Seksual

Pada tahap pertama reproduksi seksual, "meiosis", jumlah kromosom berkurang dari angka diploid ($2n$) menjadi angka haploid (n). Selama "pembuahan", gamet haploid berkumpul untuk membentuk zigot diploid dan jumlah kromosom asli dipulihkan.

3.3.2 Mutasi genetik

Perubahan acak dalam DNA dapat menghasilkan alel-alel baru, yang juga dapat meningkatkan keragaman genetik.

Perbaikan sifat genetik dan agronomi tanaman bisa melalui pemuliaan secara konvensional melalui persilangan pada tanaman yang menghasilkan bunga. Pemuliaan non konvensional dengan melakukan mutasi induksi yang dapat meningkatkan dan memperbaiki keragaman genetik tanaman. Tebu merupakan tanaman yang memiliki ploidi tinggi, fertilitas rendah, dan genom yang besar serta dianggap sebagai tanaman yang sulit dikembangkan dalam pemuliaan tanaman (Khan et al., 2007). Hibridisasi umumnya dilakukan pada kondisi lingkungan terkendali yang merupakan faktor pembatas dalam perbaikan genetik tebu. Cara lain untuk mendapatkan keragaman genetik tanaman tebu dapat dilakukan dengan mutasi spontan maupun induksi (Khan et al., 2007).

Mutasi adalah perubahan pada sekuen DNA (perubahan genetik) suatu sel yang diwariskan kepada keturunannya sehingga fenotip yang diturunkan pun ikut berubah yang termasuk keragaman kromosom ataupun mutasi gen. Mutasi dapat disebabkan oleh kesalahan replikasi materi genetika selama pembelahan sel oleh radiasi, bahan kimia (mutagen), atau virus, atau dapat terjadi selama proses meiosis (Warmadewi, 2017). Mutasi dapat disebut sebagai perubahan materi genetik pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen sehingga menyebabkan terjadinya keragaman genetik. Perubahan tersebut dapat terjadi karena didalam satu gen pada satu lokus kromosom ikut berubah yang disebut mutasi titik, peristiwa terjadinya mutasi disebut mutagenesis. Makhluk hidup yang mengalami mutasi disebut mutagen. Mutasi juga menguntungkan, diantaranya, melalui mutasi, dapat dibuat tumbuhan poliploid yang sifatnya unggul (Warmadewi, 2017).

Mutagenesis dengan bahan kimia merupakan pendekatan yang sederhana untuk menciptakan keragaman genetik dalam tanaman untuk perbaikan beberapa sifat agronomi yang potensial. Mutasi menggunakan bahan kimia ethyl methanesulfonate (EMS) banyak digunakan dan telah menghasilkan sifat yang berguna pada sejumlah jenis tanaman. Hal ini diketahui menghasilkan skala mutasi kecil atau titik acak pada konsentrasi tinggi, menghasilkan aberasi kromosom pada konsentrasi rendah dan pada umumnya tidak mematikan tanaman pada konsentrasi menengah (Harten, 1998).

3.3.3 Migrasi atau perpindahan gen

Penyebutan gen antara populasi yang berbeda dapat mengenalkan keragaman genetik baru ke dalam populasi tujuan.

Migrasi gen atau perpindahan gen merujuk pada proses transfer materi genetik dari satu populasi ke populasi lainnya. Migrasi gen dapat mempengaruhi struktur genetik populasi,

adaptasi, dan perkembangan evolusi. Dalam pembahasan ini, kita akan mengeksplorasi konsep migrasi gen dengan mendukung kutipan yang relevan dan merujuk pada sumber-sumber pustaka yang dapat digunakan sebagai referensi.

Migrasi gen adalah proses transfer materi genetik antara populasi yang dapat mengubah struktur genetik dan mempengaruhi evolusi organisme. "Migrasi gen memungkinkan pergerakan alel-alel spesifik dari satu populasi ke populasi lain, mempengaruhi komposisi genetik populasi" (Barton, N.H. et al., 2007).

Migrasi gen merupakan salah satu faktor utama dalam mempertahankan variasi genetik dalam populasi. "Migrasi gen berperan dalam mempertahankan tingkat variasi genetik yang tinggi melalui transfer alel-alel dari populasi sumber ke populasi penerima" (Lenormand, T., 2002).

Migrasi gen dapat memperkenalkan alel-alel baru ke dalam populasi dan meningkatkan kemampuan adaptasi populasi terhadap perubahan lingkungan. "Migrasi gen dapat membawa alel-alel yang menguntungkan ke dalam populasi, mempercepat proses adaptasi" (Whitlock, M.C., 2005).

Migrasi gen dapat mengubah struktur genetik populasi dengan mengurangi perbedaan genetik antara populasi yang berdekatan. "Migrasi gen dapat menyebabkan penyatuan genotipe antara populasi dan mengurangi diferensiasi genetik antara populasi tersebut" (Wang, J., 2019).

Migrasi gen juga memainkan peran penting dalam invasi spesies. "Migrasi gen yang signifikan dapat terjadi selama invasi spesies, menyebabkan perpindahan genetik dari populasi asal ke populasi invasif" (Dlugosch, K.M. & Parker, I.M., 2008).

3.3.4 Seleksi alam dan seleksi buatan

Tekanan seleksi yang berbeda dalam lingkungan alami atau oleh manusia dapat mempengaruhi frekuensi alel dalam populasi, sehingga mengubah keragaman genetik.

Seleksi alam dan seleksi buatan adalah dua proses penting dalam evolusi organisme. Seleksi alam adalah mekanisme alamiah di mana individu dengan sifat yang menguntungkan memiliki peluang yang lebih baik untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Seleksi buatan, di sisi lain, melibatkan campur tangan manusia dalam memilih individu dengan sifat yang diinginkan untuk berkembang biak. Dalam pembahasan ini, kita akan menjelaskan konsep seleksi alam dan seleksi buatan dengan mengutip sumber-sumber relevan dan menyediakan daftar pustaka sebagai referensi.

Seleksi alam adalah proses alami di mana individu dengan sifat yang lebih baik dalam hal adaptasi dan kelangsungan hidup memiliki peluang yang lebih besar untuk bertahan hidup dan melanjutkan keturunan mereka. "Seleksi alam adalah proses yang melibatkan persaingan antara individu-individu dalam populasi, di mana individu-individu dengan sifat-sifat yang lebih menguntungkan akan lebih sukses dalam meninggalkan keturunan" (Darwin, C., 1859).

Seleksi alam merupakan mekanisme utama dalam perubahan evolusi dan terbentuknya keanekaragaman hayati. "Seleksi alam memainkan peran penting dalam mempengaruhi frekuensi alel-alel dalam populasi seiring waktu, mengarah pada perubahan genetik dan adaptasi" (Coyne, J.A., & Orr, H.A., 2004).

Seleksi buatan adalah proses di mana manusia secara sengaja memilih individu-individu dengan sifat yang diinginkan untuk dikembangbiakkan. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan keturunan dengan sifat yang diinginkan dalam populasi. "Seleksi buatan melibatkan manusia dalam memilih individu-individu

yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan dan mengawinkannya untuk menghasilkan keturunan dengan sifat yang diinginkan" (Rieger, R., et al., 1991).

3.4 Strategi Pemuliaan Berbasis Keragaman Genetik

3.4.1 Pemuliaan Silang

Melalui penyerbukan silang antara dua individu tanaman yang berbeda, pemulia dapat menggabungkan sifat-sifat yang diinginkan dari kedua parent. Dengan menggunakan individu-individu yang memiliki keragaman genetik yang luas sebagai parent, pemulia dapat meningkatkan peluang munculnya kombinasi gen yang menguntungkan.

Pemuliaan silang merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memanfaatkan sifat-sifat yang diinginkan dari dua varietas yang berbeda dalam satu tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Susanto et al. (2017) di Indonesia, pemuliaan silang pada padi telah berhasil menghasilkan varietas yang memiliki ketahanan terhadap penyakit dan rendemen yang tinggi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan pentingnya pemuliaan silang dalam meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman padi di Indonesia.

Prosedur pemuliaan silang melibatkan tahap penyerbukan silang antara dua varietas yang berbeda, diikuti dengan seleksi dan pengujian keturunan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wijaya et al. (2019) pada tanaman kedelai di Indonesia, pemuliaan silang berhasil menghasilkan varietas yang memiliki produktivitas yang lebih tinggi dan ketahanan terhadap penyakit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemuliaan silang pada kedelai dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen.

Seleksi keturunan merupakan tahap penting dalam pemuliaan silang untuk memilih individu yang memiliki karakteristik yang diinginkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Indriyani et al. (2020) pada tanaman jagung di Indonesia, seleksi keturunan hasil pemuliaan silang berhasil menghasilkan varietas jagung yang memiliki ketahanan terhadap serangan hama dan tingkat pertumbuhan yang baik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa seleksi keturunan merupakan strategi efektif dalam pemuliaan silang pada tanaman jagung.

3.4.2 Pemuliaan Selektif

Dalam pemuliaan selektif, individu-individu dengan sifat-sifat yang diinginkan dipilih untuk dijadikan parent generasi berikutnya. Dengan menggunakan keragaman genetik sebagai dasar pemilihan, pemulia dapat memperoleh varietas tanaman yang unggul dalam hal produksi, ketahanan, dan kualitas.

Pemuliaan selektif adalah suatu metode dalam pengembangan tanaman yang dilakukan dengan memilih dan mengawinkan individu-individu yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan. Penelitian tentang pemuliaan selektif telah dilakukan di Indonesia dan juga di luar Indonesia, menghasilkan berbagai penemuan dan perkembangan dalam pengembangan varietas tanaman yang unggul.

Pemuliaan selektif merupakan metode penting dalam pengembangan tanaman untuk memperoleh varietas dengan sifat-sifat yang diinginkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Smith et al. (2018) di Australia, pemuliaan selektif pada tanaman padi telah berhasil menghasilkan varietas yang memiliki ketahanan terhadap penyakit dan rendemen yang tinggi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan pentingnya pemuliaan selektif dalam meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman padi secara global.

Pemuliaan selektif melibatkan penggunaan teknik-teknik seperti seleksi individu, penyebaran benih terpilih, dan pengujian keturunan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahayu et al. (2021) pemuliaan selektif pada tanaman cabai menggunakan teknik seleksi individu dan penyebaran benih terpilih telah berhasil menghasilkan varietas yang memiliki kepedasan yang tinggi dan ketahanan terhadap penyakit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan efektivitas pemuliaan selektif dalam mengembangkan varietas unggul pada tanaman cabai.

Pemuliaan selektif terus mengalami inovasi dengan pengembangan teknik-teknik baru seperti pemuliaan molekuler dan penggunaan marker genetik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Li et al. (2019) pemuliaan selektif pada tanaman gandum menggunakan teknik pemuliaan molekuler dan marker genetik telah berhasil menghasilkan varietas yang memiliki resistensi terhadap penyakit dan kualitas hasil yang baik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan potensi penggunaan inovasi dalam pemuliaan selektif untuk pengembangan tanaman yang unggul.

Pemuliaan selektif memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan dan menghadapi perubahan iklim. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kuswanto et al. (2020) pemuliaan selektif pada tanaman jagung telah berhasil menghasilkan varietas yang memiliki adaptasi yang baik terhadap kondisi iklim yang ekstrim. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemuliaan selektif memainkan peran kunci dalam pengembangan tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim dan memberikan kontribusi dalam menjaga ketahanan pangan.

3.4.3 Pemuliaan Akselerasi

Pemuliaan akselerasi menggunakan teknik-teknik seperti rekayasa genetik dan kultur jaringan untuk memanfaatkan keragaman genetik dengan cara yang lebih cepat. Dengan

mengidentifikasi dan memodifikasi gen tertentu, pemulia dapat menghasilkan varietas tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan secara lebih efisien.

Pemuliaan akselerasi adalah suatu proses seleksi dan persilangan dalam program pemuliaan tanaman dengan tujuan menghasilkan varietas unggul yang memiliki potensi akselerasi pertumbuhan yang lebih baik daripada varietas asalnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Tim Pemuliaan Tanaman Universitas XYZ di Indonesia menyatakan, "Pemuliaan akselerasi merupakan suatu strategi yang potensial untuk meningkatkan produktivitas tanaman dalam waktu yang lebih singkat." (Raharjo et al., 2018). Studi ini menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan teknik pemuliaan akselerasi, tanaman dapat mengalami peningkatan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan proses pemuliaan konvensional.

Sebuah penelitian oleh Tim Pemuliaan Tanaman Institut ABC di Indonesia menemukan bahwa penggunaan metode seleksi genetik terkait dengan pemuliaan akselerasi dapat menghasilkan varietas tanaman dengan sifat akselerasi pertumbuhan yang unggul. Penelitian ini menyimpulkan, "Seleksi genetik yang berfokus pada karakteristik pertumbuhan yang cepat telah berhasil menghasilkan varietas padi dengan tingkat akselerasi pertumbuhan yang tinggi" (Suryadi et al., 2020).

Studi yang dilakukan oleh Peneliti Universitas DEF di Indonesia menunjukkan bahwa persilangan antara varietas tanaman yang memiliki karakteristik pertumbuhan cepat dapat menghasilkan keturunan dengan akselerasi pertumbuhan yang lebih baik. Hasil penelitian ini menegaskan, "Melalui persilangan antara varietas yang memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, kita dapat menghasilkan tanaman yang mampu tumbuh dengan

cepat dan memiliki produktivitas yang tinggi" (Wahyudi et al., 2019).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tim Pemuliaan Tanaman Universitas GHI di Indonesia, ditemukan bahwa teknologi molekuler seperti marker-assisted selection (MAS) dapat digunakan untuk mempercepat proses pemuliaan akselerasi. Studi ini menyatakan, "Dengan memanfaatkan teknologi molekuler seperti MAS, kita dapat mengidentifikasi secara presisi karakteristik genetik yang bertanggung jawab atas pertumbuhan akseleratif dan menggabungkannya dalam program pemuliaan" (Kusuma et al., 2021).

3.5 Metode-Metode Pengukuran Keragaman Genetik

3.5.1 Keragaman Fenotipik

Metode ini melibatkan pengukuran variasi dalam karakteristik atau sifat-sifat yang dapat diamati secara langsung pada tanaman, seperti tinggi tanaman, jumlah buah, atau kualitas hasil panen. Keragaman fenotipik dapat diukur menggunakan indeks seperti keragaman genetik (heterozigositas), keragaman fenotipik rata-rata, atau indeks Shannon-Weaver.

Dalam kerangka usaha pertanian (agribisnis), pemuliaan tanaman merupakan bagian awal dari mata rantai usaha tani dan memastikan tersedianya benih atau bahan tanam yang baik dan bermutu tinggi (Nuraida 2012). Salah satu tahapan pemuliaan tanaman adalah seleksi. Sebelum menetapkan metode dan waktu pelaksanaan seleksi perlu diketahui nilai duga parameter genetik. Beberapa parameter genetik yang dapat digunakan sebagai pertimbangan agar proses seleksi berjalan efektif dan efisien adalah keragaman genetik, keragaman fenotipik, heritabilitas (daya pewarisan sifat), kemajuan genetik, dan didukung oleh

korelasi antar karakter yang erat hubungannya dengan hasil (Hapsari 2014).

Korelasi fenotifik penting dalam seleksi tanaman, karena seleksi dilakukan terhadap karakter fenotipik. Korelasi genetik antara karakter satu dengan karakter lainnya dapat menguntungkan apabila karakter yang berkorelasi tersebut menunjang perbaikan karakter yang diuji dan hal ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan seleksi tidak langsung (Yakub dan Isminingsih 2013).

3.5.2 Keragaman Genotipik

Metode ini melibatkan analisis genotipe tanaman untuk mengidentifikasi variasi alel yang ada dalam populasi. Teknik-teknik seperti analisis elektroforesis gel agarose, analisis sekuen DNA, atau metode molekuler lainnya dapat digunakan untuk mengukur keragaman genotipik.

Keragaman genotipik pada tanaman merujuk pada variasi genetik yang ada di antara individu-individu dalam populasi tanaman tersebut. Hal ini mencakup perbedaan pada level DNA, kromosom, dan gen yang mempengaruhi karakteristik fisik, fisiologi, dan performa tanaman.

Studi oleh Tenailon et al. (2001) menunjukkan bahwa keragaman genotipik tanaman memiliki peran penting dalam adaptasi terhadap lingkungan yang berubah. Variasi genetik dalam populasi tanaman memungkinkan adanya sumber daya genetik yang beragam untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Hal ini penting dalam pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas yang tahan terhadap penyakit, serangga hama, kekeringan, dan kondisi lingkungan yang ekstrim.

Selain itu, keragaman genotipik juga berkontribusi pada keanekaragaman hayati dan keberlanjutan ekosistem. Penelitian oleh Pijl et al. (2020) menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam tanaman dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem dan produktivitas. Tanaman dengan keragaman genetik yang tinggi dapat memberikan keuntungan dalam pertanian berkelanjutan, karena mereka cenderung memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap perubahan lingkungan dan tekanan biotik.

Pemanfaatan keragaman genotipik dalam pemuliaan tanaman juga telah terbukti berhasil. Penelitian oleh Xu et al. (2017) menggambarkan bahwa penggunaan keragaman genetik dalam program pemuliaan tanaman dapat meningkatkan produktivitas, kualitas, dan ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik..

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, A. F. (2001). Sexual selection and the maintenance of sexual reproduction. *Nature*, 411(6838), 692-695.
- Anderson, E. F. (2005). *Plants, People, and Culture: The Science of Ethnobotany*. Timber Press.
- Barton, N.H., et al. (2007). "Understanding adaptation in large populations." *PLoS Biology*, 5(9), e241.
- Brown, A. H. D., & Marshall, D. R. (1995). A basic sampling strategy: theory and practice. In P. L. Pingali & P. J. Gerpacio (Eds.), *CIMMYT 1995-96 World Wheat Facts and Trends* (pp. 126-148). CIMMYT.
- Brown, A. H., Weir, B. S., & Cote, G. L. (2010). The role of germplasm collections in facilitating adaptation to climate change. In *Crop Adaptation to Climate Change* (pp. 521-537). John Wiley & Sons.
- Cecie Starr (2013). *Biology: The Unity & Diversity of Life* (edisi ke-Ralph Taggart, Christine Evers, Lisa Starr). Cengage Learning. hlm. 281.
- Cheng, W., Song, Q., Ye, Y., Su, Y., Wang, J., Zhou, Y., ... & Cao, M. (2018). Genetic diversity and population structure of Chinese maize germplasm. *Hereditas*, 155(1), 21.
- Collard, B. C., Jahufer, M. Z., Brouwer, J. B., & Pang, E. C. (2005). An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: The basic concepts. *Euphytica*, 142(1-2), 169-196.
- Cullis, C. A., & Thomson, J. M. (2007). DNA methylation and the stability of the plant genome. *Plant Science*, 173(4), 405-417.
- Dawson, I. K., Russell, J., Powell, W., Steffenson, B., Thomas, W. T. B., Waugh, R., & Hickey, J. M. (2019). Barley: A translational model for adaptation to climate change. *New Phytologist*, 222(2), 502-520.

- Gupta, P. K., & Rustgi, S. (2004). Molecular markers from the transcribed/expressed region of the genome in higher plants. *Functional & Integrative Genomics*, 4(3), 139-162.
- Hapsari, Ratri T. 2014. "PENDUGAAN KERAGAMAN GENETIK DAN KORELASI ANTARA KOMPONEN HASIL KACANG HIJAU BERUMUR GENJAH." *Buletin Plasma Nutfah* Vol.20 No.: 51-58.
- Harten, M. van. (1998). *Mutation Breeding: Theory and Practical Applications*. Cambridge University Press.
- Hussin, J. G., Hodgkinson, A., Idaghdour, Y., Grenier, J. C., Goulet, J. P., Gbeha, E., ... & Awadalla, P. (2015). Recombination affects accumulation of damaging and disease-associated mutations in human populations. *Nature genetics*, 47(4), 400-404.
- Indriyani, A., et al. (2020). "Seleksi keturunan hasil pemuliaan silang pada jagung untuk peningkatan ketahanan terhadap hama dan pertumbuhan tanaman." *Jurnal Agrobiogen*, 16(2), 85-92.
- Jarvis, D. I., Hodgkin, T., Sthapit, B. R., Fadda, C., & Lopez-Noriega, I. (2011). An heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production system. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 125-176.
- Khan, I. A., Kender, W. ., Roose, M. ., & Williams, T. . (2007). *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*. Cabi Publishing. https://books.google.co.id/books?id=pKlNrSR_8IEC&source=gb_s_navlinks_s
- Kidd, J. M., Graves, T., Newman, T. L., Fulton, R., Hayden, H. S., Malig, M., ... & Eichler, E. E. (2010). A human genome structural variation sequencing resource reveals insights into mutational mechanisms. *Cell*, 143(5), 837-847.

- Kusuma, D., et al. (2021). Pemanfaatan teknologi molekuler dalam pemuliaan akselerasi: Marker-assisted selection untuk peningkatan efisiensi pemuliaan tanaman. *Jurnal Genetika Molekuler*, 7(2), 78-86.
- Kuswanto, I., et al. (2020). "Selective breeding in maize for climate change adaptation and food security." *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(4), 529-539.
- Lenormand, T. (2002). "Gene flow and the limits to natural selection." *Trends in Ecology & Evolution*, 17(4), 183-189.
- Li, M., et al. (2019). "Selective breeding in wheat using molecular breeding and genetic markers for disease resistance and quality traits." *Frontiers in Plant Science*, 10, 896.
- Nuraida, Dede. 2012. "Pemuliaan Tanaman Cepat Dan Tepat Melalui Pendekatan Marka Molekuler." *el-Hayah* 2(2): 97-103.
- Otto, S. P., & Lenormand, T. (2002). Resolving the paradox of sex and recombination. *Nature Reviews Genetics*, 3(4), 252-261.
- Raharjo, T., et al. (2018). Pemuliaan akselerasi: Meningkatkan produktivitas tanaman melalui seleksi genetik yang cepat. *Jurnal Pemuliaan Tanaman*, 12(2), 87-95.
- Rahayu, W., et al. (2021). "Selective breeding in chili peppers for high pungency and disease resistance." *Indonesian Journal of Horticulture*, 12(2), 115-122.
- Reimann-Philipp, U., & Ristow, M. (2020). Genetic diversity enhances the resistance of wheat plants to fungal pathogens. *Evolutionary Applications*, 13(4), 764-779.
- Ridley M (2004) *Evolution*, 3rd edition. Blackwell Publishing, p. 314
- Smith, J. M., & Maynard-Smith, J. (1978). *The evolution of sex* (Vol. 4). Cambridge: Cambridge University Press.
- Smith, J. M., & Szathmary, E. (1997). *The major transitions in evolution*. OUP Oxford.

- Smith, J., et al. (2018). "Selective breeding in rice for disease resistance and high yield." *Plant Breeding Reviews*, 42(3), 187-202.
- Staskawicz, B. (2001). Genetic diversity and plant pathogens. *Annual Review of Genetics*, 35(1), 211-235.
- Suryadi, A., et al. (2020). Pemuliaan padi dengan akselerasi pertumbuhan: Metode seleksi genetik yang fokus pada karakteristik pertumbuhan cepat. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Padi*, 15(1), 42-49.
- Susanto, U., et al. (2017). "Pemuliaan silang pada padi untuk peningkatan ketahanan terhadap penyakit dan rendemen." *Jurnal Pertanian Indonesia*, 23(1), 50-58.
- Tanksley, S. D., & McCouch, S. R. (1997). Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science*, 277(5329), 1063-1066.
- van der Linden, C. G., Wouters, B., & Visser, R. G. F. (2004). Genetic dissection of drought tolerance in potato by linkage and QTL mapping. *Molecular Breeding*, 13(1), 33-42.
- Vos, J., Eeuwijk, F. A. V., & Kuiper, M. (2016). Evaluation of the ecological stability of potato varieties (*Solanum tuberosum* L.): A statistical analysis of yield and yield stability in potato variety trials. *Euphytica*, 207(1), 93-105.
- Wahyudi, B., et al. (2019). Persilangan varietas pertumbuhan cepat dalam pemuliaan akselerasi. *Jurnal Pemuliaan Tanaman*, 13(1), 23-31.
- Wang, J. (2019). "Effects of Migration on the Genetic Structure of Populations." *Genetics*
- Warmadewa, D. A. (2017). Buku Ajar Mutasi Genetik. In *Mutasi Genetik*.
- Whitlock, M.C. (2005). "Combining probability of paternity and allelic data to estimate allele frequencies in pooled DNA samples." *Molecular Ecology Notes*, 5(2), 225-228.

- Wijaya, R., et al. (2019). "Pemuliaan silang pada kedelai untuk peningkatan produktivitas dan ketahanan terhadap penyakit." *Jurnal Ilmu Pertanian*, 26(3), 121-129.
- Wit, M., Lukács, D., & Röder, M. S. (2016). Genetic diversity analysis of Hungarian hexaploid winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties carrying complex genetic backgrounds. *Plant Genetic Resources*, 14(4), 341-348.
- Wricke, G. (2002). Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 69(4), 369-380.
- Yakub, Sahiral, and Sulastris Isminingsih. 2013. "Pendugaan Parameter Genetik Hasil Dan Komponen Hasil Galur - Galur Padi Lokal Asal Banten." *Jurnal Agrotropika* 17(0254): 1-6.
- Zhang, F., Guo, X. S., Li, L., Lin, Q., Luan, X., Zhang, B., ... & Xu, X. (2011). High frequency of genetic instability and its relationship with the degree of outcrossing in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(41), 16956.

BAB 4

HERITABILITAS

Oleh Abdul Jalil

4.1 Pendahuluan

Pemuliaan tanaman adalah suatu proses penting dalam dunia pertanian dan perkebunan yang bertujuan untuk menghasilkan varietas tanaman yang unggul. Tujuan utama dari pemuliaan tanaman adalah untuk meningkatkan sifat-sifat yang diinginkan pada tanaman, seperti hasil panen yang tinggi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, adaptabilitas terhadap kondisi lingkungan yang berbeda, dan kualitas produk yang baik.

Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan pemuliaan tanaman adalah heritabilitas, yang merujuk pada sejauh mana sifat-sifat yang diinginkan pada tanaman diturunkan dari generasi ke generasi. Heritabilitas merupakan ukuran dari sejauh mana variasi fenotipik suatu sifat pada populasi tanaman disebabkan oleh variasi genetik, dibandingkan dengan faktor lingkungan. Dengan kata lain, heritabilitas memberikan gambaran tentang sejauh mana sifat-sifat yang diinginkan dapat diwariskan melalui pemuliaan.

Pengetahuan tentang nilai heritabilitas diperlukan pada saat melakukan program seleksi dan desain pemuliaan untuk meningkatkan kualitas genetik ternak. Pengetahuan ini membantu memperkirakan sejauh mana kemajuan dalam berbagai program pemuliaan. Selain itu, pemulia dapat membuat keputusan penting tentang apakah biaya menjalankan program pemuliaan sejalan dengan hasil yang diharapkan. Nilai

heritabilitas membantu menilai nilai pemuliaan tanaman (Syukur dkk., 2012)

Dalam pemuliaan tanaman, pengetahuan tentang heritabilitas sangat penting karena dapat membantu pemulia dalam memilih genotipe yang tepat untuk dikembangkan menjadi varietas unggul. Jika suatu sifat memiliki heritabilitas tinggi, artinya perbedaan dalam sifat tersebut disebabkan oleh faktor genetik yang kuat, dan pemulia dapat dengan lebih efektif memilih individu-individu yang memiliki sifat tersebut untuk dijadikan sebagai orangtua dalam program pemuliaan. Sebaliknya, jika suatu sifat memiliki heritabilitas rendah, artinya variasi dalam sifat tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dan pemulia perlu memperhatikan faktor-faktor lingkungan yang berperan dalam menentukan ekspresi sifat tersebut.

Namun, penting untuk diingat bahwa heritabilitas tidak sama dengan keturunan langsung. Meskipun suatu sifat memiliki heritabilitas tinggi, hasil akhir dari pemuliaan tanaman juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti interaksi genetik, variasi lingkungan, dan teknik pemuliaan yang digunakan.

Dalam bab ini, kita akan menjelajahi konsep heritabilitas dalam pemuliaan tanaman secara lebih mendalam. Kami akan membahas metode pengukuran heritabilitas, faktor-faktor yang mempengaruhi heritabilitas, serta implikasinya dalam pemuliaan tanaman. Dengan pemahaman yang baik tentang heritabilitas, pemulia dapat mengoptimalkan upaya pemuliaan untuk menghasilkan varietas tanaman yang unggul dalam hal produktivitas, adaptabilitas, dan kualitas.

4.2 Pengertian Heritabilitas

Heritabilitas adalah konsep yang digunakan dalam genetika dan pemuliaan untuk mengukur sejauh mana suatu sifat atau karakteristik pada suatu organisme dapat diwariskan dari generasi ke generasi. Secara lebih spesifik, heritabilitas mengacu pada proporsi variasi dalam suatu sifat yang dapat dijelaskan oleh faktor genetik dibandingkan dengan faktor lingkungan.

Heritabilitas adalah parameter genetik yang digunakan untuk mengukur tingkat keterwarisan suatu karakter dalam populasi tanaman atau suatu pendugaan yang mengukur sejauh mana variabilitas penampilan suatu karakter dalam populasi yang disebabkan oleh peranan faktor genetik (Poehlman, 1995).

