

Inkompatibilitas, Sterilitas Jantan, dan Poliploidi

Oleh:

Willy Bayuardi Suwarno, SP, MSi

willy@ipb.ac.id

Dipublikasi di <http://willy.situshijau.co.id> tanggal 20 April 2008

Artikel ini dapat digunakan dan disebarluaskan secara bebas, baik sebagian maupun seluruhnya, untuk tujuan non-komersial dengan syarat mencantumkan nama penulis dan sumbernya. Di luar tujuan itu, pengguna harus memperoleh izin tertulis dari penulis.

Daftar Isi

Inkompatibilitas	1
Sistem Inkompatibilitas.....	1
Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman.....	4
Sterilitas Jantan	6
Genetic Male Sterility	6
Tinjauan Genetika	6
Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman.....	7
Cytopalsmic Male Sterility	8
Cara Kerja Cytoplasmic Male Sterility	8
Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman.....	9
<i>Male Sterility</i> yang Diinduksi oleh Bahan Kimia	9
Poliploidi	11
Autoploid	12
Karakteristik Autoploid.....	12
Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman.....	13
Allopoloid	14
Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman.....	15
Daftar Pustaka	16

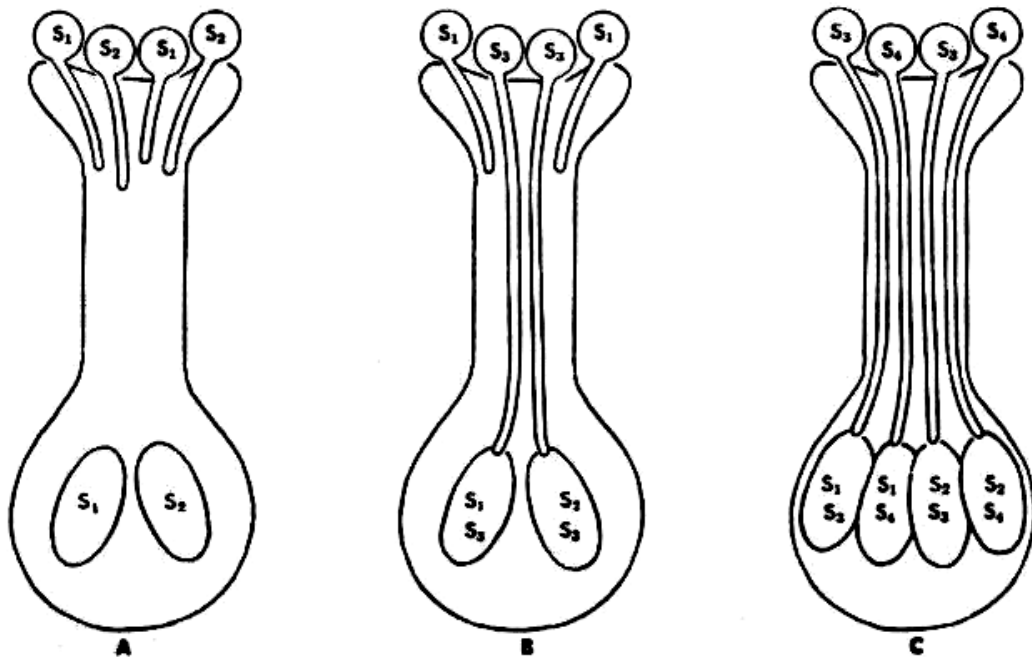
Inkompatibilitas

Inkompatibilitas (*incompatibility*) adalah bentuk ketidaksuburan yang disebabkan oleh ketidakmampuan tanaman yang memiliki pollen dan ovule normal dalam membentuk benih karena gangguan fisiologis yang menghalangi fertilisasi. Inkompatibilitas dapat disebabkan oleh ketidakmampuan tabung pollen dalam (a) menembus kepala putik, atau (b) tumbuh normal sepanjang tangkai putik. Tabung pollen, jika terbentuk sempurna, tumbuh dengan lambat sehingga tidak dapat mencapai ovule; atau terlambat tiba dimana ovule telah diserbuki oleh pollen yang kompatibel, atau ovule telah layu. Inkompatibilitas menghalangi terjadinya penyerbukan sendiri dan mendorong terjadinya penyerbukan silang.

