

Pedoman

**Pelaksanaan Pengujian Keamanan Hayati
Produk Bioteknologi Pertanian
Hasil Rekayasa Genetik**

Seri Tanaman



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian**

5160

PED/2

8/2002

Pedoman

**Pelaksanaan Pengujian Keamanan Hayati
Produk Bioteknologi Pertanian
Hasil Rekayasa Genetik**

Seri Tanaman



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
1998**

KATA PENGANTAR

Teknologi rekayasa genetika telah berkembang pesat dan telah memberikan manfaat antara lain dalam menghasilkan produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik (PBPHRG). Pengujian keamanan hayati terhadap PBPHRG sebelum dikomersialisasikan dilakukan untuk melihat kemungkinan adanya dampak negatif yang dapat mengganggu, merugikan dan/atau membahayakan bagi kesehatan manusia, keanekaragaman hayati, dan keamanan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pedoman yang mengatur tentang proses pengujian dan pemanfaatan dampak dari PBPHRG yang diproduksi. Pedoman pelaksanaan uji PBPHRG ini disusun oleh Tim Teknis Keamanan Hayati (TTKH) Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 856/Kpts/HK.330/9/1997.

Sesuai dengan macam produknya, pedoman pelaksanaan pengujian keamanan hayati PBPHRG ini dibagi dalam lima seri, yaitu umum, tanaman, hewan, ikan, dan jasad renik. Seri Tanaman berisi tentang pengertian umum dan ruang lingkup, tata cara pengujian dalam laboratorium dan ruang tumbuh (*growth chamber*), tata cara pengujian dalam rumah kaca terbatas, tata cara pengujian di lapangan terbatas, dan pengkajian risiko.

Bogor, September 1998
Ketua Komisi Keamanan Hayati



Dr. Joko Budianto

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Lampiran	vii
Pengertian Umum dan Ruang Lingkup	1
Tata Cara Pengujian dalam Laboratorium dan Ruang Tumbuh (<i>Growth Chamber</i>)	1
Tata Cara Pengujian dalam Rumah Kaca Terbatas	5
Tata Cara Pengujian di Lapangan Terbatas	9
Pengkajian Risiko	14
Daftar Pustaka	16

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Penggolongan tingkat keamanan hayati rumah kaca terbatas berdasarkan standar fasilitas yang tersedia	18
Lampiran 2. Pengelompokan tanaman berdasarkan cara penyerbukan	23
Lampiran 3. Persyaratan rumah kaca terbatas berdasarkan karakteristik penyerbukan tanaman.....	24
Lampiran 4. Bagian tanaman yang berfungsi untuk mempertahankan generasi selanjutnya	25
Lampiran 5. Metode disinfeksi dan sterilisasi disinfeksi	26
Lampiran 6. Jarak minimum isolasi dan ketentuan-ketentuan penggunaan lahan pascapanen	27
Lampiran 7. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penilaian risiko	28
Lampiran 8. Biologi tanaman	32

PENGERTIAN UMUM DAN RUANG LINGKUP

Tanaman transgenik yang dimaksud dalam pedoman ini adalah pengertian yang sesuai dengan SK Mentan No. 856/Kpts/HK.330/9/1997 tentang Ketentuan Keamanan Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik (PBPHRG) yaitu tanaman dan bagian-bagiannya hasil rekayasa genetik. Tanaman transgenik dan bagian-bagiannya meliputi tanaman pangan, hortikultura, industri, dan perkebunan. Tanaman tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan produksi pangan dan pakan, bahan obat-obatan, pengendali hayati, pupuk hayati, bahan baku industri, bioremediasi, dan tanaman hias.

Pedoman pelaksanaan pengujian keamanan hayati tanaman transgenik di fasilitas uji terbatas (FUT) ditujukan untuk memberikan petunjuk tentang pelaksanaan pengujian serta mengkaji dampak negatif penggunaan tanaman transgenik untuk menghindari hal-hal yang dapat mengganggu, merugikan dan/atau membahayakan bagi kesehatan manusia, keanekaragaman hayati, dan lingkungan.

Pedoman ini mencakup beberapa teknik pengujian khusus untuk tanaman transgenik di FUT dan beberapa informasi yang berkaitan dengan pengujian tersebut. Topik yang ada di dalam pedoman ini meliputi pengertian umum dan ruang lingkup, tata cara pengujian dalam laboratorium dan ruang tumbuh, rumah kaca dan lapangan terbatas, serta faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penilaian risiko yang disajikan dalam bentuk diagram alur, dan teknis pelaksanaan berbagai pengujian di FUT. Pedoman ini dilengkapi dengan lampiran-lampiran yang sangat berkaitan dengan isi pedoman. Karena metode dan teknik pengujian merupakan sesuatu yang selalu berkembang dengan berkembangnya ilmu dan temuan-temuan baru, maka prosedur pengujian bioasai dan pengkajian risiko yang berkaitan dengan keamanan hayati tanaman transgenik diterbitkan dalam bentuk lembar kerja (*worksheet*) yang terpisah.

TATA CARA PENGUJIAN DALAM LABORATORIUM DAN RUANG TUMBUH (*GROWTH CHAMBER*)

Proses perakitan tanaman transgenik melalui rekayasa genetik melibatkan beberapa tahap kegiatan di tingkat laboratorium, rumah kaca, dan lapangan. Kegiatan dalam laboratorium yang terkait dengan perakitan tanaman transgenik melibatkan beberapa step dalam teknik biologi molekuler dan seluler. Suatu sifat yang diinginkan harus dipilih dan gen yang mengandung sifat tersebut harus diidentifikasi. Seandainya gen tersebut belum tersedia

dalam klon (*clone*) maka harus diisolasi dari organisme donor. Supaya gen tersebut dapat berfungsi maka dia harus dimodifikasi secara molekuler, yaitu harus mengandung daerah pengaturan (*regulatory region*), sehingga dapat diekspresikan di tanaman dengan tepat dan benar. Gen yang sudah diisolasi harus dikonstruksi dalam suatu vektor plasmid untuk ditransfer ke tanaman secara langsung melalui *particle bombardment* atau tidak langsung dengan media vektor *Agrobacterium*. Untuk kesuksesan suatu transformasi, rangkaian gen yang diintroduksi ke tanaman harus dapat disisipkan ke genom tanaman, diekspresikan, dan tetap terpelihara dalam seluruh proses divisi sel berikutnya. Pada tahap terakhir, sel atau jaringan tanaman yang ditransformasi harus dapat diregenerasi menjadi suatu tanaman.

Berbagai kelompok (*taxa*) jasad renik seperti virus, bakteri, protozoa, khamir, kapang, dan mikro alga telah lama dan luas dimanfaatkan di bidang pertanian. Keamanan hayati yang perlu diperhatikan adalah yang terkait dengan penggunaan jasad renik seperti *Agrobacterium* sebagai vektor untuk transformasi. Tingkat bahaya jasad renik terhadap manusia, hewan, dan tanaman serta prosedur pengujian keamanannya diuraikan dengan lengkap dalam buku Pedoman Seri Jasad Renik.

Pengujian Bioasai Tanaman Transgenik

Pengujian bioasai secara *in vitro* dan *in vivo* untuk mengetahui apakah efikasi suatu gen ketahanan terhadap suatu serangga hama atau patogen sudah berfungsi atau tidak, bisa dilakukan di laboratorium atau dalam ruang tumbuh (*growth chamber*). Setelah perlakuan transfer gen, pengujian *in vitro* bisa dilakukan pada tingkat pertumbuhan kalus yang diinokulasi dengan serangga hama. Pengujian *in vitro* yang lain bisa dilakukan dengan memperlakukan bioasai daun yang berasal dari tanaman transgenik yang ditumbuhkan di rumah kaca terbatas, terhadap serangga hama. Pengujian *in vivo* dengan menginokulasikan serangga hama atau patogen pada tanaman bisa dilakukan di dalam ruang tumbuh. Prosedur pengujian bioasai dalam laboratorium dan ruang tumbuh untuk masing-masing sifat diuraikan secara detail dalam lembar kerja (*worksheet*) yang terpisah.

Penanganan Bahan dan Persiapan Tanam

1. Petridish untuk pengujian *in vitro*, pot dan tanah harus disterilisasi dengan oven atau autoklaf. Temperatur standar untuk sterilisasi dalam autoklaf adalah 121°C, 1 jam, 15 psi.
2. Pot-pot berisi tanah yang sudah disterilkan dan ditanami siap dibawa dengan troli ke ruang tumbuh.

Pemindahan Bahan Tanaman Transgenik

1. Setiap pemindahan tanaman transgenik dan bagian-bagiannya harus menggunakan troli dan harus sepengetahuan manajer FUT.
2. Semua peralatan yang digunakan dalam pemindahan bahan tanaman harus segera dicuci, disterilisasi, dan dikembalikan ke tempat semula.

Proses Terminasi dan Pembuangan Sampah

1. Bagian tanaman yang tahan hidup dari berbagai tanaman (Lampiran 4) perlu diketahui oleh petugas FUT.
2. Potong tanaman sampai permukaan pot, masukkan dalam kantong plastik dan diikat ujungnya. Kantong plastik tidak boleh menggelembung karena akan pecah ketika disterilisasi dengan autoklaf. Setelah pemotongan tanaman, pot diletakkan terbalik untuk mengeringkan air yang tersisa.
3. Pot dan wadah tanaman setelah proses terminasi harus dibersihkan lebih dahulu sebelum disimpan.
4. Seluruh bahan yang dibawa keluar dari ruangan harus berada di dalam wadah tertutup, misalnya kantong plastik.
5. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian yang menggunakan perlakuan serangga atau patogen, harus diletakkan di satu tempat/ruangan dan tidak boleh dipindahkan ke ruang lain.
6. Sebelum dibuang, tanaman transgenik dan bagian-bagiannya harus dikeringkan dengan sempurna atau diautoklaf.
7. Pot yang telah digunakan dalam percobaan dan telah disterilisasi dapat digunakan lagi atau dibuang.
8. Sterilisasikan secara maksimum seluruh sisa-sisa padat (seperti tanah yang terkontaminasi, tanaman terinfeksi, filter yang digunakan).
9. Semua kotoran/limbah harus dibuang pada tempat yang sesuai dengan jenisnya. Untuk bahan yang mengandung materi transgenik harus dimasukkan kantong, diberi label dan diautoklaf.

Penggunaan Organisme Asing

Setiap penggunaan organisme yang didatangkan/berasal dari negara lain harus diperhatikan kemungkinan risiko terikutnya bahan dan materi asing, sehingga perlu dilakukan proses penanganan khusus di ruang terisolasi.

Identifikasi *Biohazard*

1. Klasifikasi

- a. Agenia hayati yang digunakan dalam pengujian dikelompokkan berdasarkan empat kelompok risiko.
- b. Agenia hayati pada kelompok risiko 2 dan yang di atasnya harus dinonaktifkan dengan sterilisasi atau dibakar. Bahan yang sudah dinonaktifkan diberi label untuk membedakan dengan bahan yang belum diberi perlakuan.

2. Disinfeksi atau Sterilisasi

Disinfeksi dan/atau sterilisasi harus dilakukan setiap periode waktu tertentu. Metode disinfeksi dan sterilisasi digunakan secara selektif berdasarkan pada obyek dan tipe agensia hayati (Lampiran 5). Sterilisasi peralatan harus sesuai dengan standar.

3. Evaluasi

Sebelum dimulainya kegiatan pengujian yang menggunakan agensia hayati, tingkat bahaya harus diidentifikasi dan dievaluasi, dengan cara mengelompokkan berdasarkan tingkat risiko, dengan mempertimbangkan tipe dan tingkat penanganan dari agensia hayati.

Pengujian Keamanan Pangan

Dalam perakitan tanaman transgenik, gen asing yang ditransferkan ke dalam tanaman tersebut dikhawatirkan oleh segolongan orang menghasilkan suatu protein, yang kalau dimakan oleh manusia bisa berdampak negatif terhadap kesehatan. Pengujian keamanan pangan pada tanaman transgenik telah banyak dilaporkan di luar negeri. Penelitian yang dilakukan terhadap kemungkinan adanya kandungan zat yang bisa menimbulkan keracunan dan alergi pada manusia adalah penelitian toksikologi dan penentuan kandungan zat alergen. Seperti diketahui bahwa berat molekul zat alergen berkisar antara 10.000-20.000. Zat alergen tersebut biasanya stabil dan tahan terhadap suhu panas, dan pH asam serta protease lambung. Rangkaian (*sequence*) dari asam amino zat alergen telah banyak dilaporkan, sehingga bisa dilakukan perbandingan homologi rangkaian antara protein tanaman transgenik (misalnya Bt) dengan alergen yang ada. Mengingat keterbatasan peralatan laboratorium, maka apabila dipandang perlu untuk pengujian keamanan pangan, akan dilakukan kerja sama dengan laboratorium dari instansi yang terkait.

TATA CARA PENGUJIAN DALAM RUMAH KACA TERBATAS

Seluruh tanaman di dalam rumah kaca terbatas harus diperlakukan sebagai tanaman transgenik. Seluruh tanaman transgenik dan tanaman non-transgenik yang berada di dalam ruang yang sama seharusnya ditempatkan pada meja terpisah. Jika terpaksa diletakkan pada meja yang sama, harus diberi penyekat transparan yang terbuat dari plastik atau fiber.

Berikut ini adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan pengujian tanaman transgenik:

Penanganan Bahan dan Persiapan Tanam

1. Pot dan tanah harus disterilisasi dengan oven atau autoklaf.
2. Pot-pot berisi tanah yang sudah disterilkan dibawa dengan troli ke rumah kaca terbatas dan siap ditanami. Pot-pot yang sudah disterilkan tetapi tidak digunakan harus dimasukkan dalam kantong plastik dan diletakkan dalam ruang penyimpanan.
3. Temperatur standar untuk sterilisasi dalam autoklaf adalah 121°C, 1 jam, 15 psi. Barang-barang yang tidak tahan pada temperatur tersebut diberi perlakuan dengan disinfektan dan disterilkan pada suhu 105°C.
4. Untuk penyiraman, pencucian, dan lain-lain di rumah kaca terbatas, harus menggunakan air yang tersedia di rumah kaca terbatas.