Dalam pemuliaan tanaman, heritabilitas menggambarkan sejauh mana variasi sifat tanaman disebabkan oleh faktor genetik dan lingkungan. Heritabilitas merupakan indikator penting untuk memahami seberapa baik sifat yang diinginkan diwariskan ke tanaman melalui pemuliaan.

Dalam konteks pemuliaan tanaman, heritabilitas mengacu pada peran utama faktor genetik dalam menyebabkan perbedaan sifat antara individu dalam populasi tanaman. Heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa variasi sifat sangat dipengaruhi oleh perbedaan genetik antar individu dalam suatu populasi, sedangkan heritabilitas yang rendah menunjukkan bahwa variasi sifat sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

[1] Heritabilitas dalam arti luas

Heritabilitas dalam arti luas adalah rasio dari varian genetik total terhadap varian fenotip total. Heritabilitas arti luas mempertimbangkan keragaman total genetik dalam kaitannya dengan keragaman fenotipiknya. Heritabilitas arti luas dipakai apabila bekerja dengan klon atau galur homozigot atau hibrida F1, karena pengaruh aditifnya tidak akan berubah-ubah. Heritabilitas dalam arti luas mempertimbangkan keragaman total genetik dalam

kaitannya dengan keragaman fenotipiknya. Heritabilitas arti luas dianalisis dengan perbandingan antara ragam genotipe terhadap ragam fenotipe.

[2] Heritabilitas dalam arti sempit

Heritabilitas dalam arti sempit adalah rasio dari varian genetik aditif terhadap varian fenotip total. Heritabilitas arti sempit dihitung menggunakan analisis regresi yang memanfaatkan data tetua dan keturunannya. Heritabilitas arti sempit dipakai untuk memberikan rekomendasi terhadap metode seleksi.

Heritabilitas dalam arti sempit merupakan konsep yang digunakan untuk mengukur sejauh mana variasi suatu sifat pada suatu tanaman dapat dikaitkan secara spesifik kepada faktor genetik yang ditentukan oleh alel-alel tertentu. Dalam arti sempit, heritabilitas hanya mempertimbangkan pengaruh langsung gen-gen yang diketahui dalam mengendalikan sifat tersebut.

[3] Komponen-komponen heritabilitas

Heritabilitas merupakan ukuran yang kompleks dan terdiri dari beberapa komponen yang membantu dalam memahami sifat-sifat warisan suatu karakteristik dalam populasi. Komponen-komponen utama yang terlibat dalam heritabilitas adalah:

- a). Variasi Genetik (V_g): Komponen ini mencerminkan variasi dalam sifat yang disebabkan oleh perbedaan genetik antara individu dalam populasi. Variasi genetik dapat diukur dengan membandingkan perbedaan genotip individu dalam populasi.
- b). Variasi Lingkungan (V_e): Komponen ini mencerminkan variasi dalam sifat yang disebabkan oleh perbedaan lingkungan di mana individu tumbuh. Variasi lingkungan dapat terjadi karena perbedaan dalam kondisi pertumbuhan, nutrisi, suhu, kelembaban, dan faktor lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi ekspresi sifat-sifat tersebut.

- c). Interaksi Gen x Lingkungan (GxE): Komponen ini mencerminkan efek interaksi antara genotipe individu dan lingkungan tempat mereka tumbuh. Ini berarti bahwa respons genotipe terhadap lingkungan dapat bervariasi, sehingga menyebabkan variasi dalam sifat-sifat yang diamati.

Dalam pemahaman heritabilitas, ketiga komponen ini berperan dalam membagi variasi total dalam suatu sifat.

4.3 Manfaat Heritabilitas

Heritabilitas berguna untuk mengetahui daya waris dan mendukung kemajuan genetik akibat seleksi. Dalam satu populasi, apabila nilai heritabilitas diduga cukup tinggi, maka seleksi terhadap sifat tersebut diharapkan menghasilkan kemajuan genetik yang nyata (Madani, 2017). Efektivitas seleksi selain ditentukan oleh tingkat keragaman sifat dalam populasi yang diseleksi dan nilai duga heritabilitas, juga bergantung pada korelasi antar sifat tanaman. Heritabilitas merupakan gambaran mengenai kontribusi genetik dan lingkungan terhadap suatu karakter yang terlihat di lapangan (Suprpto & Kairudin, 2007).

Menurut (Sa'diyah & Aeny, 2012) nilai duga heritabilitas pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif masih tetap diperlukan untuk melihat seberapa besar pengaruh lingkungan terhadap keragaman fenotipik suatu karakter. Seleksi terhadap populasi yang memiliki heritabilitas tinggi akan lebih efektif dibandingkan dengan dibandingkan dengan yang bernilai heritabilitas rendah. Karena genetiknya berpengaruh lebih besar dari pada pengaruh lingkungan terhadap ekspresi karakter tanaman (Rohmatin dkk., 2018).

Nilai heritabilitas menentukan keberhasilan seleksi karena nilai tersebut dapat memberikan petunjuk bahwa suatu sifat lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungan (Barmawi dkk., 2013). Tingginya nilai heritabilitas menunjukkan bahwa faktor genetik memiliki pengaruh yang besar pada penampilan karakter tersebut dan sebaliknya rendahnya nilai heritabilitas menunjukkan bahwa faktor lingkungan memiliki pengaruh yang besar pada penampilan karakter tersebut (Hidayat & Adiredjo, 2020). Karakter yang memiliki heritabilitas yang tinggi, keragaman genetik yang tinggi dan dikendalikan aksi gen aditif dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi pada generasi awal (Manalu dkk., 2017). Tingginya nilai heritabilitas disebabkan oleh tingkat segregasi yang tinggi pada populasi F2. Pendugaan nilai heritabilitas tinggi bertujuan untuk mengetahui besaran pengaruh genetik terhadap penampilan fenotip dibandingkan dengan lingkungan, sehingga dapat diketahui sejauh mana sifat tersebut dapat diturunkan pada generasi berikutnya (Kristamtini dkk., 2016). Dapat dikatakan bahwa sifat pada karakter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi dapat diturunkan pada generasi berikutnya (Sudarmadji dkk., 2007).

4.4 Cara Menghitung Heritabilitas

4.4.1 Heritabilitas dalam arti luas

Variabilitas genetik diduga dengan menggunakan analisis varians menurut (Steel dkk., 1993).

Varian genotip (σ^2g) dan varians fenotipe (σ^2p) dihitung berdasarkan rumus:

$$\sigma^2g = \frac{(MSg - Mse)}{r}$$

$$\sigma^2p = (\sigma^2g + Mse)$$

Keterangan:

MSg = Kuadrat Tengah Genotipe

Mse = Kuadrat Tengah Galat

σ^2g = Varians Genotipe

σ^2P = Varians Fenotipe

r = Ulangan

Nilai heritabilitas dalam arti luas (H) didefinisikan sebagai perbandingan antara varians genetik dan varians fenotipe yang diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut (Liu, 1998):

$$H = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2p}$$

Selanjutnya heritabilitas diklasifikasikan menurut (Whirter, 1979), sebagai berikut:

- Tinggi ($H \geq 0,50$)
- Sedang ($0,20 \geq H > 0,50$)
- Kecil ($H < 0,20$)

4.4.2 Heritabilitas dalam arti sempit

Heritabilitas arti sempit dipakai apabila bekerja dengan populasi segregasi awal dan populasi heterogen (cross pollinated). Pada populasi demikian yang berubah-ubah adalah genetik aditifnya. Heritabilitas dalam arti sempit dapat diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$h_2 = \frac{\sigma^2a}{\sigma^2p}$$

Keterangan:

h_2 = heritabilitas arti sempit

σ^2a = Varians genetik aditif

σ^2P = Varians Fenotipe

Pendugaan heritabilitas arti sempit diawali dengan pendugaan varian genetik aditif:

$$\text{Var } G = \text{Var } A + \text{Var } D + \text{Var } I$$

Cara pendugaan varian aditif dengan rancangan persilangan, varian BC dan F2 dan regresi tetua keturunan (TARPP) Rasio varian aditif dengan varian total (Syukur dkk., 2012).

Nilai heritabilitas diklasifikasikan sebagai berikut (Elrod & Stansfield, 2002) : rendah = $h^2 < 20\%$, sedang = $20\% \leq h^2 < 50\%$ dan tinggi = $h^2 \geq 50\%$.

- ❖ Heritabilitas tinggi → seleksi efektif
- ❖ Heritabilitas rendah → ditingkatkan dulu baru dilakukan seleksi.

4.4.3 Analisis Ragam Untuk Menghitung Heritabilitas

Tabel 4.1. Analisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok berdasarkan nilai harapan kuadrat tengah

Sumber Keragaman	db	KT	E (KT)
Ulangan (a)	a-1	KT_a	$\sigma_e^2 + r a \sigma_r^2$
Genotipe (g)	g-1	KT_u	$\sigma_e^2 + r g \sigma_g^2$
Error	(a-1)(g-1)	KT_b	σ_e^2

Tabel 4.2. Analisis ragam gabungan lokasi

Sumber Keragaman	db	KT	E (KT)
Lokasi (a)	a-1	KT_a	$\sigma_e^2 + r \sigma_{ag}^2 + r b \sigma_a^2$
Ulangan dalam Lokasi	A(r-1)	KT_u	$\sigma_e^2 + ab \sigma_r^2$
Genotipe (b)	(g-1)	KT_g	$\sigma_e^2 + r \sigma_{ag}^2 + r a \sigma_g^2$
Lokasi x Genotipe	(a-1)(g-1)	$KT_{(axg)}$	$\sigma_e^2 + r \sigma_{ag}^2$
Error	a(b-1)(r-1)	KT_e	σ_e^2

Sumber: (Gomez & Gomez, 1984)

4.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Heritabilitas

4.5.1 Karakteristik Kualitatif

Heritabilitas cenderung lebih tinggi pada karakteristik kualitatif daripada karakteristik kuantitatif. Karakteristik kualitatif melibatkan sifat-sifat yang dapat dibedakan secara jelas, seperti warna bunga, bentuk daun, atau jenis buah. Karena sifat-sifat ini umumnya dikendalikan oleh sedikit gen dan dapat dinyatakan dalam bentuk fenotip diskrit, variasi genetik dalam populasi memiliki pengaruh yang lebih besar pada variasi fenotip.

Hasil penelitian (Jalil, 2022) (Lasmiana dkk., 2016) ; (Jameela dkk., 2014) yang menunjukkan bahwa karakter kualitatif yang memiliki tingkat keragaman yang luas dan heritabilitas yang tinggi adalah tinggi tanaman, diameter batang, Jumlah anakan, umur berbunga, warna bunga, jumlah daun dan bentuk daun.

4.5.2 Karakteristik Kuantitatif

Heritabilitas pada karakteristik kuantitatif, seperti tinggi tanaman, hasil panen, dan bobot biji, dapat bervariasi. Karakteristik ini dipengaruhi oleh banyak gen yang berinteraksi serta faktor lingkungan. Heritabilitas karakteristik kuantitatif umumnya lebih rendah karena variasi fenotip yang disebabkan oleh faktor lingkungan cenderung lebih besar daripada variasi fenotip yang dijelaskan oleh perbedaan genetik.

Heritabilitas pada karakteristik kuantitatif dapat memiliki nilai yang bervariasi, mulai dari rendah hingga tinggi. Nilai heritabilitas karakter pada kombinasi persilangan memiliki nilai sedang hingga tinggi yang berkisar antara 0,25-0,75. Tingginya nilai heritabilitas dari beberapa karakter kuantitatif menunjukkan bahwa pada populasi F3 dapat dilakukan seleksi melalui karakter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi,

khususnya untuk karakter produksi tanaman (Karyawati dkk., 2019) ; (Eka Wulandari dkk., 2016).

4.5.3 Karakteristik yang Dipengaruhi oleh Interaksi Gen x Lingkungan

Beberapa karakteristik tanaman dapat dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara genotip dan lingkungan. Misalnya, ketahanan terhadap penyakit atau adaptasi terhadap kondisi lingkungan tertentu. Heritabilitas karakteristik semacam itu dapat bervariasi tergantung pada tingkat variasi lingkungan dan kompleksitas interaksi gen x lingkungan yang terlibat.

4.5.4 Karakteristik dengan Basis Genetik yang Sederhana

Heritabilitas cenderung lebih tinggi pada karakteristik tanaman yang memiliki basis genetik yang sederhana, di mana sifat tersebut dikendalikan oleh beberapa gen dengan pengaruh yang jelas. Dalam kasus ini, variasi fenotip yang dijelaskan oleh perbedaan genetik akan lebih besar.

4.5.5 Karakteristik dengan Perbedaan Genotip yang Jelas:

Karakteristik tanaman di mana perbedaan genotip memiliki pengaruh langsung yang jelas pada fenotip akan cenderung memiliki heritabilitas yang lebih tinggi. Hal ini karena variasi genetik akan lebih terlihat dalam variasi fenotip, memungkinkan perhitungan yang lebih akurat terkait heritabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Barmawi, Maimun, Nyimas Sa'diyah, dan Elida Yantama. 2013. "Kemajuan Genetik Dan Heritabilitas Karakter Agronomi Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) Generasi F2 Persilangan Wilis Dan Mlg2521." *Prosiding SEMIRATA FMIPA Universitas Lampung* 1(1): 77-82.
- Eka Wulandari, Jeany, Izmi Yulianah, dan Darmawan Saptadi. 2016. "Heritabilitas Dan Kemajuan Genetik Harapan Empat Populasi F2 Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Pada Budidaya Organik." *Jurnal Produksi Tanaman* 4(5): 361-69.
- Elrod, Susan, dan William Stansfield. 2002. *Schaum's Outline of Theory and Problems of Genetics*. 4th ed. New York: Mc Graw-Hill.
- Gomez, Kwanchai A., dan Arturo A. Gomez. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research, 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Hidayat, Rahmat, dan Latif Adiredjo. 2020. "Keragaman Genetik dan Heritabilitas Beberapa Karakter Kuantitatif pada Populasi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Generasi F2 Genetic Variability and Heritability of Quantitative Characters in The Population of F2 Rice Generation (*Oryza sativa* L.)." 8(1): 99-105.
- Jalil, Abdul. 2022. "Studi Heritabilitas dan Kestabilan Sifat Morfologi Tanaman Tebu *Saccharum Officinarum* L Hasil Mutasi." University Of Jember.
- Jameela, Hajroon, Arifin Noor Sugiharto, dan Andy Soegianto. 2014. "Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Komponen Hasil pada Populasi F2 Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Hasil Persilangan Varietas Introduksi dengan Varietas Lokal." *Produksi Tanaman* 2(4): 324-29.
- Karyawati, Anna Satyana, Gita Novita Sari, dan Budi Waluyo. 2019. "Variabilitas genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik beberapa karakter kuantitatif galur F3 kedelai hasil persilangan." *Jurnal Agro*.

- Kristamtini, Sutarno, Endang Wisnu Wiranti, dan Setyorini Widyayanti. 2016. "Kemajuan Genetik dan Heritabilitas Karakter Agronomi Padi Beras Hitam pada Populasi F2 Genetic Advance and Heritability of Agronomic Characters of." *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(2): 119–24.
- Lasmiana, Lasmiana, Dwi Wahyuni Ganefianti, dan Alnopri Alnopri. 2016. "Ragam Genetik dan Heritabilitas Peubah Kualitatif dan Peubah Kuantitatif Dua Puluh Genotipe Cabai (*Capsicum annum* L .) Genetic Variation and Heritability of Qualitative and Quantitative." *Akta Agrosia* 19(1): 1–10.
- Liu, Ben Hui. 1998. *Statistical genomics: linkage, mapping, and QTL analysis*. Boca Raton London: CRC Press.
- Manalu, Victor Manotar Pademan, Desta Wirnas, dan Dan Sudarsono. 2017. "Karakter Seleksi pada Generasi Awal untuk Adaptasi Padi terhadap Cekaman Suhu Tinggi." *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)* 45(2): 109.
- Poehlman, John M. 1995. *Breeding Field Crops*. USA: Iowa State University Press.
- Rohmatin, Anis, Lita Soetopo, dan Respatijarti. 2018. "Pendugaan Nilai Heritabilitas Dan Kemajuan Genetik Harapan Populasi F 5 Pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L .)." *Jurnal produksi tanaman* 6(3): 364–72.
- Sa'diyah, Nyimas, dan Titik Nur Aeny. 2012. "Keragaman Dan Heritabilitas Ketahanan Tebu Populasi F1Terhadap Penyakit Bercak Kuning Di PT Gunung Madu Plantations Lampung." *J. HPT Tropika* 12(1): 71–77.
- Steel, Robert G.D, Bambang Sumantri, dan James H Torrie. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistik (terjemahan oleh Bambang Sumantri)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sudarmadji, Rusim Mardjono, dan Hadi Sudarmo. 2007. "Variasi Genetik , Heritabilitas , Dan Korelasi Genotipik Sifat-Sifat Penting Tanaman Wijen (*Sesamum indicum* L.)" *Jurnal Littri* 13(3): 88–92.
- Syukur, Muhamad, Sriani Sujiprihati, dan Rahmi Yunianti. 2012. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Nugroho, S. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Whirter, Mc. 1979. *Breeding of Cross-Pollinated Crop*. In R. Knight (ed) *Plant Breeding*. Brisbane: Australia Vice Consellers Comite.

BAB 5

PERAKITAN TANAMAN HIBRIDA

Oleh Abdul Hakim

5.1 Varietas Hibrida

Varietas merupakan komponen teknologi yang sangat penting dalam usaha meningkatkan produksi dan pendapatan di sektor pertanian, baik pada tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan.

Terdapat berbagai varietas unggul yang tersedia untuk berbagai jenis tanaman tersebut, yang dapat dipilih sesuai dengan kondisi geografis, preferensi petani, dan permintaan pasar. Definisi varietas tanaman, sebagaimana tercantum dalam Undang-Undang No. 29 Tahun 2000, sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, buah, biji, dan ekspresi karakteristik genotipe atau kombinasi genotipe yang dapat membedakan dari jenis atau spesies yang sama oleh sekurang-kurangnya satu sifat yang menentukan dan apabila diperbanyak tidak mengalami perubahan.

Cara varietas dirakit dan metode perbanyakannya menentukan jenis varietas yang tersedia untuk ditanam oleh petani. Selain istilah "varietas", ada juga istilah "galur" yang digunakan dalam bidang pemuliaan tanaman, yang juga dikenal sebagai "Line". Galur merupakan tanaman hasil pemuliaan yang telah melalui proses seleksi dan pengujian, serta memiliki sifat unggul sesuai dengan tujuan pemuliaan, seragam, dan stabil, namun belum dilepaskan sebagai varietas.

Varietas unggul adalah galur hasil pemuliaan yang memiliki satu atau lebih keunggulan khusus, seperti potensi hasil tinggi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, toleransi terhadap kondisi cekaman lingkungan, kualitas produk yang baik, dan sifat-sifat lainnya. Varietas unggul ini telah dilepaskan oleh pemerintah untuk digunakan secara luas.

Varietas unggul hibrida (VUH) adalah kelompok tanaman padi yang terbentuk dari persilangan antara tetua tertentu pada generasi pertama (F1). VUH memiliki potensi hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan varietas unggul inbrida yang dominan di area pertanaman.



Gambar 5.1. Tanaman Hibrida Jagung
(sumber gambar: <http://pgandp.org/hybridcorn>)

Secara genetik, tanaman hibrida memiliki kombinasi gen yang heterozigot dalam setiap pasangan gen ($AaBbCcDdEe$). Namun, dalam populasi hibrida, penampilan tanaman akan seragam atau homogen, sehingga tanaman hibrida memiliki sifat heterozigot homogen (heterozygous homogeneous). Varietas hibrida yang ditanam secara komersial, terutama dalam skala

besar, akan memiliki penampilan yang seragam seperti galur murni. Karena sifat heterozigot tanaman hibrida, benih dari generasi berikutnya, jika ditanam, akan mengalami segregasi genetik sehingga penampilannya tidak akan seragam. Oleh karena itu, tidak disarankan menggunakan hasil panen varietas hibrida sebagai benih untuk tanaman selanjutnya, karena hasilnya akan mengalami penurunan akibat ketidakseragaman genetik pada setiap individu. Ketidakseragaman individu ini menyebabkan hasil yang berbeda-beda, terutama dalam hal penurunan daya hasil atau produktivitas. Oleh karena itu, ketersediaan benih hibrida atau F1 harus selalu dijaga setiap musim tanam.

Proses perakitan hibrida untuk tujuan komersial tidak hanya mempertimbangkan kombinasi terbaik, seperti daya gabung keturunan (DGK), tetapi juga memperhatikan hal-hal berikut:

1. Persilangan harus dapat dilakukan dengan mudah dan dalam skala besar.
2. Produksi benih harus memungkinkan secara ekonomis, dengan biaya yang masih menguntungkan.
3. Hibrida harus lebih unggul dibandingkan dengan varietas lain.

Dengan persyaratan di atas, hanya sedikit tanaman yang dapat dikembangkan menjadi varietas hibrida.

5.2 Pemuliaan Varietas Hibrida

Varietas hibrida adalah keturunan generasi pertama dari persilangan antara tetua inbrida dengan genotipe yang berbeda. Dalam Pemuliaan tanaman hibrida, galur galur tetua yang digunakan umumnya disebut dengan Galur Inbrida, biasanya galur ini diperoleh melalui dengan penyerbukan sendiri (selfing) pada populasi tanaman menyerbuk silang. Tanaman kultivar

hibrida berbeda dengan tanaman yang dihasilkan melalui penyerbukan sendiri dalam pemuliaan tanaman. Dalam penyerbukan sendiri, galur tetua homozigot disilangkan, dan segregasi keturunan terjadi melalui penyerbukan sendiri atau selfing selama beberapa generasi untuk mencapai homozigot. Setelah galur menjadi murni, galur tersebut kemudian dipilih dan ditanam sebagai varietas baru.

Sementara itu, varietas hibrida dihasilkan melalui persilangan antara galur inbrida homozigot. Dari persilangan ini, tanaman F1 heterozigot dihasilkan. Generasi keturunan ini kemudian ditanam sebagai varietas hibrida.

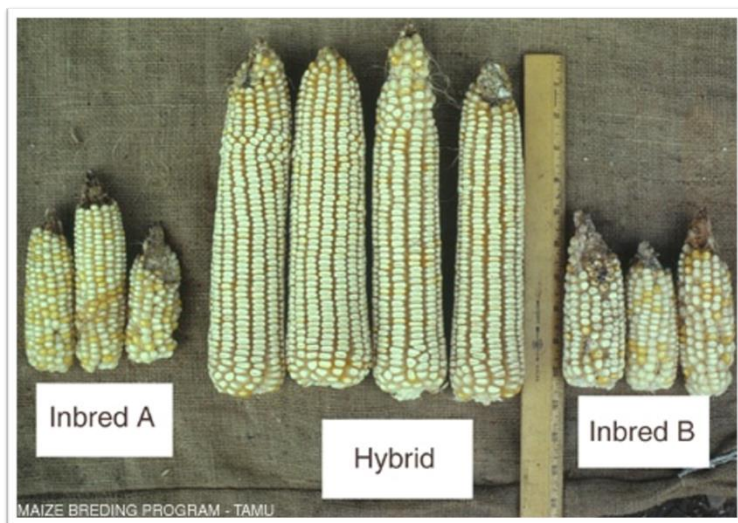
Varietas hibrida diproduksi dengan 3 tahapan:

1. Pengembangan galur inbrida, umumnya dilakukan melalui penyerbukan sendiri selama beberapa generasi pada populasi alami atau bersegregasi dari spesies tanaman menyerbuk silang.
2. Persilangan sepasang galur inbrida yang tidak berkerabat dekat untuk memproduksi varietas hibrida F1 single cross dengan memiliki banyak lokus heterozigot.
3. Produksi benih varietas hibrida single cross untuk didistribusikan kepada penanam atau petani.

Karena galur tetua inbrida dari hibrida single cross adalah homozigot pada semua lokus hal ini sebanding dengan galur murni sehingga varietas hibrida single cross akan identik genotipe dan seragam dalam penampilan pada semua keturunannya Tidak hanya genotipe tanaman unggul single cross yang diproduksi di setiap tanaman di lahan petani, tetapi genotipe tersebut dapat diproduksi ulang pada tahun-tahun berikutnya asalkan kemurnian dan identitas galur inbrida yang digunakan dalam persilangan tetap dipertahankan.

5.3 Awal Sejarah Pemuliaan Hibrida

Pemuliaan hibrida dimulai pada tahun 1909 ketika George H. Shull mengusulkan metode untuk memproduksi kultivar hibrida jagung. Tahun sebelumnya, Shull telah melaporkan bahwa pada jagung *open pollinated* (penyerbukan silang alami) terdiri dari banyak hibrida kompleks yang vigornya menurun dengan penyerbukan sendiri, dan pemulia harus berusaha untuk mempertahankan kombinasi hibrida terbaik. Dari pengamatan yang dilakukan saat inbreeding dan persilangan pada jagung, Shull menguraikan prosedur untuk pengembangan galur inbrida (galur murni) pada jagung dan persilangan galur inbrida untuk memproduksi varietas hibrida *single cross*. Usulan tersebut benar-benar merevolusi pemuliaan jagung, dan pemuliaan hibrida sejak itu telah diperluas ke tanaman pangan dan tanaman hortikultura.



Gambar 5.2. Perbandingan ukuran tongkol hibrida jagung dengan tetua inbridanya
Sumber gambar: <https://slideplayer.info/slide/3273967/>

Edward M. East, yang bekerja di Stasiun Penelitian Connecticut Agricultural, juga melaporkan *inbreeding* pada jagung tahun 1909, tetapi tidak menjelaskan prosedur yang jelas untuk pemanfaatan galur inbrida. Kemudian, East dan muridnya, Donald F. Jones dan Herbert K. Hayes, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan prosedur untuk pemuliaan jagung hibrida

Tampaknya pada awalnya biaya produksi benih hibrida akan membatasi penggunaan sistem untuk pemuliaan hibrida, karena benih yang diproduksi berasal dari tanaman hibrida yang lemah dan tidak produktif. Masalah ini dipecahkan oleh Jones yang pada tahun 1918 mengusulkan persilangan sepasang galur inbrida untuk menghasilkan hibrida *single cross*, kemudian menyilangkan dua hibrida *single cross* yang tidak berkerabat dekat untuk menghasilkan varietas hibrida *double cross*, sesuai dengan bagan yang diuraikan di bawah ini:

Pengembangan empat galur Inbrida: A B C dan D
 Persilangan sepasang Inbrida : A X B C X D
 Persilangan hibrida Single Cross : AB X CD
 Varietas Hibrida Double cross : ABCD

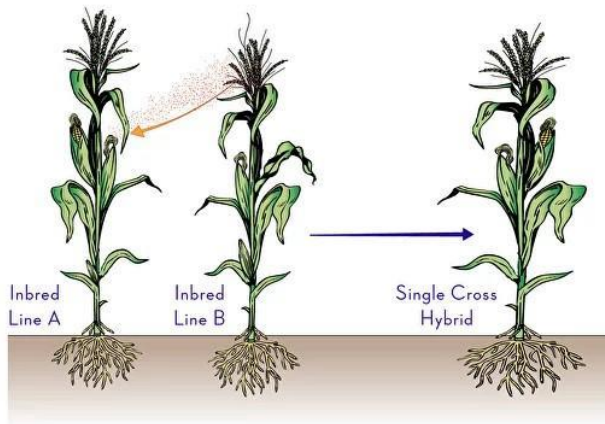
Berdasarkan jumlah tetua atau parentalnya varietas hibrida dibedakan sebagai berikut :

1. Silang tunggal atau single cross

Hibrida silang tunggal adalah hibrida dari persilangan terdiri dari dua galur murni yang tak berhubungan satu sama lain.

Contoh Galur A dan Galur B

A X B
 F1 AB



Gambar 5.3. Pembentukan hibrida *single cross* pada jagung (sumber gambar: <http://pgandp.org/hybridcorn>)

2. Silang tiga-jalur atau three-way cross

Hibrida silang tiga adalah hibrida dari persilangan menggunakan tiga tetua atau parental yang berbeda.

Contoh Galur A, Galur B dan Galur C

Persilangan awal

A x B

F1 AB

Kemudian disilangkan dengan galur C

AB x C

F1 ABC

3. Silang ganda atau double cross

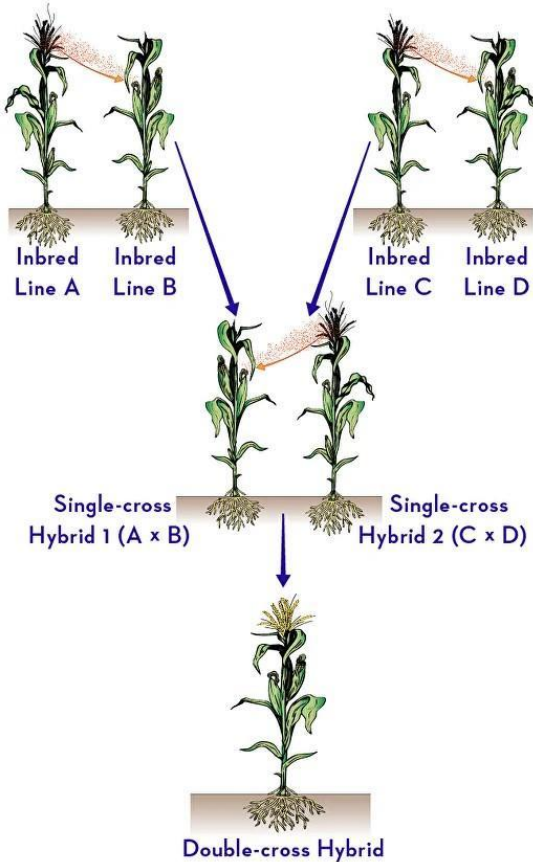
Hibrida silang ganda adalah progeni hibrida dari persilangan sela dua silang tunggal. Silang ganda menggunakan empat (4) tetua galur murni yang tak berhubungan satu sama lain.