Sistem Inkompatibilitas

Sistem inkompatibilitas terdiri dari dua tipe, yaitu gametofitik dan sporofitik. Sistem inkompatibilitas gametofitik ditemukan pada semanggi, rumput, bit gula, kentang, dan tembakau. Pada sistem gametofitik, kecepatan tumbuh tabung pollen dikendalikan oleh rangkaian alel yang disimbolkan dengan S_1 , S_2 , S_3 , dan sebagainya. Inti pollen adalah haploid sehingga hanya memiliki satu alel inkompatibilitas. Jaringan tangkai putik pada tanaman ibu adalah diploid sehingga memiliki dua alel inkompatibilitas. Jika alel inkompatibilitas pada inti pollen identik dengan salah satu alel pada jaringan tangkai putik, pertumbuhan tabung pollen pada tangkai putik akan lebih lambat dan pembuahan akan jarang terjadi. Jika alel inkompatibilitas pada inti pollen berbeda dengan kedua alel pada jaringan tangkai putik, maka tabung pollen akan tumbuh pada kecepatan normal dan fertilisasi akan berlangsung secara normal. Bentuk inkompatibilitas diilustrasikan pada Gambar 1. Jika tanaman dengan genotipe S_1S_2 menyerbuk sendiri, atau diserbuki oleh tanaman lain dengan genotipe S_1S_2 , tabung pollen akan memiliki salah satu alel: S_1 atau S_2 . Karena kedua alel sama dengan alel pada jaringan tangkai putik, tabung pollen jarang dapat masuk ke dalam tangkai putik cukup jauh untuk mencapai ovule pada waktu fertilisasi akan berlangsung (Gambar 1A). Jika tanaman dengan genotipe S_1S_2 diserbuki oleh pollen dari tanaman yang bergenotipe S_3S_4 , tabung pollen akan memiliki alel S_3 atau S_4

sehingga dapat melewati tangkai putik dengan normal dan fertilisasi dapat terjadi (Gambar 1C). Genotipe homozigot untuk alel S (contohnya S_1S_1) tidak akan ada dalam kondisi normal karena pollen S_1 tidak dapat melewati tangkai putik S_1 sehingga fertilisasi tidak berlangsung.



Gambar 1. Sistem inkompatibilitas-sendiri gametofitik yang menunjukkan pertumbuhan tabung pollen pada penyerbukan kompatibel dan inkompatibel. A: Tabung pollen tidak tumbuh karena memiliki alel inkompatibilitas yang sama dengan yang ada pada tangkai putik. B: Tabung pollen dengan alel inkompatibilitas yang berbeda tumbuh normal. C: Semua tabung pollen membawa alel inkompatibilitas yang berbeda sehingga semuanya tumbuh normal (Poehlman, 1983).

Pengaruh alel-alel inkompatibilitas tidak semuanya mencegah penyerbukan sendiri. Pada kebanyakan spesies, kadang-kadang benih terbentuk dari pollen yang membawa alel yang sama dengan yang ada pada jaringan tangkai putik. Kondisi ini disebut sebagai *pseudo-self-compatibility*. Jumlah *pseudo-self-compatibility* dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti temperatur, mutasi, atau mungkin modifikasi gen. Sebagai tambahan, alel-alel *self-fertility* (S_f) dapat muncul sehingga menyebabkan alel-alel inkompatibilitas menjadi tidak efektif. Alel S_f adalah bagian dari seri alel S dan dapat timbul akibat mutasi dari alel S. Kadang-kadang, spesies diploid yang inkompatibel menjadi kompatibel dengan

induksi poliploid. Pada saat ini, beberapa spesies poliploid, seperti semanggi putih, memiliki alel-allel *self-fertility*.

Karena alel-allel inkompatibilitas pada tangkai putik menentang masuknya tabung pollen dengan alel yang sama, penjelasan inkompatibilitas ini dinamakan hipotesis faktor berlawanan oleh East dan Mangelsdorf, yang mereka gunakan untuk menjelaskan *self-sterility* pada tembakau (*Nicotiana* spp.). Jumlah alel-allel inkompatibilitas dalam spesies dapat cukup banyak sehingga penyerbukan silang dapat terjadi dengan bebas. Pada semanggi merah, 41 alel telah diidentifikasi dalam 25 tanaman contoh. Pada semanggi putih, sedikitnya 64 alel pada lokus S telah diidentifikasi.

