

Kategori : E
Judul : **Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman Cabai Sebagai Salah Satu Sayuran Utama di Indonesia**

Awang Maharijaya

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB
Jalan Raya Darmaga 16680 Bogor
Plant Research International
Wageningen University and Research Centrum
Droevendalsesteeg 1
6708 PB Wageningen
Email: awang.maharijaya@wur.nl

Abstract: *Pepper (Capsicum) is one of the most produced horticulture commodity in Indonesia as well as in the world which can be used as both fresh or cooked vegetables, herbs, spicy, pharmacy and other industries. Pepper production is constrained by numerous stress caused by abiotic and biotic agents which can led to decrease in production quantity and quality. Utilization of resistance varieties is more reliable and efficient. This can be achieved by performing many breeding programs to produce new resistant peppe varieties. Rapid development of new pathogen strains and insect herbivore biotypes had forced plant-breeding program to be conducted as fast and as efficient as possible. Advances in plant biotechnology may help to speed up plant-breeding program through integration of both technologies.*

Abstrak: Cabai (*Capsicum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia dan dunia yang dimanfaatkan sebagai sayuran segar, bumbu masak, farmasi dan industri lainnya. Produksi cabai terkendala oleh adanya cekaman abiotik dan biotik yang dapat mengurangi kuantitas dan kualitas produksi. Pemecahan dengan cara merekayasa genetik tanaman cabai yang tahan cekaman merupakan solusi yang relatif lebih baik dan ramah lingkungan. Hal ini dapat dicapai dengan teknik pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas-varietas baru yang tahan cekaman. Perkembangan yang cepat dari strain dan ras pathogen dan biotipe hama menuntut program pemuliaan dilakukan secara cepat dan efisien. Kemajuan teknik bioteknologi tanaman dapat diintegrasikan untuk membantu program pemuliaan tanaman cabai.

Kata kunci: Capsicum, stress, abiotic, biotic

1. PENDAHULUAN

1.1. Cabai (*Capsicum*) sebagai tanaman hortikultura penting di Indonesia

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura utama di Indonesia dan di dunia. Cabai merupakan sayuran terbesar ketiga yang diproduksi di dunia saat ini dengan Indonesia sebagai produsen terbesar ke empat setelah China, Mexico dan Turkey (FAOSTAT, 2011). Jika dibandingkan produk hortikultura yang lain, cabai merupakan tanaman nomor empat yang terbanyak diproduksi dari tahun ke tahun secara konsisten di Indonesia (Tabel 1). Pada umumnya cabai dikonsumsi sebagai sayuran baik mentah, dimasak atau sebagai bumbu masakan. Cabai disukai karena memiliki rasa dan aroma yang khas. Terdapat banyak sekali ragam resep masakan tradisional maupun modern yang menggunakan cabai sebagai bahan utama atau sebagai bumbu masak. Selain dikonsumsi dalam bentuk segar, cabai besar maupun rawit juga diproses menjadi berbagai jenis saus, asinan (*pickles*), berbagai produk kalengan hingga jajanan.

Cabai juga dikenal sebagai sayuran dengan kandungan nutrisi yang tinggi. Cabai mengandung cukup banyak vitamin mulai dari A, B, C, E, dan K, berbagai antioksidan, serta senyawa-senyawa berkhasiat obat yang lain yang baik untuk kesehatan manusia yaitu dari golongan carotenoid, flavonoids, asam askorbat, berbagai senyawa fenolik dan capsaicinoid. Manfaat senyawa-senyawa tersebut sebagai anti oksidan yang baik telah banyak diteliti dan ditulis dalam berbagai publikasi. Bahkan penelitian pemanfaatan kandungan cabai untuk melawan tumor dan kanker juga telah dilakukan (Hartwell, 1971; Ito et al., 2004). Capsaicin sebagai penghasil rasa pedas dan panas telah mulai digunakan pula secara luas dalam industri farmasi (Drugs.com, 2006). Oleh karena itu disamping sebagai makanan dan bumbu masak, cabai juga dimanfaatkan dalam bidang kesehatan sebagai obat (Bosland & Votata, 2000).

Tabel 1. Produksi sayuran utama di Indonesia berdasarkan tahun (ton)

Komoditas	2005	2006	2007	2008	2009	2010 ^{*)}
Bawang Merah	732,609	794,931	802,810	853,615	965,164	1,048,228
Kentang	1,009,619	1,011,911	1,003,733	1,071,543	1,176,304	1,060,579
Kubis	1,292,984	1,267,745	1,288,740	1,323,702	1,358,113	1,384,656
Cabai	1,058,023	1,185,057	1,128,792	1,153,060	1,378,727	1,332,356
Mustard Green	548,453	590,401	564,912	565,636	562,838	583,004
Wortel	440,002	391,371	350,171	367,111	358,014	408,290

^{*)} Angka sementara

Sumber: bps.go.id diolah

Capsaicin alami dan sintetik juga dimanfaatkan dalam industri pertahanan seperti untuk melindungi diri dari serangan penjahat atau hewan berbahaya dalam bentuk spray cabai. Dewasa ini spray cabai mulai digunakan untuk perlindungan tanaman, produk-produk kayu dan pelindung kabel plastic (Machinedesign.com, 2000; Scorecard, 2006). Karena warna dan bentuknya yang beragam, unik serta cantik, tanaman cabai juga dimanfaatkan sebagai tanaman hias. Banyak sekali mulai kita dijumpai tipe-tipe cabai untuk keperluan tanaman hias yang sudah dikembangkan secara komersial baik sebagai tanaman hias taman maupun hias dalam pot (Gambar 1).



