

**TRANSFORMASI GENETIK TANAMAN KENTANG
VARIETAS GRANOLA DENGAN *STACKED GENES* UNTUK
KETAHANAN TERHADAP *Phytophthora infestans*,
Potato Virus Y, dan *Potato Leafroll Virus***

WIWIK ARISKA



**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Transformasi Genetik Tanaman Kentang Varietas Granola dengan *Stacked Genes* untuk Ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*, *Potato Virus Y*, dan *Potato Leafroll Virus*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Wiwik Ariska
P0501222030



@Hak cipta milik IPB University

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.

RINGKASAN

WIWIK ARISKA. Transformasi Genetik Tanaman Kentang Varietas Granola dengan *Stacked Genes* untuk Ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*, *Potato Virus Y*, dan *Potato Leafroll Virus*. MIFTAHUDIN, EDY LISTANTO, dan ENY IDA RIYANTI.

Kentang merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia yang berperan besar dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Selain memiliki nilai ekonomi yang tinggi, kentang juga kaya akan kandungan gizi dan memiliki beragam manfaat. Tanaman ini umumnya dibudidayakan di wilayah dataran tinggi. Meskipun demikian, produktivitas kentang seringkali mengalami hambatan akibat serangan berbagai penyakit yang disebabkan oleh patogen tular tanah maupun tular udara. Kondisi tersebut tidak hanya berdampak pada penurunan hasil panen, tetapi juga menimbulkan kerugian ekonomi yang cukup besar bagi petani. Oleh karena itu, pengembangan varietas kentang yang memiliki ketahanan terhadap penyakit merupakan upaya strategis untuk menjaga stabilitas produksi, meningkatkan efisiensi budidaya, serta mendukung keberlanjutan agribisnis kentang di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode transformasi *stacked genes* yang optimal ke tanaman kentang varietas Granola untuk menghasilkan galur kentang Granola yang mempunyai ketahanan lama terhadap tiga patogen utama, yaitu *Phytophthora infestans* (penyebab penyakit hawar daun), dan tahan virus antara lain; *Potato virus Y* (PVY), dan *Potato leafroll virus* (PLRV), melalui pendekatan rekayasa genetika. Strategi yang digunakan melibatkan penyisipan lima gen ketahanan (*RpiVnt1*, *RpiAmr1*, *RpiAmr3*, *RySto*, dan *Rldg*) secara simultan (*stacked genes*) ke dalam genom tanaman kentang yang dibawa oleh vektor plasmid pMSU2DR-02 dengan bantuan oleh *Agrobacterium rhizogenes* strain ArPORT1 sebagai agen transformasi.

Sebelum tahap transformasi dilakukan, penelitian ini diawali dengan optimasi kultur jaringan dua varietas kentang, yaitu Granola Michigan (Gra M) dan Granola Indonesia (Gra I), untuk menilai kemampuan pertumbuhannya pada media MS₀. Hasil menunjukkan bahwa Gra M memiliki performa pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dibandingkan Gra I, dengan rata-rata tinggi tanaman 9,65 cm, jumlah daun 12,11 helai, jumlah ruas batang 8,61, dan panjang akar 6,71 cm. Sebaliknya, Gra I hanya mencapai tinggi 7,09 cm, jumlah daun 7,40 helai, ruas batang 4,45, dan panjang akar 4,08 cm. Eksplan dari ruas batang tengah menunjukkan pertumbuhan yang lebih responsif dibandingkan ruas bagian atas. Meskipun demikian, Gra I tetap dipilih sebagai bahan utama untuk transformasi genetik karena merupakan varietas yang paling luas dibudidayakan di Indonesia. Melalui pendekatan rekayasa genetika, varietas ini diharapkan dapat ditingkatkan ketahanannya terhadap *P. infestans*, PVY, dan PLRV.

Tahap selanjutnya adalah optimasi regenerasi *in vitro* eksplan ruas batang varietas Gra I menggunakan dua kombinasi hormon, yaitu Zeatin 1 mg/L + IAA 1 mg/L + GA₃ 1 mg/L (ZIG) dan GA₃ 1 mg/L + NAA 1 mg/L + Zeatin 1 mg/L (GNZ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa media GNZ memberikan respon regenerasi yang lebih tinggi dibandingkan ZIG, dengan persentase regenerasi mencapai 82%, rata-rata 2,0 tunas/eksplan, dan 20,4 tunas/cawan petri, serta waktu muncul tunas tercepat yaitu 8 hari. Perlakuan ZIG Gra I hanya menghasilkan 30% regenerasi



- 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.

dengan rata-rata 0,87 tunas per eksplan. Berdasarkan hasil tersebut, media GNZ dipilih sebagai media terbaik dan digunakan pada tahap transformasi genetik dengan *A. rhizogenes*.

