

D
633.842
SR
+

**Transformasi Genetika dan Regenerasi Tanaman
Cabai Transgenik (*Capsicum annuum* L.)
Dengan Bantuan *Agrobacterium***

Oleh
EDY BATARA MULYA SIREGAR
9452-FIT



**PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1999

@Hak cipta milik IPB University

IPB Univ

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan

RINGKASAN

EDY BATARA MULYA SIREGAR. Transformasi Genetika dan Regenerasi Tanaman Cabai Transgenik (*Capsicum annum* L.) Dengan Bantuan *Agrobacterium*. Di bawah bimbingan RUSMILAH SUSENO, sebagai ketua, SUDARSONO, A. SURKATI ABIDIN, BUDI TIAHJONO, dan HAJRIAL ASWIDINNOOR sebagai anggota.

Penelitian ini terdiri atas dua seri utama penelitian, yaitu regenerasi tunas langsung cabai merah dan transformasi dan regenerasi tanaman cabai transgenik dengan bantuan *Agrobacterium*. Percobaan regenerasi tunas tanaman cabai dilakukan untuk mendapatkan jenis media, zat pengatur tumbuh, tipe eksplan cabai, dan kultivar cabai yang menghasilkan efisiensi regenerasi yang tinggi. Medium dasar MS digunakan dalam semua percobaan dan dikombinasikan dengan perlakuan yang diuji. Transformasi dan regenerasi tanaman cabai transgenik dilakukan dengan menggunakan tipe *Agrobacterium non-disarmed* dan *disarmed*. Berbagai faktor yang mempengaruhi efisiensi introduksi dan regenerasi tanaman cabai transgenik ditentukan dalam percobaan ini. Esei transien gen GUS pada eksplan dan analisis histokimia dilakukan untuk mendeteksi integrasi dan ekspresi gen yang diintroduksi. Gen marker *nptII* dan gen GUS digunakan dalam percobaan ini. Metode deteksi dengan teknik PCR digunakan untuk memastikan integrasi DNA marker di dalam genom tanaman cabai.

Percobaan pertama regenerasi tunas bertujuan untuk mendapatkan jenis eksplan cabai, kultivar cabai, jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang tepat untuk menginduksi tunas cabai secara *in vitro*. Eksplan daun muda lebih konsisten untuk menghasilkan tunas dibandingkan dengan eksplan kotiledon dan hipokotil. Zat pengatur tumbuh BAP lebih dapat menginduksi tunas dari eksplan tanaman cabai dibandingkan dengan zat pengatur tumbuh 2-IP dan kinetin.

Tiga kultivar cabai, yaitu Tit L. Super, Jatilaba, dan Laris berpotensi untuk digunakan sebagai bahan studi regenerasi tanaman cabai secara *in vitro*. Sedangkan dua kultivar cabai lainnya yang diuji, yaitu Hot Spiral dan Hot Beauty belum dapat diinduksi membentuk tunas pada percobaan ini.

Percobaan kedua regenerasi tanaman cabai bertujuan untuk mendapatkan jenis gula, vitamin, komposisi medium untuk pemanjangan tunas, dan konsentrasi BAP yang tepat pada medium terbaik yang diperoleh. Komposisi medium dasar MS dengan kombinasi jenis gula glukosa dan vitamin L₂ merupakan komposisi medium paling tepat untuk induksi tunas cabai secara *in vitro*. Efisiensi regenerasi yang dihasilkan pada kombinasi ini paling tinggi dibandingkan kombinasi jenis gula sukrosa atau fruktosa dengan vitamin B₁ atau B₅. Kombinasi zat pengatur tumbuh BAP (4 - 6 mg/l) dan IAA (0 – 0.25 mg/l) merupakan konsentrasi yang menghasilkan frekuensi tertinggi untuk penginduksian tunas eksplan cabai.