Sistem inkompatibilitas sporofitik adalah sistem satu lokus dengan jumlah alel S yang banyak. Berbeda dengan sistem gametofitik, disini alel S memperlihatkan dominansi. Dominansi ditentukan oleh tanaman yang menghasilkan pollen. Sebagai contoh, jika tanaman memiliki genotipe S_1S_2 dan S_1 dominan terhadap S_2 sehingga semua pollen dari tanaman tersebut dapat berfungsi seperti S_1 ; dan pollen dengan alel S_1 atau S_2 akan inkompatibel dengan tangkai putik S_1 , tetapi akan kompatibel dengan tangkai putik S_2 . Kombinasi genetik dari sistem sporofitik banyak dan kompleks. Pada sistem ini, penghambatan perkecambahan pollen atau pertumbuhan tabung pollen terjadi pada permukaan kepala putik; berbeda dengan sistem gametofitik dimana penghambatan pertumbuhan tabung pollen terjadi pada tangkai putik. Hal lain yang membedakan antara sistem sporofitik dengan sistem gametofitik adalah tanaman dapat menghasilkan alel S homozigot dengan melewati barrier *self-incompatibility* atau melalui *pseudo-self-incompatibility*. Keistimewaan ini telah digunakan dalam produksi hibrida pada spesies-spesies yang inkompatibel.

Sistem sporofitik ditemukan pada bunga matahari, kubis, brokoli, coklat, dan spesies dikotil lainnya tetapi belum ditemukan pada spesies monokotil. Pada beberapa spesies *Brassica*, banyak metoda yang telah digunakan untuk mengatasi barrier inkompatibilitas pada permukaan kepala putik. Metoda-metoda ini termasuk penyerbukan pucuk, pemecahan permukaan stigma, pencangkakan, kejutan elektrik, meningkatkan konsentrasi CO_2 , dan lain-lain. Pada penyerbukan

pucuk, barrier dilewati dengan menempatkan pollen pada kepala putik yang belum masak, yang belum membangun barrier inkompatibilitas.

Dua sistem inkompatibilitas yang diterangkan di atas adalah homomorfik, artinya terdapat struktur bunga yang mirip antara tanaman *pollenbearing* dan *seedbearing*. Sistem heteromorfik, dimana struktur bunga tanaman *pollenbearing* dan *seedbearing* berbeda, telah diidentifikasi pada beberapa spesies tanaman, namun spesies tersebut tidak termasuk tanaman budidaya yang umum.

Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman

Meskipun inkompatibilitas dapat menghalangi kemampuan pemulia dalam penyerbukan sendiri dan menghasikan inbred pada spesies tanaman yang bersifat *self-incompatible*, sifat ini telah digunakan untuk memudahkan persilangan galur-galur *self-incompatible* dalam produksi benih hibrida. Telah digunakan beberapa sistem penggunaan gen-gen inkompatibilitas dalam produksi benih hibrida. Sistem inkompatibilitas membantu pengendalian penyerbukan pada beberapa spesies, dimana cara yang lain seperti sterilitas jantan, tidak tersedia. Dengan demikian, sistem inkompatibilitas dapat digunakan dan dimanfaatkan untuk :

- a. Penyerbukan silang pada klon yang diperbanyak secara vegetatif, yang memiliki sifat *self-incompatible*. Hal ini mungkin merupakan prosedur yang paling sederhana dan telah digunakan dalam produksi hibrida *bahiagrass* Tifhi. Dua klon yang *self-incompatible*, yang sekarang *cross-compatible*, dibentuk pada bidang lahan yang berdekatan di lapang melalui perbanyakan vegetatif. Benih dihasilkan dari penyerbukan silang diantara kedua klon. Sistem ini dapat digunakan dalam penyerbukan silang pada spesies yang memiliki inkompatibilitas gametofitik.
- b. *Single, double, dan triple cross*. Sistem ini telah digunakan dalam spesies Brassica yang memiliki sistem inkompatibilitas sporofitik. Adanya keistimewaan dominansi pada sistem tersebut menyebabkan adanya peluang untuk menghasilkan genotipe-genotipe homozigot untuk alel-alel S (S_1S_1 , S_2S_2 , dsb.). Benih untuk memelihara genotipe homozigot dihasilkan dengan penyerbukan pucuk.