Contoh Galur A, Galur B, Galur C dan Galur D

Persilangan pertama A x B

Menghasilkan
Persilangan kedua
Menghasilkan

F1 AB
 C x D
F1 CD



Gambar 5.4. Pembentukan hibrida *double cross* pada jagung (sumber gambar: <http://pgandp.org/hybridcorn>)

Persilangan untuk membentuk F1 *single cross* dilakukan dimusim yang sama agar tidak memakan waktu yang lama dan untuk lokasi bisa ditempat yang sama atau berbeda. Jika dilakukan ditempat yang sama harus dipastikan agar pembentukan masing-masing F1 tidak terjadi kontaminasi

persilangan. Setelah terbentuk kemudian pada musim tanam selanjutnya dilakukan persilangan antara F1 single cross

Persilangan single cross	AB x CD
Menjadi F1 double cross	ABCD

Prosedur persilangan *doublecross* membuat produksi benih jagung hibrida menjadi layak secara ekonomi karena benih hibrida sekarang diproduksi dalam jumlah banyak pada tanaman hibrida single cross (betina) yang kuat dan produktif, daripada tanaman hibrida yang lemah dan tidak produktif. Pollen juga diproduksi lebih banyak oleh tetua jantan *single cross* yang kuat.

Shull bukanlah orang pertama yang mengamati keberadaan vigor hibrida. Kölreuter, sejak tahun 1763, telah mencatat pertumbuhan tembakau hibrida yang sangat cepat; Darwin, pada tahun 1877, menyimpulkan bahwa pengaruh penyerbukan silang pada tanaman umumnya menguntungkan sedangkan penyerbukan sendiri merugikan; dan pada tahun 1880, W.J. Beal di Michigan melaporkan bahwa varietas jagung hibrida lebih produktif daripada varietas *open pollinated*.

Prosedur Beal untuk membuat varietas hibrida adalah menyilangkan varietas *openpollinated* dengan mendetaseliing (proses pembuangan bunga jantan pada jagung) barisan dari varietas pertama (betina) yang kemudian diserbuki oleh varietas kedua (jantan) yang ditanam dalam barisan yang berdekatan. Prosedurnya sangat mirip dengan prosedur saat ini untuk memproduksi varietas hibrida *single cross*, tetapi petani pada masa itu tidak siap untuk inovasi radikal tersebut.



Gambar 5.5. Tanaman jagung pollinated dan keturunannya. (A) Tanaman jagung dengan open pollinated. (B) tongkol dari tanaman open pollinated: setiap biji berasal dari fertilisasi terpisah, serbuk sari berasal dari banyak tanaman berbeda di dalam lahan. (C) Tanaman yang ditanam dari benih varietas jagung dengan open pollinated. Setiap tanaman adalah hibrida yang berbeda dan bervariasi dalam karakteristik tanaman dan tongkol, serta daya hasil. Pada Tahun 1909, Shull mengusulkan bahwa tujuan pemuliaan jagung harus mempertahankan genotipe tanaman yang paling vigor, sebuah petunjuk yang mengarah pada pengembangan jagung hibrida. (Sumber gambar Poehlman, J.M. and D.A. Sleeper. 1995)

Sebelum jagung hibrida, prosedur pemuliaan yang dilakukan oleh breeder jagung biasanya memelihara keseragaman dengan menggunakan seleksi berulang untuk karakter khusus pada tanaman, seperti tongkol, dan biji. Dalam prakteknya, prosedur yang dilakukan merupakan bentuk sederhana dari inbreeding yang menyebabkan penurunan heterozigositas galur pemuliaan, dan hilangnya vigor dan produktivitas secara bertahap. Kemudian Shull merekomendasikan menanam varietas hibrida yang memang revolusioner. Bertahun-tahun kemudian (1952), Shull mengingat kembali saat dia menyusun konsep hibrida:

“Pada akhir tahun 1906, saya hanya memiliki konsep yang dianut oleh Holden, Shamel, East, dan semua pemulia jagung lainnya yang telah bereksperimen dengan selfing jagung, bahwa selfing memiliki efek yang merusak, bukan persilangan yang

memberikan efek menguntungkan, selain penghindaran yang mudah dari efek merugikan dari selfing

Mengutip dari buku catatannya tentang eksperimennya tahun 1907:

'Hasil yang sama seperti pada tahun 1906, barisan yang diserbuki sendiri selalu lebih kecil dan lebih lemah daripada yang diserbuki secara silang. [Tetapi] Penjelasan yang sangat berbeda dari fakta-fakta tersebut memaksa saya ... "Dapat diasumsikan bahwa praktik lapangan yang benar dalam pemuliaan jagung harus memiliki tujuan pemeliharaan kombinasi hibrida yang terbukti seperti paling vigor dan produktif serta memberikan semua kualitas tongkol dan biji yang diinginkan"

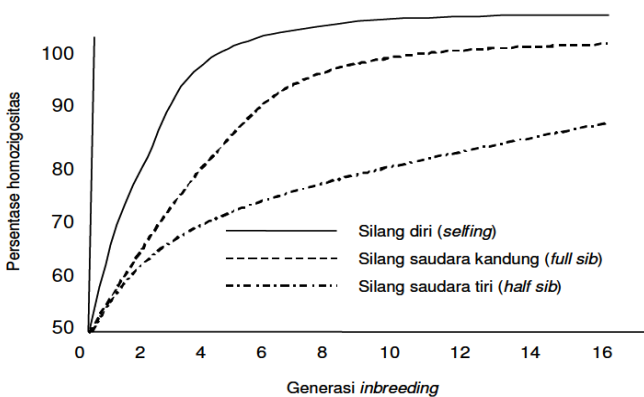
Konsep Shull meramalkan prosedur yang digunakan saat ini dalam pemuliaan varietas hibrida jagung dan spesies tanaman lainnya.

5.4 Inbreeding pada Tanaman Menyerbuk Silang

Inbreeding terdiri dari sistem perkawinan apapun yang mengarah pada peningkatan homozigositas. Inbreeding terjadi ketika individu tanaman dikawinkan dengan individu tanaman yang memiliki hubungan kekerabatan yang dekat atau yang memiliki hubungan terkait dengan nenek moyang (tetua). Pendekatan paling cepat untuk homozigositas pada tanaman adalah melalui penyerbukan sendiri; heterozigositas dalam populasi tanaman berkurang setengahnya setiap terjadi persilangan sendiri. Dengan penyerbukan sendiri, alel heterozigot (Aa) bersegregasi menjadi kombinasi genotipe, 1AA: 2Aa :1aa, alel homozigot (AA dan aa) akan terus mereproduksi genotipe homozigot yang sama. Ketika homozigositas meningkat dalam populasi pemuliaan, frekuensi genotipe berubah tetapi frekuensi gen tetap tidak berubah

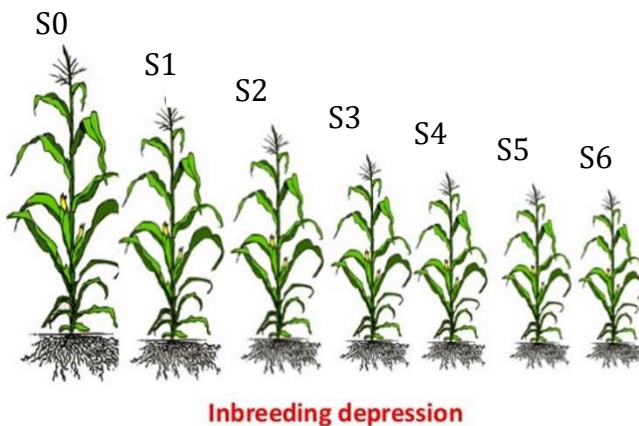
Di antara spesies menyerbuk silang alami, jagung adalah tanaman yang sangat disukai untuk dipelajari efek inbreeding karena penyerbukan sendiri mudah dilakukan dan pembentukan benih yang baik biasanya diperoleh setelah penyerbukan sendiri. Pada beberapa tanaman penyerbukan silang, misalnya semanggi merah, biji jarang diperoleh setelah penyerbukan sendiri, karena adanya self-incompatibility. Pada tanaman yang alat kelaminnya berada pada tanaman yang terpisah, atau jika karena alasan lain sehingga penyerbukan sendiri tidak bisa memproduksi benih, inbreeding dapat dilakukan melalui *sibmating* yaitu perkawinan kerabat dekat. Perkawinan *halfsib* adalah perkawinan antara tanaman yang memiliki satu tetua atau satu sumber polen yang sama. Perkawinan full-sib adalah satu di antara tanaman dalam progeni satu tanaman.

Perkawinan fullsib adalah perkawinan antar tanaman dengan progeni tanaman tunggal. *Sibmating* meningkatkan homozigositas, tetapi homozigositas sempurna tercapai lebih lambat daripada melalui persilangan sendiri. Sepuluh generasi *sibmating* biasanya diperlukan untuk mencapai tingkat homozigositas yang sama dengan tiga generasi penyerbukan sendiri,



Gambar 5.6. Perbandingan homozigositas dicapai dengan fertilisasi sendiri. Sumber gambar Takdir, M.A.

Konsekuensi utama yang terlihat dari *inbreeding* pada spesies menyerbuk silang adalah menurunnya ukuran dan vigor pada tanaman turunan karena heterozigositas menurun. Penurunan vigor terbesar terjadi pada generasi awal *inbreeding* dan akan melandai ketika homozigositas sudah tercapai tercapai (Gambar 6). Penurunan vigor akibat *inbreeding* disebut *inbreeding depression* dan hasil dari peningkatan frekuensi lokus homozigot dengan efek merugikan. Pada tanaman dengan lokus heterozigot, alel resesif yang merugikan tidak diekspresikan dalam fenotipe tanaman karena ditutupi oleh alel dominan yang menguntungkan. Dengan meningkatnya homozigositas, banyak alel dominan yang hilang dan efek buruk dari alel resesif pada fenotip akan diekspresikan. Pada spesies hijauan seperti alfalfa, atau berbagai spesies rerumputan, fertilitas dan produksi benih sering ditekan akibat *inbreeding*.



Gambar 5.7. Penurunan vigor pada jagung dengan generasi *inbreeding* berturut-turut. S0 mewakili tanaman selfing (*inbrida*) dan S1 hingga S6, generasi selfing (*inbrida*) berturut-turut.

Sumber gambar: <http://www.slideshare.net/jbgruver/hybrid-corn2014new>

Penurunan fertilitas sering terjadi begitu cepat sehingga turunan inbrida tidak dapat dipertahankan melalui perbanyakan benih atau dapat dipertahankan maksimal pada generasi pertama atau kedua generasi *selfing*.

Akibat terjadinya inbreeding pada spesies menyerbuk silang seperti jagung, banyak individu tanaman pada generasi tanaman setelah *selfing* menunjukkan masalah serius, seperti penurunan tinggi tanaman, batang lemah dan tanaman mengalami kekerdilan, lebih rentan terhadap patogen penyakit, dan bermacam-macam karakteristik tanaman yang merugikan lainnya

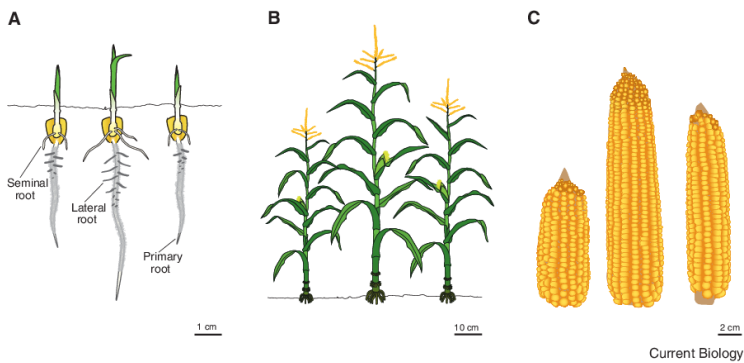
Pada tahap pengembangan galur inbrida, tanaman yang tidak diinginkan dibuang dan mempertahankan tanaman yang paling kuat, kemudian *diselfing* lagi dan prosesnya dilakukan berulang.

Sifat paling penting untuk galur inbrida, yaitu kontribusi terhadap hasil dalam kombinasi hibrida, akan tetapi hal tersebut tidak dapat ditentukan secara visual. Sifat ini diekspresikan dalam progeny/keturunan ketika galur inbrida disilangkan dengan inbrida lain dan hibrida hasil persilangan tersebut ditanam pada lahan percobaan. Pada spesies tanaman pangan yang berevolusi melalui penyerbukan sendiri secara alami, seperti barley, kacang-kacangan, padi, kedelai, tomat, atau gandum efek buruk dari inbreeding umumnya tidak terlihat dan tanaman ini dapat dipertahankan dalam kondisi homozigot tanpa kehilangan vigor.

5.5 Vigor Hibrida Atau Heterosis

Vigor Hibrida adalah peningkatan ukuran, vigor, atau produktivitas varietas hibrida atas rata-rata atau rata-rata induknya. Rata-rata induk disebut sebagai nilai *midparent*. Istilah alternatif untuk vigor hibrida adalah heterosis yang diusulkan

oleh Shull untuk menunjukkan stimulasi dalam ukuran dan vigor dalam hibrida sebagai ekspresi vigor hibrida. Dua istilah, vigor hibrida dan heterosis, adalah sama dan dapat digunakan secara bergantian. Varietas hibrida harus melebihi tetua terbaik dalam hasil dan produktivitas. Sebaliknya jika hibrida tidak lebih unggul dari galur induk terbaiknya, maka hibrida tersebut tidak memiliki keuntungan bagi breeder atau petani.



Gambar 5.8. Vigor hibrida pada tanaman jagung

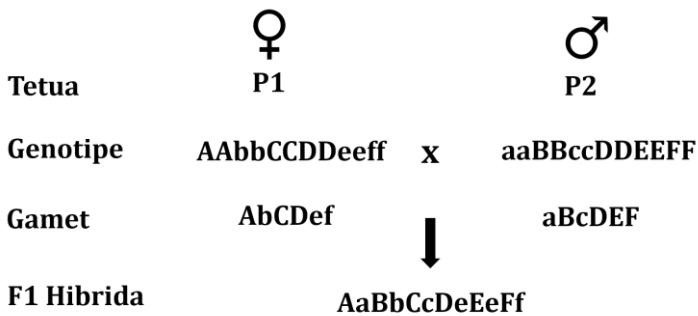
Sumber gambar : F Hochholdinger, jutta a. Baldauf (2018)

Efek vigor hibrida pada tanaman terwujud paling sering dengan peningkatan pertumbuhan vegetatif dan hasil produk yang dipanen; tetapi vigor hibrida juga dapat tercermin dalam ukuran sel, tinggi tanaman, ukuran daun, perkembangan akra, ukuran tongkol, jumlah bulir, ukuran biji, dan hal lainnya. Vigor hibrida terbesar umumnya diikuti setelah persilangan di antara beragam genotipe dari spesies menyerbuk silang, tetapi dapat juga dimunculkan berdasarkan persilangan di antara beragam genotipe dalam spesies menyerbuk sendiri.

5.6 Penjelasan Tentang Vigor Hibrida

Dua teori umum yang diusulkan untuk menjelaskan fenomena vigor hibrida walaupun sebenarnya tidak sepenuhnya memuaskan. Penjelasan yang paling banyak diterima berdasarkan pada asumsi bahwa vigor hibrida dihasilkan dari penyatuan bermacam-macam gen dominan yang menguntungkan.

Tanaman jagung selfing dan keturunannya. (A) tanaman S0 dari varietas *openpollinated*. (B) Tongkol dari tanaman S0. (C) Tanaman S1 (Selfing generasi pertama). Tanaman yang tidak diinginkan dibuang; tanaman yang diinginkan diserbuki lagi. Seleksi dan penyerbukan sendiri dilanjutkan selama lima sampai tujuh generasi untuk mendapatkan galur inbrida yang seragam. Menurut teori ini, alel yang berkontribusi pada vigor dan pertumbuhan adalah dominan, sedangkan alel resesif mungkin netral, berbahaya, atau merugikan individu. Jika alel dominan disumbangkan ke hibrida oleh salah satu induk melengkapi alel yang disumbangkan oleh induk lainnya, maka F1 akan memiliki sifat yang lebih disukai kombinasinya daripada tetuanya. Teorinya bekerja seperti ini : untuk sederhanya, mari asumsikan bahwa dalam jagung gen dominan ABCDE menguntungkan untuk produksi tinggi, Inbrida A memiliki genotipe AAbbCCDDeeff (dominan ACD), dan Inbrida B memiliki genotipe aaBBccDEEFF (dominan BEF). Genotipe inbrida A dan B dan Hibrida F1 nya seperti dibawah:



Gambar 5.9. Pembentukan Hibrida

Dalam contoh yang disederhanakan ini, hibrida F1 mengandung gen dominan pada lima lokus (ABCDEF) dibandingkan dengan tiga lokus saja pada masing-masing galur induk inbrida dan akan memperlihatkan vigor yang lebih besar daripada salah satu galur tetua inbrida.

Teori gen dominan yang menguntungkan untuk menjelaskan vigor hibrida, muncul pertanyaan mengapa gen dominan yang menguntungkan tidak dapat dikonsentrasikan secara memadai dalam galur inbrida sehingga akan sama produktifnya dengan hibrida. Dalam populasi menyerbuk silang, efek buruk dari banyak gen resesif ditutupi oleh keberadaan alel dominan; dengan setiap penyerbukan sendiri, sekitar setengah dari lokus heterozigot menjadi homozigot untuk gen resesif dan berkontribusi pada penurunan vigor yang diamati pada galur inbrida. Teori tersebut mengasumsikan bahwa pada tanaman menyerbuk silang seperti jagung, terdapat terlalu banyak alel resesif yang merugikan untuk memulihkan lokus yang mencukupi dengan dominan homozigot pada tanaman inbrida untuk memperlihatkan tingkat vigor tanaman hibrida.

Kemajuan telah banyak dicapai dalam memperoleh kombinasi yang lebih menguntungkan dari gen dominan sejak teori ini diajukan, khususnya pada galur inbrida jagung. Galur

inbrida yang saat ini digunakan dalam produksi jagung hibrida sangat besar peningkatan vigor dan produktivitasnya dibandingkan galur yang digunakan sebelumnya. Sejak awal 1960-an, petani telah menanam varietas hibrida single cross dari benih yang dipanen dari galur inbrida, pembuatan persilangan double cross dalam produksi jagung benih hibrida tidak lagi diperlukan.

Teori lain menjelaskan vigor hibrida atas dasar bahwa lokus yang heterozigot berkontribusi lebih banyak terhadap produktivitas daripada lokus yang homozigot; Tanaman hibrida paling vigor adalah tanaman yang memiliki jumlah lokus heterozigot paling tinggi. Teori ini didasarkan pada anggapan bahwa terdapat alel-alel yang berbeda, misalnya, $a1$ dan $a2$, untuk satu lokus.

Setiap alel menghasilkan efek menguntungkan yang berbeda pada tanaman. Pada tanaman heterozigot ($a1a2$), kombinasi efek yang dihasilkan yang lebih menguntungkan daripada efek yang dihasilkan oleh tidak ada atau hanya salah satu alel saja. Fenomena heterozigot ($a1a2$) lebih unggul dari homozigot ($a1a1$) atau $a2a2$, Hal ini diistilahkan *overdominan* dan berdasarkan pada interaksi alel pada lokus yang sama. Teori menjelaskan vigor hibrida berdasarkan alel heterozigot dipertahankan dengan hasil dari percobaan khusus, tetapi baik teori gen dominan maupun teori overdominansi tidak dapat menjelaskan semua kasus vigor hibrida secara memuaskan. Secara umum, teori gen dominan adalah yang paling diutamakan dan didukung oleh sebagian besar bukti penelitian

Prinsip pemuliaan hibrida adalah mengawinkan genotipe tetua homozigot yang akan bergabung menghasilkan hibrida F1 unggul, dan memperbanyak genotipe F1 unggul pada setiap tanaman dalam populasi hibrida. Meskipun tanaman hibrida adalah heterozigot di banyak lokus, keseragaman dicapai, seperti dalam galur inbrida, atau varietas galur murni pada tanaman

menyerbuk sendiri, atau galur yang diperbanyak secara klon, karena semua tanaman hibrida memiliki genotipe yang identik.

Untuk memenuhi permintaan petani dengan harga yang terjangkau, perbanyak benih varietas hibrida F1 pada tanaman pangan maupun hortikultura memerlukan pengendalian penyerbukan yang praktis dalam produksi benih.

Tanaman yang paling mudah dan gampang untuk dirakit sebagai tanaman hibrida adalah tanaman jagung. Jagung merupakan tanaman bunga berumah satu, penyerbukan di lahan produksi benih dikendalikan dengan menghilangkan *tassel* yang mengandung organ bunga jantan dari tumbuhan penghasil benih, proses ini yang disebut dengan *detasseling*. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi perkawinan sendiri. Proses *detasseling* secara konvensional biasanya akan membutuhkan tenaga kerja yang cukup banyak. Cara lain yang bisa dilakukan yaitu dengan menggunakan tanaman betina yang memiliki sifat steril pada tepung sarinya. Persilangan pada jagung ini biasanya dilakukan dengan menanam secara berselang seling antara barisan galur tetua jantan dan tetua betina. Umumnya perbandingannya 1 baris jantan ditengahnya dan 2 baris betina di kiri dan kanan atau dengan perbandingan 1 baris galur jantan dan 4 baris galur betina.



Gambar 5.10. *Detasseling* atau pembuangan bunga jantan pada tanaman betina untuk produksi benih jagung hibrida. Sumber gambar: <https://agrotek.id/pengertian-heterosis/>

Tanaman yang *di detassel* diserbuki oleh polen yang tertiuangin dari barisan penyerbuk mandul jantan yang berdekatan (Gambar 10). Prosedur ini tidak tersedia pada spesies yang bunganya mengandung organ bunga jantan dan betina. Pada beberapa spesies, seperti ketimun, lada, atau tomat, di mana benih dalam jumlah besar dapat dihasilkan dari penyerbukan bunga tunggal, emaskulasi dan penyerbukan menggunakan tangan dilakukan untuk menghasilkan benih hibrida. Namun pada tanaman pangan, penyerbukan dengan tangan terlalu mahal untuk menghasilkan benih hibrida dalam jumlah yang dibutuhkan. Penggunaan gen pemulih kesuburan dan mandul jantan sitoplasmik (*CMS*), atau telah diusulkan untuk digunakan, dalam rangka mengendalikan penyerbukan pada spesies tanaman di mana tersedia bentuk mandul sitoplasma dan gen

pemulih yang dapat digunakan. Selain itu, agen kimia hibridisasi yang mencegah pembentukan serbuk sari juga ditawarkan sebagai alternatif potensial dalam penggunaan mandul jantan sitoplasmik

5.7 Pengembangan Galur Inbrida

Galur inbrida adalah galur pemuliaan homozigot yang dikembangkan dan dipelihara dengan penyerbukan sendiri. Ketika pengembangan galur inbrida dalam program pemuliaan hibrida spesies menyerbuk silang seperti jagung, pemulia biasanya memulai dengan penyerbukan sendiri tanaman heterozigot. Tanaman heterozigot kemungkinan bisa dipilih oleh pemulia dari (a) populasi alami dari spesies menyerbuk silang, atau populasi menyerbuk silang yang ditingkatkan melalui prosedur seleksi berulang, atau (b) keturunan generasi kedua (F₂) dari persilangan antara galur tetua homozigot. Pada pemuliaan jagung hibrida, galur inbrida pada awalnya dikembangkan dengan memilih sendiri tanaman heterozigot dari lahan dengan penyerbukan tidak terkendali (atau disebut sebagai *open pollination*/ penyerbukan terbuka) seperti pada (a) di atas. Dalam program pemuliaan hybrid jagung sekarang, galur inbrida jagung umumnya dikembangkan dari keturunan hibrida yang dibuat dengan menyilangkan dua galur inbrida elit seperti pada (b). Bagian (b) ini sama dengan hibridisasi yang dijelaskan untuk tanaman menyerbuk sendiri Pada bagian (a), tanaman asli heterozigot yang dilakukan selfing umumnya disebut sebagai tanaman S₀ dan progeny atau keturunan yang diperoleh dari *selfing* tanaman ini disebut keturunan/progeny S₁, (generasi pertama selfing). Keturunan generasi kedua *selfing* disebut S₂ dan seterusnya. Jika tanaman asli heterozigot diperoleh dari hasil persilangan antara galur inbrida homozigot maka istilah yang digunakan adalah F₁, F₂, dan seterusnya yang didesain untuk spesies menyerbuk sendiri.

Tujuan dari inbreeding adalah untuk mereduksi heterozigot pada tanaman keturunan/progeni menjadi kelompok galur inbreeding yang berbeda, homozigot dan inbrida. Perbedaan mencolok diamati antara galur dengan generasi inbreeding selanjutnya; di dalam galur, tanaman menjadi lebih mirip dan individu galur inbrida menjadi lebih dapat dibedakan dari masing-masing galur lain. Dengan generasi inbreeding yang berurutan, homozigositas dan keseragaman meningkat dalam galur progeni. Varians dalam galur berkurang sementara variansi antar galur meningkat. Pada tanaman menyerbuk silang seperti jagung, diperlukan lima hingga tujuh generasi penyerbukan sendiri (*selfing*) dan seleksi pedigree diperlukan untuk memperoleh galur inbrida yang seragam dalam karakteristik tanaman dan benih serta akan tetap seragam melalui penyerbukan sendiri terus menerus. Prosedur ini identik dengan prosedur seleksi pedigree yang digunakan pada pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri, dimana persilangan antara tetua terpilih diikuti dengan beberapa generasi penyerbukan sendiri dan seleksi untuk menghasilkan galur keturunan yang seragam dan galur progeni yang asli. Selama inbreeding, banyak alel resesif yang tidak diinginkan pada lokus heterozigot akan digantikan oleh alel dominan dan alel resesif dihilangkan dari progeni; di lokus lain, gen resesif akan menjadi homozigot berkontribusi terhadap hilangnya vigor pada galur. Vigor terbesar hilang selama generasi awal inbreeding, kehilangan vigor menurun karena galur inbrida secara bertahap mendekati homozigositas. Setelah tidak ada lagi penurunan vigor yang terjadi, genotipe inbrida dapat dipertahankan dengan penyerbukan sendiri, kecuali terjadi mutasi atau persilangan. Seleksi selama generasi awal pengembangan galur inbrida sebagian besar didasarkan pada pengamatan visual tanaman inbrida untuk karakteristik yang akan mempengaruhi stabilitas inbrida yang digunakan dalam produksi hibrida komersial. Selama periode inbreeding dan seleksi yang diinginkan membuat

sebagian galur inbrida mengalami permasalahan seperti pemendekan tanaman yang tinggi, tidak adaptif pada suhu tinggi atau rendah, kekeringan, kerdil, penyakit, atau hama serangga, yang sesuai untuk spesies tertentu yang dijadikan inbrida dan sesuai dengan tujuan program pemuliaan. Melalui pengujian tersebut, ada kemungkinan untuk mengidentifikasi galur inbrida yang akan menunjukkan performa yang diinginkan dalam berbagai lingkungan. Pengujian juga memiliki peran penting dalam pengembangan galur inbrida, di mana galur inbrida baru ditemukan akan memberikan kontribusi produktivitas yang lebih besar ketika dikombinasikan dengan galur inbrida lainnya.

5.8 Menggabungkan Inbrida Menjadi Single Cross

Kegunaan galur inbrida ditentukan oleh kontribusi genetiknya pada keturunan hibrida ketika disilangkan dengan galur inbrida lain, bukan pada potensi produksinya sendiri. Namun demikian, tetap diperlukan informasi potensi produksi yang nyata agar dapat dipertahankan secara ekonomis dan dimanfaatkan sebagai galur induk dalam produksi benih hibrida. Vigor dan produktivitas yang hilang selama inbreeding dapat dikembalikan pada hibrida ketika galur inbrida disilangkan. Dari pengalaman ini bisa dipelajari bahwa beberapa galur inbrida akan bergabung dengan sejumlah besar inbrida lain untuk menghasilkan progeni atau keturunan hibrida berdaya hasil tinggi; galur inbrida lainnya akan digabungkan secara tepat dengan sedikit atau tanpa galur inbrida. Kemampuan galur inbrida untuk mewariskan penampilan yang diinginkan ke keturunan hibrida disebut sebagai Daya Gabung

5.9 Daya Gabung Umum

Daya gabung umum (*DGU*) suatu galur inbrida adalah kontribusi rata-rata yang diberikan oleh inbrida tersebut terhadap keragaan hibrida dalam serangkaian kombinasi dibandingkan dengan kontribusi galur inbrida lain terhadap keragaan hibrida dalam rangkaian kombinasi hibrid yang sama. *DGU* tidak mungkin dapat dari pengamatan visual untuk memprediksi kontribusi galur inbrida terhadap keragaan hibrida.