Penggunaan Serangga atau Mikroorganisme

1. Pengujian yang menggunakan serangga atau patogen, harus dikerjakan di dalam ruang yang terpisah, apabila di ruangan tersebut ada tanaman sejenis. Jika percobaan tersebut hanya membutuhkan sebagian ruangan, maka sisa ruangan dapat digunakan untuk percobaan lain yang sesuai, dengan menggunakan penyekat kasa.
2. Tanda pengumuman/peringatan harus dipasang di pintu rumah kaca terbatas selama percobaan yang menggunakan serangga atau patogen berlangsung.
3. Monitoring dan pengawasan secara ketat harus dilakukan selama kegiatan inokulasi, inkubasi, timbulnya gejala, hingga panen.
4. Untuk pengujian serangga atau mikroorganisme tertentu harus digunakan alat khusus.
5. Program pengendalian secara kimiawi harus dilakukan untuk mengurangi adanya serangga dan patogen yang tidak dikehendaki.

6. Serangga atau mikroorganismenya harus ditempatkan di dalam wadah yang aman.
7. Untuk serangga atau mikroorganismenya yang aktif bergerak (seperti serangga bersayap, nematoda) yang akan dilepas di dalam rumah kaca terbatas, harus dijaga jangan sampai lepas ke luar rumah kaca terbatas.

Pemindahan Bahan Tanaman Transgenik

1. Setiap pemindahan tanaman transgenik dan bagian-bagiannya harus menggunakan troli dan harus sepengetahuan manajer FUT.
2. Tanaman atau bagian tanaman yang hidup sebaiknya tidak dibawa keluar dari rumah kaca terbatas kecuali untuk keperluan penelitian lanjutan, penelitian di ruang tumbuh atau penelitian sudah selesai dilaksanakan.
3. Tanaman transgenik dan bagian-bagiannya yang akan dikirim ke tempat/ruangan lain di dalam rumah kaca terbatas, harus ditempatkan di dalam wadah berlabel, berlapis dua dan tertutup rapat, untuk mencegah tersebarnya bahan tersebut keluar.
4. Wadah, peralatan, dan sisa bahan harus diberi tanda "**HATI HATI ADA BAHAN TRANSGENIK**" dan segera disterilisasi setelah selesai digunakan.
5. Semua peralatan yang digunakan dalam pemindahan bahan tanaman harus segera dicuci, disterilisasi, dan dikembalikan ke tempat semula.

Pencegahan Keluar Masuknya Tanaman dan Organisme Lain, dan Penyebaran Tanaman oleh Serbuk Sari atau Biji

Penyebaran serbuk sari atau biji dapat dicegah dengan beberapa metode sebagai berikut:

1. Menutup organ reproduksi untuk mencegah penyebaran serbuk sari pada bunga dan penyebaran biji pada tahap pemasakan.
2. Membuang organ reproduksi, menggunakan tanaman mandul jantan, mengakhiri percobaan atau memanen bahan pengujian sebelum mencapai fase reproduksi.
3. Memastikan bahwa tanaman yang diuji berbunga tepat waktu pada musim tersebut, di mana tanaman menyerbuk silang yang fertil berbunga dengan penyebaran serbuk sari normal, atau memastikan bahwa tidak ada tanaman menyerbuk silang yang tumbuh di dalam jangkauan penyebaran serbuk sari dari tanaman pengujian.

Petugas FUT perlu mengetahui cara penyerbukan berbagai jenis tanaman (Lampiran 2) dan persyaratan rumah kaca terbatas berdasarkan cara penyerbukan tanaman (Lampiran 3).

Penyebaran mikroorganisme yang berada di luar rumah kaca terbatas dapat dicegah dengan beberapa metode sebagai berikut:

1. Mengendalikan seluruh kegiatan inokulasi mikroorganisme atau prosedur biologi lain seperti penggandaan virus dan mikroorganisme, serta inokulasinya ke dalam tanaman atau permukaan tanaman.
2. Memastikan bahwa organisme yang dapat digunakan sebagai inang atau yang dapat mempercepat pemindahan virus atau mikroorganisme, tidak berada di dalam jarak penyebaran efektif.
3. Penyebaran Arthropoda dan binatang kecil lain secara efektif dapat dihindari dengan mencegah lepasnya organisme yang berada di genangan air dengan perlakuan kimiawi atau penguapan.

Proses Terminasi dan Pembuangan Sampah

1. Bagian tanaman yang tahan hidup dari berbagai tanaman (Lampiran 4) perlu diketahui oleh petugas FUT
2. Potong tanaman sampai permukaan pot, masukkan dalam kantong plastik dan diikat ujungnya. Kantong plastik tidak boleh menggelembung karena akan pecah ketika disterilisasi dengan autoklaf.
3. Setelah pemotongan tanaman, pot diletakkan terbalik untuk mengeringkan air yang tersisa.
4. Pot dan wadah tanaman setelah proses terminasi harus dibersihkan lebih dahulu sebelum disimpan.
5. Seluruh bahan yang dibawa keluar dari ruangan harus berada di dalam wadah tertutup, misalnya kantong plastik.
6. Alat-alat yang dipakai berulang-ulang selama pengujian, harus diletakkan di dalam ruangan. Seluruh peralatan yang akan digunakan kembali untuk pemakaian lain, dan seluruh bahan yang akan dibuang (seperti sisa tanaman, jaringan tanaman, tanah, bahan pengganti tanah) harus di sterilisasi dengan autoklaf.
7. Bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian yang menggunakan perlakuan serangga dan patogen atau gulma, harus diletakkan di satu tempat/ruangan dan tidak boleh dipindahkan ke ruang lain.
8. Sebelum dibuang, tanaman transgenik dan bagian-bagiannya harus dikeringkan dengan sempurna atau di autoklaf.

9. Seluruh biji harus dipisahkan dari bahan vegetatif sebelum mengering. Jika biji akan dibuang, harus diautoklaf terlebih dahulu.
10. Pot yang telah digunakan dalam percobaan dan telah disterilisasi dapat digunakan lagi atau dibuang.
11. Sterilisasikan secara maksimum seluruh sisa-sisa padat (seperti tanah yang terkontaminasi, tanaman terinfeksi, filter yang digunakan).
12. Semua kotoran/limbah harus dibuang pada tempat yang sesuai dengan jenisnya. Untuk bahan yang mengandung materi transgenik harus dimasukkan kantong, diberi label dan diautoklaf.
13. Sistem pembuangan bahan padat dan cair dirancang untuk mencegah lepasnya organisme.

Penggunaan Organisme Asing

Setiap penggunaan organisme yang didatangkan/berasal dari negara lain harus diperhatikan kemungkinan risiko terikutnya bahan dan materi asing, sehingga perlu dilakukan proses penanganan khusus di ruang terisolasi.

Identifikasi *Biohazard*

1. Klasifikasi

- a. Agensia hayati yang digunakan dalam pengujian dikelompokkan berdasarkan empat kelompok risiko.
- b. Rumah kaca terbatas dikelompokkan menjadi empat kelompok, berdasarkan kelengkapan fasilitas seperti yang tercantum pada buku Pedoman Seri Umum.
- c. Agensia hayati pada kelompok risiko 2 dan yang di atasnya harus di nonaktifkan dengan sterilisasi atau dibakar. Bahan yang sudah di nonaktifkan diberi label untuk membedakan dengan bahan yang belum diberi perlakuan.

2. Disinfeksi atau Sterilisasi

Disinfeksi dan/atau sterilisasi harus dilakukan setiap periode waktu tertentu. Metode disinfeksi dan sterilisasi digunakan secara selektif berdasarkan pada obyek dan tipe agensia hayati (Lampiran 5). Sterilisasi peralatan harus sesuai dengan standar.

3. Evaluasi

Sebelum dimulainya kegiatan pengujian yang menggunakan agen-
sia hayati, tingkat bahaya harus diidentifikasi dan dievaluasi, dengan cara
mengelompokkan berdasarkan tingkat risiko, dengan mempertimbangkan
tipe dan tingkat penanganan dari agen-
sia hayati dan penggunaan
rumah kaca terbatas yang sesuai.

Pengujian Bioasai Tanaman Transgenik

Petunjuk pelaksanaan pengujian bioasai tanaman transgenik terhadap
serangga hama dan serangga berguna (lebah madu dan musuh alami), pe-
nyakit virus, dan herbisida, serta uji persilangan dengan kerabat liar disajikan
pada uraian berikut ini. Uji bioasai terhadap serangga berguna (lebah madu
dan predator) ditujukan untuk melihat potensi adanya pengaruh negatif ta-
naman transgenik terhadap organisme bukan sasaran. Sedangkan uji per-
silangan ke kerabat liar ditujukan untuk mengetahui potensi pemindahan
gen dari tanaman transgenik ke spesies liar.

TATA CARA PENGUJIAN DI LAPANGAN TERBATAS

Persiapan Tanam

1. Bagian-bagian tanaman yang akan digunakan dalam pengujian lapang
tergantung asal tanaman itu ditumbuhkan dari biji asli atau dari bagian-
bagian vegetatif.
2. Tanaman yang ditumbuhkan secara vegetatif.

Planlet yang diperoleh dari hasil transformasi dapat digunakan untuk pe-
ngujian galur sebagai Ro. Meskipun tanaman-tanaman yang diper-
banyak secara vegetatif selalu ditumbuhkan pada generasi Ro, ukuran
dan kondisi fisiologis dari bagian-bagian vegetatif yang digunakan se-
bagai benih dapat mempengaruhi hasil dan kualitas. Oleh karena itu,
evaluasi akhir harus menggunakan bahan vegetatif dari tanaman yang
siap dikomersilkan. Pada beberapa hal, planlet dapat dipelihara atau di-
pertahankan sebagai cadangan.

3. Tanaman yang ditumbuhkan dari biji.

Pada tanaman yang diproduksi dari biji, akan lebih mudah dan efisien
bila menggunakan biji untuk memperbanyak daripada secara vegetatif.
Dalam memperbanyak benih perlu memperhatikan sifat penyerbukan
dari tanaman yang bersangkutan dan genetiknya untuk tanaman yang

menyerbuk sendiri, bila telah homozigot, dapat langsung diperbanyak untuk mendapatkan benih bahan percobaan. Bila tanaman tersebut heterozigot perlu ditanam kemudian benih/keturunan yang dihasilkan diseleksi yang homozigot. Tanaman yang homozigot ini dapat digunakan atau diperbanyak lagi untuk mendapatkan benih yang cukup. Tanaman yang ditumbuhkan dari biji:

a. Tanaman menyerbuk sendiri.

- Heterozigot
- Homozigot

b. Tanaman menyerbuk silang.

Pada tanaman yang menyerbuk silang, perbanyak benih dapat dilakukan dengan menggunakan tanaman yang homozigot untuk lokus/gen yang dimasukkan. Bila tanaman yang demikian belum terseleksi, maka dapat dibuat/diseleksi dari keturunan tanaman yang diperoleh.

4. Pertumbuhan dan penanaman dari planlet *in vitro*.

Planlet pada umumnya tidak dapat ditanam secara langsung ke lapang, tetapi harus melalui penyesuaian (aklimatisasi) ke dalam pot kecil yang berisi tanah steril atau media tanam buatan. Untuk aklimatisasi dapat digunakan bahan plastik atau *styrofoam*. Unsur-unsur makro dan mikro secara seimbang harus ditambahkan terutama apabila menggunakan media tanam buatan. Penambahan unsur-unsur ini akan meningkat sejalan dengan pertumbuhan planlet. Beberapa hari setelah penanaman, planlet-planlet muda harus diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari secara langsung dan bebas dari patogen. Sanitasi merupakan hal yang sangat penting. Setelah periode pertumbuhan dan beradaptasi pada media tanah, planlet dapat dipindah ke lapang. Sistem perakaran yang kuat dan pertumbuhan yang bagus dari tanaman sangat penting pada saat pemindahan ke lapang.

Pemindahan Bahan Tanaman Transgenik

1. Setiap pemindahan tanaman transgenik dan bagian-bagiannya yang akan dibawa ke lapang harus menggunakan troli.
2. Tanaman transgenik dan bagian-bagiannya yang akan dibawa ke Lapangan Terbatas, harus ditempatkan di dalam wadah berlabel dan tertutup rapat untuk mencegah tersebarnya bahan tersebut keluar dari FUT.
3. Semua peralatan yang digunakan dalam pemindahan bahan tanaman harus segera dicuci, disterilisasi, dan dikembalikan ke tempat semula.

Penggunaan Serangga atau Mikroorganisme

1. Pengujian yang menggunakan serangga atau patogen, harus dikerjakan di dalam area tanam yang terpisah.
2. Tanda pengumuman/peringatan harus dipasang di area Lapangan Terbatas selama percobaan yang menggunakan serangga atau patogen sedang berlangsung.
3. Monitoring dan pengawasan secara ketat harus dilakukan selama kegiatan inokulasi, inkubasi, timbulnya gejala, hingga panen.

Pengamanan

1. Tersebarnya serbuk sari akibat dari pemetikan bunga harus dihindari.
2. Apabila bunga diperlukan untuk pengujian dan percobaan lebih lanjut, maka bunga tersebut harus ditutup sebelum fase pemasakan.
3. Isolasi plot yang sesuai harus dilakukan untuk menghindari tersebarnya serbuk sari ke plot terdekat.
4. Setiap orang yang akan masuk ke dalam plot percobaan harus mendapat izin dari pejabat yang berwenang.
5. Tindakan proteksi khusus harus dilakukan untuk memastikan agar bagian-bagian tanaman yang dipanen terisolasi dengan baik.
6. Plot-plot harus dicegah dari masuknya binatang atau serangga dengan menggunakan pembatas (*border row*).
7. Setiap blok percobaan harus diberi tanda yang menyatakan adanya percobaan tanaman transgenik.
8. Area kerja harus selalu bersih.
9. Pakaian kerja harus dipakai di area kerja.
10. Peringatan khusus harus diberikan ke setiap orang yang bekerja di area kerja, misalnya "jangan menyebarkan serbuk sari, biji atau bagian lain dari tanaman transgenik".