- c. Penggunaan alel-alel S_f dan *pseudo-self-compatibility*. *Self-incompatibility* tipe gametofitik telah digunakan dalam pemuliaan bit gula hibrida dan direncanakan untuk semanggi merah hibrida. Pada bit gula, beberapa produksi benih seringkali memperoleh inbred yang *self-incompatible* ketika ditanam pada tempat tinggi; atau alel *self-fertility* (S_f) dapat diintroduksi ke dalam inbred untuk memudahkan pemeliharaannya. Inbred-inbred tersebut kemudian digunakan dalam produksi *single* atau *double cross*. Pada semanggi merah, produksi benih hibrida dengan menggunakan galur inbred *pseudo-self-compatible* telah direncanakan. Prosedurnya identik dengan sistem *double-cross* yang dijelaskan di atas, perbedaannya adalah *pseudo-self-compatibility* digunakan untuk menghasilkan galur inbred. Galur inbred *pseudo-self-compatible* dapat diperoleh dengan menggunakan temperatur tinggi, mutasi, atau cara lain. Kesulitan dalam mendapatkan galur inbred pada tanaman seperti semanggi merah adalah harus memiliki dua sifat sekaligus, yakni *pseudo-self-compatible* dan cukup vigor untuk ditanam pada lapang produksi benih komersial.

Sterilitas Jantan

Sterilitas yang disebabkan oleh ketidakmampuan tanaman menghasilkan anther atau pollen yang fungsional dinamakan sterilitas jantan/ mandul jantan (*male sterility*). *Male sterility* dapat dikendalikan oleh aksi gen-gen yang spesifik (*genetic male sterility*), atau dihasilkan dari pengaruh sitoplasma (*cytoplasmic male sterility*). Ekspresi dari *cytoplasmic male sterility* diatur oleh aksi gen.

Genetic Male Sterility

Genetic male sterility ditunjukkan dengan adanya gen-gen inti yang menghambat perkembangan normal anther atau pollen. Tingkat yang tepat dimana perkembangan pollen diganggu dapat berbeda antar spesies, atau antar gen spesifik untuk *male sterility* di dalam spesies. Efektivitas gen *male sterility* dapat diukur dengan (a) persentase pollen yang viabel, atau (b) persentase pembentukan benih. Ekspresi gen-gen tertentu dapat bersifat lengkap, sehingga tidak ada lagi pollen atau pembentukan benih pada bunga *male steril*. Atau, ekspresi gen dapat bersifat sebagian sehingga pollen yang viabel dan benih dapat terbentuk dalam jumlah kecil. Ekspresi gen juga dapat bervariasi pada lingkungan yang berbeda.

Tinjauan Genetika

Genetic male sterility timbul oleh adanya pasangan alel resesif (*msms*). Alel-alel dominan (*MsMs* atau *Msms*) menghasilkan anther dan pollen normal. Pemeliharaan gen *male sterility* dalam sebuah populasi dapat menjadi masalah. Sebuah populasi tanaman *genetic male sterile* tidak dapat dihasilkan, tetapi gen-gen *male-sterile* dapat dibawa dalam frekuensi yang cukup tinggi pada tanaman menyerbuk sendiri jika benih dari tanaman *male-sterile* hanya digunakan untuk menanam generasi selanjutnya. Benih yang dipanen dari tanaman *male-sterile* (*msms*) dapat diserbuki oleh tanaman *male-fertile* homozigot (*MsMs*) atau heterozigot (*Msms*). Jika penyerbukan terjadi oleh *MsMs*, semua keturunan akan heterozigot (*Msms*); tetapi jika penyerbukan terjadi oleh *Msms*, keturunannya akan bersegregasi 50% *Msms* : 50% *msms*. Jika tanaman *male-sterile* (*msms*)