DGU galur inbrida dievaluasi dengan menyilangkannya dengan galur inbrida lain dan membandingkan performa keseluruhan progeni persilangan tunggal. Daya gabung umum mengevaluasi bagian aditif dari efek genetik. Jika galur inbrida A, B, C, D, dan E disilangkan dalam semua kemungkinan kombinasi (*perkawinan dialel*) kemudian hibrida single cross tersebut ditanam dalam lahan pengujian hasil. *Single cross* nbrida yang memiliki hasil rata-rata tertinggi akan maka dapat disimpulkan memiliki nilai *DGU* paling tinggi.

Jika inbrida itu adalah A, maka implikasinya adalah A akan memberikan kontribusi hasil yang tinggi dalam banyak persilangan daripada galur inbrida B, C, D. atau E. Dengan sejumlah besar galur inbrida, tidak selalu memungkinkan untuk membuat semua kemungkinan persilangan dialel dan menanam keturunan hibrida dalam pengujian keragaan. Banyaknya kemungkinan kombinasi silang tunggal yang dapat dibuat dari n galur inbrida sama dengan $n(n-1)/2$. Dengan 10 inbrida, jumlah kemungkinan kombinasi *single cross* adalah 45, Jika 100 inbrida maka jumlah kemungkinan *single cross*nya 4950 (Tabel 1).

Tabel 5.1. Jumlah kombinasi persilangan dari galur inbrida

Jumlah Galur Murni (line)	Tipe Persilangan Hibrida		
	Hibrida "Top Cross"	Hibrida "Single Cross"	Hibrida "Double Cross"
5	5	10	15
10	10	45	630
20	20	190	14535
100	100	4950	11763625
500	500	124750	7719093375
n	n	$n(n-1)$ 2	$3n!$ $4!(n-4)!$

Jumlah yang tidak mungkin untuk diproduksi atau di tanam di lahan pengujian Jumlah yang memberatkan ini menjelaskan tahap awal bagi pemulia jagung hibrida bahwa sistem penyeleksian galur inbrida yang sederhana dan efisien diperlukan sebelum memasang galur-galur inbrida dalam percobaan hasil *single cross*.

Sebagai contoh kombinasi hibrida yang dapat terbentuk menggunakan 5 tetua jagung (*Zea mays*). Pada Tabel 2 jumlah hibrida yang dapat dibuat oleh 5 tetua sebanyak 20 kombinasi hibrida. Semakin banyak tetua yang digunakan maka akan semakin banyak hibrida yang akan terbentuk.

Tabel 5.2. Jumlah kombinasi hibrida menggunakan lima (5) tetua inbrida.

Tetua jantan Tetua betina	Zm-1	Zm-2	Zm-3	Zm-4	Zm-5
Zm-1	⊗	X	X	X	X
Zm-2	X	⊗	X	X	X
Zm-3	X	X	⊗	X	X
Zm-4	X	X	X	⊗	X
Zm-5	X	X	X	X	⊗

Dari percobaan *testcross* (sering disebut *topcrosses* pada jagung), menunjukkan bahwa daya hasil galur inbrida jagung yang diserbuki dengan campuran serbuk sari, seperti dari kultivar *open pollinated* atau dari hibrida *double cross* or *single cross*, berkorelasi tinggi dengan nilai keragaan rata-rata galur inbrida dalam berbagai kombinasi *single cross*. Hal ini menyebabkan penggunaan *testcross* pada skrining awal DGU digunakan untuk sejumlah besar galur inbrida yang baru dikembangkan. Saat galur inbrida baru dihasilkan, galur-galur pertama kali diserbuki dengan genotipe heterogen yang terbukti sebagai penguji yang efisien, dan keturunan *testcross* dievaluasi dalam pengujian hasil. Hanya galur inbrida dengan DGU unggul yang dipertahankan untuk pengujian dalam kombinasi *single cross*.

5.10 Daya Gabung Khusus

Daya Gabung Khusus (*DGK*) adalah kontribusi galur inbrida terhadap keragaan hibrida pada persilangan dengan galur inbrida tertentu, dalam hubungannya yang berkaitan dengan kontribusinya dalam persilangan dengan galur inbrida tertentu. Daya Gabung Khusus (*DGK*) mengevaluasi aksi gen non aditif dan digunakan untuk mengidentifikasi kombinasi persilangan inbrida

x inbrida dengan keragaan yang unggul. Galur inbrida yang diidentifikasi memiliki DGU unggul disilangkan dalam semua kemungkinan pasangan (persilangan *dialel*) untuk menghasilkan single cross, yang kemudian dievaluasi dalam pengujian hasil untuk DGK. Sebagai contoh, jika semua kemungkinan persilangan tunggal di antara inbrida A, B, C, D, dan E dibuat, dan kombinasi A × E menghasilkan keragaan hasil *singlecross* tertinggi, maka kombinasi persilangan A × E memiliki DGK yang superior. Jika dua inbrida tertentu digabungkan untuk menghasilkan single cross dengan potensi daya hasil tinggi tergantung pada keberadaan gen hasil yang menguntungkan dari dua tetua inbrida saling yang saling melengkapi satu sama lain. Pengalaman telah menunjukkan bahwa inbrida yang berasal dari populasi yang tidak berkerabat akan bergabung yang menghasilkan *single cross* dengan daya hasil lebih tinggi daripada inbrida yang berasal dari tetua yang berkerabat.

5.11 Mandul Jantan Cytoplasmic dan Produksi Benih Hibrida

Era baru pemuliaan kultivar hibrida diperkenalkan dengan identifikasi sitoplasma mandul jantan (*CMS*) dan gen pemulih kesuburan, dan pengembangan prosedur pemanfaatannya dalam produksi benih hibrida. Tidak perlu lagi melakukan pembuangan bunga jantan pada baris induk saat memproduksi benih hibrida jagung, dan produksi benih hibrida komersial menjadi lebih layak dalam berbagai tanaman pangan dan sayuran lainnya di mana, sebelumnya, pembatasan kontrol penyerbukan membuat kultivar hibrida menjadi tidak praktis.

5.12 Penggunaan Cms Pada Produksi Benih Hibrida

Mandul Jantan Sitoplasmik (*CMS*) sebagai bantuan untuk produksi benih hibrida pertama kali digunakan secara komersial pada bawang merah pada akhir tahun 1940-an. Strain bawang jantan steril ditanam berdekatan dengan galur yang memproduksi serbuk sari normal. Strain bawang mandul jantan diserbuki oleh serbuk sari yang tertiuip angin dari galur bawang dengan serbuk sari yang fertil. Benih hibrida F1 yang dipanen dari tanaman mandul jantan digunakan untuk produksi komersial bawang merah hibrida. Jagung dan sorgum adalah tanaman pangan utama yang memanfaatkan mandul jantan sitoplasmik: sistem gen pemulih kesuburan digunakan untuk produksi komersial benih hibrida. Pada jagung, sistem ini menanggulangi kelangkaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk *detasseling* dan mengurangi biaya yang berkaitan dengan produksi benih hibrida. Pada sorgum, di mana organ bunga jantan dan betina terdapat pada bunga yang sama, sistem ini memungkinkan untuk produksi benih hibrida.

5.13 Galur A, Galur B, Galur R Model For Produksi Benih Hibrida

Model bawang merah untuk menghasilkan benih hibrida *single cross* dikembangkan dengan memanfaatkan galur mandul jantan sitoplasmik yang disebut Galur A; Galur pemelihara kesuburan mandul jantan disebut Galur B; dan galur pemulih kesuburan mandul jantan disebut Galur R. Prosedur ini dilakukan dalam langkah-langkah seperti ini:

- 1) pemasukan mandul jantan sitoplasmik ke dalam Galur A dengan prosedur backcross,

- 2) pemeliharaan galur A mandul jantan melalui penyerbukan dari galur pemelihara mandul jantan dengan genotipe identic yaitu Galur B,
- 3) Pengembangan galur pemulih kesuburan yang disebut alur R.
- 4) Persilangan Galur A x Galur R untuk memproduksi benih hibrida

Prosedur Galur A, Galur B, Galur R untuk bawang merah diilustrasikan pada. Biasanya dua atau lebih nuclear, gen pemulih kesuburan dan beberapa gen pengubah diperlukan untuk mengembalikan kesuburan mandul jantan sitoplasmik Galur A. Sitoplasma dan sistem dua gen pemulih kesuburan (*Rf1, Rf2*) ditunjukkan untuk galur pemuliaan yang berbeda dalam contoh di bawah ini:

5.13.1 GALUR A DAN GALUR B

Dalam persilangan untuk menghasilkan benih hibrida, galur A adalah betina atau galur tetua penghasil benih. Galur A mengandung gen resesif non restorer (*rf1, rf2*). Galur tetua yang tidak mengandung gen dominan, gen pemulih kesuburan disilangkan ke sumber mandul jantan sitoplasmik dan dilakukan berturut-turut backcross sampai genotipe Galur A dipulihkan pada mandul jantan. sitoplasma

Galur dengan mandul jantan sitoplasma digunakan sebagai tetua betina dalam persilangan karena sitoplasma diwariskan melalui sel telur, bukan polen. Biasanya diperlukan lima hingga tujuh *backcross* untuk mentransfer kromosom Galur A ke dalam sitoplasma steril dan sepenuhnya memulihkan genotipe tetua berulang. Genotipe Galur A harus disilangkan dengan Galur R untuk menghasilkan hibrida yang produktif.

Galur A mandul jantan sitoplasma dipertahankan dengan penyerbukan dari jantan fertile. Galur B memiliki genotipe yang sama dengan Galur A, dengan sitoplasma normal, dan gen resesif non restorer (*rf1*, *rf2*) seperti Galur A.

5.13.2 GALURS R

Galur R adalah tetua penghasil serbuk sari dalam persilangan untuk menghasilkan benih hibrida. Fungsi R-Galur adalah untuk:

- menyerbuki A-Galur,
- mengembalikan kesuburan benih hibrida, dan
- penggabungan dengan Galur A untuk menghasilkan hibrida yang vigor dan produktif.

Produksi serbuk sari yang melimpah dan penyerbukan antera yang sempurna membantu dalam penyebaran polen adalah karakteristik penting dari Galur-R. Karena Galur R dominan untuk gen pemulihan kesuburan, ada kemungkinan memiliki sitoplasma fertil atau sitoplasma steril. Hal ini mungkin menguntungkan untuk mengembangkan galur pemulih kesuburan dengan sitoplasma steril, karena keberadaan gen pemulih dapat dipastikan tanpa testcross ke galur mandul jantan. Dua gen pemulih ditampilkan dalam contoh ini, tetapi gen pemulih ketiga dan gen modifikasi tambahan seringkali diperlukan untuk mengembalikan pemulih kesuburan keturunan hibrida pada spesies yang berbeda.

Syarat lain dari Galur R adalah kemampuan daya gabung dengan Galur -A untuk menghasilkan hibrida unggul. Daya Gabung potensial Galur-R dievaluasi melalui persilangan pengujian Galur A dan ditanam sebagai progeni hibrida pada pengujian daya hasil. Jika galur dengan daya gabung unggul teridentifikasi, gen pemulih dapat ditambahkan dengan prosedur Backcross. Gen

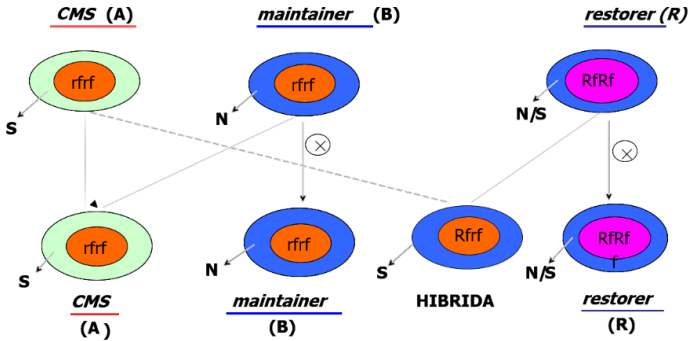
pengubah biasanya tidak ditambahkan dengan backcross tetapi harus ada pada Galur R potensial agar menjadi galur tetua yang sempurna.

5.13.3 Persilangan Galur A Dan Galur R

Benih hibrida dihasilkan dari Galur A setelah diserbuki oleh dari Galur R (Gambar 11). Pada produksi benih komersial, Galur A dan R ditanam dalam barisan berselang di lahan produksi benih hibrida, dengan galur A mandul jantan diserbuki oleh polen yang ditiup angin dari galur R. Pada jagung bunga matahari, dan gandum, simbol *Rf*, digunakan untuk menunjukkan gen pemulih kesuburan. Simbol *Ms* digunakan untuk gen pemulih kesuburan pada bawang merah, millet, dan sorgum.

Bagian penting dari sistem gen mandul jantan sitoplasmik atau pemulih kesuburan adalah memungkinkan produksi kultivar hibrida dalam tanaman spesies yang organ bunga jantan dan betina terkandung dalam struktur bunga yang sama. Benih hibrida sekarang dapat diproduksi pada tanaman pangan seperti kacang faba, millet, beras, sorgum, bit gula, bunga matahari, gandum, dan tanaman pangan dan sayuran lainnya yang tidak seperti jagung, karena tidak memiliki kekhususan detasseling untuk pengendalian serbuk sari.

Pemanfaatan Galur A, Galur B dan Galur R selain pada bawang merah, pemanfaatan metode ini juga dipakai pada produksi padi hibrida.



Gambar 5.11. proses pembentukan hibrida menggunakan galur A, Galur B dan Galur R (sumber gambar Syukur *et. al.*, 2015)

Pada tanaman padi berkembang suatu metode dalam merakit varietas hibrida padi. Tanaman padi memiliki bunga yang bersifat sempurna atau hermafrodit, artinya alat kelamin jantan dan betina terdapat dalam satu bunga yang sama. Oleh karena itu, dalam pembentukan varietas padi hibrida, tetua betina yang membentuk bunga padi hibrida harus memiliki sifat 'mandul jantan'. Secara genetik, ini dapat dicapai dengan memasukkan gen pengendali kemandulan atau CMS (*cytoplasmic male sterility*), sehingga tetua yang mengandung gen CMS hanya berfungsi sebagai bunga betina. Di Indonesia, varietas padi hibrida yang berkembang menggunakan metode tiga galur, yaitu galur mandul jantan (GMJ) atau CMS (galur A), galur pelestari atau maintainer (galur B), dan tetua jantan yang sekaligus berfungsi sebagai pemulih kesuburan atau restorer (galur R). Ketiga galur (A, B, dan R) tersebut harus dibuat dan diseleksi secara ketat untuk membentuk varietas hibrida yang unggul.

Galur B merupakan tetua yang digunakan sebagai galur pelestari atau pemelihara Galur A. Galur B secara genetik identik dengan galur A, hanya berbeda pada karakter mandul jantan. Galur R merupakan galur Restorer atau galur pemulih kesuburan.

Galur ini berperan sebagai tetua jantan untuk menghasilkan hibrida. Pada tanaman padi Hibrida, F1 nya diperoleh dari persilangan Galur A x Galur R. Galur A dan Galur R merupakan galur -galur yang memiliki DGK terbaik.

Metode hibrida tiga galur mempunyai kelemahan antara lain produksi benihnya rumit, tidak setiap varietas dapat dijadikan sebagai tetua pembentuk varietas padi hibrida, dan hanya varietas yang tergolong restorer saja yang dapat dijadikan sebagai tetua jantan nya.

Benih hibrida yang dihasilkan dari persilangan harus menghasilkan benih yang banyak sehingga biaya produksinya menjadi lebih murah. Jika produksi benih yang dihasilkan sedikit dan lagi untuk memperoleh dengan cara persilangan menggunakan tangan maka harga jual benih hibridanya akan sangat mahal. Varietas hibrida harus lebih baik dan unggul dibandingkan dengan varietas lainnya. Varietas hibrida tidak hanya lebih baik dalam hal produksi atau daya hasilnya tetapi memiliki ketahanan terhadap cekaman biotik atau abiotik yang baik, adaptasi di lingkungan target yang baik, responsif terhadap pemupukan, berumur genjah dan memiliki mutu lebih baik daripada varietas lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Syukur M, Sujiprihati S, Yunianti R. 2015. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Bogor (ID): Penebar Swadaya.
- Poehlman, J.M. and D.A. Sleeper. 1995. *Breeding field crops. 4th ed.* Iowa State University Press/Ames.
- Takdir M.A., S Sunarti, M.J. Mejaya. *Pembentukan Varietas Jagung Hibrida*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros
- Shull, G.H. 1948. *What is heterosis?* Genetics, 33:439-446.
- Moentono, M.D. 1988. *Pembentukan dan produksi benih varietas hibrida*. Jagung. Puslitbangtan, Bogor.
- Syamsi, Idan A. 2019. *Produksi Benih Jagung Hibrida*. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka
- Sujiprihati S, Syukur M, Makkulawu2 AT, Iriany R N. 2012. Perakitan Varietas Hibrida Jagung Manis Berdaya Hasil Tinggi dan Tahan Terhadap Penyakit Bulai. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 17 (3): 159-165
- KANT L, MAHAJAN V, and GUPTA HS. 2011. Mid-Parent Advantage and Heterobeltiosis in F₁ Hybrids from Crosses of Winter and Spring Wheat. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 43 (2): 91-106
- Wu X, Liu Y, Zhang Y, and Ran Gu. 2021. Advances in Research on the Mechanism of Heterosis in Plants. *Frontiers in Plant Science* 12 : 1-14
- Moll R.H, Lindsey M.F. and Robinson H.F. 1964. Estimates Of Genetic Variances and Level of Dominance In Maize. *Genetics* 49: 411-423
- Wu X, Liu Y, Zhang Y, and Gu R. 2021. Advances in Research on the Mechanism of Heterosis in Plants. *Frontiers in Plant Science* 12

BAB 6

TEKNOLOGI PEMULIAAN KONVENSIONAL & INKONVENSIONAL

Oleh Indah Sriwahyuni

6.1 Pendahuluan

Kehidupan masyarakat tidak dapat lepas dari sumber daya pertanian yang berfungsi sebagai kebutuhan pokok dalam mendukung lancarnya pertumbuhan ekonomi dan sumber pangan bagi keberlangsungan hidup setiap manusia di seluruh dunia. Sektor pertanian meliputi banyak lingkup, diantaranya yaitu budidaya tanaman pangan, tanaman hortikultura, tanaman perkebunan, tanaman herbal, tanaman hias, dan lain-lainnya. Seiring dengan berkembangnya zaman, dimana teknologi semakin berkembang telah memberikan dampak terhadap perkembangan ilmu pertanian. Dimana adanya permintaan masyarakat atas hasil tanaman yang baik dan berkualitas juga membuat para ilmuwan ataupun peneliti terus berpacu mengembangkan ilmu yang dikenal sebagai ilmu pemuliaan tanaman untuk menciptakan hasil pertanian yang lebih baik lagi diantaranya dengan cara memodifikasi genotip tanaman untuk memperbaiki sifat tanaman sehingga dapat menciptakan hasil tanaman yang baik kualitasnya dan sesuai dengan harapan,

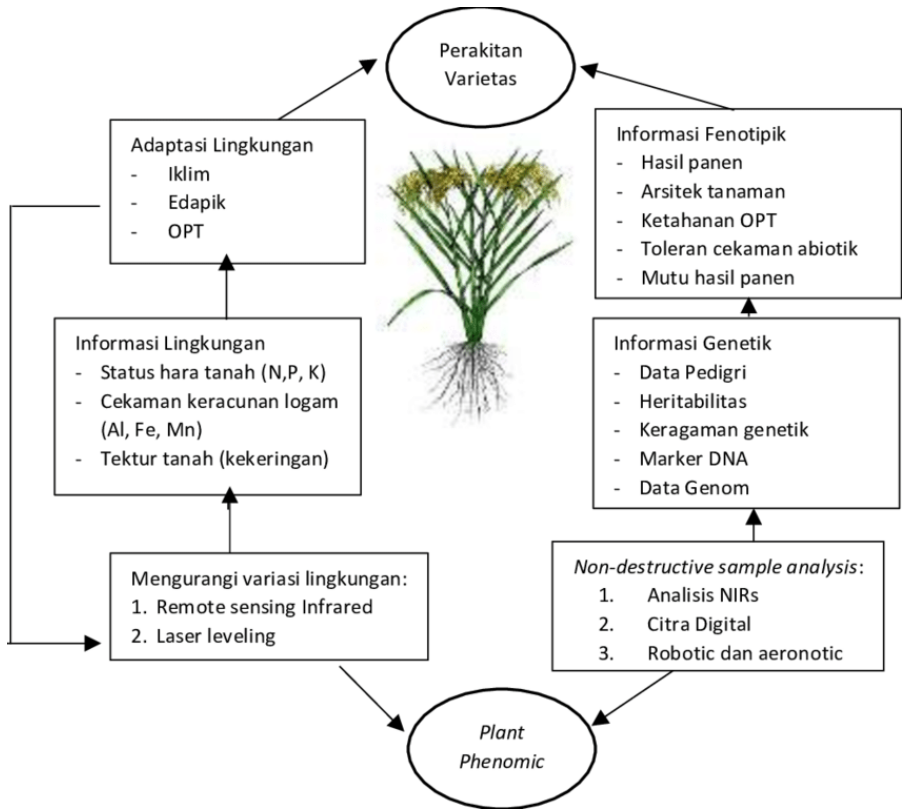
Kegiatan pemuliaan tanaman maknanya aktivitas yang berkaitan dengan usaha untuk mengoptimalkan potensi suatu tanaman, salah satunya dengan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Menurut (Referensi 1), dengan melakukan Pemuliaan tanaman, maka akan mendapatkan hasil produksi yang semakin tinggi dari aktivitas merakit varietas unggul, dan juga menghasilkan tanaman yang tetap stabil walau mengalami berbagai perubahan serta tekanan pada lingkungan.

Teknologi pemuliaan tanaman semakin hari semakin berkembang seiring bertumbuhnya perkembangan teknologi modern yang semakin maju dengan pesat dan saat ini telah memasuki era society 5.0, dimana persaingan sangat tinggi pada berbagai sektor, salah satunya adalah sektor pertanian. Pada dasarnya teknologi pemuliaan sendiri terdapat dua cara yang digunakan yaitu teknologi pemuliaan konvensional dan teknologi pemuliaan inkonvensional, walaupun begitu tidak memandang apapun jenis teknologi pemuliaan yang digunakan tetapi tujuan dari pemuliaan tersebut tetaplah sama yaitu mampu mendapatkan hasil pertanian yang lebih baik lagi dan juga lebih bermanfaat untuk seluruh kehidupan manusia.

Indonesia dikenal memiliki kawasan yang sangat luas dengan tanah yang subur, tetapi kondisi tanah yang subur mayoritas berada di pulau Jawa, sementara untuk di kawasan lain kondisinya masih banyak ditemukan kondisi lahan marginal. Upaya untuk mengatasi ini agar produktivas pada sektor pertanian di Indonesia tetap dapat berjalan lancar salah satunya melalui dilakukannya pemuliaan tanaman. Untuk mengawali pemuliaan tanaman maka perlu adanya banyak atau koleksi plasma nutfah sumber keanekaragaman hayati. Dari berbagai sumber tersebut diharapkan dapat mengatasi berbagai persoalan yang berkaitan dengan proses pertumbuhan tanaman seperti pada tanaman yang memiliki hambatan karena kondisi lingkungan contohnya seperti faktor abiotik ataupun faktor biotik yang menjadi pemicu masalah dalam menurunkan produktivitas suatu tanaman.

Adapun hal lain dapat menjadi acuan yaitu seperti ingin menciptakan varietas unggul, maka dari hal utama yang perlu diperhatikan sebelum melakukan pemuliaan tanaman, pemulia perlu sangat memahami tujuan pemuliaan yang akan dilakukan pada suatu tanaman, apakah karena ingin agar tanaman dapat bertahan dari berbagai cekaman ataupun karena ingin meningkatkan produktivitas tanaman serta atau karena alasan lainnya. Tujuan pemuliaan tanaman secara lebih luas menurut (Syukur et. al, 2015), adalah mengembangkan varietas agar lebih efisien saat penggunaan unsur hara dan menghasilkan produksi yang lebih

baik lagi dengan keuntungan yang maksimal. Untuk memberikan gambaran yang lebih detail bagi pembaca, berikut penjelasan alur suatu pemuliaan tanaman dan contoh yang digunakan adalah tanaman padi (Gambar 10.1)



Gambar 6.1. Alur pemuliaan tanaman padi dalam konsep breeding 4.0 (Sumber : Nugraha et al, 2020)

6.2 Teknologi Pemuliaan

Pada awalnya pemuliaan dilakukan secara konvensional, dimana pada teknologi ini lebih kepada penyeleksian sifat morfologi pada suatu tanaman atau dengan menggunakan karakter fisiologinya. Karakteristik morfologi dan fisiologi tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sehingga dapat berubah-ubah hasil dari program pemuliaan tersebut, maka hal ini menjadi kelemahan pada program pemuliaan secara konvensional. Sehingga untuk mengatasi kelemahan tersebut, adanya karakteristik pemuliaan tanaman secara genetik akan mendapatkan hasil yang konsisten karena tidak dipengaruhi oleh lingkungan.

Pemuliaan secara Inkonvensional atau yang dikenal secara lebih modern bisa meliputi kegiatan pemuliaan tanaman dengan menggunakan marka molekular akan menghasilkan hasil yang lebih akurat karena berdasarkan gen yang mengendalikan suatu karakter pada tanaman pemuliaan tersebut.

Untuk dapat lebih memahami mengenai teknik pemuliaan tanaman baik secara konvensional dan inkonvensional, berikut akan dijelaskan teknik apa saja yang digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman baik secara konvensional ataupun inkonvensional.

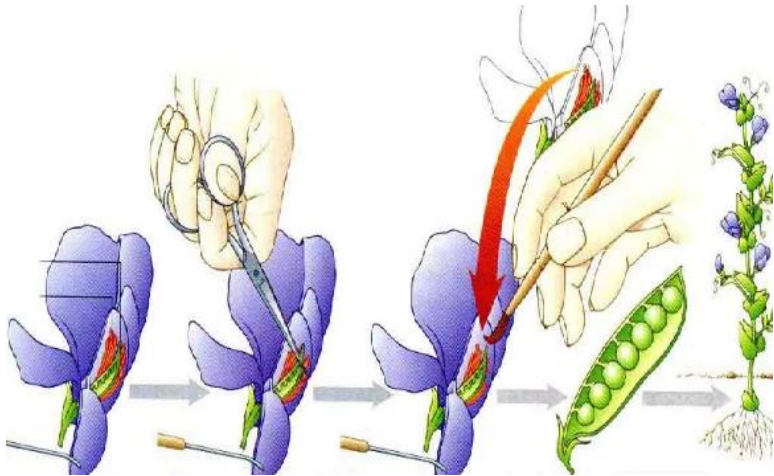
A. Teknik Konvensional

Pemuliaan dengan cara konvensional umumnya Teknik yang digunakan dengan menyilangkan dari setiap individu yang unggul dengan tujuan mendapatkan varietas baru sesuai yang diinginkan, dimana tanaman yang dihasilkan tersebut selanjutnya diidentifikasi dan diseleksi kemurniannya secara karakter baik karakter morfologi.

Adapun teknik konvensional pada pemuliaan tanaman meliputi seperti dengan melakukan teknik introduksi dan teknik persilangan.

A.1.Hibridisasi (Teknik Persilangan)

Hibridisasi merupakan teknik penyerbukan silang pada tetua yang berbeda yang genetiknya memiliki susunan yang berbeda (Syukur et al, 2010). Pada tanaman yang menyerbuk sendiri (hibridisasi) maka merupakan langkah pertama pada program pemuliaan setelah dilakukannya pemilihan tetua. Penyerbukan sendiri awalnya dimulai dengan menyilangkan dua tetua homozigot yang genotipnya berbeda. Biasanya teknik hibridisasi pada tanaman yang menyerbuk silang umumnya dilakukan untuk menguji potensi tetua atau ketegaran hibrida untuk pembentukan varietas hibrida.



Gambar 6.2. Teknik Hibridisasi

(Sumber : <https://ilmudasar.id/pengertian-hibridasi/>, 2019)

A.2. Teknik Introduksi

Teknik introduksi merupakan teknik dengan cara menggunakan induk yang didatangkan dari tempat lain, kemudian dikembangkan dengan proses vegetatif. Tanaman introduksi ini saat diperkenalkan di suatu wilayah maka tahapan selanjutnya tanaman diadaptasikan serta dievaluasi di wilayah tersebut. Tujuan untuk introduksi tanaman yaitu agar mendapatkan kultivar baru. Pada penerapan Teknik introduksi ini maka pengetahuan tentang pusat keanekaragaman tumbuhan sangat penting. Untuk tahapan pada Teknik ini, perlunya dilakukan seleksi penyaringan terhadap koleksi plasma nutfah yang didatangkan dari berbagai sumber tempat dari kondisi lingkungan yang berbeda. Salah satu contoh introduksi yaitu pemuliaan padi PB-5 dan PB-8 dimana kedua varietas ini dihasilkan oleh badan IRRI di Philipines.