Persyaratan dalam Percobaan Tanaman Transgenik

Persyaratan berikut ditujukan untuk mengurangi perpindahan gen baru melalui penyebaran serbuk sari dari tanaman transgenik ke tanaman sejenis atau kerabat liar. Untuk mengurangi peluang berpindahinya gen baru sehingga bersifat infasif dan berperilaku seperti gulma, dapat dilakukan dengan langkah-langkah pencegahan sebagai berikut:

Jarak Isolasi (Pemisahan Ruang) dan Area Pemusnahan

Untuk mengurangi perpindahan serbuk sari dari tanaman transgenik ke tanaman sejenis dan kerabatnya, maka jarak isolasi minimum harus ditentukan sesuai dengan Lampiran 6. Apabila ada spesies yang sekerabat dengan tanaman transgenik ditemukan di dalam jarak isolasi, maka tanaman tersebut harus dipindahkan dan dimusnahkan sebelum penebaran benih dengan memberi tanda *area pemusnahan*. Oleh karena itu, monitoring percobaan lapang dan pascapanen perlu dilakukan.

Isolasi Bagian Reproduksi

Beberapa metode alternatif untuk mengisolasi tanaman transgenik (Lampiran 6).

1. Bunga tanaman transgenik dibungkus dengan kantong khusus untuk mencegah pertukaran serbuk sari.
2. Tanaman transgenik dipanen sebelum berbunga (perlu monitoring untuk memastikan awal pembungaan).
3. Menghilangkan putik sebelum serbuk sari masak.
4. Jalur pelindung/perangkap serbuk sari (area penyangga).

Penggunaan Lahan Pascapanen

Setelah selesai percobaan, bahan tanaman yang tersisa harus dimusnahkan dengan menggunakan herbisida atau dengan pembajakan. Meskipun demikian masih ada beberapa tanaman transgenik yang akan tumbuh sebagai *volunteer* di lokasi tersebut pada musim tanam berikutnya berasal dari biji yang jatuh atau sisa bagian vegetatif tanaman. Untuk memastikan bahwa tanaman *volunteer* tersebut terbasmi, maka monitoring harus dilakukan setelah percobaan selesai. Monitoring tersebut dilakukan pada area penyangga dengan radius 50 m terhadap jenis-jenis tanaman sekerabat yang mempunyai kompatibilitas seksual dengan jenis tanaman transgenik yang diuji.

Ketentuan Lain

1. Untuk mencegah penyebaran biji tanaman transgenik, semua perlengkapan/peralatan persemaian dan pemanenan harus dibersihkan di lokasi percobaan sebelum digunakan di tempat lain.
2. Untuk mencegah penyebaran biji beberapa spesies, tanaman harus dipanen sebelum waktu masak.

3. Jadwal dan kegiatan monitoring harus sudah disiapkan.
4. Buku log tentang penggunaan benih tanaman transgenik harus disimpan dan tersedia setiap saat untuk pemeriksaan.

Kasus-kasus Khusus

1. Studi persilangan bebas (*outcrossing*)

Apabila suatu studi persilangan bebas dilakukan, spesies sejenis yang nontransgenik bisa ditanam di dalam jarak isolasi. Walaupun demikian tanaman transgenik harus dipisahkan dari tanaman yang tidak termasuk dalam studi tersebut. Pada akhir studi, tanaman nontransgenik harus diperlakukan dengan cara sama seperti tanaman transgenik.

2. Studi efikasi herbisida

Pada studi kasus efikasi herbisida, gulma sekerabat bisa dibiarkan tumbuh di dalam lokasi percobaan asalkan gulma tersebut dimusnahkan sebelum proses pengisian biji. Jarak isolasi harus bersih dari tanaman sekerabat dengan tanaman transgenik dan yang mempunyai kompatibilitas seksual.

Sifat-sifat Khusus yang Perlu Diperhatikan bagi Kesehatan Manusia

Ketentuan-ketentuan yang lebih ketat diperlukan untuk percobaan lapangan tanaman transgenik yang berpotensi risiko terhadap kesehatan manusia, seperti produk-produk farmasi. Ketentuan tersebut akan diterapkan kasus per kasus tergantung jenis tanaman dan sifat-sifatnya yang diuji.

Prosedur Pengujian Tanaman Transgenik

Pelaksanaan pengujian tanaman transgenik yang mempunyai sifat tertentu disajikan dalam uraian berikut ini. Petunjuk pengujian tersebut akan bertambah sesuai dengan jenis tanaman dan sifat yang ditransformasikan.

Pengamatan Sifat-sifat Agronomis

Seperti halnya pada tanaman nontransgenik, sifat-sifat agronomis tanaman transgenik juga diamati. Sifat-sifat tersebut meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan, kuantitas dan kualitas hasil termasuk kehampaan. Sifat-sifat agronomis dari suatu jenis tanaman tertentu yang perlu diamati akan diuraikan secara terpisah.

Terminasi

Setelah panen, seluruh bahan tanaman harus dimusnahkan dengan cara pembakaran, dikubur dalam-dalam atau dengan cara lainnya sehingga bahan tersebut tidak menjadi aktif. Lahan pascapanen dapat digunakan kembali sesuai dengan aturan jarak minimum isolasi dan ketentuan penggunaan lahan pascapanen (Lampiran 6).

PENGAJIAN RISIKO

Pemanfaatan tanaman transgenik di Indonesia, harus dilakukan dengan memperhatikan keamanan hayati untuk menghindari adanya kemungkinan dampak negatif dari tanaman transgenik tersebut. Pencegahan yang dilakukan adalah terhadap tanaman transgenik yang dapat mengganggu, merugikan dan/atau membahayakan bagi manusia, hayati lainnya, dan lingkungan. Sehubungan dengan itu diperlukan adanya pengkajian risiko. Pengkajian risiko dilakukan oleh TTKH atas permintaan KKH dalam mempertimbangkan rekomendasi permohonan pemanfaatan tanaman transgenik. Dalam melaksanakan kajian risiko TTKH mempelajari dokumen permohonan yang telah dilampiri jawaban-jawaban daftar pertanyaan oleh pemohon. Apabila dalam kajian tersebut TTKH masih memerlukan kajian lebih lanjut maka dilakukan pengujian di FUT khususnya di Lapangan Terbatas. Dalam pelaksanaan pengkajian, TTKH meminta TPKHTT untuk mengadakan pengujian tanaman transgenik di Lapangan Terbatas, setelah pengujian di Rumah Kaca Terbatas.

Usulan percobaan lapangan tanaman transgenik harus disertai dengan keterangan-keterangan umum sebagai berikut:

1. Nama jenis/spesies/kultivar tetuanya
2. Sistem reproduksi tetuanya
3. Sistem transformasi
4. Sifat baru yang dipindahkan (*insert*) ke tanaman transgenik
5. Nama dan asal jasad renik sumber vektor
6. Jenis/spesies/kultivar asal sifat yang dipindahkan ke tanaman transgenik
7. Cara pemusnahan apabila terjadi penyimpangan.

Ada beberapa kriteria yang perlu dikaji: (1) potensi tanaman transgenik menjadi gulma pada areal pertanian atau menjadi perusak habitat alam (*natural habitat*); (2) potensi untuk perpindahan gen (*gene flow*) ke kerabat liar sehingga menjadi gulma yang lebih merusak; (3) potensi berdampak pada organisme bukan sasaran; dan (4) potensi berdampak pada keaneka-

ragaman hayati. Selain kriteria yang dikaji tersebut di atas TPKHTT perlu mempelajari faktor-faktor dalam penilaian risiko yang berkaitan dengan organisme tetua, unsur genetik, fenotip dari PBPHRG, dan aspek lingkungan (Lampiran 7) sebagai bahan masukan untuk TTKH dalam mempertimbangkan rekomendasi.

Potensi Tanaman Transgenik untuk Menjadi Gulma pada Areal Pertanian atau Menjadi Perusak Habitat Alam

Untuk mengetahui potensi suatu tanaman menjadi gulma atau menjadi perusak habitat alam perlu dipelajari biologi suatu tanaman (Lampiran 8). Sifat-sifat yang berpotensi menjadi gulma antara lain: mampu bertahan hidup tanpa bantuan manusia, mempunyai sifat dormansi, aspek *non shattering*, dan kemampuan berkompetisi yang tinggi dari bibit.

Potensi untuk Perpindahan Gen (*Gene Flow*) ke Kerabat Liar sehingga Menjadi Gulma yang Lebih Merusak

Biologi suatu tanaman perlu dipelajari untuk mengetahui apakah di Indonesia suatu tanaman tertentu mempunyai kerabat liar. Dalam kaitan dengan kerabat liar perlu juga dipelajari pusat asal usul tanaman (Lampiran 8).

Potensi Berdampak pada Organisme Bukan Sasaran

Data tentang pengaruh tanaman transgenik terhadap organisme bukan sasaran seperti serangga berguna, burung dan hewan mamalia perlu diketahui. Penelitian tentang hal tersebut telah banyak dilakukan oleh instansi pemerintah di negara maju.

Potensi Berdampak pada Keanekaragaman Hayati

Karakteristik fenotip dari tanaman transgenik perlu diketahui untuk melihat apakah memang tanaman tersebut mempunyai daya kompetisi yang tinggi dan karakter yang bersifat merusak serta mendominasi habitat alam. Informasi tersebut biasanya dapat diperoleh dari negara maju.

DAFTAR PUSTAKA

- Agriculture and Agri-Food Canada, Food Production and Inspection Branch Plant Product Division. 1996a. The biology of *Solanum tuberosum* L. (Potato). Regulatory Directive, T-1-09-96. Plant Product Division Food Product and Inspection Branch, Nepean, Ontario, Canada. 12 pp.
- Agriculture and Agri-Food Canada, Food Production and Inspection Branch Plant Product Division. 1996b. The biology of *Glycine max* (L) Merr. (Soybean). Regulatory Directive, T-1-10-96. Plant Product Division Food Product and Inspection Branch, Nepean, Ontario, Canada. 8 pp.
- Anonimus. 1996. Safety administration implementation regulation on agricultural biological genetic engineering. Journal of Agricultural Biotechnology. Vol. 4. No. 4.
- Badan Litbang Pertanian. 1996. Etika dan Biosafety dalam Bioteknologi.
- Bhishan P. Singh. 1995. Guidelines for Containment Facilities Used for Agric. Res. With Regulated Plant Pathogens and Noxious Weeds.
- Commission of the European Communities. Europe Environment. 1992. Handbook for the implementation of direction 90/220/EEC on the deliberate release of genetically modified organisms to the environment. Volume I. Directorate General XI, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection.
- Department of Health and Human Services. 1996. Guidelines for Research Involving Recombinant DNA Molecules (NIH Guidelines). 13 pp.
- Departemen Pertanian. 1997. Ketentuan keamanan hayati produk bioteknologi pertanian hasil rekayasa genetik. Keputusan Menteri Pertanian. No. 856/Kpts/HK.330/9/1997.
- Department of Science and Technology. 1991. Philippine biosafety guidelines. Bicutan, Tagig, Metro Manila.
- Division of the Plant Industry Directorate. 1994. The biology of *Zea mays* L. (corn/maize), regulatory directive, Dir 94-11. Plant Product Division Plant Industry Directorate, Nepean, Ontario, Canada. p. 10.
- International Potato Center. 1995. Biotechnology and biosafety at CIP internal guidelines. Apartado Postal 5969, Lima 100, Peru.
- International Rice Research Institute. 1994. Project Description CL4-Greenhouse. IRRI.
- Ministry of Agriculture and Land Reclamation. 1994. Biosafety regulations and guidelines in Egypt, Agric. Res. Center, Agric. Genetic Engineering Res. Institute (AGERI).

- Ministry of Agriculture. 1996. Safety administration implementation regulation on agriculture in peoples Republic of China. Biological Genetic Engineering. *Journal of Agric. Biotechnology* 4(4):378-405.
- Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, Government of Japan. 1995. Guidelines for Application of Recombinant DNA Organism in Agriculture, Forestry and Other related Industries of Japan.
- Muhadjir, F. 1988. Karakteristik tanaman jagung. hlm. 33-48. *Dalam* Subandi, M. Syam, dan A. Widjono (*Eds*). Jagung. Badan Litbang Pertanian.
- Pangarso, N. dan W. Istuti. 1992. Budi daya kapas. Balai Informasi Pertanian Jawa Timur. 31 hlm.
- Quarantine Facility Guidelines for Micro-organisms, United State Dept. of Agric, Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine, Biological Assessment and Taxonomic Supped.
- Rukmana, R. 1995. Tomat dan cherry. Kanisius, Yogyakarta. 84 hlm.
- Sandoz Technology Ltd, Corporate Safety and Environmental Protection. 1994. Biosafety, protection of human health and the environment, handling biological agents. Corporate Instruction Sandoz Group No. 6. Switzerland.
- Subandi, I.G. Ismail, dan Hermanto. 1998. Jagung. Teknologi Produksi dan Pascapanen. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 57 hlm.
- Sutarto, Ig.V., Harnoto, dan S.A. Rais. 1988. Kacang tanah. Buletin Teknik No. 2. Badan Litbang Pertanian.