Gambar 1. Contoh pemanfaatan cabai sebagai tanaman hias

Dengan beragam fungsi tersebut, tidak mengherankan jika permintaan dan produksi cabai terus meningkat dari tahun ke tahun. Cabai merupakan salah satu komoditas perdagangan internasional dalam bentuk segar maupun kering. Di Indonesia sendiri permintaan dalam negeri maupun negara ekspor dan impor menunjukkan kecenderungan untuk naik (Tabel 2). Dikarenakan secara tradisi banyak ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap cabai, maka cabai sangat berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Salah satu indikatornya direfleksikan dengan dimasukkannya harga cabai dalam perhitungan inflasi di Indonesia meskipun cabai belum dikategorikan sebagai makan pokok penduduk Indonesia. Berdasarkan data tersebut, masih terbuka peluang pasar untuk produksi cabai baik di dalam dan luar negeri.

Tabel 2. Besar dan nilai export import cabai Indonesia selama lima tahun terakhir

Tahun	Ekspor		Impor	
	Nilai (US \$)	Berat (KG)	Nilai (US \$)	Berat (KG)
2010	157 779 103 470	478 846 797 632	135 663 284 048	110 701 002 318
2009	116 510 026 081	378 999 100 814	96 829 244 981	91 354 405 895
2008	137 020 424 402	355 053 970 205	129 197 306 224	98 664 341 959
2007	114 100 890 751	342 773 529 783	74 473 430 118	89 935 580 813
2006	100 798 624 280	327 172 270 176	61 065 465 536	83 808 866 126

Sumber: bps.go.id diolah

1.2. Tantangan dalam produksi cabai dalam tujuan eko-fisiologi

Seperti halnya tanaman hortikultura yang lain, produksi cabai sendiri dihadapkan pada berbagai jenis tantangan. Produksi cabai di Indonesia relative terkendala dengan berbagai cekaman yang secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu cekaman abiotik (*abiotic stress*) dan cekaman biotik (*biotic stress*). Berbagai cekaman abiotik seperti genangan, kekeringan, kemasaman tanah, intensitas cahaya rendah dan lain-lain juga berpotensi menghambat produksi cabai. Cekaman abiotik tersebut dapat secara langsung mengganggu pertumbuhan tanaman dan buah atau secara tidak langsung dapat mengurangi kualitas buah dengan menginduksi beberapa penyakit fisiologis seperti pembentukan buah yang tidak sempurna, busuk pangkal buah dan kematangan tidak sempurna.

Cekaman biotik dirasa lebih dominan jika dibandingkan cekaman abiotik sebagai penyebab rendahnya produktivitas cabai Indonesia (Semangun, 2000). Cekaman biotik di Indonesia bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan negara-negara lain dikarenakan Indonesia memiliki iklim tropis. Iklim tropis memiliki keunggulan untuk praktek pertanian karena memiliki kelembaban dan sinar matahari yang relatif constant sepanjang tahun yang baik untuk usaha pertanian. Namun potensi tersebut juga diikuti dengan berbagai tantangan dengan banyaknya organisme pengganggu tanaman yang tumbuh (Chozin, 2006). Interaksi negatif tanaman cabai dengan berbagai organisme tersebut menyebabkan tanaman berada pada kondisi tidak optimal atau tercekam sehingga dapat menurunkan laju pertumbuhan dan produksi atau bahkan dapat mematikan tanaman.



Gambar 2. Serangan *Thrips parvispinus* pada buah cabai (kiri) dan *Spodoptera litura* pada daun cabai (kanan)

Di pulau Jawa saja, terdapat banyak sekali hama dan penyakit yang menyerang tanaman cabai (Vos & Frinking, 1998). Hama utama pada tanaman cabai adalah thrips (*Thrips parvispinus* Karny) (Gambar 2) dan yellow te mite [*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)]. Hama yang lain adalah ulat grayak [*Spodoptera litura* (Fabricius)], *Bactroceru dorsalis*, Aphids, *Heliothis armigera* dan *Ernpouscu* spp. Hama ini tidak hanya menyebabkan kerusakan secara langsung dengan memakan daun dan buah, namun berperan juga sebagai vector beragam virus. Sedangkan penyakit utama cabai di Indonesia adalah antrachnose dan berbagai penyakit akibat virus. Daftar hama dan penyakit tersebut diperkirakan semakin meningkat dengan munculnya jenis, biotipe dan strain baru. Hal ini menyebabkan produktivitas cabai di Indonesia secara nasional masih berada pada kisaran 5.89 ton/hektar pada tahun 2009 dan 5.61 ton/hektar pada tahun 2010 berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia, padahal potensi produksi cabai dapat mencapai 12-20 ton/hektar (Purwanti et al., 2000).

2. PEMULIAAN CABAI

2.1. Pemuliaan tanaman

Cekaman abiotik dan biotik di atas dapat diatasi dengan pendekatan. Pendekatan yang pertama adalah merubah atau memodifikasi lingkungan tumbuh cabai menjadi lebih menyerupai kondisi optimal pertumbuhan cabai. Caranya adalah dengan memodifikasi faktor-faktor seperti suhu, air, cahaya, nutrisi, kemasaman, penggunaan pestisida dan berbagai faktor tumbuh lainnya. Pendekatan ini relatif lebih mahal dan memerlukan kehati-hatian karena seringkali input yang diberikan dapat menyebabkan kerusakan permanen bagi lingkungan serta biayanya sangat mahal.

Pendekatan dengan memodifikasi lingkungan tumbuh seringkali mengakibatkan petani harus mengeluarkan biaya yang tinggi untuk produksinya. Misalkan saja dengan tingginya serangan hama dan penyakit pada tanaman cabai, untuk mengurangi tingkat kerusakan, petani harus mengaplikasikan pestisida dengan dosis tinggi mulai dari fase benih hingga fase produksi buah. Aplikasi dengan dosis yang tinggi ini tentunya dapat memunculkan berbagai masalah lingkungan baru disamping masalah kesehatan petani dan konsumen yang terancam sehingga dewasa ini penggunaan pestisida semakin dibatasi (Dik et al., 2000).