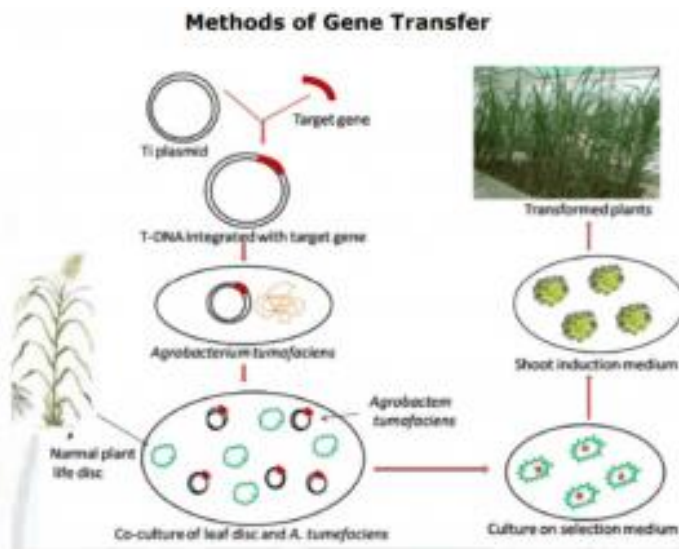
B. Teknik Inkonvensional

Teknik Inkonvensional merupakan teknik pemuliaan tanaman dengan cara yang lebih modern. Contoh teknik ini seperti marka molekular, transfer gen, dan kloning gen.

B.1. Transfer Gen

Transfer gen merupakan adanya transformasi genetik tanaman dengan cara mentransfer gen asing yang didapat dari tanaman, bakteri, virus, hewan ataupun makhluk hidup lainnya. Gen dari organisme lain disisipkan ke dalam DNA tanaman untuk tujuan tertentu. Strategi pemuliaan ini banyak mendapat penentangan dari kelompok-kelompok lingkungan karena kultivar yang dihasilkan dianggap membahayakan lingkungan jika dibudidayakan. Gen asing hasil rekayasa genetika yang disisipkan dalam spesies tanaman disebut **transfer gen**. hasil dari transformasi genetik dikenal dengan **tanaman transgenik**. Tanaman transgenik biasa dikenal sebagai tanaman yang telah disisipi gen asing dari makhluk hidup lainnya.

Pada proses transfer gen ada tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu, insersi transgen, integrasi transgen ke genom tanaman, dan ekspresi transgen yang terintegrasi pada genom. Ada hal yang harus diperhatikan Ketika transgen telah masuk ke sel tanaman yaitu transgen harus benar-benar terintegrasi ke genom tanaman. Kemudian transgen yang telah terintegrasi akan terekspresi dengan ekspresi gen tanaman. Pada tahapan tersebut, DNA yang telah ditranskripsi akan menjadi RNA dan terbentuk protein yang dikode oleh gen melalui proses translasi. Jika suatu gen berhasil ditranskripsi dan ditranslasi, maka dapat dikatakan gen tersebut telah berfungsi.



Gambar 6.3. Metode Transfer Gen

(Sumber : <https://genecraftlabs.com/transfer-gen/>, 2021)

B.2. Marka Molekular

Teknik pemuliaan dengan marka molekular jika dengan penggunaan marka yang banyak akan menghasilkan peta genetik dari gen – gen yang berdekatan sehingga dapat mengetahui jarak kedekatan antara individu. Marka molekular sendiri merupakan suatu fragmen yang spesifik (protein atau DNA) yang dapat

diidentifikasi dan ditemukan dalam lokasi yang spesifik dalam genom tanaman, dan digunakan untuk menandai posisi gen tertentu serta karakteristik tertentu yang diwariskan. Dalam suatu persilangan atau peristiwa hibridisasi maka sifat-sifat tertentu biasanya tetap terpaut dalam suatu penanda molekuler yang kemudian seleksi individu berhasil dilakukan dengan mendeteksi keberadaan penanda molekuler tersebut yaitu dimana karakteristik tertentu terpaut.

Pada Teknik pemuliaan tanaman dengan menggunakan marka molekuler ini menjadikan proses tanaman hasil persilangan dapat lebih mudah, hal ini disebabkan pemulia tidak perlu menunggu tanaman tumbuh lebih lama sampai terlihat karakter morfologinya tetapi dengan mengambil organ tanaman sebagai sampel yang akan diambil dnanya seperti dari daun, atau benih dan lainnya sudah dapat diseleksi untuk melihat karakter genomiknya yang mana hasilnya tentu lebih akurat.

Pemanfaatan menggunakan marka DNA sebagai alat bantu seleksi memberikan keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan seleksi secara fenotipik. Sementara seleksi dengan bantuan marka molekuler didasarkan pada sifat genetik tanaman saja dan tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sehingga menghasilkan hasil pemuliaan tanaman yang lebih tepat, cepat, dan relatif lebih dapat menghemat biaya dan waktu. Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi yang berbasis marka DNA, hingga saat ini telah ditemukan tiga tipe marka DNA. Ketiga tipe marka DNA tersebut yaitu: 1) marka yang berdasarkan pada hibridisasi DNA seperti Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP); 2) marka yang berdasarkan pada reaksi rantai polimerase (Polymerase Chain Reaction, PCR) dengan menggunakan sekuen- sekuen nukleotida sebagai primer, seperti Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD), dan Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP); dan 3) marka yang

berdasarkan pada PCR dengan menggunakan primer yang menggabungkan sekuen komplementer spesifik dalam DNA sasaran, seperti Sequence Tagged Sites (STS), Sequence Characterized Amplified Regions (SCARs), Simple Sequence Repets (SSRs) atau mikrosatelit (microsatellites), dan Single Nucleotide Polymorphism (SNPs).

DAFTAR PUSTAKA

- Genecraftlabs.com. 2021. Transfer Gen Pada Pemuliaan Tanaman. : <https://genecraftlabs.com/transfer-gen/>
- Ilmudasar.id. 2019. Pengertian, Kelebihan dan kekurangan hibridisasi. <https://ilmudasar.id/pengertian-hibridasi/>
- Nugraha, Y; Trias Sitaresmi, dan Priatna Sasmita. 2020. Revolusi Genetik Padi Mendukung Era Pertanian Industri 4.0. Manajemen Kebijakan Teknologi dan Kelembagaan Mendukung Pertanian Modern. IAARD Press, 255-272.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., Yuniarti, R. 2010 Teknik Persilangan Buatan. Bunga Rampai Pemikiran. Bogor : Ikatan Cendekiawan Muslim Indonesia Wilayah Bogor.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., Yuniarti, R. 2015. Teknik Pemuliaan Tanaman. Jakarta: Penebar Swadaya.

BAB 7

BIOTEKNOLOGI DAN APLIKASINYA DALAM LINGKUP PEMULIAAN TANAMAN

Oleh Rini Ismayanti

7.1 Pendahuluan

Bioteknologi merupakan salah satu cabang dari ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup untuk menghasilkan sesuatu yang dapat bermanfaat bagi manusia. Pemuliaan tanaman adalah suatu proses untuk mendapatkan tanaman yang lebih baik (unggul) dan menguntungkan dengan cara mengubah atau memanipulasi susunan genetik suatu tanaman. Umumnya pemuliaan tanaman bertujuan untuk mendapatkan tanaman yang berdaya hasil tinggi, tanaman yang memiliki ketahanan terhadap cekaman abiotik dan biotik, serta mendapatkan tanaman dengan tampilan yang lebih menarik atau bernilai estetik tinggi. Pemuliaan tanaman dapat dilakukan secara modern (inkonvensional) maupun secara klasik (konvensional). Secara konvensional dilakukan dengan teknik persilangan, sedangkan secara modern yaitu dengan memanfaatkan bioteknologi berupa kultur *in vitro* maupun biologi molekuler. Syukur *et al.*, (2012) mengatakan terdapat beberapa permasalahan dalam pemuliaan konvensional dapat diselesaikan dengan pemuliaan inkonvensional, diantaranya yaitu pemuliaan tanaman steril atau yang sulit berbunga dengan kultur sel atau kultur protoplasma, memperoleh tanaman homozigot dengan cepat melalui kultur anter, pemuliaan

tanaman yang inkompatibel secara seksual dengan fusi protoplas, penyelamatan embrio pada persilangan interspesifik.

7.2 Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan suatu teknik memperbanyak tanaman secara *in vitro* dalam kondisi stereril serta menghasilkan tanaman yang persis dengan induknya (Mansyur, 2020). Kultur jaringan menggunakan prinsip *totipotensi sel* (setiap bagian sel, jaringan, atau organ dapat beregenerasi menjadi tanaman baru). Kelebihan kultur jaringan dalam perbanyakan adalah dapat menghasilkan bibit dalam jumlah besar dalam waktu singkat. Pemanfaatan kultur jaringan dalam program pemuliaan menurut Wattimena *et al.*, (2011) adalah dapat memanipulasi jumlah kromosom dengan bantuan bahan kimia tertentu, dapat memproduksi tanaman haploid atau dobel haploid melalui kultur anter, hibridisasi somatik melalui kultur protoplas, dapat mengimduksi variasi somaklonal, serta transfer DNA untuk memperoleh sifat tertentu.

7.2.1 Kultur Protoplas

Kultur protoplas atau sering juga disebut dengan fusi protoplas adalah menggabungkan genom antar tanaman yang sulit jika dilakukan persilangan langsung. Kultur protoplas dapat menggabungkan genom dari spesies yang sama, antar spesies dari genus yang sama, maupun antar genus dari famili yang sama. Teknik ini dilakukan untuk memperoleh tanaman yang tahan terhadap hama penyakit dan cekaman abiotik. Sifat-sifat yang tidak diharapkan dengan adanya penggabungan protoplasma ini dapat dihilangkan dengan cara melakukan silang balik *backcross* dengan tanaman budidaya (Sukmadjaja *et al.*, 2007).

Protoplas dapat diisolasi dari berbagai organ tanaman, diantaranya akar, daun, nodul akar, koleoptil, jaringan buah, tajuk bunga, serbuk sari, kultur kallus, dan daun *invitro* (Wattimena *et al.*, 2011). Menurut Suryowinoto dalam (Riyadi 2006), kultur protoplas adalah teknik memperoleh protoplas utuh dan viabel dengan menghilangkan dinding selnya. Dinding sel dihilangkan dengan menggunakan enzim. Dinding sel tanaman mengandung selulosa, hemiselulosa, dan pektin, sehingga untuk menghilangkannya dibutuhkan enzim *selulase*, *hemiselulase*, dan *pektinase*. Sel yang dinding selnya telah terdegradasi akan memisah antara sel satu dengan sel lainnya, proses tersebut dinamakan maserasi sel. Sel tunggal tanpa dinding sel hanya dilindungi oleh membran, sehingga untuk mencegah pecahnya protoplas, dibutuhkan larutan yang memiliki tekanan osmosis yang sama dengan yang ada di dalam protoplas. Protoplas yang diperoleh dengan bantuan enzim dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode langsung dan metode dua tahap. Metode langsung yaitu dengan mencampur beberapa enzim ke dalam satu larutan, sedangkan metode tidak langsung dengan memasukkan bahan ke larutan enzim secara bergantian.

Protoplas yang telah diisolasi kemudian ditanam ke media kultur akan meregenerasi dinding sel dan membentuk sel yang utuh lagi sehingga dapat melakukan mitosis. Menurut Wattimena dkk (2011), protoplas dapat dikulturkan dengan beberapa metode, diantaranya adalah menggunakan media agar, metode kultur tetes, metode kultur cair pada media agar, metode agarose (memadatkan protoplas bersama agar, lalu setelah agarose padat, agar diiris lalu irisan diletakkan ke media cair), *nurse culture* (menggunakan membran nilon), dan metode kultur cair.

7.2.2 Keragaman Somaklonal

Keragaman somaklonal adalah keragaman genetik hasil dari kultur jaringan somatik pada tanaman. Keragaman eksplan

disebabkan oleh adanya sel-sel yang bermutasi maupun adanya polisomik dari jaringan tertentu (Hutami dkk, 2006). Tanaman yang berasal dari keragaman somaklonal disebut somaklon. Penyebab terjadinya keragaman somaklonal dapat dibedakan menjadi tiga faktor, yaitu faktor fisiologis, genetik, dan biokimia (Wattimena, 2011). Faktor fisiologi adalah penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT), misalnya penggunaan hormon auksin 2,4 D. Faktor genetik adalah perubahan pada kromosom, baik itu jumlahnya (delesi dan duplikasi) maupun strukturnya (inversi dan translokasi). Faktor biokimia contohnya adalah metabolisme karbon, resistensi antibiotik, metabolisme nitrogen, dan anomali metilasi pada DNA tanaman. Dengan adanya keragaman tersebut, maka dari teknik kultur jaringan dapat diseleksi genotipe yang berguna dalam pemuliaan tanaman. Seleksi dilakukan dengan menambahkan bahan kimia ke dalam media tanam. Misalnya penambahan PEG untuk seleksi ketahanan kekeringan, penambahan Al dan pH rendah untuk ketahanan terhadap Aluminium.

Perubahan genetik pada sel somatik bisa terjadi secara spontan sekitar 0.2-3% (Hutami dkk, 2006). Namun, keragaman somaklon dapat diinduksi secara eksogen yaitu dengan cara pengaturan penanaman eksplan atau menggunakan mutagen. Penanaman eksplan dibedakan menjadi tiga metode, yaitu menanam eksplan yang bisa langsung membentuk akar dan tunas, kalus diinduksi terlebih dahulu lalu dilanjutkan penanaman sel tunggal, dan menggunakan teknik kultur protoplas.

Mutagen merupakan bahan yang dapat menyebabkan mutasi. Mutagen dapat diberikan secara fisik maupun kimiawi. Contoh mutagen kimiawi yang sering digunakan adalah kolkisin, EMS (*Etil Metan Sulfonat*), DEMS, DES, EI, ENH, MNH. Contoh mutagen fisik adalah sinar X, sinar Gamma. Keragaman somaklonal dapat diidentifikasi dengan memanfaatkan marka

molekuler. Dimana marka molekuler ini dapat mengidentifikasi adanya perubahan DNA maupun RNA. Marka yang umum digunakan adalah RAPD, RFLP, AFLP, dan isoenzim. Pemanfaatan induksi keragaman somaklonal banyak diaplikasikan ke tanaman hortikultura non pangan, seperti bunga hias dan bunga potong. Munculnya perubahan warna, bentuk, maupun ukuran dapat meningkatkan nilai estetikanya.

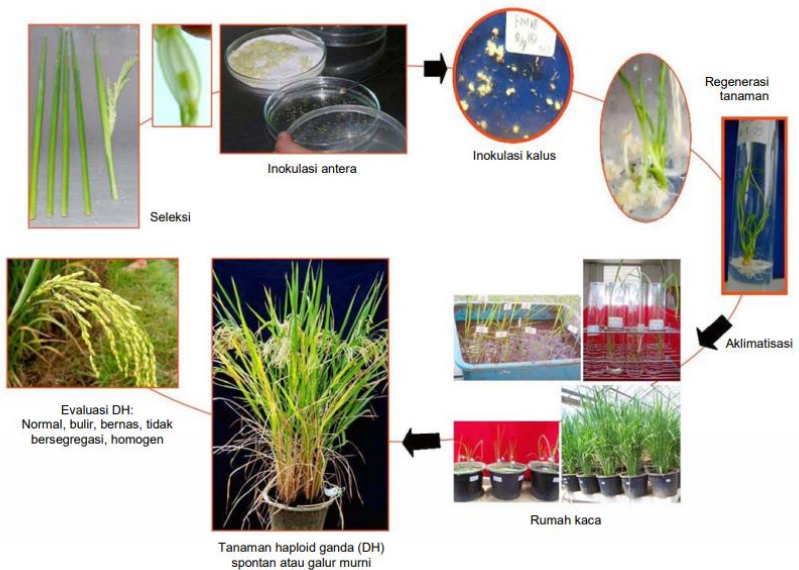
7.2.3 Kultur Anter

Kultur anter atau kultur haploid adalah kultur yang menghasilkan tanaman dengan jumlah kromosomnya sama dengan jumlah kromosom gamet (n). Misal tanaman diploid ($2n=2x$), kromosom gametnya adalah n , sama dengan kromosom dasar. Tanaman tetraploid ($4n$), kromosom gamet sama dengan dua kali kromosom dasarnya ($n=2x$). Sehingga muncul istilah dihaploid ($n=2x$) dan monohaploid ($n=x$).

Kultur anter merupakan salah satu cara untuk menghasilkan tanaman dobel haploid. Pemuliaan tanaman menyerbuk sendiri seperti padi, gandum, barley, dan tembakau memperoleh galur murni dengan cara persilangan pedigree membutuhkan 6 hingga 8 generasi, namun dengan menggunakan sistem haploid hanya membutuhkan dua generasi saja.

Secara singkat tahapan kultur anter pada pemuliaan padi dapat dilihat pada Gambar 7.1. Diawali dengan pemilihan tetua, persilangan tetua, penanaman tanaman donor sumber eksplan, kultur anter tanaman donor secara *in vitro*, aklimatisasi, karakterisasi tanaman dobel haploid, perbanyakan benih dan seleksi karakter yang diinginkan. Anter yang akan dikultur terlebih dahulu diseleksi, anter yang digunakan adalah anter yang mengandung mikrospora uninukleat dari malai muda tanaman donor. Tanaman donor dapat berupa F1 atau F2 hasil seleksi. Sebelum anter diinduksi kalus, anter terlebih dahulu diinkubasi selama 8 hari pada suhu $8\pm 2^\circ\text{C}$. Kalus embriogenik yang

terbentuk selanjutnya diregenerasi dan dievaluasi sehingga diperoleh tanaman dobel haploid spontan atau disebut galur generasi DH₀. Cara membedakan tanaman haploid dengan tanaman dihaploid adalah menggunakan teknik pewarnaan kromosom.



Gambar 7.1 Tahapan kultur anter pada pemuliaan padi
(Sumber : Dewi dan Purwoko, 2012)

7.3 Marka Molekuler

Penggunaan marka dalam kegiatan pemuliaan tanaman digunakan untuk memonitor introgesi atau rekombinan genom. Marka adalah suatu penanda yang dapat diwariskan dan dapat digunakan untuk mengkarakterisasi suatu tanaman atau membedakan dua tanaman yang berbeda genotipenya (polimorfis). Marka dibedakan menjadi tiga, yaitu marka morfologi, marka biokimia, dan marka molekuler. Marka morfologi merupakan penanda yang dapat dilihat langsung, namun jumlahnya terbatas dan dipengaruhi oleh lingkungan. Contoh marka morfologi adalah bentuk daun, warna daun, bentuk

122

umbi, warna tulang daun, dll. Marka biokimia atau marka protein dikenal dengan isozim, marka ini juga jumlahnya sangat terbatas dan dipengaruhi oleh lingkungan serta fase pertumbuhan dan bagian dari tanaman.

Marka molekuler adalah marka yang memanfaatkan sekuen DNA. Kelebihan marka molekuler adalah tidak dipengaruhi oleh lingkungan, jumlahnya banyak, dan dapat dideteksi secara dini pada tanaman. Marka molekuler dibagi menjadi dua, yaitu marka yang bersifat *dominan* dan marka *kodominan*. Marka dominan adalah marka yang hanya dapat mendeteksi alel tunggal dominan pada lokus yang sama, contohnya adalah RAPD dan AFLP. Marka kodominan adalah marka yang dapat mengidentifikasi semua alel pada lokus tertentu, atau dapat membedakan genotipe homozigot dan heterozigot, contohnya adalah RFLP SSR dan SNP.

Isolasi DNA dan PCR (*Polymerase Chain Reaction*) merupakan dua hal yang menjadi dasar dalam marka molekuler. Isolasi DNA dapat dilakukan menggunakan teknik CTAB maupun menggunakan kit isolasi yang tersedia berbagai merk. PCR merupakan proses penggandaan (amplifikasi) DNA secara *in vitro*, yang dapat menghasilkan jutaan copy DNA dalam waktu beberapa jam dengan memanfaatkan suhu tinggi. DNA sensitif terhadap suhu tinggi, oleh karena itu dibutuhkan enzim *Taq polymerase* (enzim yang diisolasi dari bakteri *Thermus aquaticus*) agar DNA tetap stabil.

7.3.1 RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*)

RFLP adalah marka molekuler yang menggunakan enzim restriksi dan hibridisasi southern. Hasil pemotongan ini kemudian dipisahkan berdasarkan ukurannya menggunakan elektroforesis, lalu ditransfer pada membran nylon. Fragmen DNA kemudian didenaturasi menjadi DNA tunggal yang akan melekat pada membran. Proses transfer DNA inilah yang disebut dengan *blotting*. Membran kemudian diinkubasi dengan probe

DNA (molekul DNA yang telah diberi label dengan bahan radioaktif maupun non-radioaktif). Probe akan melekat pada fragmen komplementernya, sehingga membentuk DNA utas ganda kembali. Proses ini disebut hibridisasi. Meskipun marka ini bersifat kodominan, namun memiliki kekurangan. Menurut Azrai (2005) kelemahan RFLP adalah pelaksanaannya rumit dan membutuhkan waktu lama, kuantitas dan kualitas DNA yang digunakan tinggi, prosedur hibridisasi yang rumit, dan minimnya informasi terkait probe DNA untuk tiap spesies.

7.3.2 AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*)

AFLP merupakan gabungan antara RFLP dengan PCR. AFLP merupakan perbaikan dari teknik RFLP. Sama halnya dengan RFLP, AFLP juga adalah marka yang menggunakan potongan DNA hasil restriksi menggunakan enzim *restriksi endonuklease*, lalu fragmen DNA diperbanyak dengan PCR. Enzim restriksi yang umum digunakan adalah *EcoRIII*, *MstI*, *EcoRI* dan *MseI*. Tahap penting dalam AFLP adalah ekstraksi DNA, restriksi (pemotongan), ligasi (penempelan), amplifikasi selektif dengan PCR, deteksi fragmen dengan gel elektroforesis, dan interpretasi hasil dari visualisasi dengan pewarnaan silver. Hanya fragmen DNA yang sesuai atau komplemen yang akan ditemplei oleh primer. Kelebihan marka AFLP adalah tidak perlu mengetahui sekuens DNA yang akan dianalisis dan hanya membutuhkan sedikit DNA, kelemahannya adalah sulit membedakan intensitas pita homozigot dan heterozigot (Azrai, 2005).

7.3.3 RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

Prinsip kerja RAPD adalah berdasarkan perbedaan hasil amplifikasi PCR pada sampel DNA. Primer yang digunakan bersifat random, umumnya terdiri dari 8-10 nukleotida. RAPD banyak digunakan karena kualitas dan kuantitas DNA yang digunakan relatif sedikit biaya yang dibutuhkan tidak terlalu mahal, pengerjaannya juga mudah dan cepat karena tidak

mebutuhkan proses hibridisasi. Namun tingkat keberulangannya rendah (pengerjaan di laboratorium satu dengan yang lainnya bisa memberikan hasil yang berbeda), sangat sensitif terhadap perbedaan konsentrasi DNA (Latief dan Amien, 2014). Satu primer RAPD dapat menghasilkan 6-12 pita sehingga marka ini cukup tepat untuk deteksi keragaman.

7.3.4 SSR (*Simple Sequence Repeat*)

SSR atau biasa juga disebut dengan marka mikrosatelit atau STRs (*Short Tandem Repeats*) adalah sekuens pendek dan berulang secara tandem dalam urutan DNA. Biasanya terdiri dari 2 hingga 4 basa nukleotida. Marka ini bersifat kodominan, sehingga dapat mendeteksi keragaman genetik secara lebih spesifik. Teknik pengerjaannya cukup mudah dan murah. Mikrosatelit tersebar di seluruh genom, termasuk pada kloroplas. Namun pada kloroplas mikrosatelit hanya terdiri dari satu basa, misal T(n). Sekuens berulang AT paling banyak dijumpai pada tanaman, sedangkan sekuens AC/TG pada hewan (Prasetyono dan Tasliah, 2004). Perbedaan jumlah sekuens menjadi dasar dalam mendeteksi perbedaan antar individu. Sekuens yang lebih panjang akan memiliki berat molekul yang lebih besar dibanding sekuens yang pendek, sehingga pita yang lebih berat ada di posisi atas dan pita molekul yang lebih ringan ada di bawah (Gambar 7.2). Primer spesifik *forward* dan *reverse* digunakan untuk mengamplifikasi sekuens mikrosatelit. Kelemahan marka ini adalah tidak tersedia pada semua spesies tanaman, dan untuk merancang primernya butuh waktu lama dan biaya yang mahal (Azrai, 2005).

bertujuan menghasilkan tanaman yang bebas patogen, seperti kapas dan jagung transgenik dengan menyisipkan gen *cry* dari bakteri *Bacillus thuringiensis* sehingga tanaman tahan terhadap serangga patogen kelompok lepidoptera. Tanaman tahan herbisida pada jagung, kedelai, kapas, dan tembakau menyisipkan gen *aroA* dari *Salmonella typhimurium* dan *Escherichia coli* yang tahan herbisida glifosat. Selain itu digunakan juga untuk menambah nutrisi ke dalam suatu tanaman, seperti *golden rice* yang menambahkan gen *phy*, *crtl*, *lyc* yang berasal dari tanaman *daffodil* sehingga beras yang dikonsumsi mengandung beta karoten (provitamin A) yang dapat mengatasi kekurangan vitamin A pada anak-anak.

Keuntungan rekayasa genetik adalah sangat sedikit membutuhkan silang balik, tidak diperlukan seleksi tetua, dapat menyilangkan antar famili bahkan kingdom. Melalui rekayasa genetika, gen yang disisipkan tidak merusak atau menghilangkan sifat agronomi yang baik pada tanaman (Wattimena, 2011).

Agrobacterium merupakan bakteri yang memegang peranan yang sangat penting dalam proses rekayasa genetik. Bakteri tersebut memiliki kemampuan untuk mentransformasi sebagian dari materi genetiknya ke dalam genom inangnya. Oleh karena itu bakteri ini digunakan sebagai "alat transportasi" atau vektor tanaman transgenik. *Agrobacterium* yang sering digunakan adalah *Agrobacterium tumefaciens* yang merupakan bakteri Gram Negatif yang menyebabkan tumor pada tanaman (*crown gall disease*), *Agrobacterium Rhizogenes* penyebab penyakit akar rambut (*hairy root disease*), dan *Agrobacterium radiobacter* merupakan bakteri avirulen. Pembengkakan atau tumor pada tanaman disebabkan karena keberadaan segmen T-DNA dari Ti plasmid (*tumor inducing*) yang dapat ditransfer keluar sel bakteri kemudian berinteraksi dengan genom sel inang.

Tahapan dalam proses transformasi gen dimulai dari identifikasi dan isolasi gen target, kloning gen, insersi, integrasi, ekspresi, dan evaluasi (Gambar 11.3). Tahap memindahkan transgen ke vektor disebut insersi. Setelah gen masuk ke dalam vektor, maka transgen dari vektor dipindahkan ke tanaman, proses ini disebut integrasi. Transgen yang telah terintegrasi diharapkan dapat terekspresi melalui proses transkripsi dan translasi. Apabila gen target dapat diekspresikan, maka perlu dilihat lagi pewarisannya dan dilakukan evaluasi terhadap kestabilan genetiknya, terutama tanaman yang diperbanyak dengan biji.

Menurut Syukur dkk (2012), ada beberapa cara dalam memindahkan gen target ke dalam sel tanaman, yaitu dengan menggunakan Ti-Plasmid dari *A. Tumefaciens*, menggunakan Ri-Plasmid dari *A. Rhizocenes*, menggunakan liploplasmid (membran yang membungkus plastid, DNA, dan molekul lainnya yang akan difusikan dengan protoplas tanaman), menggunakan elektroporasi, dan proyektil mikro.

Untuk mengecek keberhasilan transformasi, biasanya gen ditautkan dengan marka seleksi yang pada umumnya merupakan gen resisten antibiotic atau herbisida, yaitu gen *npt II*, gen *hpt*, gen *bar*, dan gen *dhfr*.

Meskipun teknik rekayasa genetik telah diakui keberhasilannya, namun masih terdapat kekhawatiran akan produk tanaman transgenik berupa kerugian terhadap lingkungan, keanekaragaman hayati, maupun bagi kesehatan manusia dan hewan (Estiati dan Herman, 2015). Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan peraturan perundang-undangan terkait keamanan produk rekayasa genetik dari aspek keamanan lingkungan, pangan dan pakan. Pengujian materi tanaman transgenik pun harus terisolasi di lapangan uji terbatas (LUT).

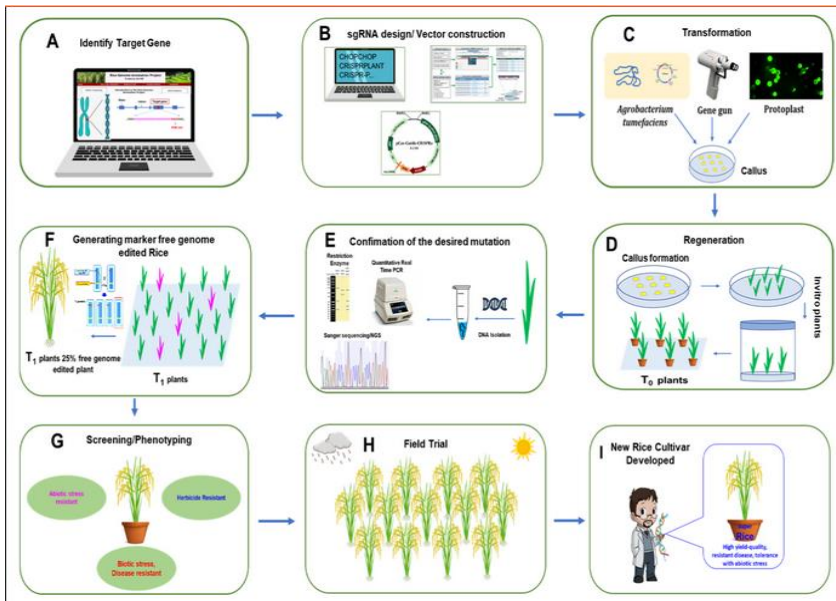
7.5 Genome Editing

Kendala dalam pemuliaan tanaman rekayasa genetik adalah gen yang disisipkan posisinya random, serta perijinan pelepasan dan peredaran yang lama dan membutuhkan biaya besar dapat dihindari dengan teknik genom editing. Teknik ini memanfaatkan CRISPR/Cas9 sebagai “gunting” yang dapat memotong DNA di daerah tertentu lalu urutan basa DNA dapat dihilangkan, ditambah, maupun diganti, sehingga diharapkan perubahan tersebut dapat menghasilkan sifat yang diinginkan.