diserbuki oleh tanaman *male-fertile* (M_sM_s), semua tanaman F_1 akan heterozigot dan *male-fertile* (M_sms) seperti dijelaskan di atas, tetapi generasi F_2 akan bersegregasi 25% M_sM_s : 50% M_sms : 25% $msms$. Proporsi tanaman *male-fertile* dan *male-sterile* pada generasi-generasi berikutnya dapat diperkirakan dari proporsi pollen dengan gen M_s vs. pollen dengan gen ms . Pada F_2 , 66.6% sel pollen akan bergenotipe M_s dan 33.3% akan bergenotipe ms . Kawin acak gamet jantan dengan proporsi tersebut dengan telur ms akan menghasilkan populasi F_3 dengan proporsi 66% heterozigot : 33.3% homozigot resesif dan *male-sterile*. Sejak semua tanaman *male-fertile* pada F_3 akan heterozigot, 50% pollen akan membawa gen dominan dan 50% membawa gen resesif; dan proporsi ini akan dipelihara pada generasi-generasi berikutnya.

Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman

Genetic male sterility adalah alat yang berguna bagi pemulia tanaman, yaitu untuk:

- a. Mengeliminasi emaskulasi dalam hibridisasi. Eliminasi prosedur emaskulasi pada tanaman menyerbuk sendiri adalah kegunaan utama dari *genetic male sterility*. Emaskulasi pada program pemuliaan hibridisasi tanaman menyerbuk sendiri membutuhkan tenaga kerja dan waktu. Jika varietas *male-sterile* dapat digunakan sebagai tetua betina, emaskulasi tidak diperlukan. Gen-gen *male-sterile* dapat ditransfer ke dalam suatu varietas melalui prosedur *backcross*.
- b. Meningkatkan penyerbukan silang alami pada tanaman menyerbuk sendiri. Gen *male-sterile* memberikan mekanisme untuk meningkatkan penyerbukan silang pada tanaman yang secara alami menyerbuk sendiri. Dengan penyerbukan tangan, seorang pemulia memiliki keterbatasan dalam jumlah penyerbukan silang yang dapat dibuatnya pada satu musim. Dengan menggunakan gen *male-sterile*, kemampuan untuk mendapatkan kombinasi persilangan akan sangat meningkat, terutama untuk penyerbukan silang diantara generasi-generasi yang bersegregasi.
- c. Memudahkan produksi benih hibrida komersial. Dalam produksi benih hibrida, diperlukan mekanisme pengendalian penyerbukan. *Cytoplasmic male*

sterility telah memberikan mekanisme pada banyak tanaman dimana benih hibrida diproduksi secara komersial. Prosedur yang menggunakan *genetic male sterility* telah direncanakan untuk beberapa tanaman dimana *cytoplasmic sterility* tidak tersedia, atau dimana terjadi kesukaran pada prosedur *cytoplasmic sterility*. Kesukaran *genetic male sterility* adalah bahwa populasi *male sterile* murni tidak dapat dihasilkan dengan prosedur persilangan normal.

Cytoplasmic Male Sterility

Cytoplasmic male sterility dikendalikan oleh sitoplasma, tetapi dapat dipengaruhi oleh gen dalam kromosom. Seperti *genetic male sterility*, hasilnya adalah produksi bunga dengan anther atau pollen yang tidak fungsional. Sitoplasma yang menyebabkan organisme menjadi *male-sterile* dinamakan sebagai sitoplasma steril (S) atau (*cms*), berbeda dengan sitoplasma normal (N) yang mengizinkan perkembangan normal pada anther dan pollen. Sitoplasma steril seringkali dihasilkan dari introduksi kromosom inti ke dalam sitoplasma asing. *Cytoplasmic male sterility* hanya diteruskan oleh tanaman ibu.

Cara Kerja Cytoplasmic Male Sterility

Aksi sitoplasma yang mengendalikan *male sterility* dapat dimodifikasi oleh aksi gen pemulih kesuburan (*fertility-restoring*) yang berada di kromosom. Dengan adanya alel dominan pemulih kesuburan, sitoplasma steril tidak menyebabkan *male sterility* dan anther menghasilkan pollen normal. Sebaliknya, adanya alel resesif menyebabkan *male sterility* terekspresi. Pada prakteknya, tetua dengan sitoplasma steril digunakan sebagai betina dan gen pemulih kesuburan disumbangkan oleh tetua jantan. Alel pemulih kesuburan disimbolkan dengan Rf.