Tunas yang disubkultur pada media regenerasi terus menerus tidak akan membesar dan memanjang. Media pembesaran dan pemanjangan

tunas terbaik setelah induksi tunas berhasil pada eksplan cabai adalah media dasar MS yang mengandung BAP (1 mg/l), AgNO₃ (5 mg/l), GA₃ (2 mg/l), dan Ca-P (2 mg/l).

Percobaan pertama mengenai transformasi tanaman cabai menggunakan *Agrobacterium* onkogenik dengan dua metode inokulasi, yaitu dengan olesan pasta bakteri pada eksplan hipokotil dan dengan cara merendam eksplan pada suspensi bakteri. Dengan metode olesan pasta bakteri pada eksplan hipokotil dua kultivar cabai terinduksi membentuk tunas, yaitu cv. Laris dan Tit L. Super, sedang kultivar lainnya tidak terinduksi membentuk tunas. Dengan metode perendaman di dalam suspensi bakteri dapat diregenerasikan sejumlah tunas dari eksplan cabai. Eksplan daun muda cv. Tit L. Super yang ditransformasi dengan *Agrobacterium* onkogenik LBA201 dapat membentuk tunas pada media seleksi sebanyak 12 buah tunas dari 5 buah eksplan. Seluruh tunas yang terbentuk tidak dapat membesar dan memanjang pada medium proliferasi tunas. Eksplan hipokotil cv. Laris yang ditransformasi dengan tipe onkogenik *Agrobacterium* onkogenik LBA9402 menghasilkan tunas sebanyak 14 buah dari 10 buah eksplan. Empat buah tunas berhasil dibesarkan dan dipanjangkan, diakarkan dan diaklimatisasi pada media tanah.

Berdasarkan hasil percobaan ini jelas terlihat adanya variasi genetika kerentanan di antara kultivar cabai merah terhadap *Agrobacterium* onkogenik yang digunakan. Walaupun efisiensi transformasi yang

diperoleh masih rendah tetapi metode ini potensial untuk dikembangkan lebih lanjut.

Percobaan transformasi tanaman cabai dengan bantuan *Agrobacterium disarmed* bertujuan untuk mengoptimasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keefektifan introduksi dan regenerasi tunas transgenik. Faktor-faktor yang diuji adalah tingkat populasi bakteri, lama inokulasi, lama kokultivasi, dan proses pre-kultur eksplan. Kepekaan eksplan tanaman cabai dapat dikurangi dengan mengkultur eksplan terlebih dahulu pada media regenerasi selama beberapa hari (pre-kultur). Stres pelukaan pada eksplan dan stres infeksi bakteri dikurangi dengan melakukan pre-kultur pada eksplan.

Kondisi terbaik untuk mendapatkan hasil esei transien tertinggi pada eksplan hipokotil adalah perlakuan pre-kultur enam hari, penggunaan populasi bakteri dengan $OD_{600}=1.0$, lama inokulasi lima menit, dan lama kokultivasi satu hari. Sedang untuk eksplan daun muda adalah perlakuan pre-kultur selama tiga hari, penggunaan populasi bakteri dengan $OD_{600}=1.0$, lama inokulasi lima menit, dan lama kokultivasi satu hari.

Kondisi terbaik untuk mendapatkan hasil regenerasi tunas yang mengekspresikan gen GUS [+] tertinggi pada eksplan hipokotil adalah perlakuan pre-kultur selama sembilan hari, tingkat populasi bakteri dengan $OD_{600}=1.0$, lama inokulasi lima menit, dan lama kokultivasi satu hari. Sedang untuk eksplan daun muda adalah perlakuan pre-kultur selama enam hari atau sembilan hari dengan lama kokultivasi satu atau dua hari, tingkat populasi bakteri dengan $OD_{600}=0.5$ dan lama inokulasi lima menit. *A. tumefaciens*

yang membawa gen *npftII* dan gen CP-PVY dapat diintroduksi ke dalam genom tanaman cabai merah cv. Tit L. Super. Dari empat kultivar lainnya, yaitu Laris, Jatilaba, Hot Spiral dan Tumpang tidak diperoleh tanaman transgenik. Deteksi dengan teknik PCR satu tanaman transgenik yang diperoleh positif mengandung gen *npftII* yang diintroduksi. Gen *npftII* tersebut dapat diwariskan keketurunannya, karena dua buah tanaman turunan pertama (R_1) juga positif mengandung gen *npftII*.