Lampiran 1. Penggolongan tingkat keamanan hayati rumah kaca terbatas berdasarkan standar fasilitas yang tersedia

Keamanan Hayati Tingkat 1	Keamanan Hayati Tingkat 2	Keamanan Hayati Tingkat 3	Keamanan Hayati Tingkat 4
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Lantai dari bahan ber lubang-lubang, direkomendasikan dengan dinding tertutup 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Lantai dari bahan batu-batuan kecil, kecuali bila terjadi penyebaran tanah, harus digunakan lantai bersemen 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Lantai tertutup rapat, dengan tangki pembuangan limbah air 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Dekontaminasi semua limbah cair harus dengan sistem monitoring
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Jendela dapat dengan atau tidak dengan penyaring 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Jendela dengan kasa pencegah lalat 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Jendela tertutup rapat, dengan kemungkinan digunakannya tekanan negatif ◆ Struktur dengan fasilitas terbatas yang terpisah dengan aliran tertutup rapat, dua lapis pintu masuk dengan sistem otomatis ◆ Pagar ataupun perlindungan yang memadai ◆ Permukaan yang tertutup rapat, tidak tembus cairan atau bahan kimia ◆ Permukaan tempat kerja yang tahan bahan kimia 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Jendela tertutup rapat, dengan bahan tahan pecah ◆ Jalan masuk hanya melalui pancuran air, pintu otomatis menutup sendiri, pintu harus terkunci ◆ Pagar ataupun perlindungan yang memadai ◆ Permukaan yang tertutup rapat, tidak tembus cairan atau bahan kimia ◆ Permukaan tempat kerja yang tahan bahan kimia

Lampiran 1. Lanjutan

Keamanan Hayati Tingkat 1	Keamanan Hayati Tingkat 2	Keamanan Hayati Tingkat 3	Keamanan Hayati Tingkat 4
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tersedia autoklaf 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fasilitas otomatis untuk mencuci tangan ◆ Direkomendasikan agar autoklaf diletakkan di ruang dengan pintu ganda ◆ Penyaringan dengan sistem vakum, trap disinfektan untuk aliran air 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Autoklaf dengan pintu ganda dan otomatis ◆ Tersedia peralatan alternatif untuk dekontaminasi ◆ Sistem vakum, bila ada, mengisi secara otomatis, penyaringan dan pencegahan aliran balik untuk semua cairan atau gas
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aliran udara dari luar terbuka hanya selama ada pengujian 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Arah aliran udara yang terpisah sendiri-sendiri, tekanan yang terkontrol sesuai dengan yang diperlukan ◆ Penyaringan aliran udara keluar harus memenuhi syarat, aliran udara masuk hanya terbuka pada saat kipas beroperasi ◆ Tersedia ruang pertumbuhan untuk alternatif bila diperlukan 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Arah ventilasi untuk pengeluaran udara, dengan cadangan sumber tekanan yang terkontrol, direkomendasikan aliran udara masuk dan keluar yang terkunci ◆ Sistem penyaringan udara yang keluar disertifikasi setiap tahun

Lampiran 1. Lanjutan

Keamanan Hayati Tingkat 1	Keamanan Hayati Tingkat 2	Keamanan Hayati Tingkat 3	Keamanan Hayati Tingkat 4
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Akses dibatasi 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Akses terbatas untuk orang yang terlibat langsung dengan penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Akses sangat ketat hanya untuk orang yang berkepentingan 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Akses sangat ketat pintu terkunci, pencatatan untuk setiap masuk/keluar
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Petugas harus membaca dan mengikuti aturan yang berlaku ◆ Prosedur yang diikuti sesuai untuk organisme ◆ Data pelaksanaan pengujian di rumah kaca terbatas 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Petugas harus membaca dan mengikuti aturan yang berlaku ◆ Manual rumah kaca terbatas sebagai petunjuk agar mengetahui risiko, dan mengatasi kemungkinan kecelakaan ◆ Data pelaksanaan pengujian di rumah kaca terbatas dan yang masuk/keluar rumah kaca terbatas ◆ Diperlukan ruang untuk pemindahan masuk/keluar dari rumah kaca terbatas 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Petugas harus membaca dan mengikuti aturan yang berlaku ◆ Manual rumah kaca terbatas sebagai petunjuk agar mengetahui risiko, dan mengatasi kemungkinan kecelakaan ◆ Data pelaksanaan pengujian di rumah kaca terbatas dan yang masuk/keluar rumah kaca terbatas ◆ Diperlukan ruang untuk pemindahan masuk/keluar, dekontaminasi bagian luar 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ruang ganti pakaian atau ruang pancuran (<i>shower</i>) melalui saluran udara tertutup hanya untuk jalan masuk/keluar ◆ Diperlukan petunjuk mengenai bahaya dan keamanan bagi semua yang masuk ◆ Rumah kaca terbatas manual dipersiapkan dan diadopsi, diperlukan petugas yang mengetahui/menguasai cara mengatasi kecelakaan yang dapat memberikan petunjuk bila diperlukan ◆ Data pelaksanaan pengujian di rumah kaca terbatas dan yang masuk/keluar rumah kaca terbatas

Lampiran 1. Lanjutan

Keamanan Hayati Tingkat 1	Keamanan Hayati Tingkat 2	Keamanan Hayati Tingkat 3	Keamanan Hayati Tingkat 4
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pengujian untuk organisme yang tidak aktif secara biologi ◆ Program pengendalian hama ◆ Kurungan dan tindakan pencegahan yang sesuai 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pengujian untuk organisme yang tidak aktif secara biologi, dekontaminasi lantai dilaksanakan secara periodik ◆ Program pengendalian hama ◆ Kurungan dan tindakan pencegahan yang sesuai ◆ Tanda peringatan untuk pengujian terbatas yang sedang berlangsung, dengan nama tanaman, orang yang bertanggung jawab, persyaratan khusus 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pengujian untuk organisme yang tidak aktif secara biologi (termasuk air kran yang dipakai), dekontaminasi peralatan dan bahan yang akan digunakan ◆ Program pengendalian hama ◆ Kurungan dan tindakan pencegahan yang sesuai untuk organisme bergerak ◆ Tanda peringatan untuk pengujian terbatas yang sedang berlangsung, dengan nama tanaman, orang yang bertanggung jawab, persyaratan khusus, tanda <i>biohazard</i> jika berbahaya untuk manusia ◆ Semiminal mungkin penggunaan zat yang menyebabkan terjadinya gas untuk mengurangi kontaminasi 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Keamanan khusus untuk material yang masuk/ke-luar, kondisi vakum atau dekontaminasi harus dilaksanakan sebelum material tersebut dipindahkan ◆ Pemasukan bahan/material melalui ruang khusus ◆ Material yang terkontaminasi pada waktu pengujian berlangsung, sebelum dipindahkan harus diautoklaf atau disterilkan dengan cara lain ◆ Seluruh limbah cair harus dikumpulkan dan didekontaminasi ◆ Program pengendalian hama dan penyakit ◆ Kurungan dan tindakan pencegahan yang sesuai untuk organisme yang bergerak

Lampiran 1. Lanjutan

Keamanan Hayati Tingkat 1	Keamanan Hayati Tingkat 2	Keamanan Hayati Tingkat 3	Keamanan Hayati Tingkat 4
		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Baju pelindung untuk mengurangi penyebaran, tangan harus dicuci sebelum meninggalkan fasilitas 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tanda peringatan untuk pengujian terbatas yang sedang berlangsung, dengan nama tanaman, orang yang bertanggung jawab, persyaratan khusus, dan tanda <i>biohazard</i> jika berbahaya bagi manusia ◆ Standar prosedur mikrobiologi untuk dekontaminasi peralatan dan wadah yang digunakan ◆ Penggantian baju sehari-hari dengan baju lab yang steril ◆ Laporan/data kecelakaan yang terjadi

Lampiran 2. Pengelompokan tanaman berdasarkan cara penyerbukan

Kelompok 1. (contoh tanaman menyerbuk sendiri)	
Kacang tanah	<i>Arachis hypogaea</i>
Kapas	<i>Gossypium hirsutum</i>
Kedelai	<i>Glycine max</i>
Kentang	<i>Solanum tuberosum</i>
Sawi	<i>Lactuca sativa</i>
Padi	<i>Oryza sativa</i>
Petunia	<i>Petunia hybrida</i>
Tomat	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Kelompok 2. (contoh tanaman dengan penyerbukan oleh serangga)	
Kapas	<i>Gossypium hirsutum</i>
Bunga matahari	<i>Helianthus annuus</i>
Timun	<i>Cucumis sativa</i>
Kubis	<i>Brassica oleracea</i>
Lada	<i>Capsicum anuum</i>
Ubi kayu	<i>Manihot utilisima</i>
Ubi jalar	<i>Ipomoea batatas</i>
Kelompok 3. (contoh tanaman dengan penyerbukan oleh angin)	
Jagung	<i>Zea mays</i>
Gula bit	<i>Beta vulgaris</i>

Sumber: Corporate Instruction SANDOZ Group No. 6, Biosafety; Worksheet No. 3 January 1994

Lampiran 3. Persyaratan rumah kaca terbatas berdasarkan karakteristik penyerbukan tanaman

Contoh tanaman	Penyerbukan	Fisik	Biologi
♦ Tomat	♦ Menyerbuk sendiri	♦ Tanpa perlakuan khusus	♦ Tanpa perlakuan khusus
♦ Bunga matahari	♦ Penyerbukan oleh serangga	♦ Rumah kaca dengan skren serangga ♦ Penutup bunga jantan	♦ Tidak ada tanaman sejenis atau spesies yang dapat menyerbuk silang ♦ Isolasi > jarak penyerbukan
♦ Jagung	♦ Penyerbukan oleh angin	♦ Rumah kaca dengan filter serbuk sari ♦ Penutup bunga jantan dan betina	♦ Tidak ada tanaman sejenis atau spesies yang dapat menyerbuk silang

Petugas FUT harus bertanggung jawab dalam penjelasan metode atau kombinasi beberapa metode yang digunakan pada setiap tanaman dan lingkungan.

Sumber : Corporate Instruction SANDOZ Group No. 6, Biosafety; Worksheet No.3 January 1994

Lampiran 4. Bagian tanaman yang berfungsi untuk mempertahankan generasi selanjutnya

Contoh jenis tanaman	Nama ilmiah	Bagian tanaman
Brokoli	<i>Brassica oleraceae</i>	Biji
Bunga matahari	<i>Helianthus annuus</i>	Biji
Cabai	<i>Capsicum annuum</i>	Biji, buah
Gula bit	<i>Beta vulgaris</i>	Biji, umbi
Jagung	<i>Zea mays</i>	Biji
Kentang	<i>Solanum tuberosum</i>	Biji, umbi
Melon	<i>Cucumis melon</i>	Biji, buah
Petunia	<i>Petunia hybrida</i>	Biji, polong
Sawi	<i>Lactuca sativa</i>	Biji
Tembakau	<i>Nicotiana tabacum</i>	Biji, polong
Tomat	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Biji, buah

Sumber: Corporate Instruction SANDOZ Group No. 6, Biosafety; Worksheet No.3
January 1994

Lampiran 5. Metode disinfeksi dan sterilisasi disinfeksi

Metode disinfeksi	Contoh
Mekanik	Disinfeksi tangan dan disinfeksi dengan penyikatan dan pencucian
Fisik: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pembakaran ◆ Perebusan dalam larutan Sodium karbonat 0,5 % ◆ Autoklaf ◆ Radiasi ultraviolet* 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Bahan sekali pakai, pakaian khusus ◆ Pakaian pelindung ◆ Peralatan, pakaian khusus ◆ Ruang udara, permukaan, peralatan
Bahan kimia: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Gas ◆ Larutan dan bahan padat, yang mudah larut atau mudah teremulsi 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ethylene oksida** untuk material tidak tahan panas ◆ Disinfeksi tangan, kulit, linen, ruangan, permukaan, container, udara
Aerosol (bahan semprot)	Disinfeksi peralatan dan ruangan

* hanya untuk efektifitas terbatas; dianjurkan hanya untuk kontrol kontaminasi

** peringatan penting: baik ethylene oksida maupun formaldehid tergolong sebagai bahan kimia berbahaya, bersifat karsinogenik terhadap manusia

Metode sterilisasi	Keterangan
Sterilisasi uap air (basah)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Menggunakan uap air jenuh bertekanan tinggi di dalam autoklaf. ◆ Efisiensi dari metode ini dapat ditingkatkan melalui pembuangan udara di dalam autoklaf dengan cara evakuasi sebelum pemasukan uap air.
Sterilisasi udara panas (kering)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Menggunakan udara panas yang tersaring di dalam ruangan tertutup. ◆ Metode ini kurang efektif dibandingkan dengan metode sterilisasi basah, hanya dianjurkan untuk bahan-bahan yang sensitif terhadap air.
Sterilisasi gas	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Biasanya bahan yang tidak tahan panas disterilisasi dengan gas di dalam autoklaf. ◆ Formaldehid atau ethylene oksida sangat efisien digunakan. ◆ Bahaya toksik bahan-bahan tersebut memerlukan perhatian khusus*. ◆ Setelah sterilisasi, bahan harus ditinggalkan atau diletakkan di dalam ruangan yang berventilasi bagus hingga bau dan gasnya menghilang.

- **Peringatan penting:** Ethylene oksida dan formaldehid tergolong bahan kimia berbahaya bersifat karsinogenik terhadap manusia.

