

Warid Ali Qosim

Mekanisme *self-incompatibility* tipe gametofitik dan sporofitik dan aplikasinya dalam pemuliaan tanaman

Mechanism of self-incompatibility of gametophytic and sporophytic and its application in plant breeding

Diterima : 14 Mei 2013 / Disetujui : 30 Juni 2013 / Dipublikasikan Agustus 2013

©Department of Crop Science, Padjadjaran University

Abstract Self-Incompatibility (SI) is one of phenomena important on the fertile flower, but the inhibition occurs in the fertilization process, so SI caused outcrossing. The aim of this study is reveal the mechanism of self-incompatibility gametophytic and sporophytic and its application in plant breeding. The type of self-incompatibility is divided into heteromorphic and homomorphic. Type of SI heteromorphic cause a different flower structures, whereas SI homomorphic cause interaction with a single S-locus multiallelic between pollen and pistil during the process of pollination and fertilization. SI heteromorphic is divided into gametophytic and sporophytic. SI gametophytic is controlled by the haploid S-alleles in the pollen. The pollen tube inhibited and degraded by the activity of RNase enzymes, while SI sporophytic is controlled by the genotype S-alleles in sporophytic tissue. The mechanism of SI sporophytic, growth of pollen tube was been inhibited by coordination SLG (*S-Locus Glycoprotein*) and SRK (*S-Locus Receptor Kinase*) on the stylus to reject or accept the SCR (*S-Locus Cystein Rich Protein*) on pollen. The outbreak of the SI gametophytic can be done in several ways, such as bud Pollination, stilar irradiation, mentor effect, high temperature, biological inhibitors, and fertilization in vitro. SI sporophytic can be applied in plant breeding, namely assembly of hybrid cultivars, such as cabbage plants.

Keywords: self incompatibility, sporophytic, gametophytic

Sari *Self-Incompatibility* (SI) salah satu fenomena

yang sangat penting pada tanaman berbunga fertil, namun terjadi penghambatan dalam proses pembuahan, sehingga SI dapat menyebabkan tanaman tersebut menyerbuk silang (*outcrossing*). Tujuan studi ini mengungkap mekanisme *self-incompatibility* gametofitik dan sporofitik dan aplikasinya dalam pemuliaan tanaman. Tipe *self-incompatibility* terbagi dalam heteromorfik dan homomorfik. Tipe SI heteromorfik disebabkan struktur bunga yang beda, sedangkan SI homomorfik disebabkan interaksi S-lokus tunggal dengan multialelik antara polen dan pistil selama proses penyerbukan dan terjadi hambatan sebelum pembuahan. SI heteromorfik terbagi menjadi gametofitik dan sporofitik. SI gametofitik dikontrol oleh haploid alil S yang terdapat pada polen, mekanisme penghambatan tabung polen oleh adanya aktivitas enzim *RNase* yang mendegradasi tabung polen, sedangkan SI sporofitik dikontrol oleh genotip alil S yang terdapat pada jaringan sporofitik. Mekanisme SI sporofitik, yaitu penghambatan dilakukan oleh koordinasi SLG (*S-Locus Glycoprotein*) dan SRK (*S-Locus Receptor Kinase*) pada stilus untuk menolak atau menerima SCR (*S-locus cystein rich protein*) pada polen. Pecahnya SI dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti *bud Pollination*, iradiasi stilar, *mentor effect*, temperatur tinggi, inhibitor biologi, pembuahan *in vitro*. Fenomena SI dapat diaplikasikan dalam pemuliaan tanaman, yaitu perakitan kultivar hibrida seperti pernah dilakukan pada tanaman kubis.

Kata kunci: self incompatibility, sporofitik, gametofitik,

Dikomunikasikan oleh T. Nurmala

Warid Ali Qosim

Lab. Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung Ujung Berung Km. 21, Bandung 40600

Korespondensi: waqosim@yahoo.com

Pendahuluan

Self-incompatibility (SI) didefinisikan kegagalan dalam proses pembuahan sendiri pada tanaman berbunga hermaprodit yang bersifat fertil untuk menghasilkan zigot setelah terjadi penyerbukan sendiri. Fenomena SI disebabkan oleh kegagalan butir-butir polen yang menempel atau berkecambah pada stigma, atau kegagalan dalam pembentukan tabung polennya. Proses SI dapat menyebabkan mekanisme tanaman menjadi penyerbukan silang obligat (*obligat outcrossing*) dan mengakibatkan proses reproduksi tanaman menjadi tidak efisien (Brugiere *et al.*, 2000).