@Hak cipta milik IPB University

IPB Univ

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**Transformasi Genetika dan Regenerasi Tanaman
Cabai Transgenik (*Capsicum annum* L.)
Dengan Bantuan *Agrobacterium***

Oleh
EDY BATARA MULYA SIREGAR
94527-FIT

Disertasi sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Doktor
pada
Program Studi Entomologi/Fitopatologi
Institut Pertanian Bogor

**PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

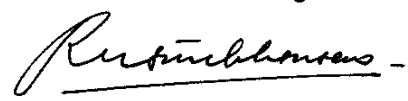
1 9 9 9

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Penelitian : TRANSFORMASI GENETIKA DAN REGENERASI TANAMAN CABAI TRANSGENIK DENGAN BANTUAN AGROBACTERIUM.
Nama Mahasiswa : EDY BATARA MULYA SIREGAR
Nomor Pokok : 94527/FIT.

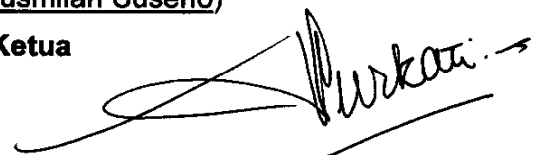
Menyetujui

1. **Komisi Pembimbing**



(Prof Dr Ir Rusmilah Suseno)

Ketua



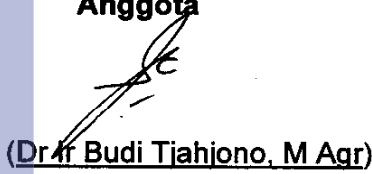
(Prof Dr Ir A Surkati Abidin)

Anggota



(Dr Ir Sudarsono, Msc)

Anggota



(Dr Ir Budi Tjahjono, M Agr)

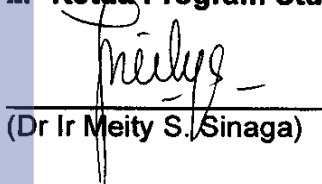
Anggota



(Dr Ir H. Aswidinnoor, MSc)

Anggota

2. **Ketua Program Studi**



(Dr Ir Meity S. Sinaga)

3. **Direktur Program Pascasarjana**





(Prof Dr Ir Syafida Manuwoto, Msc)

Tanggal Lulus : 1 September 1999

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Padang Sidempuan, Tapanuli Selatan tanggal 28 Desember 1964, dari Bapak M. Saleh Siregar dan Ibu Nurhayati Harahap sebagi anak ketiga dari lima bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 39 Medan dan lulus tahun 1976, pendidikan menengah di SMPN VI Medan lulus tahun 1980 dan pendidikan menengah atas di SMAN 7 Medan lulus tahun 1983. Selanjutnya pada tahun 1983 penulis diterima di Institut Pertanian Bogor, Fakultas Pertanian, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, kemudian meraih gelar Sarjana Pertanian pada tahun 1987.

Pada tahun 1989 penulis melanjutkan pendidikan pada program Magister Sains Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Program Studi Entomologi/Fitopatologi, dan meraih gelar Magister Sains pada tahun 1993.

Pada tahun 1994 penulis melanjutkan pendidikan pada program Doktor Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Program studi Entomologi/Fitopatologi dan mendapat beasiswa Mahasiswa Unggulan URGE/Dikti Batch I.