Pendekatan yang kedua adalah dengan menyesuaikan tanaman cabai dengan kondisi yang ada. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan varietas cabai yang mampu berproduksi di lahan yang kurang optimal akibat stress seperti cabai tahan kekeringan, cabai tahan hama penyakit. Cara yang kedua ini dipandang lebih tepat karena dapat menekan biaya produksi dan relatif lebih aman bagi lingkungan. Untuk menghasilkan varietas baru yang memiliki ketahanan tersebut, program pemuliaan tanaman cabai untuk cekaman lingkungan mulai dijalankan.

Pemuliaan tanaman teknik yang dilakukan untuk memodifikasi genetik tanaman sedemikian rupa hingga meningkatkan nilai guna tanaman tersebut (Sleper & Poelman, 1995). Serangkaian metode dan teknik dapat digunakan untuk memodifikasi genetik tanaman cabai sehingga mampu mengatasi berbagai cekaman di atas. Langkah dalam pemuliaan tanaman adalah: meningkatkan keragaman genetik, evaluasi, seleksi, pengujian, perbanyakan, pelepasan dan distribusi varietas baru.

2.2. Tujuan pemuliaan cabai

Tujuan utama pemuliaan cabai tentunya adalah memodifikasi genetik tanaman cabai untuk menghasilkan varietas tanaman cabai untuk hasilkan tanaman dengan daya hasil dan kualitas buah yang lebih baik, serta lebih tahan terhadap cekaman abiotik dan biotik seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Review lengkap mengenai keberhasilan program pemuliaan cabai telah banyak dilaporkan (Greenleaf, 1986; Poulos, 1994).

Karakter utama untuk seleksi cabai yang disukai oleh pasar diantaranya: daya hasil, warna dan intensitas buah, bentuk, ukuran, tingkat kepedasan, ketebalan perikarp, waktu berbunga, pembentukan buah. Selain hal tersebut, pemuliaan tanaman cabai juga sudah mulai diarahkan kepada kandungan senyawa-senyawa berkhasiat obat. Mengingat tipe budidaya cabai juga berbeda di setiap daerah, maka pemuliaan cabai juga diarahkan untuk menyesuaikan tipe pertumbuhan tanaman dengan tipe budidaya di daerah tertentu. Sebagai contoh, di Indonesia seringkali petani menggunakan pola tumpang sari tanaman cabai dengan tanaman tertentu. Pola tumpang sari ini memiliki kelemahan dengan berkurangnya intensitas cahaya yang diterima tanaman akibat naungan serta kompetisi hara dan air. Oleh sebab itu diperlukan cabai yang tahan intensitas cahaya rendah dan efisien dalam penggunaan nutrisi dan air.

Selain karakter hortikultura di atas, pemuliaan tanaman secara teoritis juga dapat digunakan untuk mengatasi cekaman abiotik dan biotik. Meskipun terdapat berbagai kemajuan dalam pemuliaan untuk cekaman ini, penelitian dalam bidang ini akan terus berlangsung dikarenakan ketahanan tanaman dapat patah dan juga akibat munculnya strain virus baru atau biotipe hama yang baru akibat perubahan iklim. Faktanya hingga saat ini, belum banyak ditemukan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang tinggi.

2.3. Pemuliaan Cabai Konvensional

Program pemuliaan cabai secara konvensional dilakukan kebanyakan menggunakan metode selesi galur murni dan pedigree. Metode yang lain yang juga digunakan diantaranya seleksi massa, *single seed descent*, *recurrent selection* dan *backcross*. Metode seleksi yang digunakan juga seringkali menggunakan metode-metode konvensional seperti seleksi menggunakan patogen secara langsung, misalnya dengan infestasi di lapangan.

Pemuliaan dengan metode konvensional memiliki beberapa batasandiantarnya waktu yang diperlukan relatif lama seperti saat pemurnian galur untuk tetua, kemudian dampak bagi lingkungan seperti saat pengujian atau seleksi ketahanan terhadap penyakit dengan infestasi di lapangan hingga keterbatasan biodiversitas genetik untuk sifat-sifat yang diperlukan.

3. BIOTEKNOLOGI TANAMAN CABAI

3.1. Definisi bioteknologi tanaman

Bioteknologi tanaman didefinisikan secara luas sebagai penggunaan tanaman hidup, mikroorganisme, dan proses-proses biologi untuk peningkatan pemenuhan kebutuhan manusia (Boulter, 1995). Bioteknologi tanaman modern didefinisikan sebagai sebuah proses ilmiah yang sangat teliti termasuk di dalamnya rekayasa genetika yang digunakan untuk membantu proses perbaikan genetik tanaman. Dikatakan membantu karena bioteknologi sendiri diposisikan sebagai alat atau sarana untuk membantu proses-proses dalam pemuliaan tanaman untuk membantu mengatasi keterbatasan yang ditemukan pada program pemuliaan tanaman secara konvensional.

3.2. Aplikasi bioteknologi pada tanaman cabai

Teknik-teknik bioteknologi pun telah diterapkan pada tanaman cabai yaitu mencakup penggunaan teknik *in vitro*, mutasi, rekayasa genetika, metabolomic, pemetaan gen dan deteksi QTL. Teknik *in vitro* pada awalnya digunakan terutama untuk perbanyakan tanaman. Dengan perkembangan teknologi teknik invitro juga dapat digunakan untuk menciptakan tanaman homozigot (double haploid) yang diperlukan dalam program pemuliaan (Supena et al., 2006). Tanaman haploid cabai dapat dibuat melalui berbagai cara, namun teknik ini merupakan teknik yang dirasa paling cepat dan *reliable*. Teknik mutasi digunakan untuk mendapatkan keragaman genetik baru yang sulit dicapai dengan persilangan biasa atau untuk menghilangkan pengaruh gen yang tidak diinginkan. Teknik ini dapat menggunakan berbagai agen kimia dan fisika seperti penggunaan radisi sinar gamma (Pagliaccia et al., 2005).