Gen-gen inti dan sitoplasma berinteraksi untuk menghasilkan tanaman *male-sterile* dan *male-fertile*. Tanaman yang memiliki sitoplasma steril dan gen resesif pemulih kesuburan (S, *rfrf*) bersifat *male-sterile*. Tanaman dengan sitoplasma steril dan gen pemulih kesuburan dominan (S, *RfRf* atau S, *Rfrf*), atau sitoplasma normal dan gen dominan atau resesif pemulih kesuburan (N, *RfRf*, N,

Rfrf, atau *N, rfrf*) adalah *male-fertile*. Diasumsikan jika satu gen pemulih kesuburan akan berfungsi untuk memulihkan kesuburan, tanaman *male-sterile* akan memiliki tiga jenis keturunan, tergantung genotipe penyerbuknya.

Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman

Cytoplasmic male sterility telah digunakan secara ekstensif dalam produksi benih hibrida pada beberapa tanaman budidaya. Penggunaan yang paling ekstensif yakni pada jagung, sorghum, padi-padian, gandum, dan bit gula. Pada jagung, *cytoplasmic male sterility* menggantikan sistem *detaselling* tanaman ibu dalam produksi benih hibrida. Belakangan, semua hibrida dengan sitoplasma dari sumber tertentu yang dikenal sebagai tipe Texas (karena berasal dari penelitian yang dilaksanakan di Texas) ditemukan peka terhadap penyakit hawar daun. Penggunaan *cytoplasmic sterility* dalam produksi benih hibrida jagung kemudian dihentikan dan *detaseling* dilaksanakan kembali. *Cytoplasmic male sterility* digunakan secara eksklusif pada metode sekarang ini untuk menghasilkan hibrida sorgum, gandum, padi-padian, dan bit gula.

Male Sterility yang Diinduksi oleh Bahan Kimia

Penggunaan *male sterility* yang diinduksi oleh bahan kimia pada produksi benih hibrida komersial telah direncanakan sebagai alternatif penggunaan *genetic* atau *cytoplasmic male sterility*. Sterilisasi pollen dengan bahan kimia akan berguna dalam menghapuskan prosedur emaskulasi sebelum melakukan penyerbukan tangan pada program hibridisasi dalam pemuliaan. Prosedur umum adalah penyemprotan pada daun sebelum pembungaan, yang menghambat produksi pollen yang viabel, tetapi tidak melukai pistil, atau menurunkan hasil benih. Jika perlakuannya berhasil dan semua pollen mati, penyerbukan sendiri tidak akan berlangsung pada tanaman yang diberi perlakuan, tetapi bunga akan membentuk benih secara bebas dari penyerbukan silang.

Penelitian dalam penggunaan bahan kimia untuk menekan perkembangan pollen telah dilaksanakan pada kapas, jagung, gandum, sorgum, dan tanaman budidaya lainnya termasuk sayuran. Perlakuan pada tanaman untuk menginduksi

sterilitas pollen memiliki tingkat kesuksesan yang bervariasi. Masalah utama dalam mendapatkan sterilitas seluruh pollen adalah: adanya variasi respon pada genotipe-genotipe tanaman yang berbeda, pengaruh lingkungan pada aksi bahan kimia, atau efek yang berbeda dari bahan kimia itu sendiri. Sifat bahan kimia antara lain yaitu dapat diabsorpsi dan ditranslokasikan ke jaringan meristem bunga pada waktu yang tepat dan pada dosis yang paling efektif.

Poliploidi

Selain melalui rekombinasi gen, keragaman genetik akan bertambah melalui variasi dalam jumlah kromosom. Variasi dalam jumlah kromosom dapat disebabkan oleh kelipatan set kromosom dasar, yang disebut euploidi; atau oleh penambahan atau pengurangan kromosom spesifik, yang disebut aneuploidi.