UCAPAN TERIMAKASIH

Rasa syukur yang mendalam penulis panjatkan kepada Allah Swt. karena rahmat dan ridho-Nya penelitian dan penulisan disertasi ini dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Prof. Dr Ir Rusmilah Suseno sebagai ketua komisi pembimbing atas saran dan bimbingan selama penelitian. Kepada Bapak Dr Ir Sudarsono, MSc penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, fasilitas laboratorium selama penelitian, dorongan serta semangat meneliti yang ditanamkan.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Prof Dr Ir H. A. Surkati Abidin, Bapak Dr Ir Budi Tjahjono, MAgr, dan Bapak Dr Ir Hajrial Aswidinnoor atas saran, bimbingan, dukungan moril, dan dorongan kepada penulis untuk terus maju.

Terima kasih penulis sampaikan kepada rekan Ir Diny Dynarti, MSi atas diskusi, bantuan, dan pemberian bahan yang diterima penulis selama penelitian. Kepada Ir Sri Ramadiana, MSi yang banyak membantu penulis selama penelitian masalah regenerasi tunas, penulis sampaikan banyak terima kasih.

Kepada tenaga teknisi laboratorium kultur jaringan tanaman dan laboratorium Biologi Molekuler Tanaman, Bapak Suparjo, Eddy Azian, Dwi Atmo, Yudiansyah dan lain-lain penulis ucapkan banyak terima kasih.

Terima kasih khusus disampaikan kepada rekan Ir. Erina S., MSi dan Ir. Karsinah MSi atas bantuan alat dan bahan yang diberikan kepada penulis selama penelitian.

Penghargaan yang besar diberikan kepada teman-teman se-laboratorium yang secara langsung maupun tidak langsung banyak memberikan masukan, diskusi yang baik, maupun bantuan untuk kelancaran penelitian.

Ucapan terima kasih tak terhingga untuk ketiga putri-ku; Nidya, Danti, dan Lita serta istri tercinta Ir. Haryatiningsih (Unik) yang dengan setia serta penuh cinta mendampingi penulis selama studi. Juga untuk kedua orangtua, abang, kakak, dan adik-adik saya ucapkan banyak terima kasih atas bantuan, dorongan serta do'a yang diberikan.

Kepada Keluarga besar Bapak Untung Hardjono, penulis dan keluarga mengucapkan banyak terima kasih atas bantuannya selama ini.

Akhirnya penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada orang-orang yang membantu penulis selama menyelesaikan studi Pogram Doktor di IPB, semoga Allah Swt. dapat memberikan balasan yang berlipat ganda kepada mereka semua.

Bogor, September 1999

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	XV
DAFTAR GAMBAR	XVIII
Bab I.1. PENDAHULUAN UMUM	1
Pendahuluan	1
Latar Belakang.....	1
Pendekatan masalah	3
Tujuan Penelitian.....	6
Garis Besar Disertasi	4
Daftar Pustaka.....	9
Bab I.2. TINJAUAN PUSTAKA	10
1. Regenerasi Tanaman Cabai Secara <i>In Vitro</i>	10
2. Transformasi Tanaman Dengan Bantuan <i>Agrobacterium</i>	15
3. Aplikasi	22
4. Pengaruh Strain Bakteri dan Genotip Tanaman	27
5. Gen Biosintetik Fitohormon	30
6. Fase Pertumbuhan Tanaman	31
7. Masalah Regenerasi	33
8. Rekayasa Genetika Untuk Resistensi Virus	36
Daftar Pustaka	42
Bab II.1. Regenerasi Tunas Tanaman Cabai (<i>Capsium annuum</i> L.) Dari Berbagai Eksplan Secara <i>In Vitro</i>	52
Pendahuluan	53
Tujuan Penelitian	55
Bahan dan Metode	55
Hasil dan Pembahasan	57