Fenomena SI telah ditemukan lebih dari 316 spesies tanaman. Keberhasilan pembentukan buah pada spesies tanaman SI hanya menghasilkan sebesar 22,1 %, sedangkan pada spesies tanaman normal (*self-compatibility*) rata-rata sebesar 72,5 % (Richards, 1997). Fenomena SI tersebar pada spesies dari famili *Brassicaceae*, *Leguminosae*, *Solanaceae*, *Cruciferae*, *Compositae* dan *Graminiae*. Pada tanaman yang telah dibudidayakan, SI banyak ditemukan pada tanaman rumput-rumputan, gula bit, bunga matahari, *pearl millet*, tembakau, kentang, dan lain-lain (Poehlman dan Sleper, 1994).

Pada awalnya para botanis hanya memberi perhatian pada sistematika dan sifat farmaka dari tanaman, dan hanya sedikit perhatian pada sistem reproduksinya, karena sebagian besar bunga tanaman SI terlihat hermaphrodit, sehingga diasumsikan bahwa tanaman SI dapat mengalami proses pembuahan. Kolreuter (1763) pertama kali mempublikasikan penelitian tentang SI pada *Verbascum phoeniceum* dan diikuti oleh Sprengel (1793). Selama abad 19-an observasi SI terus dilakukan. Darwin (1876) telah mempelajari SI pada lima spesies bahwa SI dapat menyebabkan adanya *outcrossing* (menyerbuk silang), dan pembuahan terhambat ketika elemen-elemen seksualnya identik (Richards, 1997). Dengan adanya penemuan kembali tulisan Mendel tentang pewarisan pada akhir abad ke-19 dapat menstimulasi hasil penelitian tentang SI, dan usaha-usaha awal untuk membuat pola yang tepat dari SI pada sistem genetika baru yang dilakukan oleh De Vries (1907) dan Correns (1913) sampai sekarang.

Sampai saat ini belum banyak yang mengungkapkan mekanisme SI. Makalah ini bertujuan untuk mengungkap mekanisme *self-*

incompatibility gametofitik dan sporofitik dari berbagai sumber referensi yang terkini, cara pemecahan/pematahan SI dan aplikasinya dalam pemuliaan tanaman.

SI salah satu mekanisme yang sangat penting pada tanaman berbunga dalam menghambat proses pembuahan dan mendorong pembentukan genotip baru akibat penyerbukan silang. Semua SI bekerja sebelum terjadi proses pembuahan. Untuk mendeteksi tanaman SI pada level yg paling sederhana sangat mudah. Jika individu tanaman SI diisolasi, maka tanaman tidak akan menghasilkan biji, sedangkan tanaman normal akan menghasilkan banyak biji, khususnya bila dilakukan penyerbukan sendiri secara buatan (antara bunga-bunga dari tanaman yang sama). Jika suatu tanaman diduga bersifat SI maka penyerbukan silang dengan tanaman yang lain akan menghasilkan biji (Richards, 1997).

SI dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu heteromorfik dan homomorfik. Tipe heteromorfik disebabkan oleh adanya perbedaan struktur/morfologi bunga. SI tipe heteromorfik disebabkan oleh adanya perbedaan ukuran stilus (*heterostylus*) pada bunga, sehingga menyebabkan penyerbukan silang, walaupun terjadi penyerbukan dan pembuahan dibantu oleh insekta. Spesies SI heteromorfik dapat berupa *distylic*, seperti spesies *Primula Sinensis*. Spesies ini mempunyai dua tipe bunga, yaitu stilus pendek dan antera tinggi dan tipe lainnya stilus panjang dan antera pendek, sehingga tipe-tipe tersebut tidak dapat bersilang sendiri. Selain itu, ada juga berupa *tristylic* seperti spesies *Lythrum salicaria*. Spesies ini mempunyai bentuk stilus yang tinggi, medium dan rendah dan posisi antera kebalikan dari posisi stilus (Richards, 1997). SI tipe homomorfik disebabkan oleh adanya interaksi antara polen dan pistil selama proses polinasi dan terjadi hambatan sebelum proses pembuahan. SI tipe homomorfik secara genetik di atur oleh lokus tunggal dengan multialelik (Murfett *et al.*, 1996). Polen akan ditolak ketika polen dari tanaman dengan alil 'S' yang jatuh ke pistil pada tanaman yang sama atau tanaman lain dengan alil yang sama. Alil 'S' terdiri dari dua gen dasar, gen pertama diekspresikan di pistil (*female determinant*) dan gen lainnya di antera atau polen (*male determinant*). Ketika alil 'S' pada pistil berinteraksi dengan alil 'S' pada polen dengan alil 'S' yang berbeda maka SI tidak akan terjadi dan proses pembuahan berjalan normal.