Dalam menggambarkan siklus reproduktif tanaman, jumlah kromosom gametik atau haploid pada spesies tertentu disebut n dan jumlah kromosom somatik atau diploid disebut $2n$. Pada spesies tertentu yang berhubungan dekat, jumlah kromosom gametik dan somatik membentuk deret aritmatika. Set kromosom yang membentuk deret aritmatika disebut genom. Genom berisi jumlah kromosom dasar (disebut x) untuk spesies tersebut. Di dalam genom, setiap jenis kromosom direpresentasikan hanya satu kali. Poliploidi adalah euploid dimana sel somatik memiliki kelipatan kromosom dasar (x). Poliploidi adan jumlah set kromosom dasar, atau genom, masing-masing adalah triploid ($3x$), tetraploid ($4x$), pentaploid ($5x$), heksaploid ($6x$), septaploid ($7x$), oktaploid ($8x$) dan seterusnya.

Dalam pembahasan ini, n digunakan untuk menerangkan jumlah kromosom gametik dan x menerangkan jumlah kromosom dasar dalam seri poliploid. Jumlah kromosom gametik untuk suatu tanaman adalah sama dengan jumlah kromosom haploidnya. Tetapi istilah haploid digunakan juga untuk menerangkan ploidi yang paling kecil dalam seri poliploid. Pada spesies diploid seperti *Avena strigosa*, jumlah kromosom gametik (dan haploid) ($n = 7$) identik dengan jumlah kromosom dasar ($x = 7$). Jumlah kromosom somatik (dan diploid) adalah dua kali jumlah haploid, dan dituliskan $2n = 2x = 14$. Pada spesies tetraploid ($4x$), *A. barbata*, jumlah kromosom gametik (dan haploid) dua kali jumlah kromosom dasar dan dituliskan $n = 2x = 14$. Jumlah kromosom somatik *A. barbata* kemudian menjadi $2n = 4x = 28$. Pada spesies heksaploid, *A. sativa*, jumlah kromosom gametik (dan haploid) sama dengan $3x$ dan dan jumlah kromosom somatik atau diploid adalah $2n = 6x = 42$.

Tanaman poliploid dapat muncul dengan adanya duplikasi kromosom pada satu spesies (disebut autoploid atau autopoliploid), atau dengan mengkombinasikan genom kromosom dari dua atau lebih spesies (disebut allopoliploid atau allopoliploid).

Autoploid

Autoploid dapat muncul dengan spontan, atau dapat juga dimunculkan melalui induksi penggandaan kromosom pada tanaman dengan tingkat ploidi yang lebih rendah. Autoploid spontan dapat timbul ketika gamet yang tidak direduksi bergabung dan menghasilkan individu dengan empat set kromosom dasar atau genom. Tanaman hasilnya adalah autotetraploid ($4x$). Jika set kromosom dasar atau genom tanaman asli disebut A, maka tetua diploid akan disebut AA dan autotetraploidnya AAAA.

Autoploid dapat diinduksi oleh kejutan lingkungan atau dengan bahan kimia yang mengganggu pembelahan kromosom normal. Beberapa bahan kimia akan menginduksi poliploidi, tetapi yang paling banyak digunakan adalah *colchicine* atau *colcemid*.

Karakteristik Autoploid

Secara umum, tanaman autoploid lebih besar dari diploid asalnya karena memiliki sel dan inti yang lebih besar. Pada tanaman autoploid, batang lebih tebal dan kokoh; daun lebih tebal, lebih besar, dan warna hijau lebih tua; akar lebih besar; bunga dan biji lebih besar. Beberapa tanaman autoploid lebih vigor dari tetua diploidnya, namun yang lain, terutama yang diploidnya telah memiliki jumlah kromosom banyak, akan menurun vigornya. Selain itu, genotipe-genotipe spesifik di dalam spesies akan lebih vigor setelah induksi poliploidi dibandingkan genotipe-genotipe lainnya.

Akibat lain dari autoploidi adalah mengurangi kesuburan. Tanaman autoploid selalu berkurang kesuburannya dan menghasilkan biji lebih sedikit dibandingkan tetua diploidnya. Pengurangan kesuburan disebabkan oleh ketidakteraturan dalam perkembangan pollen, fertilisasi, atau perkembangan

embryo. Dengan adanya empat kromosom yang sama jenisnya di dalam sel, pollen akan rusak dan infertil.