Sumber: Corporate Instruction SANDOZ Group No. 6 Biosafety; Worksheet No. 2 January 1994

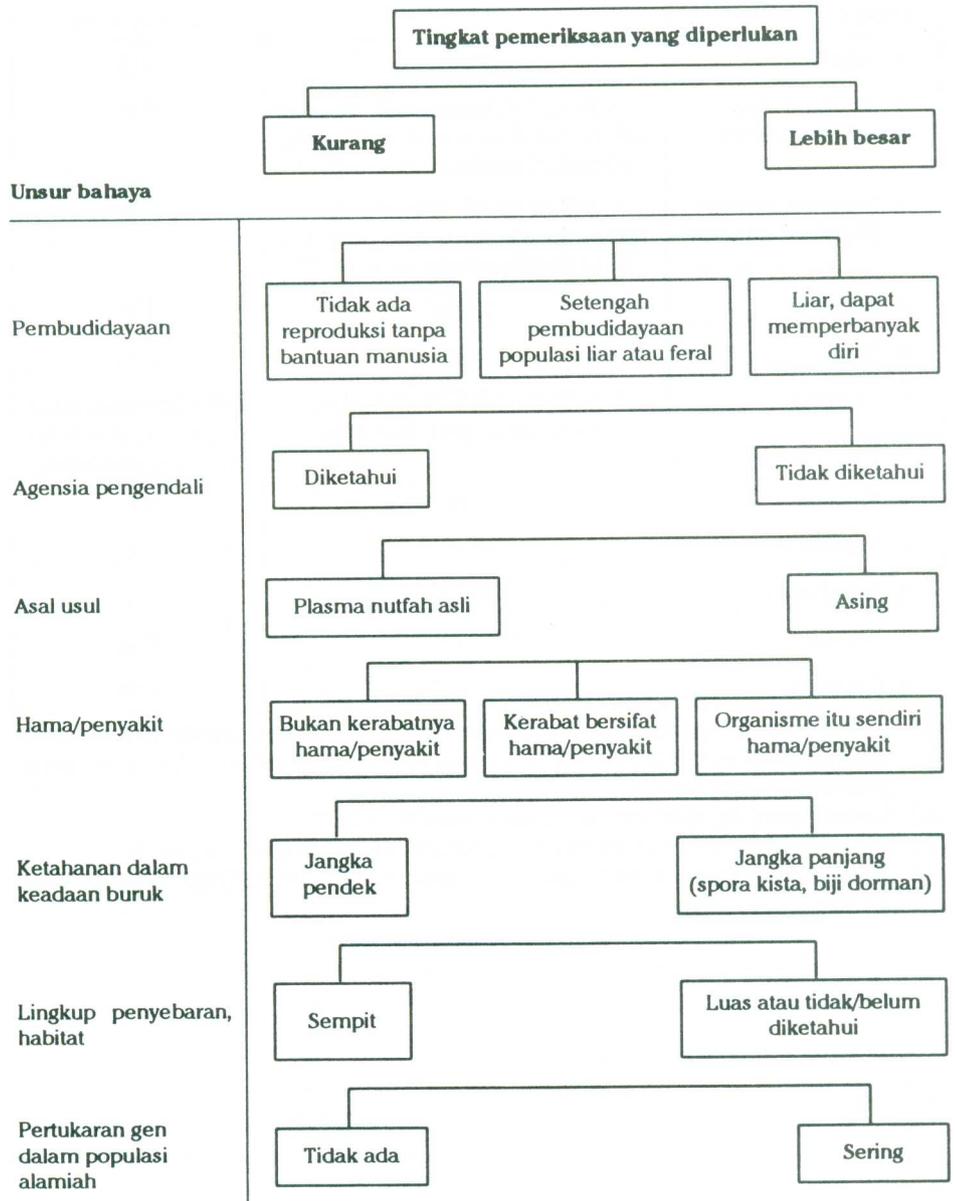
Lampiran 6. Jarak minimum isolasi dan ketentuan-ketentuan penggunaan lahan pascapanen

Jenis tanaman pangan	Jarak minimum isolasi	Penggunaan lahan pascapanen
♦ Alfalfa	300 m	3 th
♦ <i>Brassica rapa</i> (<i>B. campestris</i>)	400 m dari tanaman <i>B. rapa</i> 200 m dari <i>Brassica</i> spp. yang lain 50 m dari kerabat gulma lain ^(a)	5 th
♦ <i>Brassica juncea</i> (mustard oriental)	400 m dari <i>B. juncea</i> lain 200 m dari <i>Brassica</i> spp. yang lain 50 m dari kerabat gulma lain ^(b)	5 th
♦ Jagung	100 m	1 th
♦ Rami	3 m	2 th
♦ Kentang	3 m, 60 m untuk kentang yang mempunyai gen virus baru	2 th (termasuk 20 m batas pinggir sekitar lokasi percobaan)
♦ Kedelai	3 m	1 th
♦ Strawberry	200 m ^(c)	1 th
♦ Tembakau	400 m	1 th
♦ Tomat	20 m	1 th
♦ Gandum	3 m ^(d)	2 th

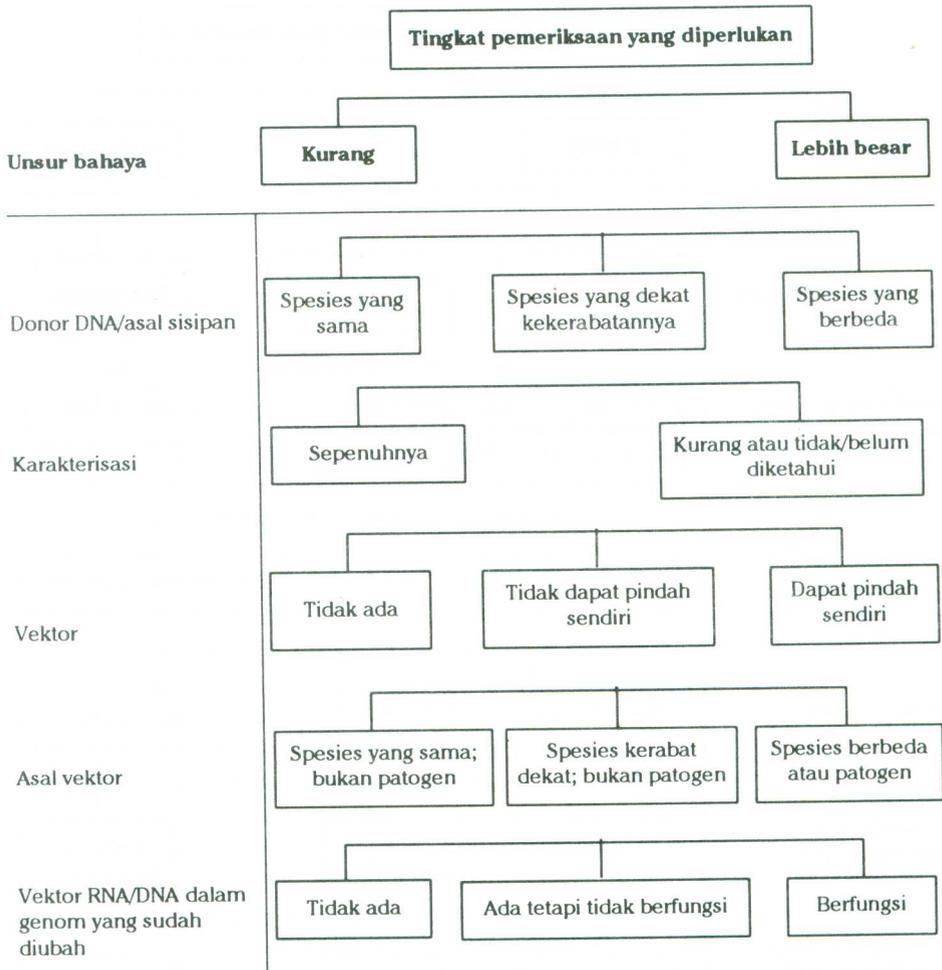
- (a) Kerabat gulma cruciferous tersebut termasuk *Diploaxis muralis* (*sand rocket*, *stinking wall rocket*), *Raphanus raphanistrum* (*wild radish*) dan *Erucastrum gallicum* (*dog mustard*)
- (b) Sama seperti (a) dan *Sinapis arvensis* (*wild mustard*)
- (c) Kerabat gulma tersebut termasuk *Fragaria virginiana* and *F. chiloensis*
- (d) Jarak isolasi juga berlaku untuk pemisahan dari *rye*, *triticale*, dan gandum durum

Lampiran 7. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penilaian risiko

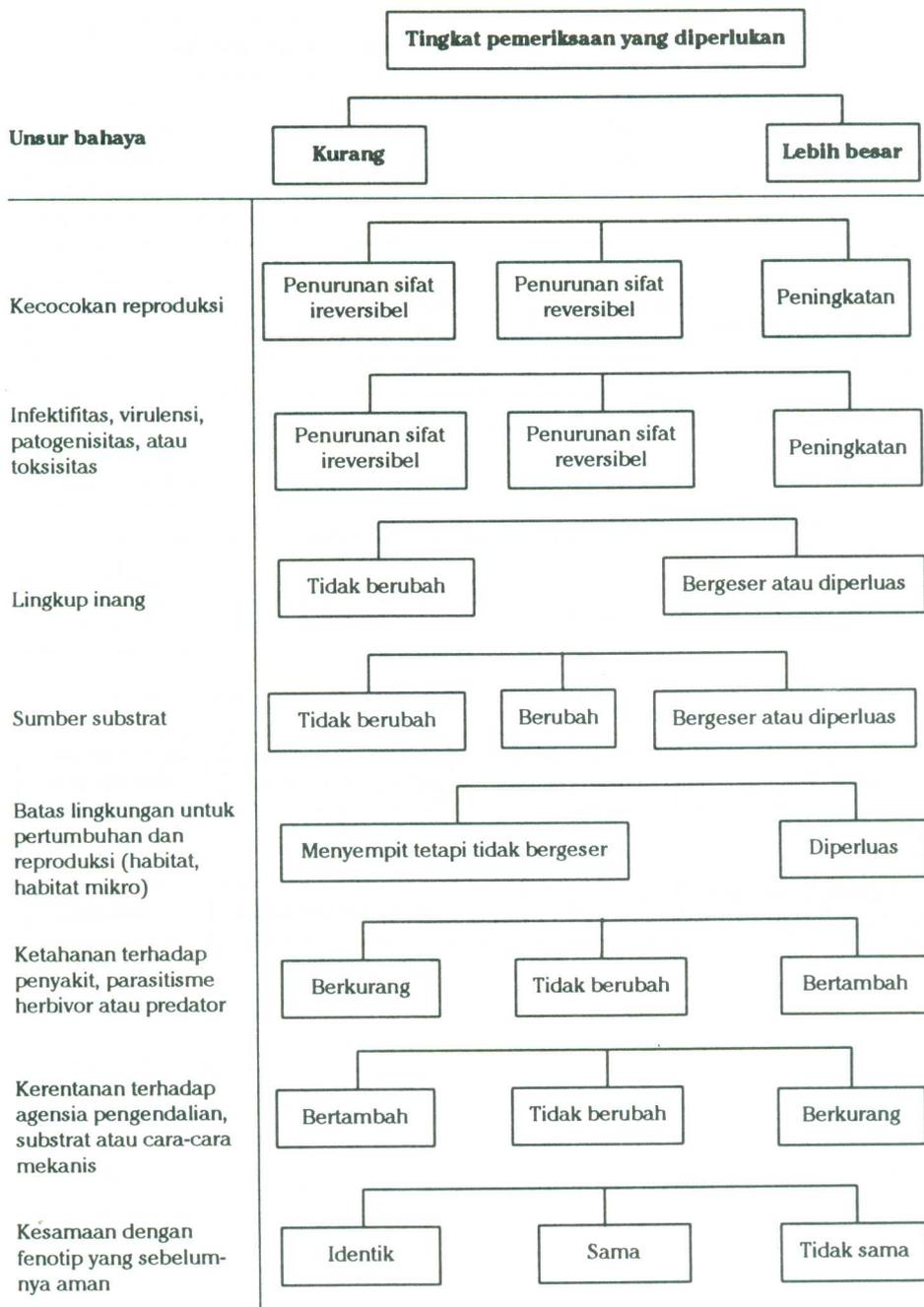
A. Organisme Tetua (tipe liar)



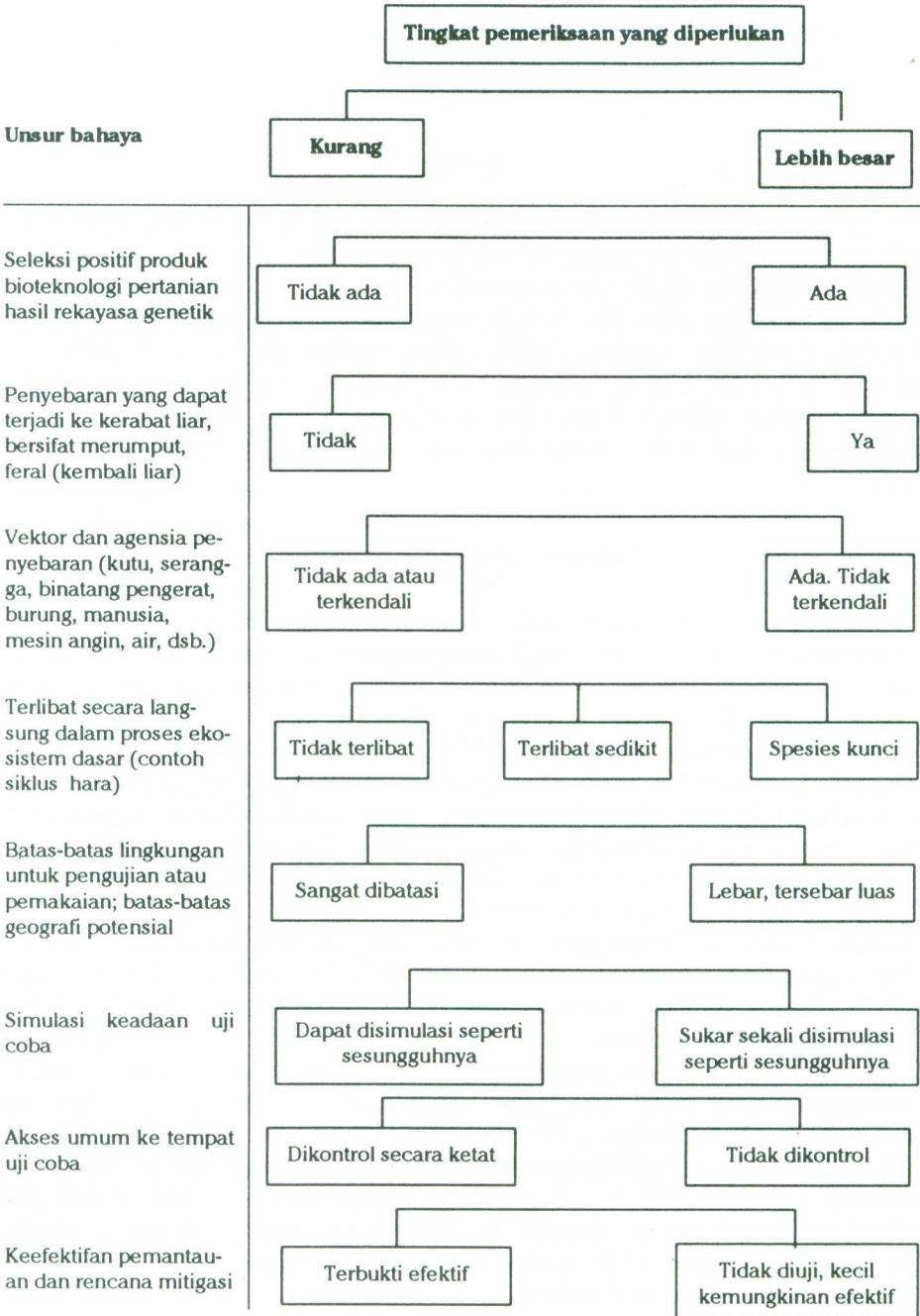
B. Unsur Genetik



C. Fenotip Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik



D. Aspek Lingkungan



JAGUNG (*Zea mays* L.)