CRISPR-Cas9 mengadaptasi mekanisme pertahanan virus terhadap bakteri. Cas-9 merupakan suatu enzim yang mengarahkan dan menuntun RNA untuk memotong daerah target DNA, sehingga sekuens DNA yang diinginkan dapat disisipkan. Cara kerja Cas9 adalah pertama, Cas9 membuka DNA utas ganda menjadi utas tunggal. Lalu RNA guide mencari posisi yang akan diedit, dimana DNA yang akan diedit adalah sekuens DNA yang sama dengan sekuens RNA guide. Ketika RNA guide telah menemukan posisinya, maka Cas9 memotong bagian DNA tersebut. Kemudian sekuens DNA template disisipkan pada bagian tersebut dengan memanfaatkan mekanisme perbaikan DNA sel itu sendiri, yaitu mengenali kerusakan dan memperbaiki kerusakan.

Contoh produk CRISPR-Cas9 adalah gandum tahan penyakit embun (*powdery mildew*), singkong tahan virus bercak cokelat, dan *mushroom* putih anti kecokelatan. Berbeda dengan teknik rekayasa genetik, teknologi pengeditan genom dapat memperbaiki sifat tanaman tanpa mengintegrasikan DNA asing ke dalam genom tanaman. Persyaratan untuk dapat melaksanakan breeding presisi menggunakan CRISPR-Cas9 adalah tersedianya teknik kultur dan kapasitas serta fasilitas untuk transformasi tanaman, terlebih dahulu harus mengetahui sekuens genom tanaman yang akan diperbaiki, serta mengetahui cara kerja dan reagen-reagen yang dibutuhkan dalam genom

editing. Tahapan genom editing pada tanaman padi (Gambar 7.3) dimulai dengan mengidentifikasi urutan sekuen DNA gen target dalam genom padi, lalu merancang sgRNA dan menyiapkan konstruksi vektor. Jika vektor telah diperoleh, dilakukan transformasi menggunakan eksplan dari kallus. Dari kallus ini diperoleh tanaman generasi T₀. Konfirmasi terhadap tanaman T₀ dilakukan dengan PCR lalu dilanjutkan sekuensing. Pada generasi T₁ menurut hukum Mendel, akan diperoleh 25% tanaman dengan genom yang telah teredit dan bebas transgen. Tanaman tersebut kemudian diseleksi sesuai karakter yang diinginkan. Lalu tanaman terpilih diuji coba di lapangan hingga mendapatkan varietas baru yang stabil dan bebas transgen. Di beberapa negara, produk hasil genom editing tidak dianggap sebagai GMO sehingga untuk proses pelepasan varietas tidak memerlukan pengkajian keamanan layaknya GMO.



Gambar 7.3 Gambaran umum proses dan tahapan genom editing pada tanaman padi

(Sumber : Le *et al.*, 2022)

DAFTAR PUSTAKA

- Azrai Muhammad. 2005. Pemanfaatan Marka Molekuler dalam Proses Seleksi Pemuliaan Tanaman. *Jurnal AgroBiogen* 1(1), 26-37.
- Dewi Iswari S dan Purwoko Bambang S. 2012. Kultur Antera untuk Percepatan Perakitan Varietas Padi di Indonesia. *Jurnal AgroBiogen* 8(2), 78-88.
- Estiati Amy dan Herman M. 2015. Regulasi Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian* 13(2), 129-146.
- Gonzaga Zenia Cuevas, Aslam Kashif, Septiningsih Endang M, Collard Bertrand CY. 2015. Evaluation of SSR and SNP Markers for Molecular Breeding in Rice. *Plant Breeding and Biotechnology* 3(2), 139-152.
- Latief M, Amien S. 2014. Studi Awal Pemanfaatan Marka Molekuler RAPD untuk Penentuan Kebenaran Tiga Kultivar Nilam. *Bionatura Jurnal Ilmu Hayati dan Fisik* 16(2), 109-113.
- Le Van Trang, Kim Me-Sun, Jung Yu-Jin, Kang Kwon-Kyoo, Cho Yong-Gu. 2022. Research Trends and Challenges of Using CRISPR/Cas9 for Improving Rice Productivity. *Agronomy* 12(164), 1-22.
- Hutami Sri, Mariska Ika, dan Supriati Yati. 2006. Peningkatan Keragaman Genetik Tanaman melalui Keragaman Somaklonal. *Jurnal AgroBiogen* 2(2), 81-88.
- Prasetyono Joko, Tasliah. 2004. Marka Mikrosatelit: Marka Molekuler yang Menjanjikan. *Buletin AgroBio* 6(2), 41-47.

- Prasetyono Joko, Hidayatun Nurul, Tasliah. 2018. Analisis Diversitas Genetik 53 Genotipe Padi Indonesia Menggunakan 6K Marka Single Nucleotide Polymorphism. *Jurnal AgroBiogen* 14(1), 1-10.
- Riyadi Imron. 2006. Isolasi Protoplas Tanaman Kacang Panjang Secara Enzimatis. *Buletin Plasma Nutfah* 12(2), 62-68.
- Sukmadjaja Deden,
- Syukur Muhammad, dkk. 2012. *Teknik pemuliaan tanaman*. Jakarta:Penebar Swadaya. ISBN 978-979-002-549-3.
- Wattimena G.A, dkk. 2011. *Bioteknologi dalam pemuliaan tanaman*. Bogor:PT Penerbit IPB Press. ISBN 978-979-493-289-6.
- Zulkarnain. 2009. *Kultur jaringan tanaman: solusi perbanyak tanaman budi daya*. Jakarta:Bumi Aksara. ISBN 978-979-010-429-7.

BAB 8

PELEPASAN VARIETAS

Oleh Dini Hervani

8.1 Pendahuluan

Kegiatan pemuliaan tanaman mempengaruhi dunia pertanian dan berperan penting, hal ini karena kegiatan pemuliaan tanaman akan merubah susunan genetik suatu tanaman sehingga tanaman tersebut mempunyai sifat genetik yang baru. Sifat genetik baru yang sudah melewati tahapan seleksi dan mencapai tujuan dalam kegiatan pemuliaan akan menjadi hal yang penting untuk mendapatkan tanaman dengan pertumbuhan dan perkembangan yang lebih baik. Arah pemilihan genetik yang dituju oleh seorang pemulia tergantung kepada kondisi tanaman yang akan diperbaiki sifatnya secara genetik, misalnya tanaman padi lokal dengan rasa yang enak tetapi memiliki umur panen yang lama, maka kegiatan pemuliaan yang dituju adalah konstruksi genetik baru dengan umur tanaman padi yang genjah. Menurut Nuraida (2012), hal yang seperti ini akan menjadikan produk pemuliaan tanaman tersebut merupakan kultivar dengan ciri-ciri khusus seperti yang diinginkan pemulihannya, seperti produksi tinggi, umur genjah, toleran terhadap cekaman lingkungan baik biotik maupun abiotik, dan lain sebagainya.

Tujuan akhir dari kegiatan seorang pemulia tentulah ingin mendapatkan suatu galur tanaman dengan sifat yang baru dan lebih baik dari tetuanya, melalui suatu proses yang cukup memakan waktu dan tenaga. Hasil jerih payah seorang pemulia tersebut tentulah harus dihargai dan dilindungi hasil karyanya,

sehingga jika seorang pemulia sudah berhasil memperoleh suatu galur tertentu, dan nantinya akan dijadikan varietas maka pemulia tersebut sebaiknya mendaftarkan calon varietas tersebut untuk pelepasan varietas. Tugas untuk melaksanakan pengelolaan perlindungan, pendaftaran varietas tanaman serta pelayanan perizinan dan rekomendasi teknis pertanian, dilakukan oleh Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian (Pusat PVTPP). Adanya proses pelepasan varietas diharapkan akan meningkatkan kegiatan pemuliaan tanaman dalam rangka menghasilkan varietas tanaman yang unggul sehingga produksi pertanian melalui benih varietas yang unggul tersebut dapat ditingkatkan.

8.2 Pengertian Pelepasan Varietas

Pelepasan varietas tanaman ini diatur dalam Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2019 tentang Pelepasan Varietas Tanaman dan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2021 tentang Sumber Daya Genetik dan Pelepasan Varietas Tanaman Perkebunan. Pelepasan varietas merupakan pengakuan pemerintah terhadap suatu hasil pemuliaan di dalam negeri atau introduksi dari luar negeri yang menyatakan bahwa varietas tersebut merupakan varietas unggul yang dapat diedarkan.

Dari kegiatan pelepasan varietas ini, harus disamakan juga persepsi atau pandangan terhadap pengertian dari varietas itu sendiri. Varietas tanaman dapat diartikan sebagai sekelompok tanaman dari suatu jenis atau spesies yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, buah, biji dan ekspresi karakteristik genotipe atau kombinasi genotipe yang dapat membedakan dari jenis atau spesies yang sama oleh sekurang-kurangnya satu sifat yang menentukan dan apabila diperbanyak tidak mengalami perubahan (Permentan no. 38 tahun 2019). Pelepasan varietas ini merupakan syarat mutlak

bagi varietas unggul hasil pemuliaan yang akan diperjualbelikan dan dimanfaatkan oleh konsumen benih (petani).

8.3 Calon Varietas Baru

8.3.1 Persyaratan Calon Varietas yang Bisa Dilepas

Berdasarkan Permentan no. 38 tahun 2019, seorang pemulia yang menghasilkan suatu sifat baru pada suatu tanaman dapat lanjut ke prosedur pelepasan varietas, dimana calon varietas yang akan dilepas tersebut dapat berasal dari pemuliaan di dalam negeri atau introduksi dari luar negeri. Calon varietas tersebut dapat berupa: galur murni, multilini, populasi bersari bebas, komposit, sintetik, klon, semiklon, biklon, multiklon, mutan, hibrida, sumber daya genetik tanaman perkebunan dan bahkan pada varietas lokal yang mempunyai keunggulan. Varietas lokal yang dimaksud adalah varietas yang telah ada dan dibudidayakan secara turun temurun oleh petani, serta menjadi milik masyarakat dan dikuasai oleh negara. Calon-calon varietas yang telah disebutkan tadi, bisa menuju proses pelepasan varietas jika sudah memenuhi beberapa persyaratan dan pengujian yang telah diatur oleh Undang-undang.

Pengujian terhadap calon varietas ini dilakukan oleh penyelenggara pemuliaan. Penyelenggara pemuliaan ini adalah orang perseorangan, badan usaha, badan hukum, atau instansi pemerintah yang mempunyai kompetensi menyelenggarakan serangkaian kegiatan penelitian dan pengujian atau kegiatan penemuan dan pengembangan suatu varietas. Profesi penyelenggara pemulia ini terdiri dari pemulia, agronomis, entomologis, fitopatologis dan petugas lapangan yang telah mempunyai pengalaman dalam melakukan pengujian tersebut.

Menurut Syukur dkk. (2012), persyaratan yang perlu dipenuhi oleh calon varietas yang akan dilepas, antara lain:

- a. Calon varietas tersebut memiliki silsilah yang lengkap dan ada informasi cara mendapatkan varietas atau metode pemuliaan yang digunakan. Silsilah tersebut mencakup, daerah asal, nama pemulia, mencantumkan deskripsi masing-masing tetua jantan dan betina jika calon varietas dikembangkan melalui persilangan, adanya perkiraan umur tanaman jika tanaman tersebut masuk dalam kelompok tanaman tahunan, dan adanya informasi tentang asal usul, tahun awal perkembangan dan lama penyebaran bagi varietas lokal.
- b. Adanya deskripsi calon varietas yang lengkap. Deskripsi varietas akan memuat daftar karakter utama yang diperoleh dari hasil-hasil pengujian adaptasi atau observasi pada kondisi agroklimat tertentu, dan nantinya data yang dikumpulkan berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Salah satu contoh pada tanaman hortikultura, variabel-variabel untuk deskripsi varietas dapat dipedomani pada Lampiran IV Kepmentan No 12/Kpts/SR.130/D/8/2019 tanggal 20 Agustus 2019. Pada Lampiran IV tersebut cukup banyak parameter yang harus diamati dan berbeda pengamatan pada masing-masing tanaman, sehingga pada Lampiran V Kepmentan No 12/Kpts/SR.130/D/8/2019 tanggal 20 Agustus 2019, dibuat standar baku yang merupakan persyaratan minimum pencantuman parameter karakter pada deskripsi masing-masing varietas sehingga memudahkan penyusunan deskripsi. Contoh susunan deskripsi baku pada salah satu tanaman buah, sayuran, florikultura dan obat dapat dilihat pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Contoh susunan deskripsi baku pada salah satu tanaman buah, sayuran, florikultura dan obat.

Deskripsi tanaman buah (contoh deskripsi durian)	Deskripsi tanaman sayuran (contoh deskripsi cabai)	Deskripsi tanaman florikultura (contoh deskripsi anggrek)	Deskripsi tanaman obat (contoh deskripsi pegagan)
Asal	Asal	Asal	Asal
Silsilah	Silsilah	Silsilah	Silsilah
Golongan varietas	Golongan varietas	Golongan varietas	Golongan varietas
Tinggi tanaman	Tinggi tanaman	Bentuk daun	Ukuran tangkai daun
Bentuk tajuk tanaman	Bentuk penampang batang	Ukuran daun	Ukuran daun
Bentuk penampang batang	Diameter batang	Warna daun	Ketebalan daun
Diameter batang	Warna batang	Umur mulai berbunga	Jumlah vena
Warna batang	Bentuk daun	Bentuk bunga	Jumlah daun induk
Tekstur batang	Ukuran daun	Ukuran bunga	Jumlah geragih
Bentuk daun	Warna daun	Bentuk sepal dorsal	Ukuran geragih
Ukuran daun	Bentuk bunga	Warna sepal dorsal	Panjang ruas
Warna daun	Warna bunga	Bentuk sepal lateral	Jumlah daun anakan
Bentuk bunga	Umur mulai berbunga	Warna sepal lateral	Jumlah anakan
Warna bunga	Umur mulai panen	Bentuk petal warna petal	Warna daun muda
Waktu berbunga	Bentuk buah	Tipe callus/bibir	Warna daun tua
Waktu panen	Ukuran buah	Warna bibir	Warna tangkai muda
Bentuk buah	Warna buah muda	Warna calli	Warna tangkai tua
Ukuran buah	Warna buah tua	Bentuk ujung bibir	Warna geragih
Warna kulit buah	Tebal kulit buah	Ukuran bibir	Warna tepi daun muda
Duri buah	Rasa buah	Posisi pembungaan	Warna tepi daun tua
Warna daging buah	Bentuk biji	Arah menghadap bunga	Bentuk daun
Rasa daging buah	Warna biji	Mekar bunga	Bentuk tepi dan inggit daun
Ketebalan daging buah	Berat 1000 biji	Corak bunga	Inggit daun
Aroma buah	Berat per buah	Perpuntiran/resupinate	Perurutan pada daun
Bentuk biji	Jumlah buah per tanaman	Ukuran tangkai bunga	Tekstur permukaan daun
Warna biji	Berat buah per tanaman	Warna tugu	Berat basah per tanaman
Kandungan air	Ketahanan terhadap hama	Warna keping sisi	Berat kering per tanaman
Kadar gula	Ketahanan terhadap penyakit	Jumlah bunga mekar	Kadar air
Kandungan lemak	Daya simpan buah pada suhu...-.....°C	Lama kesegaran mekar bunga	Kadar abu
Kandungan vitamin C	Hasil buah per hektar	Hasil bunga	Kadar abu tak larut asam
Jumlah juring per buah	Poopulasi per hektar	Hasil anakan	Kadar sari larut dalam air
Berat per buah	Kebutuhan benih per hektar		Kadar sari larut dalam alkohol

Deskripsi tanaman buah (contoh deskripsi durian)	Deskripsi tanaman sayuran (contoh deskripsi cabai)	Deskripsi tanaman florikultura (contoh deskripsi anggrek)	Deskripsi tanaman obat (contoh deskripsi pegagan)
Jumlah buah per tanaman	Penciri utama	Identitas rumpun induk tunggal	Kadar asiaticosida
Persentase bagian buah yang dapat dikonsumsi	Keunggulan varietas	Nomor rumpun induk tunggal	Produksi simplisia segar
Daya simpan buah pada suhu...-.....°C	Wilayah adaptasi	Penciri utama	Produksi simplisia kering
Ketahanan terhadap hama	Pemohon	Keunggulan varietas	Identitas tanaman induk
Ketahanan terhadap penyakit	Pemulia	Wilayah adaptasi	Nomor tanaman induk
Hasil buah per pohon per tahun	Peneliti	Pemohon	Penciri utama
Identitas pohon induk tunggal		Pemulia	Keunggulan varietas
Nomor registrasi pohon induk tunggal		Peneliti	Wilayah adaptasi
Perkiraan umur pohon induk tunggal			Pemohon
Penciri utama			Pemulia
Keunggulan varietas			Peneliti
Wilayah adaptasi			
Pemohon			
Pemulia			
Peneliti			

Sumber: Direktorat perbenihan Hortikultura, Kementerian Pertanian (2019)

- c. Menunjukkan sifat baru yang dihasilkan dan menunjukkan keunggulan terhadap varietas pembanding yang dicobakan. Varietas pembanding yang digunakan haruslah varietas unggul sehingga nantinya bisa dibandingkan sifat-sifat yang akan diujikan.
- d. Adanya ketersediaan benih untuk kelompok benih penjenis (*breeder seed*) dari varietas yang akan dilepas sehingga memudahkan ketersediaan benih untuk kelompok benih selanjutnya, serta dilengkapi dengan rencana produksi dan bisnis dari calon varietas yang diusulkan untuk lima tahun ke depan.
- e. Adanya kelengkapan data hasil berbagai pengujian baik di lapangan maupun di laboratorium.

8.3.2 Tipe Calon Varietas

Prosedur kegiatan pemuliaan yang dilakukan untuk menghasilkan calon varietas baru, tergantung kepada sistem reproduksi dan daur hidup masing-masing tanaman. Menurut Permentan no 19 Tahun 2021, terdapat 11 (sebelas) tipe varietas/ calon-calon varietas baru yang dapat diperoleh melalui prosedur pemuliaan dan metode seleksi yang diterapkan, yaitu :

- a. Galur murni untuk tanaman semusim yang menyerbuk sendiri yang dihasilkan melalui penggaluran dan seleksi galur terbaik sebagai calon varietas. Seleksi galur murni juga sangat sesuai diterapkan untuk pemurnian varietas lokal.
- b. Hibrida melalui pengujian daya gabung antar galur pada tanaman semusim dan daya gabung antar populasi pada tanaman tahunan.
- c. Klon untuk tanaman perbanyak vegetatif atau tanaman perbanyak generatif yang mudah diklon.
- d. Populasi bersari bebas (PBB) untuk perbaikan populasi varietas tanaman menyerbuk silang melalui seleksi massa dalam pemilihan pohon induk.
- e. PBB komposit apabila terdapat sejumlah populasi terpilih dari tanaman semusim atau tahunan menyerbuk silang yang berbeda latar belakang genetik dapat digabungkan membuat PBB baru yang lebih baik.
- f. PBB sintetik untuk tanaman semusim atau tahunan yang memiliki beberapa populasi terpilih atau galur berbeda yang sudah teruji baik daya gabungnya satu sama lain.
- g. Semiklon untuk perbaikan keseragaman hibrida antar populasi pada tanaman tahunan.
- h. Biklon untuk keseragaman lebih baik hibrida antar populasi pada tanaman tahunan.

- i. Mutan untuk memanfaatkan adanya perubahan karakter tertentu yang bernilai ekonomi pada varietas tanaman semusim atau tahunan.
- j. Multilini untuk menciptakan kultivar dengan ketahanan horizontal dengan membentuk galur-galur isoline pada tanaman semusim.
- k. Poliklon pada tanaman tahunan dengan tujuan untuk memperoleh benih komposit atau sintetik dikebun benih dan/ atau untuk perbaikan mutu hasil dan ketahanan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) di pertanaman.

8.3.3 Penamaan Calon Varietas

Seorang pemulia yang akan menuju ke tahapan pelepasan varietas berhak memberi nama pada calon varietas baru tersebut, tetapi tentu saja dalam hal pemberian nama tidak boleh dilakukan dengan sembarangan. Ada beberapa aturan dalam pemberian nama varietas yang mengacu pada Permentan no 19 Tahun 2021, diantaranya:

- a. Tidak bertentangan dengan identitas varietas hasil pemuliaan yang bersangkutan.
- b. Tidak menimbulkan kerancuan karakteristik, nilai, atau identitas suatu varietas hasil pemuliaan.
- c. Tidak telah digunakan untuk nama varietas yang sudah ada untuk jenis tanaman yang sama, kecuali untuk jenis tanaman yang berbeda.
- d. Tidak telah digunakan nama orang terkenal kecuali telah mendapat persetujuan dari orang yang bersangkutan.
- e. Tidak menggunakan nama alam.
- f. Tidak menggunakan lambang negara.
- g. Tidak menggunakan merek dagang untuk barang dan atau jasa yang dihasilkan dari bahan propagasi, seperti; benih

atau bibit, atau bahan yang dihasilkan dari varietas lain, jasa transportasi atau penyewaan tanaman.

- h. Tidak lebih dari 30 huruf.
- i. Tidak ditafsirkan sebagai memperbesar nilai sesungguhnya dari varietas tersebut, misalnya: terbaik, paling enak, wangi sekali.
- j. Tidak hanya terdiri dari kata-kata deskriptif sederhana, misalnya: merah, panjang, pendek, kerdil.
- k. Tidak menggunakan tanda baca apapun, seperti: titik, titik dua, koma.
- l. Tidak menggunakan kata-kata yang dilarang dalam penamaan, seperti: persilangan, hibrida, kelompok, bentuk, mutan, bibit, strain, varietas, atau bentuk jamak dari kata-kata tersebut, seperti: “yang diperbaiki” atau “yang ditransformasi”.
- m. Tidak menggunakan nama jenis atau spesies atau nama botani untuk penggunaan kata tunggal.
- n. Apabila sebelumnya pernah diusulkan di luar Indonesia, nama tersebut dapat dipergunakan pada waktu diusulkan di Indonesia, kecuali nama tersebut sudah digunakan di Indonesia untuk jenis atau spesies yang sama.
- o. Pemberian nama dengan menggunakan nama Balai Penelitian, Kebun Percobaan, Perusahaan atau Perorangan boleh dengan singkatan.
- p. Penggantian nama suatu varietas yang sudah dilepas diajukan kepada Menteri Pertanian melalui Direktur Jenderal dengan disertai justifikasinya.
- q. Suatu varietas yang diperdagangkan tetap mencantumkan nama varietas sesuai dengan surat keputusan pelepasan, disamping nama dagangnya (jika ada)
- r. Untuk varietas yang telah terdaftar pada kantor Pusat Perlindungan Varietas Tanaman dan Perizinan Pertanian,

nama yang diusulkan sesuai dengan yang tercantum dalam pendaftaran.

8.3.4 Pengujian yang Dilakukan Pada Calon Varietas

Calon varietas sebelum dilepas akan melewati serangkaian pengujian untuk memenuhi segala persyaratan pelepasan varietas. Pengujian untuk pelepasan varietas akan dilakukan oleh Penyelenggara Pemuliaan, antara lain:

- a. Uji adaptasi atau observasi, dilakukan pada calon varietas untuk mengetahui keunggulan produksi, mutu hasil, respon terhadap pemupukan, ketahanan terhadap organisme pengganggu tanaman utama, umur, toleransi terhadap pengaruh cekaman lingkungan, keseragaman dan kemantapan, serta perbedaan dari varietas yang telah dilepas. Hasil dari uji adaptasi atau observasi ini nantinya dapat diselaraskan dengan uji untuk kepentingan Perlindungan Varietas Tanaman (PVT)
- b. Uji untuk kepentingan Perlindungan Varietas Tanaman (PVT), yang meliputi uji kebaruan, keunikan, keseragaman dan kestabilan (BUSS).

8.4 Tahapan Pelepasan Varietas

Pelepasan varietas pada calon varietas yang telah memenuhi persyaratan dan lulus pengujian akan dilakukan oleh Menteri, dan nanti pelaksanaannya diberikan kepada Direktur Jenderal atas nama Menteri berupa Keputusan Menteri. Dalam proses pelepasan varietas, Direktur Jenderal akan dibantu oleh Tim Penilai Varietas (TPV), yang keanggotaannya terdiri atas para ahli, antara lain: ahli di bidang pemuliaan tanaman, budidaya, hama dan penyakit, statistik, lingkungan, bioteknologi dan sosial ekonomi.

TPV akan menerima laporan dari penyelenggara pemulia setelah melaksanakan pengujian dan menyusun laporan hasil akhir pelaksanaan pengujian dan TPV akan melakukan evaluasi dan penilaian calon varietas dalam bentuk sidang pleno TPV. Hasil evaluasi dan penilaian kelayakan calon varietas oleh TPV ini akan disampaikan kepada penyelenggara pemuliaan dalam jangka waktu paling lama tiga hari kerja sejak pelaksanaan sidang, hasilnya berupa:

- a. Perbaikan, dengan memerintahkan kepada penyelenggara pemuliaan untuk melengkapi data dan informasi, paling lama empat belas hari kerja.
- b. Penolakan; atau
- c. Rekomendasi untuk dilepas.

8.4 Permohonan Pelepasan Varietas

Permohonan pelepasan varietas dapat dilakukan setelah penyelenggara pemuliaan memenuhi persyaratan pelepasan sesuai dengan Permentan No. 38 Tahun 2019, yang mencakup:

- a. Rekomendasi pelepasan dari ketua TPV.
- b. Laporan hasil akhir pelaksanaan pengujian dalam bentuk ringkasan.
- c. Surat keterangan persetujuan nama varietas.
- d. Pernyataan dari pemilik bahwa benih penjenis (*breeder seed*) tersedia dalam jumlah yang cukup untuk memperbanyak lebih lanjut.
- e. Rencana pengembangan produksi benih untuk lima tahun kedepan.
- f. Jika menggunakan varietas introduksi maka harus melampirkan izin dari pemilik varietas.
- g. Jika menggunakan varietas hibrida harus melampirkan deskripsi tetua.

- h. Jika menggunakan varietas lokal harus melampirkan tanda daftar.
- i. Permohonan pelepasan yang diajukan oleh penyelenggara pemulia melampirkan semua dokumen persyaratan secara daring (*online*) kepada Direktur Jenderal melalui Kepala Pusat PVTTP.
- j. Kepala Pusat PVTTP akan memeriksa kelengkapan dokumen paling lama tiga hari kerja setelah diterima. Hasil pemeriksaan kelengkapan dokumen berupa; 1) tidak lengkap, maka permohonan ditolak, dan 2) lengkap, maka permohonan akan disampaikan kepada Direktur Jenderal melalui Ketua TPV.
- k. Calon varietas yang telah lengkap dokumennya akan diberikan Persetujuan pelepasan varietas oleh Direktur Jenderal dalam bentuk Keputusan Menteri yang akan disampaikan kepada penyelenggara pemulia melalui Kepala Pusat PVPTT.

8.5 Perlindungan Varietas Tanaman

Kegiatan yang dilakukan untuk sebuah pelepasan varietas baru oleh pemulia ternyata melalui berbagai proses dan pengujian yang lama serta membutuhkan tenaga yang banyak. Untuk menghargai kerja pemulia dan meyakinkan pemulia bahwa varietas baru yang telah dilepas dalam perlindungan hukum, maka sebaiknya pemulia mendaftarkan varietas tanaman yang dihasilkan sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2000 Tentang Perlindungan Varietas Tanaman.

Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) menurut UU No. 29 Tahun 2000 merupakan perlindungan khusus yang diberikan negara yang dalam hal ini diwakili oleh pemerintah dan pelaksanaannya dilakukan oleh Kantor Perlindungan Varietas

Tanaman, terhadap varietas tanaman yang dihasilkan oleh pemulia tanaman melalui kegiatan pemuliaan tanaman. Hak khusus PVT yang diberikan kepada pemulia berupa penggunaan sendiri hasil pemuliaannya atau memberi persetujuan kepada orang atau badan hukum lain untuk menggunakan selama waktu tertentu. Jangka waktu PVT adalah selama dua puluh tahun untuk tanaman semusim dan dua puluh lima tahun untuk tanaman tahunan, yang dihitung sejak tanggal pemberian PVT.