Teknik untuk mendapatkan keragaman genetik baru adalah dengan transformasi genetik. Penelitian transformasi genetik pada cabai pertama kali dilakukan oleh (Dong, 1995). Selanjutnya transformasi genetik pada tanaman cabai mulai banyak dilakukan. Pada perkembangannya rekayasa genetika yang stabil pada tanaman cabai dibandingkan tanaman

lain masih sulit dicapai dikarenakan metode regenerasi kalus hasil transformasi yang belum baik.

Teknik-teknik metabolomic seperti NMR (*nuclear magnetic resonance*), GC (*gas chromatography*) dan LC (*liquid chromatography*) MS (*mass spectrometry*) untuk melihat profil metabolites pada tanaman cabai yang dapat digunakan untuk membantu program pemuliaan tanaman. Sebagai contoh, study yang dilakukan (Wahyuni et al.) memperlihatkan profil metabolite 32 aksesori cabai yang berbeda-beda dalam hal kandungan carotenoids, capsaicinoids (pungency), flavonoid glycosides, dan vitamin C dan E yang berpotensi digunakan sebagai tetua maupun karakter seleksi pada program pemuliaan cabai.

Kemajuan bioteknologi juga memungkinkan pemulia tanaman untuk fokus pada satu atau beberapa gen yang teruji terkait dengan sifat yang dikehendaki. Kemajuan bioteknologi memungkinkan proses penemuan gen dan isolasi gen melalui beberapa tahapan teknik seperti pemetaan gen, deteksi QTLs sampai pada teknik *marker assisted-breeding*.

Bioteknologi berpotensi untuk membantu dan bukan menggantikan program pemuliaan tanaman dalam menghasilkan varietas-varietas baru cabai yang lebih baik.

4. CONTOH INTEGRASI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN DALAM USAHA PERAKITAN VARIETAS CABAI UNGGUL INDONESIA

Pemuliaan tanaman dengan bantuan teknik-teknik bioteknologi tanaman dapat digunakan dalam usaha perakitan varietas cabai unggul Indonesia. Perakitan varietas cabai unggul di Indonesia sangat penting mengingat begitu banyak kendala dalam produksi cabai terutama dari serangan hama dan penyakit.

Seperti sudah disebutkan di atas, thrips merupakan salah satu hama utama tanaman cabai di Indonesia baik di lapangan maupun di greenhouse. Thrips dapat menyebabkan kerusakan langsung maupun tidak langsung. Kerusakan langsung dapat berupa kerusakan daun yang mengancam alokasi karbon di daun (Shipp JL et al., 1998; Welter, 1990) dan mengurangi efisiensi fotosintesis (Tommasini & Maini, 1995). Kerusakan tidak langsung disebabkan thrips dapat menjadi vektor atau perantara virus (Jones, 2005). Tindakan pengendalian thrips di lapangan dengan cara penyemprotan pestisida tidak efektif dikarenakan thrips memiliki sifat suka bersembunyi pada kuncup bunga dan daun (Jensen, 2000) serta memiliki laju reproduksi yang tinggi (Weintraub, 2007).

Hal tersebut melatarbelakangi proyek INDOSOL (Indonesian Netherland Solanaceae) dengan bagian khusus pada ketahanan tanaman cabai terhadap thrips. Proyek penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi gen-gen yang terkait dengan ketahanan tanaman cabai terhadap serangan thrips, mengetahui lebih lanjut bagaimana gen tersebut bekerja dan menemukan *polymorphisms* untuk gen-gen yang terlibat dalam ketahanan cabai terhadap thrips yang dapat digunakan untuk seleksi tidak langsung pada program pemuliaan tanaman. Diharapkan hasil ini nantinya akan dapat membantu program pemuliaan tanaman untuk ketahanan thrips yang secara tidak langsung akan membantu ketahanan terhadap virus juga. Ketahanan terhadap thrips juga akan dapat meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap virus (Maris et al., 2003).

4.1. Pengembangan metode seleksi *in vitro* yang efektif untuk ketahanan thrips pada cabai

Program pemuliaan tanaman untuk mendapatkan tanaman tahan thrips memerlukan metode seleksi atau screening untuk memilih genotipe tanaman yang tepat. Proses ini berpotensi masalah jika dilakukan dengan cara konvensional seperti sulitnya thrips untuk dikontrol sehingga dapat mengkontaminasi fasilitas penelitian bahkan lahan pertanian jika seleksi dilakukan di lapangan. Selain itu seleksi dengan cara konvensional memerlukan lahan yang besar, waktu yang lama dan energi yang besar. Untuk itu metode seleksi yang lebih efektif diperlukan untuk membantu program pemuliaan tanaman. Metode tersebut harus akurat, memerlukan waktu, tenaga dan tempat yang relatif lebih sedikit dan mampu mengurangi resiko kontaminasi. Karakteristik tersebut ada pada metode *in vitro*. Metode seleksi invitro terbukti mampu digunakan pada beberapa tanaman yang lain seperti timun (Kogel et al., 1997), kacang (Sharma et al., 2005), dan kentang (Maharijaya et al., 2008).