Sebaliknya, polen akan ditolak oleh tanaman induk betina, karena alil 'S' pada polen mempunyai alil 'S' yang sama pada pistil pada tanaman yang sama.

SI tipe homomorfik dikelompokkan menjadi dua, yaitu SI gametofitik dan sporofitik (Stoskopf *et al.*, 1993). Pada SI gametofitik, reaksi polen akan ditentukan oleh haploid polen (gametofitik jantan). Bila alil 'S' pada polen akan sama dengan alil 'S' pada pistil pada tanaman yang sama, maka tabung polen akan gagal berkembang. Penghambatan tabung polen terjadi pada jaringan penghubung (*transmitting tissue*) pada stilus. Pada penyerbukan tanaman SI gametofitik, perkecambahan dan perkembangan tabung polen akan terjadi secara normal pada fase awal, namun tabung polen akan terhenti pada jarak tertentu di jaringan penghubung pada stilus (Eijlander *et al.*, 2000). Dalam sistem SI gametofitik, ketidak sesuaian persilangan terjadi ketika alil 'S' dibawa oleh polen haploid yang sama dengan alil 'S' dalam stilus diploid. Dengan kata lain, tabung polen akan gagal berkembang secara normal bila alil 'S' dari polen dan pistil yang sama (Brugiere *et al.*, 2000).

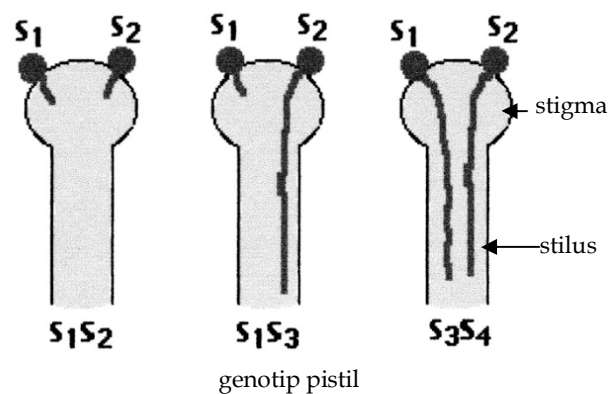
SI gametofitik umumnya terjadi pada famili *Solanaceae*, seperti tomat, kentang diploid, petunia dan tembakau), *Rosaceae*, *Scrophulariaceae*, *Fabaceae*, *Onagraceae*, *Campanulaceae* dan *Poaceae*. Kebanyakan spesies SI gametofitik memiliki lokus tunggal (S-lokus) yang bersifat multialelik, seperti pada *Solanaceae* (tomat, kentang diploid, petunia dan tembakau hias), namun pada spesies rumput-rumputan memiliki dua lokus yang multialelik yaitu lokus 'S' dan lokus 'Z' (Banga dan Banga, 1998). Pada sistem lokus tunggal memiliki sejumlah besar alil yang disebut alil 'S'. Jumlah alil dapat melebihi 50 untuk tipe gametofitik dan sporofitik. Lokus 'S' telah ditemukan 150 - 300 alil seperti pada spesies *Trifolium pratense* (Richards, 1997). Pada tembakau ditemukan antara 300 - 400 alil pada lokus 'S' tunggal, Spesies *Festuca pratensis* diduga ada 6 alil pada lokus 'S' dan 14 alil pada lokus 'Z'. (Richards, 1997).