PVT merupakan cabang dari Hak Kekayaan Intelektual (HKI) yang merupakan bentuk kepemilikan terhadap hasil kemampuan dan kreativitas intelektual manusianya, sehingga seorang pemulia merasa aman dengan produk pemuliaannya karena adanya perlindungan hukum. PVT diharapkan dapat menunjang dan meningkatkan minat dalam melakukan kegiatan pemuliaan tanaman dalam rangka menghasilkan varietas unggul baru (Lestari dkk. 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Perbenihan Hortikultura, 2019, 'Pedoman Pendaftaran Varietas', Jakarta, Direktorat Perbenihan Hortikultura, Direktorat Jenderal Hortikultura, Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian, 2000, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2000 Tentang Perlindungan Varietas Tanaman, Jakarta, Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian, 2019, Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2019 Tentang Pelepasan Varietas, Jakarta, Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian, 2021, Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2021 Tentang Sumber Daya Genetik Dan Pelepasan Varietas Tanaman Perkebunan, Jakarta, Kementerian Pertanian RI.
- Lestari, El, Roisah, K, & Prabandari, AP, 2019, 'Perlindungan Hukum Terhadap Varietas Tanaman dalam Memberikan Kepastian Hukum kepada Pemulia Tanaman', *Jurnal Notarius*, vol.12, no. 2, hh.972-984.
- Nuraida, D 2012, 'Pemuliaan Tanaman Cepat dan Tepat melalui Pendekatan Marka Molekuler', *Jurnal El-Hayah*, vol. 2, no. 2, hh. 97-103.
- Syukur, M, Sujiprihatini, S, & Yuniarti, R, 2012, Teknik Pemuliaan Tanaman, Penebar Swadaya, Jakarta.

BAB 9

PEMULIAAN TANAMAN DAN PRODUKSI BENIH UNGGUL

9.1 Pendahuluan

Tanaman adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi manusia, baik dalam hal pangan, kesehatan, maupun industri. Oleh karena itu, produksi tanaman yang berkualitas dan unggul sangatlah penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas tanaman adalah dengan melakukan pemuliaan tanaman. Pemuliaan tanaman merupakan suatu proses seleksi dan perbaikan sifat-sifat genetik tanaman untuk menghasilkan tanaman yang lebih baik.

Produksi benih yang berkualitas dan unggul sangat penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Namun, produksi benih yang berkualitas dan unggul tidak hanya bergantung pada teknik produksi benih yang baik, tetapi juga bergantung pada jenis tanaman yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk memilih jenis tanaman yang memiliki sifat unggul dan mampu menghasilkan benih yang berkualitas. Salah satu cara untuk memperoleh jenis tanaman yang unggul adalah dengan melakukan pemuliaan tanaman. Namun, bagaimana pengaruh pemuliaan tanaman terhadap produksi benih yang berkualitas dan unggul masih menjadi masalah yang perlu dipecahkan.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk membahas pengaruh pemuliaan tanaman terhadap produksi benih yang

berkualitas dan unggul. Dalam penulisan ini, akan dijelaskan mengenai pengertian benih unggul, tujuan pemuliaan tanaman, metode pemuliaan tanaman, serta teknik produksi benih yang berkualitas dan unggul. Selain itu, juga akan dibahas mengenai tantangan dalam produksi benih unggul dan bagaimana cara mengatasi tantangan tersebut.

Penulisan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dalam memahami pentingnya produksi benih yang berkualitas dan unggul serta bagaimana cara untuk memperoleh benih tersebut melalui pemuliaan tanaman. Selain itu, penulisan ini juga diharapkan dapat memberikan informasi mengenai teknik produksi benih yang berkualitas dan unggul, sehingga pembaca dapat menerapkannya dalam kegiatan produksi benih.

9.2 Produksi Benih Unggul

9.2.1 Pengertian Benih Unggul

Benih unggul merupakan benih yang dihasilkan dari pemuliaan tanaman dengan tujuan untuk menghasilkan tanaman yang memiliki sifat-sifat yang lebih baik daripada varietas aslinya. Sifat-sifat yang diinginkan dapat berupa peningkatan produksi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, ketahanan terhadap cuaca ekstrem, dan sifat-sifat lain yang diinginkan. Benih unggul dapat diperoleh dari hasil pemuliaan tanaman konvensional maupun pemuliaan tanaman modern dengan teknik rekayasa genetika.

Benih unggul merupakan salah satu faktor penting dalam peningkatan produktivitas pertanian. Dengan menggunakan benih unggul, petani dapat meningkatkan produksi tanaman mereka sehingga dapat menghasilkan hasil yang lebih banyak dan berkualitas. Benih unggul juga dapat meningkatkan ketahanan

tanaman terhadap hama dan penyakit sehingga dapat mengurangi kerugian yang dialami petani.

Untuk memperoleh benih unggul yang berkualitas, diperlukan proses seleksi benih yang ketat. Seleksi benih dilakukan untuk memilih benih yang memiliki sifat-sifat unggul seperti daya tumbuh yang tinggi, seragam, bebas dari penyakit dan hama serta dapat beradaptasi dengan lingkungan tempat tumbuhnya.

9.2.2 Karakteristik Benih Unggul

Benih unggul memiliki karakteristik seperti :

1. Kemurnian genetik: Benih yang berkualitas baik memiliki gen-gen yang stabil dan diwariskan secara konsisten pada keturunannya. Benih yang terkontaminasi dengan gen-gen yang tidak diinginkan dapat menghasilkan tanaman yang kurang produktif atau cacat.
2. Keunggulan fenotipik: Benih unggul juga memiliki keunggulan fenotipik yang dapat dilihat dari sifat-sifat seperti produktivitas, resistensi terhadap penyakit, ketahanan terhadap stress lingkungan, dan kualitas buah atau biji. Benih yang diproduksi dari tanaman yang menunjukkan keunggulan fenotipik ini dapat menghasilkan tanaman yang lebih produktif dan tahan terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan.
3. Ketahanan terhadap penyakit: Benih yang tahan terhadap penyakit dapat mengurangi biaya dan kerugian yang disebabkan oleh pengobatan atau pengendalian hama dan penyakit. Selain itu, penggunaan benih tahan penyakit juga dapat mengurangi penggunaan pestisida yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

4. Kualitas benih: Kualitas benih sangat penting dalam produksi tanaman yang sehat dan produktif. Benih unggul harus memiliki daya tumbuh yang baik, ukuran dan bentuk yang seragam, dan kadar kelembaban yang tepat. Benih yang berkualitas rendah dapat menghasilkan tanaman yang kurang produktif atau bahkan gagal tumbuh.
5. Sertifikasi benih: Benih unggul harus diproduksi dan didistribusikan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh otoritas yang berwenang. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa benih yang dijual kepada petani adalah benih yang berkualitas dan sesuai dengan deskripsi varietas yang diiklankan. Proses sertifikasi benih ini melibatkan pengujian kualitas benih, pengecekan kemurnian genetik, dan verifikasi asal usul benih.

9.2.3 Keuntungan Produksi Benih Unggul

Produksi benih unggul memiliki berbagai keuntungan bagi para petani dan produsen benih. Berikut adalah beberapa keuntungan dari produksi benih unggul:

1. Kualitas yang lebih baik : Benih unggul dihasilkan dari seleksi varietas yang memiliki sifat-sifat unggul seperti daya tumbuh yang tinggi, resistansi terhadap penyakit, dan hasil yang lebih baik. Dengan memilih benih unggul, petani dapat memastikan bahwa tanaman yang tumbuh dari benih tersebut memiliki kualitas yang lebih baik.
2. Produktivitas lebih tinggi: Tanaman yang tumbuh dari benih unggul memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh dari benih biasa. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa benih unggul memiliki sifat-sifat yang lebih unggul seperti resistansi terhadap penyakit dan hasil yang lebih baik.

3. Daya tahan yang lebih baik : Benih unggul dipilih berdasarkan sifat-sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap penyakit dan cuaca ekstrem. Dengan menggunakan benih unggul, petani dapat memastikan bahwa tanaman mereka memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap faktor-faktor lingkungan yang buruk.
4. Penjualan yang lebih tinggi : Produk pertanian yang dihasilkan dari tanaman yang tumbuh dari benih unggul biasanya memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk yang dihasilkan dari tanaman yang tumbuh dari benih biasa. Hal ini disebabkan oleh kualitas yang lebih baik dan hasil yang lebih tinggi dari tanaman yang tumbuh dari benih unggul.
5. Menjamin pasokan benih yang berkualitas : Dengan memproduksi benih unggul, produsen benih dapat menjamin pasokan benih yang berkualitas tinggi untuk petani. Hal ini dapat membantu petani dalam menghasilkan produk pertanian yang lebih baik dan meningkatkan hasil panen mereka.

Dengan demikian, produksi benih unggul memiliki banyak keuntungan bagi petani dan produsen benih, seperti kualitas yang lebih baik, produktivitas yang lebih tinggi, daya tahan yang lebih baik, penjualan yang lebih tinggi, dan pasokan benih yang berkualitas.

9.3 Pemuliaan Tanaman

9.3.1 Pengertian Pemuliaan Tanaman

Pemuliaan tanaman adalah suatu proses pengembangan varietas tanaman yang lebih baik dari segi kualitas dan produktivitasnya. Proses pemuliaan tanaman bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat genetik tanaman, seperti ketahanan terhadap penyakit, adaptasi terhadap lingkungan, produktivitas,

ukuran buah, warna, rasa, aroma, dan sifat-sifat lain yang diinginkan. Proses pemuliaan tanaman dilakukan melalui teknik persilangan antara dua atau lebih varietas tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan. Pemuliaan tanaman memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan pertanian modern. Dengan adanya varietas tanaman yang unggul, para petani dapat meningkatkan produksi dan kualitas hasil panen mereka. Selain itu, pemuliaan tanaman juga dapat membantu para petani dalam mengatasi perubahan iklim dan perubahan lingkungan yang terjadi saat ini. Dalam jangka panjang, pemuliaan tanaman dapat memberikan manfaat besar bagi kesejahteraan manusia dan pengembangan industri pertanian.

Proses pemuliaan tanaman dilakukan secara terus-menerus untuk menciptakan varietas tanaman yang lebih baik dari segi kualitas dan produktivitasnya. Pemuliaan tanaman melibatkan berbagai teknik, seperti seleksi alami, seleksi buatan, persilangan, mutasi, dan rekayasa genetika. Dalam proses pemuliaan tanaman, varietas unggul dipilih berdasarkan sifat-sifat yang diinginkan, seperti adaptasi terhadap lingkungan, resistensi terhadap penyakit dan hama, produktivitas yang tinggi, dan sifat-sifat lain yang diinginkan.

9.3.2 Tujuan Pemuliaan Tanaman

Tujuan utama dari pemuliaan tanaman adalah untuk meningkatkan kualitas, produktivitas, dan adaptasi tanaman terhadap lingkungan serta kondisi iklim yang berubah-ubah. Pemuliaan tanaman bertujuan untuk menghasilkan varietas baru yang memiliki karakteristik yang lebih baik dari varietas sebelumnya, seperti kekuatan tahan terhadap hama dan penyakit, ketahanan terhadap kekeringan dan banjir, pertumbuhan yang lebih cepat dan seragam, dan hasil panen yang lebih tinggi. Selain itu, tujuan pemuliaan tanaman juga untuk menghasilkan varietas yang lebih cocok untuk ditanam di daerah

tertentu dengan kondisi lingkungan dan iklim yang khusus. Hal ini sangat penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian di daerah-daerah yang memiliki kondisi iklim yang tidak stabil dan tidak menentu.

Pemuliaan tanaman juga bertujuan untuk menciptakan tanaman yang lebih ramah lingkungan dengan penggunaan pupuk dan pestisida yang lebih sedikit, sehingga dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, pemuliaan tanaman juga dapat membantu meningkatkan keanekaragaman hayati dan mencegah terjadinya kerusakan pada ekosistem.

Dalam skala yang lebih luas, tujuan pemuliaan tanaman juga dapat membantu meningkatkan keamanan pangan global dengan menghasilkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap perubahan iklim dan cuaca ekstrem, serta varietas yang dapat tumbuh dengan baik di lahan yang tidak subur atau di daerah-daerah yang sulit dijangkau.

Pemuliaan tanaman dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan dan membantu mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

9.3.3 Metode Pemuliaan Tanaman

Metode pemuliaan tanaman adalah teknik atau cara yang dilakukan dalam memperbaiki sifat-sifat genetik pada tanaman sehingga menghasilkan varietas yang lebih unggul. Berikut adalah beberapa metode pemuliaan tanaman yang umum digunakan:

1. Pemuliaan tanaman konvensional. Metode ini dilakukan dengan cara memilih tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan dan kemudian disilangkan dengan tanaman yang memiliki sifat-sifat yang juga diinginkan. Selanjutnya, tanaman hasil persilangan tersebut diuji dan

- dipilih lagi berdasarkan sifat-sifat yang diinginkan hingga didapatkan varietas yang unggul.
2. Pemuliaan tanaman *in vitro*. Metode ini dilakukan dengan memanipulasi genetika tanaman menggunakan teknologi rekayasa genetika. Dalam metode ini, gen yang diinginkan akan dimasukkan ke dalam sel tanaman melalui teknik transformasi genetika. Tanaman hasil transformasi ini kemudian akan diuji dan dipilih lagi untuk mendapatkan varietas yang unggul.
 3. Pemuliaan tanaman mutasi. Metode ini dilakukan dengan memanfaatkan mutasi alami atau diinduksi pada tanaman. Mutasi ini dapat terjadi secara spontan atau dapat diinduksi melalui radiasi atau bahan kimia tertentu. Setelah terjadi mutasi, tanaman akan diuji dan dipilih lagi untuk mendapatkan varietas yang unggul.
 4. Pemuliaan tanaman interspesifik. Metode ini dilakukan dengan melakukan persilangan antara spesies tanaman yang berbeda untuk menghasilkan tanaman hibrida. Tanaman hasil persilangan ini kemudian diuji dan dipilih lagi untuk mendapatkan varietas yang unggul.

Metode-metode pemuliaan tanaman tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pemilihan metode yang tepat tergantung pada tujuan dari pemuliaan tanaman yang dilakukan serta kondisi dan kebutuhan.

9.4 Pengaruh Pemuliaan Tanaman Terhadap Produksi Benih Unggul

Pemuliaan tanaman memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produksi benih unggul. Melalui proses pemuliaan tanaman, varietas tanaman dapat ditingkatkan kualitasnya sehingga menghasilkan benih varietas unggul yang memiliki sifat-sifat lebih baik dari varietas asalnya. Varietas unggul ini

dapat menghasilkan benih yang berkualitas tinggi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan produktivitas dan keuntungan petani.

Terdapat beberapa metode yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas varietas tanaman. Metode yang sering digunakan adalah seleksi alamiah, seleksi buatan, hibridisasi, dan rekayasa genetik. Melalui metode-metode tersebut, sifat-sifat yang diinginkan dapat ditingkatkan atau dikombinasikan dalam varietas tanaman baru sehingga menghasilkan benih yang lebih baik.

Hasil pemuliaan tanaman tidak hanya meningkatkan kualitas benih, tetapi juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama, penyakit, atau kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Sehingga, benih yang dihasilkan lebih tahan terhadap berbagai kondisi yang mungkin terjadi di lapangan. Hal ini dapat mengurangi risiko gagal panen dan meningkatkan produktivitas pertanian. Selain itu, pemuliaan tanaman juga dapat memberikan keuntungan ekonomi. Dengan adanya varietas tanaman yang lebih baik, petani dapat menghasilkan hasil panen yang lebih banyak dan berkualitas tinggi dan dapat dijual dengan harga yang lebih tinggi, sehingga meningkatkan keuntungan petani. Di sisi lain, peningkatan produktivitas dan kualitas benih juga dapat meningkatkan daya saing produk pertanian di pasar domestik maupun internasional.

Tahapan penting dalam pemuliaan tanaman untuk menghasilkan benih unggul

1. Pemilihan Induk Tanaman Unggul

Pemilihan tanaman induk yang tepat melibatkan pemilihan tanaman yang memiliki karakteristik genetik yang diinginkan, seperti sifat-sifat tahan penyakit, tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu, pertumbuhan yang baik, dan

produktivitas yang tinggi. Selain itu, tanaman induk yang dipilih juga harus sehat dan bebas dari penyakit dan hama.

Dalam pemilihan tanaman induk, perlu juga diperhatikan asal-usul tanaman tersebut, sehingga dapat diketahui apakah tanaman tersebut telah teradaptasi dengan kondisi lingkungan setempat. Pemilihan tanaman induk yang tepat dapat membantu meningkatkan keberhasilan program pemuliaan tanaman dan meningkatkan kualitas benih yang dihasilkan.

Pemilihan tanaman induk yang tepat juga dapat membantu mengurangi biaya produksi dan meningkatkan produktivitas pertanian. Sebagai contoh, tanaman induk yang memiliki sifat tahan penyakit dapat mengurangi biaya pengendalian penyakit dan meningkatkan produktivitas tanaman yang dihasilkan. Proses pemilihan induk tanaman unggul meliputi :

a) Identifikasi karakteristik unggul

Proses pemilihan dimulai dengan mengidentifikasi karakteristik tanaman yang ingin dihasilkan, seperti tahan terhadap penyakit, toleransi terhadap cuaca ekstrem, atau kualitas buah yang baik. Setelah itu, perlu dilakukan penelitian untuk menemukan varietas tanaman yang memiliki karakteristik tersebut.

b) Seleksi individu terbaik

Setelah varietas unggul ditemukan, dilakukan seleksi individu terbaik dengan cara mengamati dan membandingkan karakteristiknya dengan individu lainnya dalam populasi. Individu yang memiliki karakteristik unggul akan dipilih dan dipertahankan sebagai induk tanaman.

c) Pemuliaan silang

Induk tanaman yang dipilih kemudian akan dijadikan sebagai induk dalam pemuliaan silang. Dalam pemuliaan silang, induk tanaman yang memiliki karakteristik unggul akan disilangkan dengan tanaman lain yang memiliki karakteristik yang diinginkan. Proses silang ini dilakukan dengan bantuan serangga penyerbuk atau secara manual.

d) Seleksi keturunan

Setelah terjadi silangan, dilakukan seleksi keturunan untuk memilih individu yang memiliki karakteristik unggul dan sesuai dengan tujuan pemuliaan. Proses seleksi dilakukan berulang kali untuk mendapatkan keturunan yang semakin unggul.

e) Uji stabilitas keturunan

Setelah terpilih individu unggul, dilakukan uji stabilitas keturunan untuk memastikan bahwa karakteristik yang dihasilkan stabil dan konsisten pada berbagai kondisi lingkungan. Uji stabilitas dapat dilakukan dengan melakukan uji lapangan atau uji laboratorium.

Proses pemilihan induk tanaman unggul perlu diperhatikan faktor-faktor seperti genetika, kondisi lingkungan, dan manajemen pemeliharaan tanaman. Oleh karena itu, proses ini membutuhkan ketelitian dan kehati-hatian dalam pelaksanaannya.

2. Penyilangan Tanaman

Penyilangan tanaman adalah proses menggabungkan dua individu tanaman atau lebih yang berbeda secara genetik. Proses penyilangan dapat dilakukan secara alami dengan bantuan serangga yang bertindak sebagai agen penyerbuk atau secara buatan dengan bantuan tangan manusia. Proses penyilangan buatan dilakukan dengan cara

membuang serbuk sari dari bunga jantan dan kemudian mengambil serbuk sari dari bunga betina dan menempatkannya pada putik bunga jantan. Hasil dari penyilangan akan menghasilkan benih yang memiliki karakteristik campuran dari kedua induknya.

Tujuan dari proses penyilangan adalah untuk menghasilkan varietas unggul yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman serta memperkuat daya tahan terhadap faktor lingkungan dan patogen.

3. Seleksi Tanaman Hasil Penyilangan

Tujuan dari seleksi tanaman adalah untuk memilih dan mempertahankan tanaman yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap hama, penyakit, dan kondisi lingkungan tertentu.

Proses seleksi tanaman dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu seleksi generasi F1, seleksi generasi F2, seleksi generasi F3, dan seterusnya hingga generasi F6 atau F7. Pada setiap tahap seleksi, tanaman yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan akan dipilih dan dibiakkan kembali, sedangkan tanaman yang tidak memiliki sifat-sifat yang diinginkan akan dieliminasi.

Tanaman yang dihasilkan dari seleksi generasi F1 hingga F7 akan memiliki karakteristik yang lebih homogen dan stabil sehingga dapat digunakan untuk produksi benih unggul. Selain itu, seleksi generasi F1 hingga F7 juga bertujuan untuk memperbaiki varietas tanaman yang sudah ada. Dengan melakukan persilangan dan seleksi secara terus-menerus, diharapkan dapat menghasilkan varietas tanaman yang lebih unggul dan dapat meningkatkan produktivitas pertanian.

Seleksi tanaman dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Seleksi kualitatif dilakukan dengan cara memilih tanaman yang memiliki sifat-sifat yang jelas, seperti warna bunga, bentuk daun, dan lain sebagainya. Sedangkan seleksi kuantitatif dilakukan dengan cara memilih tanaman yang memiliki sifat-sifat yang dapat diukur, seperti tinggi tanaman, berat biji, produksi buah, dan lain sebagainya.

4. Evaluasi Hasil Seleksi

Evaluasi hasil seleksi bertujuan untuk menentukan performa individu tanaman tersebut dalam berbagai kondisi tumbuh dan lingkungan yang berbeda.

Tahapan evaluasi hasil seleksi meliputi beberapa langkah sebagai berikut:

- 1) Uji Coba di Lapangan : Individu tanaman hasil seleksi akan diuji di lapangan untuk mengetahui kemampuannya dalam beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Tanaman akan ditanam dalam kondisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman tersebut, seperti kelembaban, suhu, dan nutrisi yang cukup.
- 2) Uji Daya Hasil : Uji daya hasil bertujuan untuk mengetahui potensi hasil panen yang dihasilkan oleh individu tanaman yang diuji. Pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan hasil panen dari individu tanaman hasil seleksi dengan varietas yang sudah ada.
- 3) Uji Ketahanan Terhadap Penyakit : Individu tanaman hasil seleksi juga akan diuji ketahanannya terhadap berbagai jenis penyakit yang mungkin menyerang tanaman tersebut. Hal ini penting dilakukan untuk memastikan tanaman unggul yang dihasilkan memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan penyakit.

- 4) Uji Ketahanan Terhadap Hama : Selain uji ketahanan terhadap penyakit, individu tanaman hasil seleksi juga diuji ketahanannya terhadap serangan hama yang dapat merusak tanaman. Tanaman unggul yang dihasilkan sebaiknya memiliki ketahanan yang baik terhadap hama agar tidak mengganggu produktivitas tanaman.

9.5 Teknik Produksi Benih Unggul

9.5.1 Pemilihan Tanaman Induk yang Tepat

Pemilihan tanaman induk yang tepat adalah proses memilih tanaman yang memiliki karakteristik genetik yang diinginkan untuk dijadikan sebagai induk dalam program pemuliaan tanaman.

Dalam pemilihan tanaman induk, perlu diperhatikan pula asal-usul tanaman, sehingga dapat diketahui apakah tanaman tersebut telah teradaptasi dengan kondisi lingkungan setempat. Pemilihan tanaman induk yang tepat dapat membantu meningkatkan keberhasilan program pemuliaan tanaman dan meningkatkan kualitas benih yang dihasilkan. Pemilihan tanaman induk yang tepat juga dapat membantu mengurangi biaya produksi dan meningkatkan produktivitas pertanian.

9.5.2 Teknik Penyerbukan dan Penyerbukan Silang

Teknik penyerbukan dan penyerbukan silang adalah metode yang umum digunakan dalam pemuliaan tanaman untuk menghasilkan benih unggul. Teknik ini melibatkan transfer serbuk sari dari satu tanaman ke tanaman lain, sehingga menghasilkan benih yang memiliki karakteristik yang diinginkan. Terdapat beberapa teknik penyerbukan yang digunakan dalam produksi benih unggul, antara lain:

- 1) Penyerbukan buatan: penyerbukan yang dilakukan secara manual dengan menggunakan kuas atau alat penyerbuk lainnya untuk memindahkan serbuk sari dari sumber tanaman induk yang dipilih ke tanaman sasaran yang diinginkan.
- 2) Penyerbukan alami: penyerbukan yang dilakukan oleh serangga atau angin yang membawa serbuk sari dari satu tanaman ke tanaman lainnya.
- 3) Penyerbukan silang: penyerbukan yang dilakukan antara dua tanaman yang berbeda jenis atau varietas untuk menghasilkan benih hibrida yang memiliki karakteristik yang lebih unggul.

Teknik penyerbukan silang dilakukan dengan memilih tanaman induk yang memiliki karakteristik yang diinginkan dan melakukan penyerbukan silang dengan tanaman lain yang memiliki karakteristik yang berbeda. Setelah penyerbukan dilakukan, benih hasilnya akan mengandung kombinasi gen dari kedua varietas induk, dan jika hasilnya sesuai dengan yang diharapkan, benih tersebut dapat digunakan untuk produksi selanjutnya.

Penyerbukan yang dilakukan dengan tepat akan meningkatkan kemungkinan benih yang dihasilkan memiliki karakteristik yang diinginkan.

9.5.3 Perlakuan Benih

Untuk menghasilkan benih unggul, beberapa perlakuan benih yang perlu dilakukan antara lain:

- 1) Perlakuan pra-penanaman: perlakuan ini bertujuan untuk mempercepat dan memperbaiki daya kecambah dan pertumbuhan bibit. Beberapa perlakuan pra-penanaman yang dapat dilakukan antara lain pengeringan benih, perendaman benih, perendaman benih dalam larutan anti-jamur, dan penggunaan hormon pertumbuhan.

- 2) Penyemaian: bibit yang dihasilkan dari benih unggul harus ditanam pada media yang sesuai dengan kebutuhan setiap tanaman. Media yang digunakan sebaiknya steril agar terhindar dari infeksi penyakit dan hama.
- 3) Perawatan tanaman: tanaman bibit harus diberi perawatan yang cukup agar tumbuh dengan baik dan sehat seperti penyiraman yang cukup, pemupukan yang tepat, dan pengendalian hama dan penyakit.
- 4) Pemilihan bibit: bibit yang dipilih harus berasal dari tanaman yang sehat, kuat, dan memiliki sifat-sifat yang diinginkan. Bibit yang buruk atau berasal dari tanaman yang tidak sehat sebaiknya tidak dipilih karena dapat menghasilkan benih yang buruk pula.
- 5) Perlakuan pasca-panen: setelah benih dipanen, benih perlu diproses untuk memisahkan dari bagian tanaman lainnya dan memastikan kualitas benih yang dihasilkan. Beberapa perlakuan pasca-panen yang dapat dilakukan antara lain pengeringan benih, pengupasan lapisan kulit benih, dan pemilihan benih berdasarkan kualitas dan ukuran.

9.5.4 Teknik Pemeliharaan Tanaman Benih

Teknik pemeliharaan tanaman benih merupakan hal penting dalam produksi benih unggul. Berikut adalah beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk memelihara tanaman benih:

- 1) Penyiraman: Tanaman benih membutuhkan air yang cukup untuk tumbuh dan berkembang. Penyiraman dapat dilakukan secara teratur, terutama pada musim kemarau.
- 2) Pemupukan: Tanaman benih membutuhkan nutrisi yang cukup untuk tumbuh dan berkembang. Pemupukan dapat dilakukan dengan memberikan pupuk organik atau anorganik/pupuk kimia yang tepat.

- 3) Pengendalian hama dan penyakit: Hama dan penyakit dapat merusak tanaman benih dan mengurangi kualitas benih yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengendalian hama dan penyakit harus dilakukan secara teratur.
- 4) Pemangkasan: Pemangkasan dilakukan untuk mempertahankan bentuk dan ukuran tanaman yang sesuai. Hal ini juga dapat memperbaiki kualitas benih yang dihasilkan.
- 5) Pengendalian gulma: Gulma dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman benih.
- 6) Pemanenan: Pemanenan dilakukan pada saat benih sudah matang dan siap untuk dipanen. Pemanenan yang tepat dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas benih yang dihasilkan.

Dengan melakukan teknik pemeliharaan yang tepat, maka produksi benih unggul dapat meningkat dan menghasilkan benih yang berkualitas. Selain itu, teknik pemeliharaan yang baik juga dapat mengurangi risiko kerusakan dan kerugian pada benih yang dihasilkan.

9.6 Penyimpanan dan Distribusi Benih Unggul

Penyimpanan dan distribusi benih unggul adalah tahap terakhir dalam produksi benih yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas dan kuantitas benih yang dihasilkan serta menyediakan benih tersebut kepada para petani. Proses penyimpanan dan distribusi benih harus dilakukan dengan baik agar benih tetap memiliki kualitas dan daya tumbuh yang optimal saat digunakan oleh petani.

9.6.1 Penyimpanan Benih

Penyimpanan benih yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan kuantitas benih. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan faktor-faktor seperti suhu, kadar air, dan kelembaban udara dalam penyimpanan benih untuk memastikan benih tetap unggul dan dapat dihasilkan pada musim tanam yang akan datang.