Kesimpulan dan Saran	71
Daftar Pustaka	72

Bab II.2. Penentuan Komposisi Vitamin dan Jenis Gula Pada Medium Induksi Tunas Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i> L.)	74
Pendahulaun	75
Tujuan penelitian	77
Bahan dan Metode	77
Hasil dan Pembahasan	80
Kesimpulan	95
Daftar Pustaka	99

Bab III Introduksi Gen Marker <i>npt</i> II/GUS dan Regenerasi Cabai Transgenik Dengan Bantuan <i>Agrobacterium</i> Onkogenik	101
Pendahuluan	101
Tujuan Percobaan	103
Bahan Metode	103
Hasil dan Pembahasan	108
Kesimpulan	118
Daftar Pustaka	118

Bab IV.1. Optimasi Introduksi Gen Ke dalam Tanaman Cabai Dengan Bantuan <i>A. tumefaciens</i> AGL1	122
Pendahuluan	123
Tujuan Penelitian	125
Bahan dan Metode	125
Hasil Dan Pembahasan	131
Kesimpulan	144
Daftar Pustaka	145

Bab IV.2	Optimasi Regenerasi Tanaman Cabai Transgenik Dengan Bantuan <i>A. tumefaciens</i> AGL1.....	148
	Pendahuluan	148
	Tujuan Penelitian	150
	Bahan dan Metode	150
	Hasil dan Pembahasan	157
	Kesimpulan	166
	Daftar Pustaka	173
Bab V.	Introduksi Gen CP-PVY ke Tanaman Cabai dan Regenerasi Tanaman Cabai Transgenik ...	176
	Pendahuluan	176
	Tujuan Penelitian	178
	Bahan dan Metode	178
	Hasil dan Pembahasan	182
	Kesimpulan	193
	Daftar Pustaka	193
Lampiran	195

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
I.1.1	Seleksi representatif strain <i>A. tumefaciens</i> dan karakteristiknya	30
I.1.2	Contoh resistensi virus melalui ekspresi gen selubung protein (Grumet, 1990; Shaw <i>et al.</i> , 1990)	40
II.1.1	Respon eksplan lima kultivar cabai merah yang ditanam dalam media 1/2MS dengan berbagai konsentrasi BAP	58
II.1.2	Respon eksplan cabai merah cv. Tit L. Super pada medium 1/2MS dengan beberapa konsentrasi zat pengatur tumbuh 2-IP dan kinetin	61
II.1.3	Respon eksplan hipokotil lima kultivar cabai merah yang ditanam dalam media 1/2MS dengan berbagai kombinasi perlakuan BAP dan IAA	63
II.1.4	Respon eksplan daun muda dengan petiol tiga kultivar cabai merah yang ditanam dalam media 1/2MS dengan berbagai perlakuan kombinasi zat pengatur tumbuh BAP dan IAA	64
II.2.1	Respon eksplan kotiledon cv. Tit L. Super yang ditanam pada media dasar MS + BAP 4 mg/l + IAA 0.25 mg/l dengan tiga kombinasi jenis gula dan vitamin	83
II.2.2	Respon eksplan hipokotil cv. Tit L. Super yang ditanam pada media dasar MS + BAP 4 mg/l + IAA 0.25 mg/l dengan tiga kombinasi jenis gula dan vitamin	84
II.2.3	Respon eksplan daun muda cv. Tit L. Super yang ditanam pada media dasar MS + BAP 4 mg/l + IAA 0.25 mg/l dengan tiga kombinasi jenis gula dan vitamin	85
II.2.4	Frekuensi pembentukan tunas pada eksplan kotiledon empat kultivar cabai merah yang ditanam dalam media dasar MS, glukosa (30 g/l), vitamin L ₂ (1 mg/l) dengan tiga kombinasi konsentrasi BAP dan IAA	87
II.2.5	Frekuensi pembentukan tunas pada eksplan hipokotil empat kultivar cabai merah yang ditanam dalam media dasar MS, glukosa (30 g/l), vitamin L ₂ (1 mg/l) dengan tiga kombinasi konsentrasi BAP dan IAA	90