Prinsip kerja SI gametofitik ditetapkan sebagai berikut: (1) alil-alil yg sama akan dikontrol oleh faktor yang diduga bekerja pada polen dan stigma; (2) faktor-faktor ini akan bekerja secara independen (bebas) pada stigma diploid dan pada butir polen haploid; (3) ketika butir polen dan stigma membawa alil yg sama, maka terjadi *incompatibilitas*, sehingga terjadi

peningkatan penyerbukan silang antara gamet-gamet yg membawa faktor yang berbeda dan tanaman bersifat heterozygous untuk faktor incompatibilitas; (4) faktor-faktor yang diduga diturunkan memiliki beberapa alel pada lokus yg sama, lokusnya disebut lokus 'S' dan alelnya dicirikan dengan $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$.

Fenomena SI gametofitik diekspresikan dalam stigma dan stilus. Interaksi antara stigma dan stilus dapat menghasilkan kesesuaian/*compatibe* (misalnya $S_1S_2 \times S_3S_4$), *semi-compatible* (misalnya $S_1S_2 \times S_2S_3$) dan *full-incompatibility* (misalnya $S_1S_2 \times S_1S_2$). Seperti tesaji dalam Gambar 1.

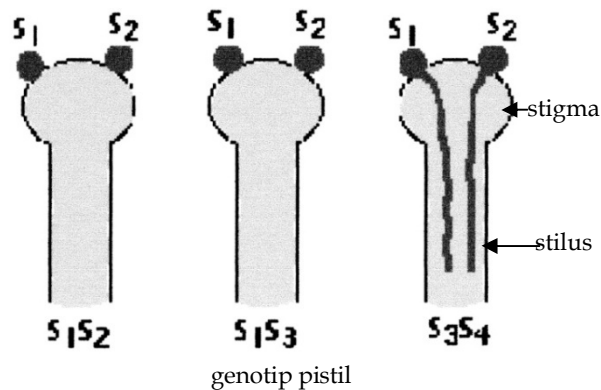
Semua butir polen diproduksi oleh tanaman S_1S_2



Gambar 1. Perilaku dan penurunan alil-alil S pada satu lokus tipe SI gametofitik

Tipe SI sporofitik (SSI) pada dasarnya berbeda dengan SI gametofitik. Ditinjau dari kendali perilaku butir polen yang berasal dari sporofitik antera, akan menyebabkan konsekuensi genetik sebagai berikut: (1) semua butir polen dari tetua jantan akan menunjukkan perilaku yang sama yang diberikan tetua betina; (2) kendali perilaku butir polen berasal dari antera diploid dominansinya akan terekspresikan. Jika alil S_1 dominan terhadap alil S_2 pada genotip tetua jantan S_1S_2 , maka alil S_2 akan seperti fenotipe alil S_1 ; (3) Salah satu konsekuensinya bahwa yang homozigous akan terjadi untuk S lokus. Dominansi alil adalah $S_1 > S_2 > S_3$. Jika persilangan S_1S_2 (σ) dengan S_1S_2 (ϕ) akan menghasilkan inkompatibel, jika persilangan S_1S_2 (σ) dengan S_1S_3 (ϕ) akan menghasilkan inkompatibel. Akan tetapi, jika persilangan S_1S_2 (σ) dengan S_3S_4 (ϕ) akan menghasilkan kompatibel. Seperti tesaji dalam Gambar 2.

Semua butir polen diproduksi oleh tanaman S_1S_2



Gambar 2. Perilaku dan penurunan alil-alil S pada satu lokus SI sporofitik.

Mekanisme Molekuler SI

Mekanisme SI diakibatkan adanya interaksi antara polen dan pistil yang dititik beratkan pada gen-gen yang menyandi glikoprotein. Glikoprotein muncul pada waktu ekspresi SI yang ditemukan pada *Brassica oleraceae* (Robert *et al.*, 1979). Glikoprotein pada pistil familia Solanaceae disebut *S-associated glycoprotein*. *S-associated glycoprotein* akan muncul selama perkembangan pistil. Pada SI gametofitik, lokasi glikoprotein ditemukan hanya pada stigma dan stilus seperti pada *Nicotiana alata* dan *Lycopersicon peruvianum*. Berat molekul *S-associated glycoprotein* antara 24–30 kDa (kilodalton) (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan *S-associated glycoprotein* dari SI gametofitik (*Solanaceae*) dan SI sporofitik (*Brassicaceae*).