- a. Suhu : Suhu ideal untuk penyimpanan jangka pendek pada benih berkisar antara 5 hingga 10 derajat Celcius. Suhu dapat memperlambat proses perkecambahan dan menjaga kualitas benih unggul. Namun, suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan benih menjadi mati atau rusak, sedangkan suhu yang terlalu tinggi mengakibatkan kelembaban dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak benih.
- b. Untuk penyimpanan jangka panjang, suhu ideal untuk benih unggul berkisar antara -18°C hingga -20°C . Suhu tersebut dapat menjaga kualitas benih unggul selama beberapa tahun.
- c. Kelembaban udara : Kelembaban udara yang rendah dan kondisi penyimpanan yang kering juga harus dijaga agar benih tidak terkena jamur atau bakteri yang dapat merusaknya. Penting untuk diperhatikan bahwa suhu dan kondisi penyimpanan yang tidak tepat dapat mengurangi viabilitas dan vigor benih serta mempengaruhi kualitas pertumbuhan tanaman yang dihasilkan dari benih tersebut. Oleh karena itu, penyimpanan benih unggul harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan standar penyimpanan yang direkomendasikan.
- d. Kadar air benih : Pemilihan kadar air yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas benih selama penyimpanan. penyimpanan jangka pendek, kadar air benih ideal adalah sekitar 8-10%. Sedangkan untuk penyimpanan jangka panjang, kadar air benih harus lebih rendah, yaitu sekitar 5-7%. Kadar air yang rendah akan membantu mencegah

pertumbuhan jamur dan bakteri yang dapat merusak benih selama penyimpanan. Namun, kadar air yang terlalu rendah juga dapat merusak benih dan menyebabkan kehilangan daya kecambahnya.

Setiap jenis tanaman memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal kebutuhan penyimpanan benih, termasuk kadar air dan suhu ideal. Misalnya, beberapa tanaman dapat disimpan pada suhu ruangan dengan kadar air yang relatif tinggi, sedangkan tanaman lain memerlukan suhu dan kadar air yang lebih rendah untuk mempertahankan viabilitas benih. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui karakteristik dan kebutuhan setiap jenis tanaman yang akan disimpan untuk memastikan benih tetap segar dan berkualitas baik selama penyimpanan.

Secara umum, suhu dan kadar air penyimpanan untuk benih tanaman pangan dan palawija berbeda-beda tergantung pada jenis tanaman dan umur benih. Namun, beberapa panduan umum yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Suhu penyimpanan untuk benih tanaman pangan dan palawija umumnya berkisar antara 5-10°C untuk penyimpanan jangka pendek, dan antara -18 hingga -20°C untuk penyimpanan jangka panjang.
Kadar air penyimpanan untuk benih tanaman pangan dan palawija umumnya berkisar antara 6-10% untuk penyimpanan jangka pendek, dan antara 3-6% untuk penyimpanan jangka panjang.
2. Kadar air dan suhu penyimpanan benih tanaman hortikultura juga bervariasi tergantung pada jenis tanaman hortikultura yang dimaksud. Namun, secara umum, penyimpanan benih hortikultura dapat dilakukan pada suhu 5-10 derajat Celcius untuk penyimpanan jangka pendek dan suhu -18 hingga -20 derajat Celcius untuk penyimpanan jangka panjang.

Beberapa contoh jenis tanaman yang memerlukan kadar air dan suhu penyimpanan yang berbeda:

- 1) Tanaman padi: Untuk penyimpanan jangka pendek, benih padi dapat disimpan pada suhu 10-15°C dengan kadar air 12-14%. Sedangkan untuk penyimpanan jangka panjang, suhu penyimpanan ideal adalah 0-5°C dengan kadar air 9-10%.
- 2) Tanaman jagung: Untuk penyimpanan jangka pendek, benih jagung dapat disimpan pada suhu 10-15°C dengan kadar air 12-14%. Sedangkan untuk penyimpanan jangka panjang, suhu penyimpanan ideal adalah 0-5°C dengan kadar air 8-10%.
- 3) Tanaman kedelai: Untuk penyimpanan jangka pendek, benih kedelai dapat disimpan pada suhu 10-15°C dengan kadar air 12-14%. Sedangkan untuk penyimpanan jangka panjang, suhu penyimpanan ideal adalah 0-5°C dengan kadar air 8-10%.
- 4) Tanaman tomat: Untuk penyimpanan jangka pendek, benih tomat dapat disimpan pada suhu 5-10°C dengan kadar air 5-7%. Sedangkan untuk penyimpanan jangka panjang, suhu penyimpanan ideal adalah -18°C dengan kadar air 5-7%.
- 5) Tanaman cabai: Untuk penyimpanan jangka pendek, benih cabai dapat disimpan pada suhu 5-10°C dengan kadar air 5-7%. Sedangkan untuk penyimpanan jangka panjang, suhu penyimpanan ideal adalah -18°C dengan kadar air 5-7%.
- 6) Kondisi penyimpanan benih juga dapat dipengaruhi oleh faktor lainnya seperti kelembaban udara, kemasan benih, dan lama penyimpanan.

Secara umum, kelembaban udara yang ideal untuk penyimpanan benih berkisar antara 40-60%. Namun, beberapa jenis benih mungkin memerlukan tingkat kelembaban yang lebih tinggi atau lebih rendah untuk menjaga kelembaban benih agar

tetap stabil dan mencegah pertumbuhan jamur atau penurunan kualitas benih. Sebagai contoh, beberapa jenis benih seperti benih sayuran dan bunga memerlukan kelembaban udara yang lebih tinggi, sekitar 70-80%, sedangkan untuk benih tanaman biji-bijian dan palawija, kelembaban udara yang lebih rendah, sekitar 40-50%, lebih ideal untuk menjaga kualitas dan daya kecambah benih.

Berikut beberapa contoh penyimpanan benih berdasarkan jenis tanaman:

- 1) Padi: Untuk penyimpanan benih padi, suhu yang ideal adalah di bawah 10 derajat Celcius dengan kadar air sekitar 12-14 persen. Kelembaban udara sekitar 50-60 persen dan lama penyimpanan yang direkomendasikan adalah antara 6 hingga 12 bulan.
- 2) Palawija: Untuk kacang-kacangan seperti kedelai, suhu penyimpanan yang ideal adalah 10-15 derajat Celcius dengan kadar air sekitar 10-12 persen. Kelembaban udara yang direkomendasikan adalah antara 50-60 persen dan lama penyimpanan sekitar 12-18 bulan. Sedangkan untuk biji-bijian seperti jagung, suhu penyimpanan yang ideal adalah 5-10 derajat Celcius dengan kadar air sekitar 12-14 persen. Kelembaban udara yang direkomendasikan adalah antara 50-60 persen dan lama penyimpanan sekitar 12 bulan.
- 3) Hortikultura: Untuk sayuran seperti kubis, suhu penyimpanan yang ideal adalah sekitar 0-1 derajat Celcius dengan kadar air sekitar 6-8 persen. Kelembaban udara yang direkomendasikan adalah antara 80-90 persen dan lama penyimpanan sekitar 3-4 bulan. Sedangkan untuk buah-buahan seperti apel, suhu penyimpanan yang ideal adalah sekitar 1-2 derajat Celcius dengan kadar air sekitar 10-12 persen. Kelembaban udara yang direkomendasikan

adalah antara 90-95 persen dan lama penyimpanan sekitar 6-8 bulan.

Pengemasan benih yang baik dan benar sangat penting untuk memastikan kualitas benih tetap terjaga selama penyimpanan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengemasan benih antara lain:

1. Menggunakan kantong benih khusus: Kantong benih yang digunakan sebaiknya khusus untuk benih dan terbuat dari bahan yang tahan air dan tahan terhadap cahaya matahari langsung. Kebanyakan kantong benih yang digunakan terbuat dari bahan poliethilena atau laminasi aluminium foil.
2. Menandai informasi penting: Kantong benih perlu diberi label dengan informasi penting seperti nama tanaman, varietas, tanggal pengemasan, dan masa simpan benih.
3. Mengontrol kelembaban: Benih sebaiknya dikemas dalam kantong yang sudah diisi dengan silika gel untuk menyerap kelembaban atau bahan pengontrol kelembaban lainnya. Hal ini berguna untuk mencegah benih terkena kelembaban yang dapat mengurangi kualitas benih dan memicu pertumbuhan jamur atau bakteri.
4. Menyimpan dalam tempat yang tepat: Kantong benih yang sudah diisi benih perlu disimpan dalam wadah yang kedap udara dan diletakkan di tempat yang sejuk dan kering. Hindari menyimpan benih di tempat yang terkena sinar matahari langsung atau di tempat yang lembab seperti gudang yang tidak berventilasi baik.
5. Mengontrol lama penyimpanan: Setiap benih mempunyai lama penyimpanan yang berbeda-beda tergantung pada jenis tanaman, suhu penyimpanan, kelembaban, dan tingkat kematangan benih pada saat panen. Oleh karena itu, sebelum menyimpan benih, pastikan untuk

mengetahui lama penyimpanan yang direkomendasikan dan mencatat tanggal pengemasan dan masa simpan benih pada label kantong benih.

Dalam hal pengemasan benih, yang paling penting adalah menjaga agar benih tetap kering dan terlindungi dari kelembaban serta lingkungan yang tidak kondusif.

9.6.2 Distribusi benih

Distribusi benih adalah proses penyaluran benih dari produsen atau petani benih ke konsumen. Hal ini melibatkan banyak tahapan dan pihak, seperti pemerintah, perusahaan benih, distributor, dan petani. Distribusi benih sangat penting untuk memastikan ketersediaan benih berkualitas bagi petani yang ingin menanam tanaman.

Proses distribusi benih dimulai dari pengumpulan benih dari petani atau perusahaan benih. Kemudian, benih tersebut diuji kualitasnya dan dibungkus dalam kemasan yang sesuai agar aman selama pengiriman dan penyimpanan. Setelah itu, benih dikirim ke distributor atau agen yang kemudian menjual benih kepada petani.

Dalam distribusi benih, perlu diperhatikan aspek keamanan dan kualitas benih agar benih tersebut dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan hasil panen yang optimal. Benih yang tidak dijaga kualitasnya dapat menyebabkan gagal panen atau hasil panen yang buruk.

Selain itu, perlu ada upaya untuk mempromosikan dan mengedukasi petani tentang manfaat penggunaan benih berkualitas dan teknik penanaman yang tepat agar dapat memaksimalkan hasil panen. Pemerintah juga dapat memainkan peran penting dalam distribusi benih dengan menyediakan dukungan keuangan atau fasilitas untuk memperluas produksi

benih berkualitas dan memastikan ketersediaan benih yang cukup bagi petani.

Dalam rangka meningkatkan distribusi benih yang baik, perlu juga dilakukan pengawasan dan evaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa benih yang didistribusikan memenuhi standar kualitas dan aman untuk digunakan oleh petani.

Tahapan distribusi benih dari produsen hingga sampai ke konsumen dapat dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- 1) Pengemasan benih : Benih yang telah dihasilkan dari proses produksi kemudian dikemas dengan baik agar terlindungi dari cahaya, suhu, kelembaban, dan serangan hama dan penyakit. Pada kemasan benih biasanya terdapat informasi mengenai jenis benih, tanggal produksi, tanggal kadaluarsa, dan cara penyimpanan yang disarankan.
- 2) Penyimpanan benih : Benih kemudian disimpan pada suhu dan kelembaban yang tepat untuk menjaga kualitas benih agar tetap baik dan awet. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian kecambah dan viabilitas benih untuk memastikan kualitas benih yang akan didistribusikan.
- 3) Distribusi dari produsen ke agen distributor : Benih kemudian didistribusikan dari produsen ke agen distributor yang bertanggung jawab dalam mendistribusikan benih ke berbagai daerah. Agen distributor akan menerima benih dari produsen dan kemudian menyiapkan benih tersebut untuk dikirim ke konsumen.
- 4) Distribusi dari agen distributor ke agen penjual : Setelah diterima dari produsen, agen distributor kemudian akan menyalurkan benih ke agen penjual atau toko penjual benih di berbagai wilayah. Pada tahap ini, benih akan

disimpan pada suhu dan kelembaban yang tepat serta dijaga dari kerusakan selama proses distribusi.

- 5) Distribusi dari agen penjual ke konsumen : Benih yang sudah didistribusikan ke agen penjual kemudian akan dijual kepada konsumen. Konsumen dapat membeli benih langsung di toko penjual benih atau melalui pemesanan online. Pada tahap ini, penjual akan memberikan informasi mengenai cara penanaman dan perawatan benih yang baik agar benih dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan hasil yang optimal.
- 6) Pemantauan dan evaluasi kualitas benih : Selama proses distribusi, kualitas benih harus terus dipantau dan dievaluasi agar dapat memastikan benih yang sampai ke konsumen memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Jika terdapat benih yang tidak memenuhi standar kualitas, benih tersebut harus segera diambil tindakan untuk memperbaiki atau menggantinya dengan benih yang lebih baik.

9.7 Tantangan dalam Produksi Benih Unggul

Proses produksi benih unggul dapat menghadapi tantangan teknis, ekonomi, dan sosial yang signifikan.

- A. Tantangan Teknis : Meliputi kesulitan dalam memilih tanaman induk yang tepat, melakukan penyerbukan, penyimpanan benih, dan evaluasi hasil seleksi. Memilih varietas unggul dan menghasilkan benih berkualitas tinggi membutuhkan pengetahuan dan keahlian teknis yang mendalam.
- B. Tantangan Ekonomi : Meliputi biaya produksi yang tinggi, persaingan yang ketat, dan regulasi yang ketat. Biaya produksi yang tinggi untuk produksi benih unggul dikarenakan proses produksi yang rumit, pemilihan dan

perawatan tanaman induk yang cermat, serta pengujian benih yang intensif. Persaingan yang ketat dari produsen benih lain juga dapat menjadi tantangan, terutama bagi produsen kecil yang kurang dana dan sumber daya. Regulasi yang ketat juga dapat mempersulit proses produksi dan distribusi benih unggul.

- C. Tantangan Sosial : Meliputi masalah dalam pemasaran benih unggul, ketergantungan petani pada benih tradisional, dan kekhawatiran tentang dampak lingkungan dari produksi benih unggul. Pemasaran benih unggul dapat menjadi sulit karena kurangnya pemahaman tentang manfaat dan perbedaan antara benih unggul dan benih tradisional. Selain itu, petani yang telah lama menggunakan benih tradisional dapat enggan beralih ke benih unggul karena kurangnya pemahaman tentang manfaat dan biaya yang lebih tinggi. Terakhir, kekhawatiran tentang dampak lingkungan dari produksi benih unggul, seperti penggunaan pestisida, dapat menjadi tantangan bagi produsen dan pengguna benih unggul.

Dibutuhkan upaya yang berkelanjutan dari berbagai pihak, seperti pemerintah, peneliti, produsen benih, dan masyarakat, untuk memastikan produksi dan distribusi benih unggul yang berkelanjutan dan memenuhi kebutuhan petani dan konsumen.

Pemerintah memegang peranan penting dalam menghadapi tantangan teknis, ekonomi, dan sosial dalam produksi benih unggul dan harus bekerja sama dengan berbagai pihak terkait, seperti universitas, lembaga penelitian, kelompok tani, dan perusahaan benih. Dengan demikian, produksi benih unggul dapat menjadi salah satu pilar utama dalam memajukan

sektor pertanian dan meningkatkan kesejahteraan petani serta masyarakat pada umumnya. Berikut beberapa peran pemerintah dalam hal tersebut:

1. Mengembangkan kebijakan dan regulasi: Pemerintah harus membuat kebijakan dan regulasi yang jelas dan terarah untuk memfasilitasi produksi benih unggul yang berkualitas dan berkelanjutan.
2. Meningkatkan dukungan keuangan: Pemerintah harus memberikan dukungan keuangan bagi petani, peneliti, dan pengusaha dalam memproduksi dan memasarkan benih unggul.
3. Memperkuat infrastruktur: Pemerintah harus memperkuat infrastruktur yang dibutuhkan dalam produksi benih unggul, seperti jaringan irigasi, jalan, dan listrik.
4. Menjaga kelestarian sumber daya alam: Pemerintah harus menjamin bahwa produksi benih unggul tidak merusak lingkungan dan sumber daya alam yang ada.
5. Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan: Pemerintah harus meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani, peneliti, dan pengusaha dalam produksi dan pemasaran benih unggul.

Peneliti memiliki peran antara lain:

1. Meningkatkan pengetahuan tentang genetika dan bioteknologi tanaman untuk mempercepat pemuliaan tanaman dan pengembangan varietas unggul yang tahan terhadap berbagai faktor lingkungan dan penyakit.
2. Mengembangkan teknologi pemuliaan tanaman yang lebih efektif dan efisien untuk menghasilkan varietas unggul yang lebih cepat.

3. Membantu meningkatkan kualitas benih melalui pengembangan teknologi penyimpanan dan pengemasan yang lebih baik, serta pengembangan teknologi uji kualitas benih.
4. Mengembangkan sistem informasi dan manajemen yang lebih efisien untuk mendukung produksi benih unggul.
5. Melakukan penelitian tentang kebutuhan dan preferensi pasar terhadap benih unggul, sehingga dapat membantu mempercepat pengembangan varietas yang sesuai dengan pasar.

Produsen benih berperan aktif dalam memperbaiki sistem produksi benih untuk meningkatkan kualitas dan ketersediaan benih unggul, melakukan riset dan pengembangan, meningkatkan jaringan distribusi, meningkatkan pengawasan dan pengendalian mutu, serta memberikan pelatihan dan dukungan kepada petani seperti :

1. Pengembangan teknologi: Produsen benih dapat mengembangkan teknologi baru untuk meningkatkan produksi benih yang lebih baik dan efisien.
2. Kualitas benih: Produsen benih dapat memastikan bahwa benih yang dihasilkan berkualitas tinggi dan memenuhi standar yang ditetapkan, seperti persyaratan varietas, kelembaban, dan perlakuan khusus lainnya.
3. Peningkatan produktivitas: Produsen benih dapat membantu petani meningkatkan produktivitas dengan menyediakan benih yang lebih unggul dan berkualitas.
4. Penyediaan informasi: Produsen benih dapat memberikan informasi tentang penggunaan benih yang tepat, termasuk teknik penanaman, pemeliharaan, dan perlakuan khusus lainnya.
5. Pengembangan pasar: Produsen benih dapat membantu mengembangkan pasar untuk benih unggul dengan mempromosikan keunggulan dan manfaatnya.

Masyarakat sebagai pengguna akhir benih dapat memberikan umpan balik mengenai kualitas dan kecocokan benih yang mereka gunakan, sehingga dapat membantu produsen benih dalam meningkatkan kualitas benih. Selain itu, masyarakat juga dapat berpartisipasi dalam program penyuluhan dan pelatihan tentang produksi benih unggul, sehingga dapat meningkatkan kesadaran dan pengetahuan mereka tentang pentingnya penggunaan benih unggul. Selain itu, masyarakat juga dapat membantu dalam menjaga kelestarian varietas tanaman yang ada di daerah mereka dengan mengembangkan praktik pertanian berkelanjutan dan melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit.

9.8 Kesimpulan

Pemuliaan tanaman memiliki peran penting dalam meningkatkan produksi benih yang berkualitas dan unggul. Metode pemuliaan yang dilakukan meliputi penyilangan, seleksi, dan evaluasi yang memerlukan waktu dan usaha yang besar. Namun, hasil akhir yang dihasilkan yaitu benih unggul dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi petani dan masyarakat.

Penggunaan benih unggul dapat meningkatkan produktivitas tanaman, kualitas hasil panen, dan daya tahan terhadap faktor lingkungan dan hama penyakit. Namun, produksi benih unggul juga menghadapi berbagai tantangan teknis, ekonomi, dan sosial, seperti kurangnya dukungan pemerintah, kurangnya penelitian dan pengembangan varietas baru, dan kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya penggunaan benih unggul.

Diperlukan peran aktif dari berbagai pihak, seperti pemerintah, peneliti, produsen benih, dan masyarakat untuk meningkatkan produksi benih yang berkualitas dan unggul.

Pemerintah dapat memberikan dukungan berupa kebijakan dan program yang mempromosikan penggunaan benih unggul, serta meningkatkan akses petani terhadap benih berkualitas. Peneliti dapat terus melakukan penelitian dan pengembangan varietas baru yang lebih tahan terhadap faktor lingkungan dan hama penyakit. Produsen benih dapat meningkatkan kualitas benih dan menyediakan benih unggul dengan harga yang terjangkau bagi petani. Masyarakat dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan benih unggul dan mendukung program-program yang mempromosikan penggunaan benih berkualitas.

Dengan melakukan upaya bersama, diharapkan produksi benih yang berkualitas dan unggul dapat meningkat, sehingga dapat memberikan manfaat bagi petani, masyarakat, dan negara secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Carsono, N., 2008. Peran Pemuliaan Tanaman Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian Di Indonesia [WWW Document]. Seminar on Agricultural Science : Mencermati Perjalanan Revitalisasi Pertanian, Perikanan dan Kehutanan . URL <https://pustaka.unpad.ac.id/archives/24195> (accessed 5.5.23).
- Dewi, E.S., 2016. Pemuliaan Tanaman. pp. 1–62.
- Dewi, T.K., 2015a. Pengaruh Suhu Dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Benih Jagung Manis (*Zea Mays saccharata* Sturt) Di Pt. Sang Hyang Seri (Persero) Sukamandi. *Jurnal Agrotek* 2.
- Dewi, T.K., 2015b. Pengaruh Kombinasi Kadar Air Benih Dan Lama Penyimpanan Terhadap Viabilitas Dan Sifat Fisik Benih Padi Sawah Kultivar Ciherang. *Jurnal Agrotek* 2.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-undangan Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, 2018. *Produksi , Sertifikasi dan Peredaran Benih Tanaman*.
- Direktorat Perbenihan Hortikultura Kementerian Pertanian, 2016. *Pedoman Uji Mutu Laboratorium*.
- Gusti, O.I., Raka, N., 2015. *Pedoman Produksi Benih*.
- Hayati, B.E., Fakultas Pertanian, A., 2015. *Pemuliaan Tanaman*. Banda Aceh.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Guru Dan Tenaga Kependidikan, 2017. *Produksi Benih (Seed) Tanaman*.
- Koryati, T., Ningsih, H., Erdiandini, I., Paulina, M., Firgiyanto, R., Junairiah, Sari, V., 2022. *FullBook Pemuliaan Tanaman*.

- Lubis, K., 2005. Peran Pemuliaan Tanaman Dalam Produksi Benih. Medan.
- Samuel, 2012. Pengaruh Kadar Air Terhadap Mutu Fisiologis Benih Kedelai (*Glycine max* (L) Merill) Varietas Gepak Kuning Selama Dalam Penyimpanan.
- Setiani, C., Munir, D., Wulanjari, E., Pengkajian, B., Pertanian, T., Tengah, J., n.d. Prosiding Seminar Nasional Kesiapan Sumber Daya Pertanian dan Inovasi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0 Peran Produsen Dalam Mendukung Pengembangan Kawasan Mandiri Benih Padi Di Jawa Tengah.
- Setiawan, R., Fajarfika, R., Asril, M., Jumawati, R., Joeniarti, E., Ramdan, E., 2021. Teknologi Produksi Benih.
- Siregar, I.Z., 2006. Teknologi Perbenihan Sustainable Forest Management in Dusun Aro Jambi.
- Strategi Program Perbenihan Perkebunan - Kompasiana.com [WWW Document], n.d. URL <https://www.kompasiana.com/sae/59a392a5ade2e10bc51d9a62/strategi-program-perbenihan-perkebunan> (accessed 5.6.23).
- Sudjindro, 2009. Permasalahan dalam Implementasi Sistem Perbenihan. Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri 1, 92–100.
- Tanksley, S., Mccouch, S., 1997. Seed Banks and Molecular Maps: Unlocking Genetic Potential from the Wild. *Science* 277, 1063–1066. <https://doi.org/10.1126/science.277.5329.1063>
- Wahyuni, A., Simarmata, M.M.T., Isrianto, P.L., Junairiah, Koryati, T., Zajia, A., Andini, S.N., Sulistyowati, D., Purwanti, S.P., Indarwati, Kurniasari, L., Herawati, J., 2021. Teknologi & Produksi benih, 1st ed. Yayasan Kita Menulis, Medan.

Winarso Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian, B., 2014.
Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Lampung 24 Mei.

BIODATA PENULIS



Fadhillah Laila, S.P.,M.P.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Wiralodra Indramayu

Penulis lahir di Kuningan tanggal 20 Juni 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Wiralodra Indramayu. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Pertanian Peminatan Pemuliaan Tanaman Universitas Padjadjaran tahun 2007 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Agronomi Konsentrasi Bidang Pemuliaan Tanaman Universitas Padjadjaran tahun 2013. Penulis menekuni bidang Pemuliaan Tanaman dan berfokus pada pengembangan komoditas unggulan daerah Indramayu yaitu pemuliaan tanaman mangga.

BIODATA PENULIS



Ali Zainal Abidin Alaydrus, S.TP, MP
Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Sumenep tanggal 11 Agustus 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman dan dosen luar biasa di Prodi Agroteknologi Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda. Mata kuliah yang diampu selama mengajar antara lain Biologi Pertanian, Teknologi Budidaya Tanaman Tanpa Tanah, Mekanisasi Pertanian, Ilmu Usaha Tani, Manajemen Agribisnis, Kewirausahaan dll. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya dan melanjutkan S2 di Jurusan Magister Pertanian Tropika Basah Universitas Mulawarman. Memiliki pengalaman kerja di Hesandra Indonesia, Telkom PDC, LPK Cahaya Tepian dan LKP Cahaya Mutiara Ilmu. Penulis pernah menjabat di organisasi BPD Asosiasi Eksportir dan Produsen Handicraft (ASEPHI) Kalimantan Timur sebagai Sekretaris dan Aktif di berbagai organisasi lainnya seperti Rabithah Alawiyah Kaltim-tara, FTBM Samarinda dan FTBM Kaltim & organisasi lainnya

BIODATA PENULIS



Ir. Iskandar Umarie, M.P.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jember

Penulis lahir di Sum-Sel tanggal 03 Januari 1964. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Tanaman dan melanjutkan S2 pada Jurusan Budidaya Pertanian. Penulis menekuni bidang Pemuliaan Tanaman.

Saat ini menjabat sebagai dekan Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember.

BIODATA PENULIS



Abdul Jalil, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jember

Dilahirkan di Bondowoso pada tanggal 29 Maret 1995. Lahir dari seorang ibu yang bernama Hofiyatun dan ayah Fauddin seorang petani. Sekolah Dasar hingga Sekolah Menengah atas di tempuh di kabupaten Bondowoso. Menamatkan Sarjana Pertanian dari Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember tahun 2018 dan dinobatkan sebagai wisudawan teladan Universitas Muhammadiyah Jember tahun 2018. Menamatkan studi Magister di Fakultas Pertanian Universitas Jember Program Studi Magister Agronomi pada Tahun 2022 dan saat ini dipercaya sebagai Komisari PT. Penerbit Jurnal Indonesia dan Tim Ahli Lembaga Pelatihan Kerja Jurnal Ilmiah, serta dipercaya sebagai Ketua Pusat Studi Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Jember.

Penelitian yang ditekuni pada lingkup pemuliaan tanaman. Penelitian mencakup tanaman kedelai, Jagung dan tebu.

BIODATA PENULIS



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

Dosen Jurusan 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.

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 Jurusan Agronomi Magister Pertanian Tropika Basah Universitas Mulawarman. Penulis pernah mengajar sebagai dosen tetap program studi Teknologi Industri Pertanian di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur Program Studi Teknologi Industri Pertanian pada 2019-2021.

BIODATA PENULIS



Rini Ismayanti, S.Si, M.Si.

Peneliti Pertama pada Pusat Riset Tanaman Pangan,
Organisasi Riset Pangan dan Pertanian BRIN

Penulis lahir di Kota Makassar pada tanggal 14 Agustus 1987. Lulus pada tahun 2009 dengan gelar Sarjana Sains dari Jurusan Biologi Sains Universitas Negeri Makassar dengan skripsi bertema “Deteksi gen manis menggunakan marka SSR” dan memperoleh gelar Magister Sains dari Jurusan Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman Institut Pertanian Bogor pada tahun 2013 dengan tesis bertema “Pollen dispersal kelapa kopyor dengan marka SSR dan SNP”. Mulai bekerja di Kementerian Pertanian pada unit kerja Loka Penelitian Penyakit Tungro pada tahun 2015 dan memulai jabatan fungsional sebagai Peneliti Ahli Pertama pada tahun 2018. Terhitung Juli 2022 tercatat sebagai salah satu periset di Badan Riset Inovasi Nasional pada Organisasi Riset Pertanian dan Pangan di bawah Pusat Riset Tanaman Pangan. Penulis aktif dalam kegiatan penelitian yang didanai oleh DIPA Kementerian Pertanian mulai tahun 2016 hingga 2021. Beberapa topik penelitian yang pernah dilakukan adalah bidang pemuliaan tanaman padi, ketahanan tungro pada padi, identifikasi virus tungro menggunakan PCR dan karakterisasi morfologi maupun genetik pada padi lokal.

BIODATA PENULIS



Dr. Dini Hervani, S.P., M.Si

Dosen Program Studi Agroteknologi Departemen Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Andalas

Penulis lahir di Bukittinggi tanggal 10 Juni 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas mulai tahun 2002-sekarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Pertanian, Program Studi Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas di Padang, kemudian melanjutkan S2 dan S3 pada Departemen Agronomi dan Hortikultura, Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, di Bogor.

Penulis aktif sebagai reviewer pada berbagai jurnal penelitian dan juga aktif melakukan berbagai penelitian dan pengabdian pada masyarakat. Dari hasil kegiatan tersebut penulis telah menghasilkan tulisan-tulisan, prosiding dan artikel ilmiah yang diterbitkan di koran maupun di jurnal-jurnal nasional dan internasional.