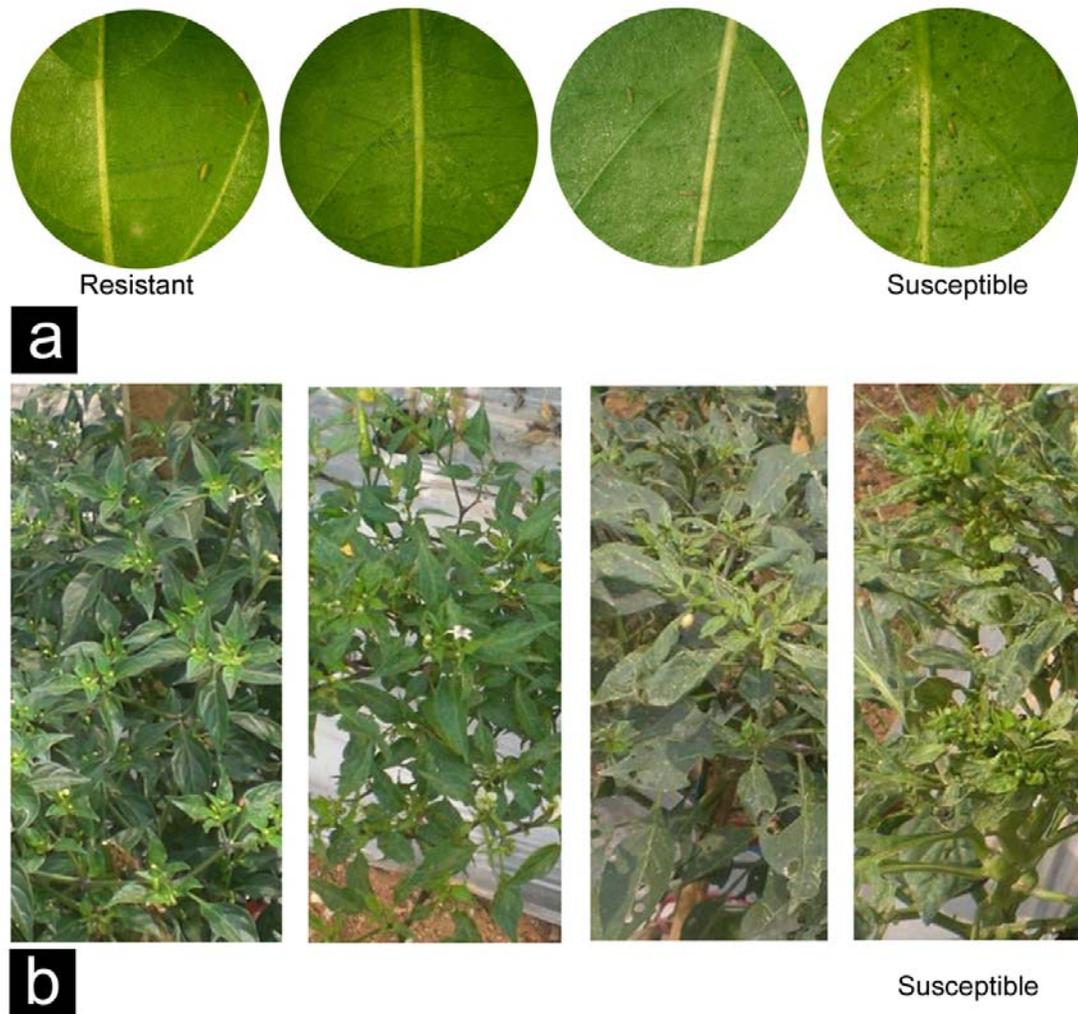
Penggunaan *leaf disc test* sebagai salah satu metode *in vitro* berkorelasi dengan skor ketahanan genotype cabai pada uji yang dilakukan di lapangan dan di *greenhouse* (Gambar 3) (Tabel 3). Dengan demikian hasil tes *in vitro* ketahanan cabai terhadap thrips dapat menggambarkan ketahanan sesungguhnya di lapangan. Jika dibandingkan dengan pengujian di lapangan atau *greenhouse* tentu saja uji *in vitro* memiliki keuntungan seperti memerlukan waktu, tenaga dan tempat yang relatif lebih sedikit, lingkungan yang terkontrol, sampel yang lebih seragam, serta meminimalkan resiko kontaminasi. Selain itu tanaman yang diujikan juga dapat dijaga tetap bersih dari thrips sehingga memungkinkan lebih banyak ulangan yang diujikan.

Table 3. Koefisien korelasi (Spearman) antara skor ketahanan dalam beberapa metode seleksi/screening ketahanan thrips pada tanaman cabai (Maharijaya et al., 2010)

		<i>T. parvispinus</i>		<i>F. occidentalis</i>			
		Leaf disc	Detached leaf	Glasshouse	Leaf disc	Detached leaf	Cutting
<i>T. parvispinus</i>	Screen house	0.77 ***	0.80 ***	0.76 ***	0.65 **	0.70 ***	0.53 *
	Leaf disc		0.87 ***	0.71 ***	0.71 ***	0.71 ***	0.45 *
	Detached leaf			0.73 ***	0.70 ***	0.69 ***	0.50 *
<i>F. occidentalis</i>	Glasshouse				0.77 ***	0.73 **	0.48 *
	Leaf disc					0.77 ***	0.41
	Cutting						0.64 **