Komponen	<i>Solanaceae</i>	<i>Brassicaceae</i>
Berat molekul	24 – 30 kDa	45 – 50 kDa
N-glycosylation	+	+
Intraalelik	50 – 70 %	70 – 90 %
Associated activity	Ribonuclease	matric forming Protein
Lokasi	Jaringan penghubung	Papilla stigma

Sumber: Cresti dan Tiezzi, 1992.

Mekanisme molekuler SI gametofitik, seperti pada *Nicotiana alata*. Molekul *S-associated glycoprotein* mula-mula berada dalam matrik interseluler jaringan penghubung (*transmitting tissue*) dalam stilus dan ada dalam sel-sel papilla stigma dalam jumlah yang rendah dan berada di

epidermis plasenta dalam ovarium. Adanya glikoprotein dalam jaringan penghubung pada stilus akan menyebabkan polen menjadi terhambat (Nasrallah *et al.*, 1996). Ketika cDNA digunakan sebagai probe untuk S_2 glikoprotein pada *Nicotiana alata*, maka gen ditemukan aktif dalam jaringan penghubung di stilus dan berada di epidermis dari plasenta. Jika sekuen alil 'S' pada polen homolog dengan sekuen alil 'S' pada stilus, maka *S-associated glycoprotein* dalam jaringan penghubung akan memberikan signal pada enzim S-RNase yang mempunyai kemampuan untuk aktivitas ribonuklease. Tabung polen akan berkembang, selanjutnya akan dihentikan kira-kira sepertiganya dari panjang stilus dan enzim S-RNase muncul dan masuk ke tabung polen kemudian menghancurkan ribosom RNA (rRNA) bagian dalam tabung polen yang berasal dari alil 'S' polen sendiri (*self-pollen*) kurang lebih 3-4 jam setelah penyerbukan, sehingga akan nampak tabung polen yang tumbuh menjadi *irregular* (tak beraturan), dinding sel menebal dan ujung tabung polen seringkali pecah dan rusak, fragmen DNA pada sel akan mati lebih kurang 10-14 jam. Bila sekuen alil 'S' pada polen tidak homolog dengan sekuen alil 'S' pada stilus, maka enzim S-RNase tidak aktif dan tabung polen dapat berkembang dan membuahi sel telur. Molekul S-RNase berupa *hypervariable region* yang merupakan dasar untuk masing-masing alil 'S' spesifik (S_1 , S_2 , S_3 dan S_n) (Richards, 1997).

SI sporofitik lebih ekstensif dipelajari pada familia Brassicaceae, fenotip tanaman SI ditentukan oleh konstitusi genetik polen dari sporofitik atau tanaman diploid (Brugiere *et al.*, 2000). Proses penghambatan pembentukan tabung polen dapat terjadi pada stigma setelah beberapa menit kontak awal antara polen dan sel-sel papilar (sel-sel luar dari stigma yang menangkap polen), signal-signal tersebut dengan cepat akan dikomunikasikan antar sel, sehingga perkembangan tabung polen akan terhambat. Penolakan polen tersebut dibuktikan dengan adanya penimbunan senyawa β -1,3 *glucanase* pada sel-sel papilar yang merupakan persinggungan dengan polen yang tidak sesuai (Sims, 1993).

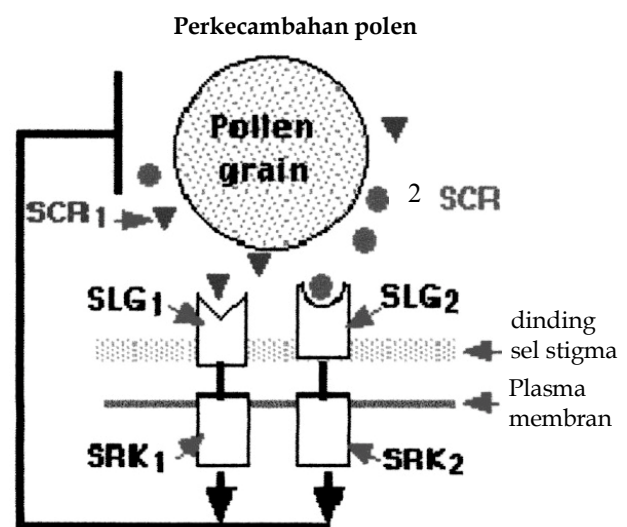
Proses terjadinya interaksi antara polen dan pistil disebabkan oleh adanya gen-gen yang menyandi glikoprotein. Pada SI sporofitik, glikoprotein ditemukan pada *Brassica oleraceae* (Brugiere *et al.*, 2000). Glikoprotein pada *Brassica oleraceae* disebut *S-Locus Specific Glicoproteins* (SLSGs) yang ditemukan pada stigma dan tidak