II.2.6	Frekuensi pembentukan tunas pada eksplan daun muda empat kultivar cabai merah yang ditanam dalam media dasar MS, glukosa (30g/l) , vitamin L ₂ (1 mg/l) dengan tiga kombinasi konsentrasi BAP dan IAA	93
II.2.7	Respon eksplan hipokotil dan daun muda cv. Tit L. Super setelah dipindahkan pada beberapa komposisi medium pembesaran dan pemanjangan tunas	94
III.1	Regenerasi tunas transgenik dari eksplan empat kultivar cabai yang ditransformasi dengan <i>Agrobacterium</i> onkogenik LBA201 dan LBA1332	112
III.2	Regenerasi tunas transgenik dari eksplan empat kultivar cabai yang ditransformasi dengan <i>Agrobacterium</i> onkogenik LBA4060 dan LBA9402	113
IV.1.1	Respon eksplan cabai cv. Tit L. Super terhadap berbagai perlakuan populasi bakteri yang digunakan untuk menginokulasikan eksplan. Inokulasi eksplan dilakukan dengan merendam dalam suspensi bakteri selama 2 menit, dan kokultivasi 1 hari	133
IV.1.2	Respon eksplan cabai cv. Tit L. Super terhadap berbagai perlakuan tingkat populasi bakteri yang digunakan untuk menginokulasi eksplan. Inokulasi eksplan dilakukan dengan merendam dalam suspensi bakteri dengan tingkat populasi bakteri dan waktu perendaman sesuai perlakuan. Kokultivasi dilakukan selama satu hari dalam media regenerasi	136
IV.1.3	Respon eksplan cabai cv. Tit L. Super terhadap berbagai perlakuan waktu pre-kultur dan waktu kokultivasi. Inokulasi eksplan dilakukan dengan merendam dalam suspensi bakteri pada OD ₆₀₀ =0.5 dan waktu perendaman 5 menit	140
IV.2.1	Respon eksplan cabai cv. Tit L. Super terhadap berbagai perlakuan tingkat populasi bakteri yang digunakan untuk menginokulasi eksplan. Inokulasi eksplan dilakukan dengan merendam dalam suspensi bakteri selama 2 menit. Kokultivasi dilakukan selama satu hari dalam media regenerasi. Setelah kokultivasi, eksplan ditanam dalam media seleksi sampai dengan terbentuk tunas	159
IV.2.2	Respon eksplan cabai cv. Tit L. Super terhadap berbagai perlakuan tingkat populasi bakteri yang digunakan untuk menginokulasi dan lama inokulasi. Kokultivasi dilakukan selama satu hari dalam media regenerasi. Sebelum kokultivasi, eksplan terlebih dahulu ditumbuhkan dalam media regenerasi selama 6 hari (pre-kultur). Setelah kokultivasi (1 hari), eskplan ditanam dalam media seleksi sampai dengan terbentuk tunas	161

IV.2.3	Respon eksplan cabai cv. Tit L. Super terhadap berbagai perlakuan lama pre-kultur dan lama kokultivasi. Inokulasi eksplan dilakukan dengan merendam dalam suspensi bakteri pada OD₆₀₀=0.5 dan lama perendaman 5 menit. Setelah kokultivasi, eksplan ditanam dalam media seleksi sampai dengan terbentuk tunas	163
V.1	Regenerasi tunas transgenik tiga jenis eksplan cv. Tit L. Super yang ditransformasi dengan bantuan <i>A. tumefaciens</i> LBA4404	183
V.2	Regenerasi tunas transgenik pada eksplan daun muda lima kultivar cabai merah yang ditransformasi dengan bantuan <i>A. tumefaciens</i> LBA4404	184
V.1.3	Reaksi tanaman transgenik terhadap inokulasi PVY	187