atas: koefisien korelasi

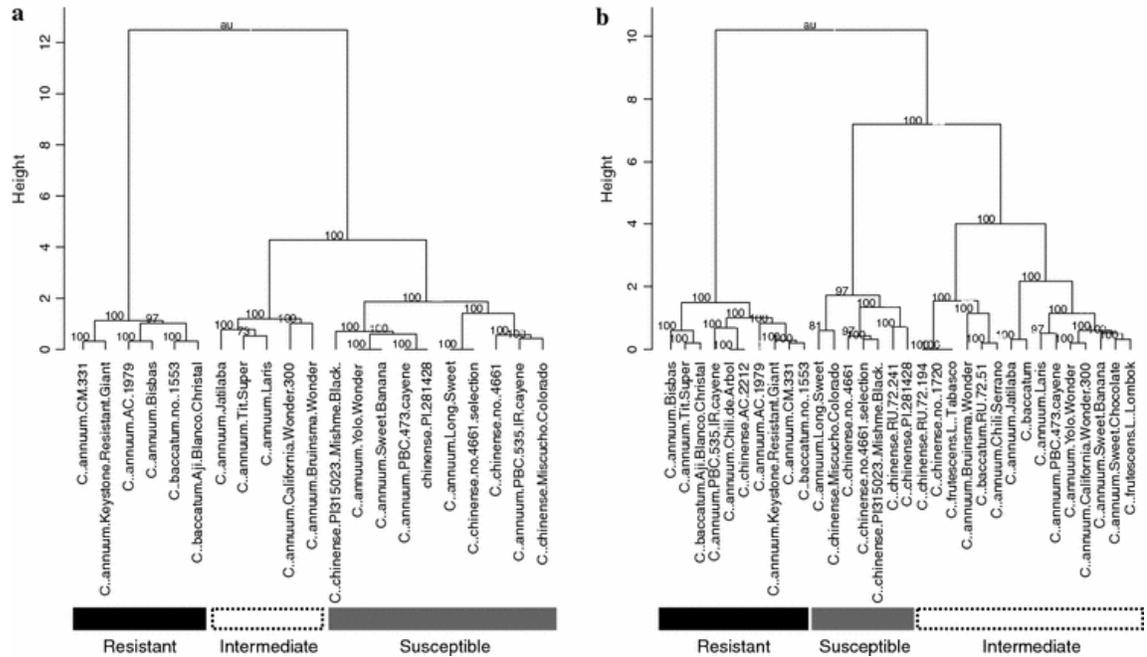
bawah: signifikansi. *, **, dan *** mengindikasikan P<0.05, P<0.01, and P<0.001



Gambar 3. Kerusakan tanaman oleh thrips di uji *in vitro* (atas) dan lapangan (bawah).

4.2. Skrining aksesori cabai tahan thrips

Dengan menggunakan metode di atas, beberapa aksesori cabai telah berhasil di seleksi berdasarkan tingkat ketahanannya terhadap thrips (Gambar 4). Berdasarkan seleksi yang dilakukan menggunakan spesies thrips yang berbeda, yaitu *Thrips parvispinus* (spesies thrips yang banyak dijumpai di Indonesia) dan *Frankliniella occidentalis* (spesies thrips yang banyak ditemui di Eropa), didapatkan genotipe-genotipe yang memiliki tingkat ketahanan yang relatif tinggi (Maharijaya et al., 2011b). Ketahanan tersebut relatif lebih tinggi dari genotipe yang sebelumnya pernah dilaporkan memiliki ketahanan terhadap thrips (Babu et al., 2002; Fery & Schalk, 1991; Kumar et al., 1996). Informasi mengenai tingkat ketahanan ini dapat digunakan untuk studi selanjutnya seperti studi tentang mekanisme ketahanan atau studi genetik ketahanan thrips pada cabai.



Gambar 4. Analisis kluster aksesori cabai berdasarkan tingkat ketahanannya terhadap serangan thrips a) *Thrips parvispinus*, b) *Frankliniella occidentalis* (Maharijaya et al., 2011)

4.3. Pengaruh ketahanan dan identifikasi senyawa metabolite terkait ketahanan thrips pada tanaman cabai

Guna mempelajari mekanisme ketahanan dan mengidentifikasi gen terkait dengan ketahanan tanaman cabai terhadap thrips, pengaruh ketahanan pada cabai pada berbagai siklus hidup thrips perlu untuk dilakukan sehingga dapat diketahui secara lebih tepat faktor-faktor yang berpengaruh pada ketahanan cabai terhadap thrips. Thrips pada berbagai siklus hidup diberikan makanan berupa daun tanaman cabai dengan perbedaan tingkat ketahanan terhadap thrips. Terdapat perbedaan tingkat *survival rate* thrips yang dipelihara pada daun dari tanaman yang berbeda. Larva thrips tidak dapat bertahan hidup pada daun-daun tanaman yang tahan menurut seleksi awal yang dilakukan. Daya produksi thrips pun berkorelasi dengan tingkat ketahanan tanaman (Maharijaya et al., 2011a).

Yang menarik dari penelitian ini adalah hanya fase makan dalam siklus hidup thrips yang mengalami gangguan. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian difokuskan pada perbedaan metabolites yang ada dalam daun dari tanaman dengan tingkat ketahanan terhadap thrips yang berbeda. Senyawa metabolite di daun dideteksi menggunakan teknik GC-MS. Beberapa senyawa terdeteksi memiliki korelasi yang tinggi dengan tingkat ketahanan tanaman cabai terhadap thrips. Beberapa dari senyawa tersebut juga telah banyak dilaporkan sebelumnya terkait dengan ketahanan terhadap serangga pada tanaman yang lain. Beberapa senyawa juga terdeteksi naik atau turun kandungannya dalam daun sebelum dan sesudah infestasi oleh thrips. Menariknya lagi, beberapa senyawa yang terkait dengan ketahanan ini merupakan antioksidan yang baik untuk kesehatan (Maharijaya et al., Submitted).