terdapat pada stilus atau ovarium. Berat molekul *SLGs* antara 54- 50 kDa (Tabel 1) yang menunjukkan adanya polimorfisme pada berat molekul dan muatan yang luas dalam *S*-genotip pada *Brassica*. Polimorfisme *SLGs* akan bersegregasi secara sempurna dengan alil '*S*' yang berhubungan dengan populasi F_2 . Konsentrasi *SLGs* akan meningkat sejalan dengan pemasakan pistil dan laju sintesis maksimum yang dicapai pada saat tanaman *SI* dalam stigma yang sedang berkembang. Molekul *SLGs* mula-mula terdapat pada sel-sel papila di permukaan stigma dan diekresikan pada dinding-dinding sel, selanjutnya *SLGs* akan lepas dari dinding papila untuk bereaksi dengan polen, akhirnya pembentukan tabung polen akan ditahan oleh *SLGs* pada dinding papilla (Nasrallah *et al.*, 1996).

Pada *SI* sporofitik, penolakan polen dikendalikan oleh genotip diploid dari jaringan sporofit. Mekanisme *SI* sporofitik dikendalikan dalam lokus '*S*' berbentuk kluster yang terpaut (*linkage*) sangat dekat. Ada dua lokus gen yang muncul menjadi determinan major pada *S*-haplotip pada stilus, yaitu *S*-locus glycoprotein (*SLG*) dan *S*-Locus receptor kinase (*SRK*). *SLG* akan menyandi bagian dari reseptor protein dan disekresikan ke dalam dinding sel dari sel papila. Aktivitas *SLG* memerlukan satu lokus lain yang *linked*, yaitu *SRK* yang menyandi bagian dari reseptor serin/threonin kinase yang menempelkan pada group fosfat ke protein lain (Banga dan Banga, 1998). *SRK* adalah reseptor kinase dengan ekstraselular domain pada N-terminus, single pass transmembran domain dan protein kinase domain pada C-terminus dari sel stigma. *SRK* adalah protein transmembran yang melekat di dalam plasma membran dan dinding stigma. Jika genotip jaringan sporofitik S_1S_2 , maka *SLG* nya adalah SLG_1 dan SLG_2 , sedangkan untuk *SRK* nya adalah SRK_1 dan SRK_2 , sedangkan pada lokus lain terdapat alil '*S*' polen yang mempunyai *S*-locus Cystein Rich Protein (*SCR*) yang merupakan sekresi ligan untuk reseptor yang sama. Untuk genotip polen S_1S_2 maka *SCR* nya adalah SCR_1 dan SCR_2 . Jika alil ' S_1 ' lebih dominan dari alil ' S_2 ' maka perilaku alil ' S_2 ' seperti alil ' S_1 '.

Gambar 3 mengilustrasikan, bila genotip polen ' S_1S_2 ' yang mengandung SCR_1 dan SCR_2 jatuh pada stigma yang mempunyai genotip jaringan sporofitik ' S_1S_2 ', maka molekul SCR_1 atau SCR_2 dapat menempel (*binding*) dengan SLG_1 atau SLG_2 pada pistil, selanjutnya

SLG_1/SLG_2 akan berkordinasi dengan SRK_1 atau SRK_2 untuk menolak polen. Enzim kinase akan aktif untuk mendorong dalam usaha menggagalkan butir polen untuk berkecambah. Sebaliknya bila genotip alil '*S*' pada polen tidak sama dengan jaringan sporofitik, maka *SLG* tidak akan mengenali tipe *SCR*, sehingga enzim kinase tidak aktif dan polen dapat berkecambah membentuk tabung polen dan berhasil membuahi sel telur. Jika genotipe polen ' S_3S_4 ' yang mengandung SCR_3 dan SCR_4 jatuh pada stigma yang mempunyai genotip jaringan sporofitik ' S_1S_2 ', maka molekul SCR_3 atau SCR_4 dapat menempel (*binding*) dengan SLG_1 atau SLG_2 pada pistil, selanjutnya SLG_1/SLG_2 akan berkordinasi dengan SRK_1 atau SRK_2 untuk menerima polen. Enzim kinase tidak dapat mengenali SCR_3 dan SCR_4 sehingga tabung polen terbentuk dan pembuahan dapat terjadi dengan baik.