Pada autoploid, rasio genetik untuk pewarisan karakter sederhana adalah lebih kompleks dari diploid. Dengan alel A dan a , terdapat tiga kemungkinan genotipe pada diploid (AA , Aa , aa), sedangkan pada autotetraploid terdapat lima kemungkinan genotipe sebagai berikut:

$AAAA$	quadriplex
$AAAa$	triplex
$AAaa$	duplex
$Aaaa$	simplex
$aaaa$	nulliplex

Jika A dominan penuh, semua genotipe akan memperlihatkan karakter dominan kecuali nulliplex, yang akan memperlihatkan karakter resesif. Ketika genotipe menyerbuk sendiri, rasio segregasi dominan terhadap resesif (diasumsikan terjadi segregasi kromosom secara acak) adalah sebagai berikut:

$AAAA$	$1A:0a$
$AAAa$	$1A:0a$
$AAaa$	$35A:1a$
$Aaaa$	$3A:1a$
$aaaa$	$0A:1a$

Dengan dominan tak lengkap, pewarisan akan lebih rumit, berkisar dari lima fenotipe, jika pengaruh A bersifat kumulatif, hingga fenotipe yang bermacam-macam jika pengaruh A bersifat kompleks.

Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman

Para pemulia tanaman dapat menghasilkan varietas poliploid melalui teknik penggandaan kromosom dengan *colchicine*. Varietas poliploid yang dihasilkan diharapkan memiliki potensi hasil yang lebih tinggi. Dari penelitian-penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa tiga prinsip berikut ini dapat dijadikan pedoman dalam memproduksi dan menggunakan autoploid dalam program pemuliaan tanaman:

- a. Kecenderungan bahwa tanaman autoploid memiliki pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dan penurunan produksi benih memberi kesan bahwa autoploid akan lebih berguna pada pemuliaan tanaman yang dipanen bagian vegetatifnya dibandingkan dengan tanaman yang dipanen benihnya.
- b. Spesies alami telah berkembang dengan jumlah kromosom yang kompatibel dengan reproduksi dan perkembangan spesies. Kesuksesan yang paling besar dalam mendapatkan autoploid yang vigor dan fertil dari diploid telah dicapai ketika autoploid dihasilkan dari spesies dengan jumlah kromosom sedikit. Penggandaan kromosom pada spesies yang sudah memiliki jumlah kromosom banyak akan menghasilkan jumlah kromosom yang melebihi kompatibel optimum pada spesies tersebut.
- c. Untuk menemukan genotipe superior pada level poliploid, jumlah genotipe diploid yang banyak harus diubah menjadi tetraploid dan program pemuliaan yang baru dimulai pada level poliploid. Spesies tanaman menyerbuk silang dapat lebih berhasil ketika dikonversi menjadi poliploid dibandingkan tanaman menyerbuk sendiri, karena penyerbukan silang membantu rekombinasi gen secara ekstensif diantara poliploid dan meningkatkan peluang dalam mendapatkan genotipe poliploid yang seimbang.

Allopoloid

Allopoloid adalah poliploid yang dibuat dengan mengkombinasikan genom dari dua spesies atau lebih, berbeda dari autoploid yang dibentuk oleh multiplikasi set kromosom di dalam spesies. Jika set kromosom dasar spesies pertama adalah A dan set kromosom dasar spesies kedua adalah B, tetua diploid masing-masing akan memiliki genom AA dan BB, dan keturunan hibrida F_1 adalah AABB. Allopoloid yang ditemukan di alam umumnya memiliki tingkat kesuburan yang tinggi; sebaliknya mereka tidak dapat bertahan hidup sebagai spesies. Allopoloid yang diinduksi secara buatan dapat beragam dari fertil sempurna hingga steril sempurna.

Kegunaan dan Pemanfaatan dalam Pemuliaan Tanaman

Allopoloid membantu pemulia tanaman dalam berbagai bentuk, diantaranya adalah:

- a. Mengidentifikasi asal genetik dari spesies tanaman poliploid
- b. Memudahkan transfer gen dari spesies yang berdekatan
- c. Memudahkan transfer atau substitusi kromosom individual atau pasangan kromosom.
- d. Menghasilkan genotipe dan spesies tanaman baru

Daftar Pustaka

Poehlman, J. M. 1983. *Breeding Field Crops*. Second ed. The Avi Publishing Company, Inc. Westport. 486p.