4.4. Deteksi QTL ketahanan thrips dan senyawa metabolites terkait ketahanan thrips pada populasi persilangan cabai

Program pemuliaan tanaman cabai tahan thrips dapat dipercepat dengan menggunakan teknik dan pendekatan pemuliaan moluker. Sayangnya pendekatan ini belum dapat dikembangkan dikarenakan keterbatasan informasi pada level molekuler terkait dengan ketahanan tanaman cabai terhadap thrips. Genetika molekuler mengenai ketahanan thrips pada cabai belum banyak diketahui. Salah satu buktinya adalah hingga saat ini belum ada laporan atau publikasi mengenai QTL ketahanan thrips pada cabai. QTL berbagai karakter tanaman dan buah cabai sendiri telah banyak dipublikasikan. QTL tersebut mencakup QTL ketahanan untuk *Phytophthora capsici*, *Potyvirus*, powdery mildew, antrachnose; berbagai karakter buah seperti ukuran buah, bentuk buah, kepedasan, dan *fertility restoration* (Paran et al., 2007).

Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian untuk membuat peta genetik dan deteksi QTL ketahanan tanaman cabai terhadap thrips. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan membuat *linkage map* dari populasi yang berasal dari persilangan antara tetua yang memiliki tingkat ketahanan thrips yang berbeda jauh yang dideteksi dari hasil penelitian sebelumnya (Maharijaya et al., 2011b). Populasi F2 dari hasil persilangan berikutnya diukur tingkat ketahanan terhadap thrips berdasarkan metode yang telah dikembangkan sebelumnya (Maharijaya et al., 2010) serta kandungan senyawa metabolitnya menggunakan teknik GC-MS.

DNA inti dari seluruh tanaman tersebut kemudian diisolasi dan digunakan untuk pembuatan *linkage map*. *Marker data* diperoleh dengan pengaplikasian teknik *simple sequence repeat* (SSR) dan *amplified fragment length polymorphism* (AFLP). *Linkage map* dibentuk menggunakan perangkat lunak Joinmap3 (Oijen & Voorrips, 2001) hingga diperoleh 14 *linkage group* dari 256 marker sebagai perwakilan kromosom. *Map* ini masih perlu disempurnakan mengingat secara teoritis hanya terdapat 12 kromosom dalam tanaman cabai. Berikutnya, QTL ketahanan thrips maupun senyawa terkait ketahanan thrips dideteksi berdasarkan data fenotipe menggunakan perangkat lunak MapQTL4 (Oijen et al., 2002). Dari penelitian ini berhasil diketahui jumlah, lokasi dan pengaruh QTL ketahanan terhadap thrips pada cabai. Hasil ini dapat digunakan untuk penelitian terkait isolasi gen dan pengembangan marka genetik terkait ketahanan tanaman cabai terhadap thrips.

4.5. Arahan untuk penelitian mendatang

Sebagai tindak lanjut, *roadmap* penelitian ini dapat dilanjutkan dengan studi mengenai isolasi gen kandidat dan selanjutnya dilakukan isolasi. Karakterisasi dan studi ekspresi terhadap kandidat gen terkait ketahanan thrips pada cabai perlu untuk dilakukan agar program pemuliaan dapat dilakukan dengan lebih efektif. *Polymorphism* dari marka genetik yang berkaitan dengan sifat ketahanan dapat digunakan sebagai alat untuk melakukan seleksi cepat dan akurat.

5. KESIMPULAN

Pemuliaan tanaman merupakan cara utama yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas cabai dengan cara meningkatkan potensi hasil, meningkatkan kualitas buah cabai, serta dengan cara meminimalisir kerugian-kerugian yang muncul akibat berbagai cekaman abiotik dan biotik. Perkembangan yang cepat dari strain dan ras baru virus, bakteri,

jamur, serta biotipe hama tanaman cabai yang terus muncul menuntut program pemuliaan tanaman dilakukan secara cepat dan lebih efisien.

Teknik-teknik bioteknologi tanaman dapat diaplikasikan bukan untuk menggantikan pemuliaan konvensional namun sebagai pelengkap dan penyedia alat dalam tahapan pemuliaan tanaman. Kombinasi dari keduanya berpotensi untuk mempermudah proses identifikasi dan studi fungsi gen dengan lebih baik pada tanaman cabai dan pada akhirnya mempercepat program pemuliaan tanaman.

REFERENSI

- Babu B, Pandravada S, Reddy K, Varaprasad K & Sreekanth M (2002) Field screening of pepper germplasm for sources of resistance against leaf curl caused by thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood) and mites (*Polyphagotarsonemus latus* Banks). *Indian J. Plant Prot.* 30: 7-12.
- Bosland PW & Votata EJ, eds. (2000) Peppers: Vegetable and Spice Capsicum. Wallingford, UK: CABI.
- Boulter D (1995) Plant biotechnology: Facts and public perception. *Phytochemistry* 40: 1-9.
- Chozin MA (2006) Peran ekofisiologi tanaman dalam pengembangan teknologi budidaya pertanian: Orasi Ilmiah Guru Besar (ed. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Dik A, Ceglarska E & Ilovai Z (2000) Sweet Pepper: Development in Plant Pathology: Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops (ed. by R Albajes, M Gullino, J van Lenteren & Y Elad) Springer Netherlands, pp. 473-485.
- Dong CZ (1995) Transgenic tomato and pepper plants containing CMV sat-RNA cDNA. *Acta Horti* 402: 78-86.
- Drugs.com -Dio (2006) http://www.drugs.com/cons/Zostrix_Topical.html.
- FAOSTAT FaAOF (2011) Statistic Food and agricultural commodities production by item <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> diakses tanggal 12 Juli 2011.
- Fery R & Schalk J (1991) Resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.) to Western Flower Thrips [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)]. *HortScience* 26: 1073-1074.
- Greenleaf WH (1986) Pepper breeding: Breeding Vegetables Crops (ed. by MJ Bassett) Westport, CT: AVI, p. 584.
- Hartwell JL (1971) Plants used against cancer. *Llodia* 34: 204-244.
- Ito K, Nakazato T, Yamato K, Miyakawa Y, Yamada T, Hozumi N, Segawa K, Ikeda Y & Kizaki M (2004) Induction of apoptosis in leukemic cells by homovanillic acid derivative, capsaicin, through oxidative stress: Implication of phosphorylation of p53 at Ser-15 residue by reactive oxygen species. *Cancer Research* 64: 1071-1078.
- Jensen SE (2000) Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Integrated Pest Management Review* 5: 131-146.
- Jones DR (2005) Plant viruses transmitted by thrips. *European Journal of Plant Pathology* 113: 119-157.
- Kogel WJ, Balkema-Boomstra A, Hoek MVd, Zijlstra S & Mollema C (1997) Resistance to western flower thrips in greenhouse cucumber: effect of leaf position and plant age on thrips reproduction. *Euphytica* 94: 63-67.
- Kumar NKK, Aradya M, Deshpande AA, Anand N & Ramachandar PR (1996) Initial screening of chili and sweet pepper germplasm for resistance to chili thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood. *Euphytica* 89: 319-324.
- Machinedesign.com (2000) Chile peppers repel pest. . www.machinedesign.com.