Gambar 3. *S*-lokus yang berisi gen yang menyandi *S*-locus glycoprotein (*SLG*) dan *S*-locus receptor kinase (*SRK*), serta butir polen yang menyandi *S*-locus Cystein Rich Protein (*SCR*)

Pecahnya *SI* Gametofitik

Ada enam teknik untuk memecahkan *SI* gametofitik dan mewariskan pada keturunannya (*pseudocompatibility*) (Richards, 1997), yaitu:

1. Bud pollination

Pada genus *Nicotiana* dan *Petunia* sejumlah biji diperoleh hasil polinasi dimana polen yang matang diperoleh pada stigma yang

belum matang. Hal itu dapat disimpulkan bahwa gen 'S' belum diekspresikan pada stilus muda, sehingga memberikan pertumbuhan pada tabung polen yang inkompatibel.

2. Iradiasi stilar (*Stylar Irradiation*)

Pada *Petunia* dan *Lilium*, iradiasi sinar X pada stilus setelah penyerbukan sendiri dapat mencegah *self incompatible* dan mengubah menjadi *self compatible*. Dosis optimum untuk *Petunia* adalah 2000 rad, sedangkan pada *Lilium* melebihi 6000 rad. Iradiasi sinar X dilakukan sebelum terjadi penyerbukan. Perlakuan iradiasi sinar X setelah 24 jam penyerbukan tidak memberikan pengaruh yang nyata.

3. Mentor effect

Mentor pollen atau tepung sari pembimbing adalah tepung sari yang sesuai dengan tetua yang akan disilangkan, namun biasanya akan mati, sehingga dilanjutkan pertumbuhannya oleh polen yang akan disilangkan. Mentor polen mempunyai peran sebagai pembuka jalan bagi perkecambahan dan penetrasi tabung polen.

4. Temperatur tinggi (*high temperatures*)

Temperatur tinggi biasanya lebih dari 30 °C. Perlakuan temperatur 60 °C dapat menghilangkan SI. Aplikasi temperatur tinggi dapat diterapkan pada stilus dengan segera setelah penyerbukan sendiri dan dapat terjadi pada sistem gametofitik dan sporofitik. Pengaruh temperatur sangat spesifik untuk isozim tertentu dalam stilus dan variasinya terjadi pada tanaman yang peka pada panas.

5. Inhibitor biologi (*biological inhibitors*)

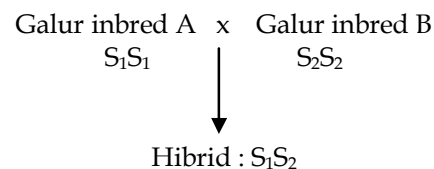
Inhibitor sintesis RNA (seperti *actinomycin D* dan *6-methylpurin*) dan enzim inhibitor seperti *puromycin* dan *p-chloromercuribenzoat*, semua itu dapat membatasi SI.

6. Pada *Petunia*, fertilisasi *in vitro* dapat memecahkan SI, butir polen dapat berkecambah dengan kultur ovul.

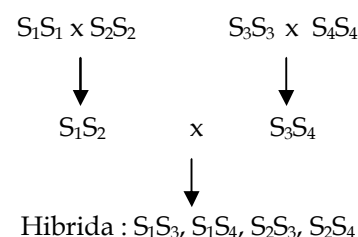
Aplikasi SI Sporofitik dalam Pemuliaan Tanaman