Umum

Zea mays Linnaeus yang dikenal sebagai jagung, merupakan tanaman semusim yang berumah satu, di mana letak bunga jantan terpisah dengan bunga betina. Jagung termasuk tanaman C4 yang mampu beradaptasi baik pada faktor-faktor pembatas pertumbuhan dan hasil. Jagung ditanam untuk keperluan pangan manusia, pakan ternak, minyak goreng, sirup, dan lain-lain. Di Indonesia, jagung merupakan tanaman penting dan pada umumnya dibudidayakan sebagai komoditas perdagangan. Dari tahun 1990-1996 di Indonesia terjadi peningkatan produksi jagung dari 6.734.028 t menjadi 9.307.432 t.

Taksonomi dan Kekerabatan

Zea merupakan genus dari famili Gramineae (Poaceae), dan pada umumnya dikenal sebagai famili rumput-rumputan. Genus tersebut terdiri dari 4 spesies, yaitu: *Z. mays*, jagung yang dibudidayakan dan Teosinte (salah satu famili kerabat dekat jagung); *Z. diploperennis* Iltis, diploperennial teosinte; *Z. luxurians* (Durien et Asch) Bird; dan *Z. perennis* (Hitcch) Reeves Mangelsd; perennial Teosinte. Dari 4 spesies *Zea*, hanya *Z. mays* yang umumnya dikenal dan dibudidayakan. Terkadang terdapat tumbuhan jagung yang liar, tetapi tanpa dibudidayakan biasanya tidak akan mampu menghasilkan. Ketiga spesies yang lain hanya merupakan bahan untuk penelitian di universitas ataupun lembaga penelitian. Selain Teosinte, kerabat dekat dari *Zea* adalah *Tripsacum*. Genus tersebut terdiri dari 7 spesies, tiga di antaranya terdapat di Amerika Serikat. *Tripsacum* berbeda dari jagung dalam berbagai hal, termasuk jumlah kromosomnya ($n = 9$), sedangkan *Zea* ($n = 10$). Semua spesies dari *Tripsacum* dapat disilangkan dengan *Zea*, tetapi cukup sulit dan hanya dalam kondisi sangat steril. Jagung budi daya diperkirakan merupakan hasil transformasi dari Teosinte, *Z. mays* subspecies Mexicana (Schrader) Iltis, lebih dari 8000 tahun yang lalu. Selama masa transformasi ini, jagung yang dibudidayakan mendapatkan beberapa sifat genetik yang secara agronomi bernilai sangat tinggi, tetapi di lain pihak kehilangan kemampuannya untuk bertahan di alam tanpa campur tangan manusia. Sedangkan Teosinte tetap merupakan rumput-rumputan liar yang banyak terdapat di Meksiko dan Guatemala.

Jagung budi daya dan jenis liar *Zea* diploid maupun tetraploid dapat disilangkan untuk memproduksi F1 hibrida yang fertil. Di alam, hibridisasi introgresif tidak terjadi sebab adanya perbedaan waktu berbunga, lokasi berbeda, batas pemisah garis keturunan, perkembangan morfologi dan waktu pembentukan struktur reproduksi, dan dormansi.

Morfologi

Tanaman jagung berakar serabut dan mempunyai tiga tipe, yaitu akar seminal, akar adventif, dan akar udara. Batang jagung mempunyai batang induk yang tidak bercabang, berbentuk silindris, terdiri dari sejumlah ruas dan buku ruas. Panjang relatif dari berbagai ruas batang bermacam-macam dan merupakan sifat penting untuk mengklasifikasikan klas jagung. Daun jagung terdiri dari helaian daun, ligula, dan pelepah daun yang erat melekat pada batang. Jumlah daun sama dengan jumlah buku batang, berkisar 10-18 helai daun. Bunganya merupakan bunga tidak lengkap karena struktur bunganya tidak mempunyai kelopak dan mahkota bunga, juga termasuk bunga tidak sempurna karena organ bunga jantannya dan organ bunga betina tidak terdapat dalam satu bunga. Biji jagung terdiri dari 3 bagian utama, yaitu pericarp, endosperma, dan embrio.

Reproduksi

Tanaman jagung bersifat protrandiy di mana bunga jantan umumnya tumbuh 1-2 hari sebelum munculnya rambut pada bunga betina. Penyerbukan pada jagung terjadi bila serbuk sari bunga jantan menempel pada rambut tongkol. Hampir 95% dari penyerbukan tersebut berasal dari serbuk sari tanaman lain, dan hanya 5% berasal dari serbuk sari tanaman sendiri. Oleh karena itu, tanaman jagung disebut tanaman dengan penyerbukan silang. Penyerbukan selesai dalam 24-36 jam, dan biji mulai terbentuk sesudah 10-15 hari. Setelah penyerbukan rambut tongkol berubah menjadi coklat dan kemudian kering.

Pusat Asal Usul dan Penyebaran

Pusat asal usul jagung adalah Meksiko. Penyebaran jagung diperkirakan mulai pada abad ke-16 dan 17, data terakhir menyebutkan bahwa penyebarannya ke India mungkin sudah terjadi pada abad ke-12 dan 13. Jagung sudah dibudidayakan sejak dahulu kala di Peru sampai dengan daerah Amerika Utara bagian Tengah.

Potensi untuk Menjadi Gulma

Jagung dapat tumbuh liar di beberapa area maupun di pinggir jalan, tetapi tidak pernah berhasil mempertahankan kelangsungan hidupnya tanpa campur tangan manusia. Beberapa spesies dari *Zea* berhasil hidup liar, tetapi tidak terlihat kemungkinannya untuk berubah menjadi gulma.

KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.)

Umum

Kacang tanah, *Arachis hypogaea* L., dikenal sebagai tanaman polong-polongan yang membentuk buah di dalam tanah.

Taksonomi

Kacang tanah, *Arachis hypogaea* L., termasuk dalam divisi Spermatophyta; subdivisi Angiospermae; kelas Dikotiledon; ordo Polypetales; famili Leguminosae; dan subfamili Papilionideae. Genus *Arachis* ini mempunyai 12 spesies, namun yang diusahakan di Indonesia hanya spesies *A. hypogaea* L. Kedua belas spesies tersebut adalah: *Arachis hypogaea* L., *A. helodes* Mart, *A. tuberosa* Benth, *A. villosa* Benth, *A. prostrata* Benth, *A. glabrata* Benth, *A. quaranitica*, *A. diogoi* Hoehne, *A. agnustifolia* (Chod & Hassl), *A. villosollicarpa* Hoehne, *A. nambyquarae* Hoehne, dan *A. marginata* Garden.

Morfologi

Bunga kacang tanah termasuk bunga sempurna, yaitu setiap bunga mempunyai alat jantan dan betina. Bunga tersebut mempunyai mahkota berwarna kuning. Setiap bunga hanya mekar selama satu hari, karena setelah itu langsung layu. Masa berbunga kacang tanah, yaitu sejak tanaman berumur 3 sampai 6 minggu. Bunga itu timbul dari ketiak daun, didorong tabung berwarna putih sepanjang 7 cm. Standar dari mahkota bunga bergaris-garis merah atau merah tua pada pangkalnya. Benang sari setukal (*monodelphus*), sedangkan bakal buahnya terletak di dalam. Pangkal kelopak bunga terdapat di ketiak daun.

Reproduksi

Kacang tanah adalah tanaman menyerbuk sendiri. Penyerbukan silang alami dapat terjadi, tetapi dalam jumlah yang kecil sekali, yaitu kira-kira 0,5%. Penyerbukan terjadi sebelum bunga terbuka dan pembuahan berlangsung hanya beberapa jam. Oleh karena itu, untuk mengawinkan bunga tersebut sebelumnya harus dilakukan kastrasi, yaitu antara jam 22-24 tengah malam. Perkawinan buatan dilakukan pagi hari antara jam 05-08 dan setelah terjadi penyerbukan, bunga tersebut diberi tanda. Perkawinan tersebut berhasil apabila ginofor terbentuk dan masuk ke dalam tanah membentuk polong. Penyerbukan terjadi pada saat mahkota bunga masih menutup. Pembungaan sangat dipengaruhi oleh lama penyinaran dan suhu.

Struktur buah berhubungan dengan struktur bunga. Pembentukan buah kacang tanah berlainan dengan pembentukan buah tanaman lain, hal ini karena kacang tanah berbunga di atas tanah dan perkembangan buah terjadi di dalam tanah. Secara populer buah kacang tanah disebut polong. Tahapan proses pembuahan adalah sebagai berikut:

1. Penyerbukan dalam mahkota bunga yang masih menutup berlangsung dengan sempurna.
2. Bakal buah (ginofor) tumbuh memanjang ke bawah menuju tanah (geotropis positif), memanjang sekitar 2-18 cm. Ginofor yang terjadi di buku tanaman yang paling atas, sering tidak membentuk polong, karena ujung ginofor tidak sampai masuk ke dalam tanah. Hal ini terjadi terutama pada tanaman kacang tanah tipe tegak.
3. Ginofor yang masuk ke dalam tanah dan proses pemanjangannya telah selesai, ujung ginofor mengambil posisi horizontal.
4. Dalam keadaan posisi horizontal tersebut, ujung ginofor secara fisiologi membengkak, membentuk polong kacang tanah, pada umur sekitar 40 hari setelah tanam.
5. Proses pemasakan polong ataupun buah kacang tanah berlangsung terus sampai matang fisiologis pada 90 hari setelah tanam.

Asal Usul dan Penyebaran

Kacang tanah (*A. hypogaea* L.) berasal dari Amerika Selatan. Kacang tanah ditanam di sekitar 18 juta ha yang tersebar di seluruh dunia. Negara produsen kacang tanah adalah India, China, USA, Sudan, Senegal, Nigeria, dan Indonesia. Di Indonesia, kacang tanah ditanam sejak tahun 1557. Saat ini lebih dari 20 spesies dari genus *Arachis* telah dideskripsi, sisanya mungkin lebih dari 40 spesies, di daerah tropika dan subtropika, belum dideskripsi.

KAPAS (*Gossypium* spp.)

Umum

Empat spesies dari genus *Gossypium* dikenal sebagai kapas, terutama ditanam untuk diambil bulu bijinya (kapas) yang dapat digunakan sebagai bahan tekstil. Hasil samping kapas berupa minyak biji kapas, kue, dan bulu kain. Kapas, termasuk tanaman tahunan tetapi ditanam sebagai tanaman semusim. Tanaman ini tumbuh di Amerika Serikat terutama di daerah Virginia, hingga ke selatan dan ke barat hingga ke California. Daerah-daerah tersebut dikenal sebagai daerah penanaman kapas (*cotton belt*).

Taksonomi

Genus *Gossypium* termasuk dalam famili Malvaceae, terdiri dari 39 spesies. Empat di antaranya biasa dibudidayakan. Spesies yang paling umum ditanam adalah *G. hirsutum* L., spesies lainnya *G. arborium* L., *G. barbadense* L., dan *G. herbaceum* L.

Di Amerika Serikat dikenal empat spesies *Gossypium*. *G. hirsutum* merupakan kapas yang banyak ditanam (dibudidayakan). Selain itu *G. barbadense* juga banyak ditanam di Amerika Serikat. Dua spesies kapas lainnya *G. thurberi* Todaro dan *G. tomentosum* Nuttall Ex Seemann tumbuh liar di daerah Arizona dan Hawaii.

Genetika

Gossypium mempunyai sedikitnya tujuh genom, yaitu ABCDEFG. Spesies diploid ($2n = 26$) dijumpai di semua daerah dan beberapa di antaranya memiliki manfaat secara agronomi. Genom A terbatas dalam 2 tanaman diploid (*G. arboreum* dan *G. herbaceum*). Genom D di antaranya ditemukan pada *G. thurberi*. Sejauh ini jenis kapas yang sangat penting secara agronomi adalah *G. hirsutum* dan *G. barbadense*. Keduanya merupakan allotetraploid dari *newworld* asli dan kemungkinan merupakan tetua persilangan dari *oldworld* genom A dan *newworld* genom D.

Kapan dan bagaimana terjadinya persilangan murni tersebut tidak diketahui secara pasti. Euploid dari tanaman ini memiliki 52 kromosom dan dirumuskan sebagai AADD. Empat *newworld* allotetraploid yang terdapat pada genus ini, yaitu *G. tomentosum* (asli Hawaii). *G. tomentosum* telah disilangkan dengan *G. hirsutum* dalam program pemuliaan.

Penyerbukan

G. hirsutum biasanya menyerbuk sendiri tetapi apabila ada serangga sebagai penyerbuk yang cocok dapat terjadi penyerbukan silang. Serangga penyerbuk utama pada kapas adalah lebah kumbang (*Bombus* spp.), lebah *melissodes*, dan lebah madu (*Apis mellifera*). Banyaknya penyerbuk atau *polinator* bervariasi tergantung lokasi dan musim. Bila lebah penyerbuk datang, penyebaran serbuk sari akan berkurang sesuai dengan bertambahnya jarak. *G. tomentosum* bisa diserbuk oleh serangga lepidoptera, ngengat. Kepala putik pada *G. tomentosum* lebih panjang, sehingga tidak dapat terjadi penyerbukan sendiri, kecuali dibantu oleh serangga penyerbuk.

Sifat Kemampuan Menjadi Gulma (*weediness*)

Meskipun *newworld* allotetraploid menunjukkan kecenderungan menjadi gulma, kapas tidak menunjukkan kecenderungan yang agresif untuk menjadi gulma.

KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr)

Umum

Kedelai merupakan tanaman semusim, berupa semak dengan daun lebar, tumbuh tegak, bisa mencapai tinggi 1,5 m. Kedelai ditanam terutama untuk produksi biji, mempunyai kegunaan yang sangat luas baik di sektor industri maupun makanan, mewakili satu dari sumber-sumber utama minyak nabati yang dapat dimakan dan protein untuk makanan ternak. Di Kanada dan Amerika Serikat kegunaan utamanya adalah sebagai minyak murni seperti pada margarin, sortening, minyak untuk memasak, dan minyak salad. Dapat juga diolah menjadi bahan makanan yang bervariasi seperti tahu, kecap, susu kedelai, dan "daging kedelai". Tepung kedelai digunakan sebagai suplemen pada makanan ternak. Penggunaan kedelai di sektor industri bervariasi untuk produksi ragi dan antibodi sampai industri sabun dan disinfektan.

Negara-negara utama penghasil kedelai adalah Amerika Serikat, Cina, Korea Utara dan Korea Selatan, Argentina, dan Brasil. Ontario merupakan penghasil utama kedelai di Kanada dengan produksi totalnya mencapai 90% pada tahun 1995. Dari tahun 1945 sampai tahun 1995 produksinya meningkat dari 18.000 ha sampai 820.000 ha.

Morfologi

Kedelai mempunyai daun primer berupa daun tunggal (unifoliolat), berbentuk oval dan terletak berseberangan. Daun-daun berikutnya adalah daun bertiga (trifoliolat), letaknya berselang-seling, kadang-kadang dijumpai juga daun berempat atau lebih. Sistem perakaran terdiri dari akar utama, di mana dari akar utama ini akan tumbuh akar-akar lateral. Sebagian besar kultivar kedelai tertutup oleh bulu (*trichoma*), tetapi ada juga kultivar yang tidak berbulu. Bunga papilionidae (bunga kupu-kupu) terdiri dari kelopak berbentuk tabung dengan lima daun kelopak, mahkota bunga dengan lima daun bunga (1 bendera, 2 sayap, dan 2 lunas), satu putik dan sembilan benang sari yang menyatu membentuk tabung mengelilingi putik, serta satu benang sari tunggal dan terpisah. Polong kedelai berbentuk rata atau sedikit melengkung dengan panjang bervariasi antara 2-7 cm, terdiri dari setangkup kulit polong yang digabungkan oleh alur dorsal dan ventral. Bentuk biji pada umumnya bulat telur, dapat juga bervariasi di antara kultivar dari bulat hingga memanjang dan agak gepeng.

Taksonomi

Kedelai yang dibudidayakan, *Glycine max* (L.) Merr mempunyai jumlah kromosom $2n = 40$ (diploidized tetraploid), termasuk dalam famili Leguminosae, subfamili Papilionideae, kelompok Phaseoleae, genus *Glycine* Willd dan subgenus *soja*.

Pusat Asal Usul

Kedelai merupakan salah satu tanaman pangan budi daya tertua yang berasal dari daratan Cina Tengah dan Utara. Tulisan mengenai tanaman kedelai pertama kali ditemukan pada satu seri buku yang dikenal sebagai Pen Ts'ao Kong Mu yang ditulis oleh Kaisar Sheng Nung pada tahun 2838 S.M., bersama jenis-jenis tanaman Cina lainnya. Bukti sejarah dan geografi menunjukkan bahwa kedelai pertama kali dibudidayakan di setengah wilayah Cina Timur antara abad ke-17 dan abad ke-11 S.M. Kedelai diintroduksi ke Amerika Serikat pada tahun 1765 kemudian ke Kanada pada tahun 1893 di mana produksinya dimulai di Ontario sebagai *hay crop*.

Glycine max, bersama-sama dengan *G. soja*, dan *G. gracilis* termasuk dalam subgenus *Soja*. *G. soja* dikenal sebagai kedelai liar yang banyak tumbuh di ladang, sebagai pagar tanaman, di tepi jalan, dan di tepi sungai di sebagian besar negara-negara Asia. Berdasarkan ciri-ciri sitologi, morfologi, dan molekuler diperkirakan bahwa *G. max* berasal dari keturunan *G. soja*. *G.*

gracilis dianggap sebagai *weedy*, merupakan kedelai semi liar dengan ciri-ciri fenotip antara *G. max* dan *G. soja*. *G. gracilis* merupakan spesiasi intermediet *G. max* dari *G. soja* atau merupakan hibrida antara *G. soja* dan *G. max*.

Reproduksi

Terdapat tiga tipe pertumbuhan pada tanaman kedelai budi daya, yaitu: diterminat, semi-diterminat, dan inditerminat. Tipe pertumbuhan diterminat ditandai dengan berhentinya pertumbuhan vegetatif setelah terjadi pembungaan pada ketiak daun dan terminal. Pertumbuhan vegetatif genotipa inditerminat masih berlanjut setelah periode pembungaan. Tipe semi-diterminat mempunyai pertumbuhan batang inditerminat di mana pertumbuhan vegetatif berhenti secara tiba-tiba setelah periode pembungaan.

Kepala putik akan menerima serbuk sari pada 24 jam sebelum anthesis sampai 48 jam setelah anthesis. Pada saat kepala sari masak, tangkai sari memanjang dan langsung menyerbuki kepala putik dari bunga yang sama. Keadaan ini menunjukkan bahwa tanaman kedelai melakukan penyerbukan sendiri, dan kemungkinan terjadinya penyerbukan silang sangat kecil, biasanya kurang dari 1%.

Kedelai dapat menghasilkan polong sebanyak 400 tiap pohon, dengan jumlah polong yang beragam antara 2-20 dalam tiap kelompok bunga. Setiap polong dapat berisi 1 sampai 5 biji. Sifat morfologi dari polong maupun biji tidak memungkinkan kedelai untuk disebarkan melalui hewan. Tidak pernah dilaporkan adanya perbanyakan tanaman kedelai secara vegetatif pada kondisi lapang.

Kedelai sebagai Gulma (*Volunteer Weed*)

Biji kedelai jarang sekali menunjukkan sifat-sifat dorman, hanya pada keadaan lingkungan tertentu mungkin saja biji tersebut tumbuh sebagai *volunteer* pada musim tanam berikutnya. Bila hal ini terjadi, tanaman tersebut tidak akan dapat bersaing dengan tanaman yang ditanam pada saat itu dan dapat dengan mudah dikendalikan secara mekanik atau kimiawi. Tanaman kedelai memang tidak mempunyai kecenderungan untuk menjadi gulma dan tidak bersifat menguasai (*invasive*) di dalam habitat alami. Kedelai ini tidak dapat tumbuh pada habitat yang tidak dikelola.

Kerabat Dekat

Hibridisasi Genus/Antarspesies

Hal yang penting dipertimbangkan terhadap dampak lingkungan yang mungkin terjadi apabila *G. max* yang telah dimodifikasi secara genetik tersebut tidak dikontrol dengan baik adalah pemahaman mengenai kemungkinan terjadinya suatu hibrida melalui persilangan (antarspesies dan antar-genus) dengan spesies-spesies kerabatnya. Perkawinan silang ini dapat mengakibatkan terbawanya sifat-sifat baru ke dalam spesies kerabat dan dapat mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

- spesies kerabat tersebut cenderung bersifat seperti gulma (*weedy*)
- introduksi sifat-sifat baru tersebut dapat mengakibatkan gangguan ekosistem pada spesies yang berkaitan

Agar suatu sifat dapat terintroduksi ke dalam genom dari suatu spesies maka perlu dilakukan silang balik dengan hibrida intermedier sampai diperoleh hibrida hasil persilangan yang fertil.

Subgenus *Soja* meliputi *G. max*, *G. soja* Sieb. dan Zucc. ($2n = 40$) dan *G. gracilis* Skvortz ($2n = 40$), dan kerabat-kerabat kedelai liar dan semi liar yang bersifat tahunan (perennial) dari Asia. *G. soja* ($2n = 40$) adalah kedelai liar, merupakan tanaman semusim yang merambat dengan daun bertangkai tiga (trifoliolat), kecil dan sempit, berbunga ungu serta berbiji kecil, agak bundar, dan berwarna coklat tua atau hitam. Tumbuh liar di Korea, Taiwan, Jepang, lembah Yangtze, Cina dan daerah perbatasan Rusia. *G. gracilis* merupakan tipe intermedier dari *G. soja* dan *G. max*, dijumpai di Timur Laut Cina. Hibrida-hibrida fertil hasil persilangan antara *G. max* dan *G. soja* dan antara *G. max* dan *G. gracilis* sudah banyak ditemukan.

Di samping subgenus *Soja*, genus *Glycine* juga meliputi subgenus *Glycine*. Subgenus *Glycine* terdiri dari 12 spesies liar yang merupakan tanaman tahunan, meliputi *G. clandestina* Wendl, *G. falcata* Benth, *G. latifolia* Benth, *G. latrobeana* Meissn Benth, *G. canescens* F.J. Herm, *G. tabacina* Labill. Benth dan *G. tomentella* Hayata. Spesies-spesies tersebut berasal dari Australia, Kepulauan Pasifik Selatan, Cina, Papua New Guinea, Filipina, dan Taiwan. Hibrida-hibrida antara spesies *Glycine* yang diploid dan bersifat tahunan menunjukkan meiosis yang normal dan fertil.

Hibridisasi antara subgenus *Soja* (annual) dan subgenus *Glycine* (perennial) tidak berhasil dilakukan karena polong yang sudah terbentuk akan mengalami aborsi/gugur. Belakangan ini, hibrida-hibrida antar subgenus tersebut dapat diperoleh secara *in vitro* melalui penyelamatan embrio, misalnya antara *G. max* dan *G. clandestina* Wendl, *G. max* dan *G. tomentella*

Hayata dan antara *G. max* dengan *G. canescens* melalui endosperm yang ditransplantasi sebagai *nurse layer*. Dalam hal ini, sangat sulit untuk bisa mendapatkan progeni dan apabila diperoleh biasanya bersifat steril.

Potensi Introgresi Gen dari *G. max* ke dalam Kerabat-kerabatnya

Kedelai hanya dapat disilangkan dengan anggota *Glycine* dari subgenus *Soja*. Kemungkinan terjadinya perpindahan gen (*gene flow*) dibatasi oleh isolasi geografi. Spesies kedelai liar merupakan tanaman endemik di Cina, Korea, Jepang, Taiwan, dan Rusia, dan secara alami tidak dijumpai di Kanada. Spesies tersebut secara alami juga tidak ditemukan di Amerika Utara dan walaupun kadang-kadang ditanam di plot-plot penelitian tidak pernah dilaporkan bahwa spesies tersebut dapat keluar atau tumbuh ke dalam habitat yang tidak terkelola.

KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)

Umum

Kentang merupakan salah satu tanaman pangan yang penting di dunia, sebagai makanan manusia, pakan ternak, dan bahan untuk perekat dan pelapis pada industri kertas. Perbanyakkan kentang biasanya melalui umbi atau potongan umbi dengan satu atau lebih mata tunas. Setiap mata tunas dari umbi kentang terdiri dari daun rudimenter dan sekelompok pucuk ganda.

Taksonomi

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) termasuk dalam famili Solanaceae yang mempunyai sekitar 2000 spesies, termasuk tomat (*Lycopersicon esculentum*), cabe (*Capsicum annum*), terung (*Solanum melongena* var *esculentum*), tembakau (*Nicotiana tabacum*), dan bunga petunia (*Petunia hybrida*).

Morfologi

Kentang mempunyai batang lemah yang berdaun *pinnate* panjang, berbentuk *ovate* dengan daun kecil di sepanjang ibu tulang daun. Bunga berwarna putih, ungu, merah muda atau kebiruan, berkelompok, biasanya dengan 5 bagian kelopak bunga dengan tangkai sari panjang dan tangkai putik yang sangat pendek. Beberapa varietas mandul jantan, bunga mudah

gugur dan jarang menghasilkan buah. Buah berwarna kekuningan atau hijau, *globuse*, diameter kurang dari 2,5 cm, kadang-kadang tidak berbiji, tetapi yang lainnya mengandung beberapa ratus biji.

Reproduksi

Kentang merupakan tanaman semusim dan dapat bereproduksi melalui biji. Untuk tujuan komersial tanaman kentang diperbanyak melalui umbi. Pembentukan benih setiap kultivar berbeda yang dipengaruhi oleh cahaya, suhu, air, dan unsur hara. Pembentukan bunga tidak menjamin terjadinya pembentukan buah.

Banyak varietas tidak menghasilkan biji dan beberapa varietas dapat mengalami penyerbukan sendiri atau penyerbukan silang yang dapat menghasilkan biji.

Pusat Asal Usul

Banyak penelitian menyimpulkan bahwa kentang yang sekarang dibudidayakan berasal dari daerah dataran tinggi di Amerika Selatan (Bolivia, Peru, Lake Titicaca), pada garis lintang 45° Lintang Selatan, di mana masih ditemukan tanaman diploid liar.

Kentang sebagai Gulma

Tidak ada keterangan yang jelas bahwa tanaman kentang akan berkembang menjadi gulma, karena *S. tuberosum* L. mempunyai kemampuan bersaing yang rendah dan tidak dapat hidup secara liar.

Kerabat Dekat

Persilangan Antarspesies atau Genus

Hal yang penting dipertimbangkan terhadap dampak lingkungan yang mungkin terjadi apabila *S. tuberosum* L. yang telah dimodifikasi secara genetik tersebut tidak dikontrol dengan baik adalah pemahaman mengenai kemungkinan terjadinya suatu hibrida melalui persilangan (antarspesies dan antargenus) dengan spesies-spesies kerabatnya. Perkawinan silang ini dapat mengakibatkan terintroduksinya sifat-sifat baru ke dalam spesies kerabat dan dapat mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

- spesies kerabat tersebut cenderung bersifat seperti gulma (*weedy*).
- introduksi sifat-sifat baru tersebut dapat mengakibatkan gangguan ekosistem pada spesies yang berkaitan.