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
I.2.1	Interaksi sel tanaman- <i>Agrobacterium</i> (Sheng & Citovski, 1996)	21
II.1.1	Contoh perkembangan eksplan kotiledon cv. Tit L. Super yang ditanam pada media 1/2MS dengan perlakuan BAP 4 mg/l setelah 14 hari ditanam	68
II.1.2	Contoh eksplan hipokotil cv. Tit L. Super yang ditanam pada media BAP 4 mg/l setelah terinduksi membentuk tunas	68
II.1.3	Representasi eksplan hipokotil cv. Tit L. Super pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi BAP dan IAA	69
II.1.4	Eksplan daun dengan sedikit bagian petiol yang ditanam pada media regenerasi BAP 3 mg/l, dan IAA 0 mg/l setelah 14 hari ditanam	69
II.1.5	Tunas yang terbentuk pada eksplan daun muda yang tidak membesar dan memanjang setelah disubkulturkan pada media regenerasi	70
II.2.1	Contoh tunas yang terbentuk pada beberapa kombinasi perlakuan.....	96
II.2.2	Perkembangan eksplan cabai pada beberapa kombinasi perlakuan.....	97
II.2.3	Tunas yang membesar pada media pembesaran dan pemanjangan tunas	98
III.1	Diagram plasmid biner vektor pBI121 dengan gen marker <i>nptII</i> dan gen GUS.....	114
III.2	Perkembangan eksplan daun muda cabai cv. Tit L. Super yang ditransformasi dengan <i>Agrobacterium</i> onkogenik LBA201.....	114
III.3	Perkembangan eksplan hipokotil cabai cv. Laris yang ditransformasi dengan <i>Agrobacterium</i> onkogenik LBA9407.....	116
III.4	Representasi perkembangan tanaman transgenik cabai cv. Laris yang diregenerasikan.....	116
III.5	Analisis histokimia terhadap tunas yang mengekspresikan gen GUS (berwarna biru).....	117

III.6	Hasil amplifikasi dengan teknik PCR fragmen DNA gen GUS.....	117
IV.1.1	Diagram plasmid vektor biner pKIWI105 dengan gen marker <i>nptII</i> dan gen reporter GUS.....	141
IV.1.2	Perkembangan eksplan yang dikokultivasi dengan <i>Agrobacterium</i>	142
IV.1.3	Representasi ekspresi gen GUS dalam jaringan eksplan cabai.....	143
IV.2.1	Representasi respon eksplan hipokotil dan daun muda yang ditanam dalam media seleksi dengan kanamycin.....	168
IV.2.2	Respon daun muda dan hipokotil cabai cv. Tit L. Super yang ditanam dalam media seleksi dengan antibiotik kanamycin (100 mg/l).....	169
IV.2.3	Pemanjangan tunas transgenik yang terbentuk dari eksplan daun muda cv. Tit L. Super dalam media proliferasi dan penanaman tunas transgenik dalam media pengakaran.....	170
IV.2.4	Representasi hasil analisis histokimia untuk mendeteksi ekspresi gen GUS pada jaringan tunas yang dihasilkan.....	171
IV.2.5	Hasil amplifikasi dengan teknik PCR fragmen DNA gen GUS.....	172
V.1	Diagram plasmid vektor pBI-CH491 dengan gen <i>npt II</i> dan gen CP-PVY.....	187
V.2	Respon eksplan daun muda yang ditanam dalam media seleksi dengan antibiotik kanamycin (100 mg/l).....	188
V.3	Pengujian ketahanan tunas transgenik yang telah diregenerasikan dalam medium seleksi yang mengandung kanamycin.....	189
V.4	Tanaman transgenik Tit L. Super yang telah ditanam di tanah dan menghasilkan bunga dan buah cabai.....	190
V.5	Hasil amplifikasi PCR gen <i>nptII</i> dari tanaman putatif transgenik I	191
V.6	Hasil amplifikasi PCR gen <i>nptII</i> dari tanaman putatif transgenik II.....	192