SI sporofitik dapat dimanfaatkan oleh pemulia tanaman untuk merakit dan menghasilkan

kultivar hibrida. Perakitan kultivar hibrida dapat dilakukan dengan memfasilitasi persilangan antar galur inbred SI untuk memproduksi benih hibrida. Teknik ini telah dikembangkan pada familia *Brassicaceae* seperti kubis, yang mempunyai SI sporofitik. Ciri dari sistem ini adalah bersifat dominan yang kemungkinan menghasilkan genotip homosigos untuk alil 'S' (S_1S_1 , S_2S_2 dan lain-lain). Benih untuk pemeliharaan homosigos genotip dapat diproduksi dengan teknik *bud pollination*. Untuk sistem silang tunggal (*single cross*) membutuhkan dua galur inbred *self-incompatible*, *cross-compatible* yang masing-masing homosigos untuk alil 'S', bagan persilangan seperti di bawah ini:



Sistem silang ganda (*double cross*) dapat digunakan untuk meningkatkan rasio benih hibrida yang diberikan oleh galur inbred, Sistem silang ganda membutuhkan dua galur inbred isogenik yang bersifat *self-incompatible*, *cross-compatible*, masing-masing homosigos untuk perbedaan inkompatibilitas alil 'S', prosedurnya sebagai berikut:



Kesimpulan

SI dapat menyebabkan tanaman menyerbuk silang (*outcrossing*). Tipe SI terbagi menjadi heteromorfik dan homomorfik. Kontrol genetik homomorfik bersifat lokus 'S' yang bersifat multialelik. SI tipe gametofitik dikontrol oleh haploid alil S yang terdapat pada polen dan mekanisme penghambatan tabung polen disebabkan oleh adanya aktivitas enzim *RNase* yang dapat mendegradasi tabung polen, sedangkan SI tipe sporofitik dikontrol oleh

genotip alil S yang terdapat pada jaringan sporofitik dan mekanisme penghambatan tabung polen disebabkan oleh aktivitas *SLG* yang berkordinasi dengan *SRK* pada stilus untuk menolak atau menerima *SCR* pada polen. Pecahnya SI dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti *bud Pollination*, iradiasi stilar, *mentor effect*, temperatur tinggi, inhibitor biologi, fertilisasi *in vitro*. Fenomena SI dapat diaplikasikan dalam pemuliaan tanaman, yaitu perakitan kultivar hibrida seperti pada kubis.

Daftar Pustaka

- Banga, S.S and S.K. Banga. 1998. Hybrid Cultivar Development. Narosa Publishing House. London
- Brugiere, N., Y. Cui and S.J. Rothstein. 2000. Molecular mechanisms of self-recognition in *Brassica* self-incompatibility. Rev. Trend in Plant Sci. Vol. 5 (10) October 2000.
- Cresti, M and Tiezzi, A. 1992. Sexual Plant Reproduction. Springer-Verlag. London.
- De Nettancout, D. 1977. Incompatibility in Angiosperms. Springer-Verlag.
- Eijlander, R. W.ter Laak, J.G.Th.Hermesen, M.S. Ramanna and E. Jacobse. 2000. Occurrence of self-compatibility, self-incompatibility and unilateral incompatibility after crossing diploid *S. tuberosum* (SI) with *S. verrucosum* (SC): I. Expression and inheritance of self-compatibility. Euphyta 115: 127-139
- Murfett, J., T.J. Strabala, D.M. Zurek, B.Mou, B. Beecher and B.A. McClure. 1996. S RNase and interspecific pollen rejection in the genus *Nicotiana*: Multiple pollen rejection pathways contribute to unilateral incompatibility between self-incompatible and self compatible species. The Plant Cell. Vol. 8: 943-958
- Nasrallah, J.B. Takeshi Nishio, M.E. Nasrallah. 1996. The self-incompatibility genes of Brassica. (expression and use in genetic ablation of floral tissues. Ann. Rev. Plant Physiology. Plant Mol. Bio. Vol.42:393-422
- Poehlman, J..M. and D.A. Sleper. 1994. Field Crops. Fourth Edition. Iowa State University Press. USA.
- Richards, A.J. 1997. Plant Breeding System. 2th edition. Chapman & Hall. London.
- Sims, T.L. 1993. Genetic regulation of self-incompatibility. Crit. Rev. in Plant Sci. Vol.12 (1/2): 129-167
- Stoskopf, N.C., D.T. Tomes and B.R. Christie. 1993. Plant Breeding Theory and Practice. Westview Press. Boulder San Francisco.