- Maharijaya A, Mahmud M & Purwito A (2008) Uji ketahanan *in vitro* klon-klon kentang hasil persilangan kentang kultivar Atlantik dan Granola terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) dan busuk lunak (*Erwinia carotovora*). Jurnal Agronomi Indonesia 32: 133-138.
- Maharijaya A, Steenhuis-Broers G, Purwito A, Vosman B, Visser RGF & Voorrips RE (2010) Development of test methods and screening for resistance to thrips in capsicum species: XIVth EUCARPA Meeting on Capsicum and Eggplant (ed. by UPD Valencia), Valencia Spain.
- Maharijaya A, Vosman B, Purwito A & Voorrips RE (2011a) Effect of host plant resistance on thrips development: Plant & Animal Genomes XIX Conference (ed., San Diego, CA).
- Maharijaya A, Vosman B, Steenhuis-Broers G, Harpenas A, Purwito A, Visser RGF & Voorrips RE (2011b) Screening of pepper accessions for resistance against two thrips species (*Frankliniella occidentalis* and *Thrips parvispinus*). Euphytica 177: 401-410. doi:DOI 10.1007/s10681-010-0277-x.
- Maharijaya A, Vosman B, Verstappen F, Steenhuis-Broers G, Purwito A, Visser RGF & Voorrips RE (Submitted) Effect of resistance and identification of defense compound in pepper against thrips (*Frankliniella occidentalis*).
- Maris PC, Joosten NN, Peters D & Goldbach RW (2003) Thrips resistance in pepper and its consequences for the acquisition and inoculation of Tomato spotted wilt virus by the western flower thrips. Phytopathology 93: 96-101.
- Oijen JV, Boer M, Jansen R & Maliepaard C (2002) MAPQTL 4.0, software for the calculation of QTL position on genetic maps. Plant Research International, Wageningen.
- Oijen JV & Voorrips RE (2001) JOINMAP 3.0, software for the calculation of genetic linkage maps. Plant Research International, Wageningen.
- Pagliaccia D, Stanghellini M & Saccardo F (2005) Induction of disease resistance in pepper by fluorescent pseudomonads via chemical selection: An integrated approach to management of root diseases. Phytopathology 95: S79-S79.
- Paran I, Ben-Chaim A, Kang B-C & Jahn M (2007) Capsicum, Vol. 5: Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants (ed. by C Kole) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 209.
- Poulos JM (1994) Pepper breeding (*Capsicum* spp): achievements, challenge and possibilities. Plant Breed. Abstr 64: 143-155.
- Purwanti E, Jaya B & Duriat AS (2000) Penampilan beberapa varietas cabai dan uji resistensi terhadap penyakit virus kerupuk. Jurnal Hortikultura 10: 88-94.
- Scorecard -tpis (2006) <http://www.scorecard.org>.
- Semangun H, ed. (2000) Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sharma HC, Pampapathy G, Dhillon MK & Ridsdill-Smith JT (2005) Detached leaf assay to screen for host plant resistance to *Helicoverpa armigera*. Journal of Economic Entomology 98: 568-576.
- Shipp JL, Hao X, Papadopoulos AP & Binns MR (1998) Impact of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on growth, photosynthesis and productivity of greenhouse sweet pepper. Scientia Horticultura 78: 87-102.
- Sleper DA & Poelman JM, eds. (1995) Breeding Field Crops. Iowa State University.
- Supena EDJ, Suharsono S, Jacobsen E & Custers JBM (2006) Successful development of a shed-microspore culture protocol for doubled haploid production in Indonesian hot pepper (*Capsicum annum* L.). Plant Cell Reports 25: 1-10.

- Tommasini M & Maini S (1995) *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe., Vol. 95: Biological Control of Thrips Pests (ed. by vLJ Loomans AJM, Tommasini MG, Maini S, Ruidavets J,) Wageningen University Papers, Wageningen, pp. 1-42.
- Vos JGM & Frinking HD (1998) Pest and diseases of hot pepper (*Capsicum spp.*) in tropical lowlands of Java, Indonesia. J. Plant Prot. Trop. 11: 53-71.
- Wahyuni Y, Ballester AR, Sudarmonowati E, Bino RJ & Bovy AG Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. Phytochemistry 72: 1358-1370.
- Weintraub PG (2007) Integrated control of pest in tropical and subtropical sweet pepper production. Pest Management Science 63: 753-760.
- Welter SC (1990) Effects of Thrips palmi and western flower thrips (Thysanoptera : Thripidae) on the yield, growth, and carbon allocation pattern in cucumbers. [s.n.], [S.I.].