Potensi untuk Introgresi Informasi Genetik

Kurang dari sepersepuluh spesies *S. tuberosum* L. membentuk umbi dan sejauh ini diketahui hanya terjadi di Benua Amerika. *S. fendleri* dan *S. jamesii* dapat menghasilkan hibrida dengan *S. tuberosum* L. dalam kondisi laboratorium. Spesies tersebut ditemukan di hutan kering di dataran tinggi dan tidak mungkin terjadi persilangan dengan tanaman kentang yang dibudidayakan pada kondisi alam karena geografi yang terpisah.

PADI (*Oryza sativa* L.)

Umum

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman semusim, dapat ditanam di seluruh daerah mulai dari dekat pantai sampai ke dataran tinggi di pegunungan. Di Indonesia, umumnya diusahakan sebagai padi sawah dan sebagian kecil diusahakan sebagai padi gogo. Termasuk jenis tanaman hari pendek sehingga agak peka terhadap perubahan panjang hari dan lama penyinaran. Di Indonesia, padi adalah tanaman pangan utama, di samping jagung, sagu, dan umbi-umbian. Juga merupakan sumber karbohidrat utama karena mempunyai kelebihan-kelebihan sifat dibandingkan dengan tanaman sumber karbohidrat lainnya sehingga menyebabkan padi menempati kedudukan yang tinggi dalam sosial ekonomi masyarakat Indonesia.

Taksonomi

Padi (*O. sativa* L.) merupakan anggota dari famili Gramineae (Poaceae) dan subfamili Festucoideae. Padi dikelompokkan ke dalam subfamili Oryzoideae, suku (tribe) Oryzeae. Genus *Oryza* memiliki 20 spesies, tetapi yang dibudidayakan adalah *O. sativa* L. di Asia dan *O. glaberrima* Steud di Afrika. Berdasarkan studi yang telah dilakukan Lu dan Chang (1980) menyimpulkan bahwa *O. sativa* dan *O. glaberrima* berasal dari leluhur yang sama, yaitu *O. perennis* Moench. Melalui proses evolusi kedua kultigen tersebut berkembang menjadi 3 ras ecogeographic, yaitu Japonica, Indica, dan Javanica.

Morfologi

Bagian-bagian tanaman padi terdiri dari bagian vegetatif, yaitu akar, batang, dan daun, dan bagian generatif, yaitu malai yang terdiri dari bulir-bulir bunga. Akar padi digolongkan ke dalam akar serabut yang terdiri dari akar primer (radikula) dan akar sekunder, tidak memiliki pertumbuhan sekunder sehingga diameter akar tidak banyak berubah sejak tumbuh. Bentuk batangnya bulat dan berongga, terdiri dari beberapa ruas yang dibatasi oleh buku di mana daun dan tunas (anakan) akan tumbuh pada buku tersebut. Daun tanaman padi tumbuh pada batang dalam susunan yang berselang-seling dengan satu daun pada tiap buku. Daun teratas disebut daun bendera yang posisi dan ukurannya tampak berbeda dari daun yang lain. Tiap daun terdiri dari helai daun, pelepah daun yang membungkus ruas, telinga daun, dan lidah daun. Bunga padi secara keseluruhan disebut malai yang tersusun dari spikelet-spikelet. Komponen yang membentuk bunga padi adalah pistil yang merupakan organ bunga betina, tepung dan benang sari yang berjumlah 6 buah dengan tangkai sari yang pendek dan tipis yang menopang kepala sari, serta tangkai putik dan bakal buah yang menghasilkan dua tangkai putik. Biji padi sebenarnya merupakan buah padi yang tertutup oleh lemma dan palea. Buah ini terjadi setelah selesai penyerbukan dan pembuahan. Lemma dan palea serta bagian-bagian lain membentuk sekam (kulit gabah).

Pusat Asal Usul Padi dan Distribusi

Sejak zaman prasejarah, padi telah menjadi tanaman pangan di Asia Selatan dan Tenggara namun demikian asal usulnya masih banyak diperdebatkan. Beberapa pihak menyebutkan bahwa tanaman padi berasal dari Cina, karena di wilayah ini banyak ditemukan jenis-jenis padi liar. Pihak-pihak yang menunjuk India sebagai asal tanaman padi menguatkan alasannya dengan kenyataan bahwa penyebar tanaman padi ke seluruh dunia adalah India. Bangsa Indonesia juga mempunyai cukup alasan untuk mengaku bahwa padi sebenarnya berasal dari pulau Jawa. Karena padi banyak diusahakan sebagai padi sawah, maka penyebaran pusat-pusat padi di Indonesia cenderung erat hubungannya dengan tipe iklim, khususnya curah hujan dan topografi wilayah.

Reproduksi

Bunga padi membuka berturut-turut mulai dari atas menuju ke bawah. Pada waktu bunga membuka, kepala putik terkuak keluar dan pada waktu bunga menutup kembali, kedua kepala putik itu masih tertinggal di luar.

Tepung sari beterbangan dibawa oleh angin menjelang bunga terbuka, atau tepat pada waktu bunga mekar. Bila di dekatnya di dalam jarak kurang dari 4 m terdapat varietas lain yang sama dan kepala sarinya melepaskan tepung sari, maka dapat terjadi penyerbukan silang. Penyerbukan dapat berlangsung dengan baik pada hari kering dan cuaca terang. Tidak semua bunga dapat menjadi buah.

TOMAT *(Lycopersicon esculentum)*

Umum

Tomat adalah tanaman yang perbanyakannya memerlukan budi daya secara monokultur yang intensif. Tomat dibudidayakan secara komersial apabila kondisi agronomi dan lingkungannya bisa memberikan hasil secara ekonomis. Negara penghasil utama tomat adalah USA terutama California dan Florida. California terkenal sebagai penghasil tomat segar, sedangkan Florida sebagai penghasil tomat yang telah diolah.

Morfologi

Tomat merupakan tanaman semusim, mempunyai akar tunggang dan akar cabang yang menyebar ke semua arah. Daun tomat umumnya bersirip dan berbulu, tumbuh dekat ujung dahan (cabang). Tangkai daun bulat panjang, dan tebalnya antara 0,3-0,5 cm. Bunga tanaman tomat tersusun dalam rangkaian bunga yang jumlah kuntum bunganya beragam antar-varietas. Kuntum bunga terdiri atas 5 daun kelopak dan 5 helai daun mahkota, memiliki bakal buah, kepala putik, tangkai putik serta benang sari. Buah tomat umumnya berbentuk bulat atau bulat pipih. Struktur buah tomat berada di atas tangkai buah, kulitnya tipis, halus, dan bila masak berwarna merah muda, merah, dan kuning.

Taksonomi

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*) termasuk dalam famili Solanaceae yang mempunyai 90 genera. Genus ini terdiri dari tomat budi daya (*L. esculentum*) dan delapan spesies yang berkerabat dekat dengan *Lycopersicon* liar.

Penyerbukan

Tomat tidak dapat melakukan penyerbukan silang. Meskipun demikian penyerbukan silang dapat dilakukan dengan bantuan manusia terhadap semua spesies *Lycopersicon* liar dengan tingkat keberhasilan yang bervariasi. Genus tomat dibagi ke dalam dua subgenus. Subgenus yang mudah disilangkan dengan tomat budi daya (*esculentum complex*), dan subgenus yang tidak bisa disilangkan (*peruvianum complex*). Hibridisasi antara kedua subgenus ini menyebabkan kerusakan embrio secara dini, sehingga biji tidak dapat tumbuh. Kendala ini dapat diatasi dengan cara penyelamatan embrio.

Hibridisasi Genus/Antarspesies

Kerabat dekat dari tanaman tomat adalah genus *Solanum*, cherry (*L. cerasiforme*), tomat ranti atau ranggeum (*L. pimpinellifolium*), dan juga *L. peruvianum*, *L. glandulosum*, *L. hirsutum*, dan *L. chilense* yang umumnya disebut tomat liar. Hibridisasi antara *L. esculentum* dan *S. lycopersicoides* biasanya menghasilkan hibrida yang mandul. Tidak pernah terjadi bahwa tanaman tomat dapat menyerbuk silang dengan tanaman tomat lainnya di tempat-tempat uji lapang. Demikian juga, tidak pernah terjadi bahwa tomat hasil rekayasa genetik dapat menyerbuk silang dengan tanaman lainnya yang berkerabat dekat.

Pusat Asal Usul

Tomat berasal dari Ecuador, Peru, dan Kepulauan Galapagos, namun bukti-bukti menunjukkan bahwa pertanaman tomat secara komersial dimulai dari Meksiko.

Potensi Introgresi Gen

Dari kemampuan melakukan diseminasi, tanaman tomat transgenik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan tanaman tomat nontransgenik. Tidak diketahui mekanisme perpindahan bahan genetik dari genom tomat kepada organisme lain, sehingga risiko perpindahan gen dari tanaman tomat transgenik ke dalam lingkungan genetik dapat diabaikan.

UBI JALAR (*Ipomoea batatas* L. (Lam.))

Umum

Ubi jalar termasuk tanaman tahunan yang di tanam sebagai tanaman semusim. Perbanyakannya dilakukan secara vegetatif. Karena tidak memiliki batas dewasa yang jelas, maka ubi jalar dapat dipanen setiap musim pada umur yang bervariasi.

Intervensi manusia maupun seleksi alam dan hibridisasi serta mutasi spontan menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah kultivar, dan keanekaragaman. Jenis-jenis kultivar pada ubi jalar jauh lebih besar daripada ubi kayu, *yam* maupun *cocoyam*. Perbedaan kultivar dapat dilihat dari warna kulit (putih, krem, coklat, kuning, merah atau ungu), atau daging (putih, krem, coklat, kuning, jingga atau ungu kemerahan), ukuran dan bentuk akar dan daun, kedalaman perakaran, waktu masak, ketahanan terhadap penyakit serta tekstur dari umbi.

Reproduksi

Tanaman ubi jalar dapat menghasilkan beberapa tipe umbi melalui beberapa jalur. Umumnya umbi berasal dari cabang lateral akar. Umbi cabang yang muncul dari ruas lateral biasanya kecil, sedangkan umbi yang muncul dari buku batang biasanya tebal/besar, disebut umbi utama. Umbi cabang biasanya berupa serabut, berlignin tinggi dan tidak bertambah diameternya (berbentuk pensil). Umbi besar/utama cenderung untuk berkembang menjadi umbi cadangan, sedikit lignin dan berdiameter besar. Umbi ini terbentuk pada buku batang pertama tepat di bawah permukaan tanah dengan perantara akar tipis.

Di bawah kondisi yang baik, ubi jalar dapat menghasilkan beberapa biji yang viabel. Beberapa genotip tidak dapat berbunga. Pembungaan dapat dirangsang dengan cara grafting, cross-compatibility dan cross-incompatibility semua muncul di ubi jalar, tetapi incompatibility yang paling banyak terjadi. Faktor ini, dikombinasikan dengan aturan hexaploid menyulitkan dalam mempelajari genetika ubi jalar. Namun pengembangan ubi jalar melalui pemuliaan telah banyak dilakukan.

Morfologi

Tanaman ubi jalar mempunyai beberapa macam akar. Umumnya akar berasal dari batang, cabang lateral, atau bagian akar lainnya. Akar muda yang tumbuh di antara ruas bentuknya tipis namun yang tumbuh di ruas bentuknya tebal. Daun dari genotipe yang berbeda dari tanaman ubi jalar bervariasi dalam ukuran panjang petiola dan bentuknya, yaitu mulai dari berbentuk bulat penuh sampai berlekuk seperti jari tangan. Bunga ubi jalar termasuk bunga sempurna, berputik di atas, lima benangsari menempel pada mahkota bunga secara lepas. Kelopak berbentuk terompet. Mahkota berbentuk terompet berwarna putih pada ujung dan ungu pada bagian bawahnya. Biji terbentuk di dalam kapsul yang berdinding tebal. Biji tidak mengalami dormansi panjang, tetapi memerlukan perlakuan mekanik atau dengan zat asam untuk perkecambahannya.

Taksonomi

Ubi jalar, *Ipomoea batatas* L. (Lam.), adalah tanaman dikotil, termasuk dalam famili *Convolvulacea*. Di antara 50 generasi dan lebih dari 1000 spesies dalam famili tersebut, hanya *I. batatas* yang merupakan komoditas penting yang diperdagangkan dan merupakan bahan pangan. Jumlah *Ipomoea* yang liar diperkirakan lebih dari 400. Ubi jalar termasuk tanaman hexaploid dengan 90 kromosom. Kebanyakan spesies ubi jalar memiliki 90 kromosom.

Pusat Asal Usul dan Distribusi

Ubi jalar diperkirakan berasal dari Amerika Tengah atau Amerika Selatan selama sedikitnya 2000 tahun. Hal ini yang memungkinkan adanya penyebaran ubi jalar dari Amerika Selatan ke Polynesia. Ada beberapa kemungkinan penyebaran ubi jalar ke daerah Asia, di mana kebanyakan ubi jalar tumbuh. Pendapat pertama mengatakan bahwa ubi jalar berasal dari persilangan antara keturunan tetraploid (*I. triplida*) dan diploid.

Metode Lepasnya Gen pada Ubi Jalar

Mengingat tanaman ubi jalar jarang dipelihara hingga dewasa/berbunga dan berbiji, maka kemungkinan lepasnya gen melalui penyebaran serbuk sari ataupun biji sangat kecil/jarang.

Tim Penyusun
Pedoman Pelaksanaan Pengujian Keamanan Hayati
PBPHRG Seri Tanaman

- ◆ Dr. Djoko S. Damardjati
- ◆ Dr. Sugiono Moeljopawiro
- ◆ Dr. Ahmad Hidayat
- ◆ Dr. M. Herman
- ◆ Ir. Widiati H. Adil, MSc
- ◆ Dra. Minantyorini
- ◆ Dra. A. Dinar Ambarwati, MSc
- ◆ Drs. Saptowo J. Pardal, MS
- ◆ Drs. Edy Listanto
- ◆ Dra. Diani Damayanti
- ◆ Ir. Budi Santosa