Proses infeksi kalus dengan *A. rhizogenes* dilakukan dengan dua variasi durasi, yakni 10 menit dan 20 menit, untuk menentukan waktu infeksi yang paling optimal dalam meningkatkan efisiensi transfer gen dan kemampuan regenerasi tanaman. Hasil transformasi menunjukkan bahwa durasi infeksi selama 10 menit memberikan efisiensi transformasi tertinggi sebesar 13% dengan tingkat regenerasi mencapai 100%, sedangkan efisiensi transformasi pada infeksi selama 20 menit menurun menjadi 7% dengan regenerasi 71%. Waktu infeksi yang lebih singkat terbukti lebih efektif karena mampu mengurangi stres fisiologis pada jaringan dan meningkatkan pembentukan tunas transgenik.

Konfirmasi keberhasilan integrasi gen dilakukan melalui analisis PCR menggunakan primer spesifik untuk setiap gen target. Dari 25 planlet transgenik putatif yang dianalisis, seluruhnya menunjukkan pita DNA dengan ukuran fragmen stacked gene (daerah flanking 2 gen target), yaitu *RpiVnt1* (± 917 bp), *RpiAmr1* (± 1330 bp), *RpiAmr3* (± 942 bp), *RySto* (± 1046 bp), dan *Rladg* (± 742 bp). Hasil ini menunjukkan bahwa kelima gen ketahanan (*stacked genes*) berhasil diintegrasikan ke dalam genom tanaman kentang varietas Gra I serta tidak mengandung sekuens *backbone* plasmid.

Kata kunci: *Agrobacterium rhizogenes*, kentang granola, resistensi multigen, *stacked genes*, transformasi genetik

SUMMARY

WIWIK ARISKA. Genetic Transformation of Granola Potato Varieties with Stacked Genes for Resistance to *Phytophthora infestans*, *Potato virus Y*, and *Potato leafroll virus*. Supervised by MIFTAHUDIN, EDY LISTANTO, and ENY IDA RIYANTI.

Potatoes are one of Indonesia's important horticultural commodities that play a significant role in supporting national food security. In addition to their high economic value, potatoes are also rich in nutrients and have a variety of benefits. This crop is generally cultivated in highland areas. However, potato productivity is often hampered by attacks from various diseases caused by soil-borne and airborne pathogens. This condition not only affects crop yields but also causes significant economic losses for farmers. Therefore, developing potato varieties that are resistant to disease is a strategic effort to maintain production stability, improve cultivation efficiency, and support the sustainability of the potato agribusiness in Indonesia.

The study aims to obtain the optimal stacked gene transformation method for Granola potato variety to produce Granola potato lines that are resistant to three major pathogens, namely *Phytophthora infestans* (the cause of late blight), and resistant to viruses such as Potato virus Y and Potato leafroll virus, through a genetic engineering approach. The strategy involves the simultaneous insertion (stacked genes) of five resistance genes (*RpiVnt1*, *RpiAmr1*, *RpiAmr3*, *RySto*, and *Rldg*) into the potato genome using the *pMSU2DR-02* plasmid vector mediated by *Agrobacterium rhizogenes* strain ArPORT1 as the transformation agent.

Before the transformation stage was carried out, the study began with the optimization of tissue culture of two potato varieties, namely Granola Michigan (Gra M) and Granola Indonesia (Gra I), to assess their growth capacity on MS₀ media. The results showed that Gra M had better vegetative growth performance than Gra I, with an average plant height of 9.65 cm, 12.11 leaves, 8.61 stem nodes, and a root length of 6.71 cm. In contrast, Gra I only reached a height of 7.09 cm, with 7.40 leaves, 4.45 stem nodes, and a root length of 4.08 cm. Explants derived from the middle stem segments exhibited a higher growth response than those obtained from the upper stem segments. Nevertheless, Gra I was still selected as the main material for genetic transformation because it is the most widely cultivated variety in Indonesia. Through genetic engineering, the variety is expected to be improved in its resistance to *P. infestans*, PVY, and PLRV.

The following step was optimization of *in vitro* regeneration of stem explants of the Gra I variety using two combinations of plant hormones, namely Zeatin 1 mg/L + IAA 1 mg/L + GA₃ 1 mg/L (ZIG) and GA₃ 1 mg/L + NAA 1 mg/L + Zeatin 1 mg/L (GNZ). The results showed that the GNZ medium provided a higher regeneration response than ZIG, with a regeneration percentage of 82%, an average of 2.0 shoot/explant, and 20.4 shoots/petri dish, as well as the fastest shoot emergence time of 8 days. In contrast, the ZIG Gra I treatment only produced 30% regeneration with an average of 0.87 shoots per explant. Based on these results, the GNZ medium was selected as the best medium and used in the genetic transformation stage with *A. rhizogenes*.

The infection process was carried out with two variations of infection duration, namely 10 minutes and 20 minutes, to determine the optimal infection time to increase gene transfer efficiency and plant regeneration ability. The transformation results show that a 10-minute infection duration provides the highest transformation efficiency of 13% with a regeneration rate of 100%, while a 20-minute infection duration decreases to 7% with 71% regeneration. A shorter infection time showed more efficient transformation and regeneration because it reduces physiological stress on the tissue and increases the formation of transgenic shoots.

Confirmation of successful gene integration was performed through PCR analysis using specific primers for each target gene. Of the 25 putative transgenic planlets analyzed, all showed DNA bands with stacked gene fragment sizes (flanking regions of 2 target genes), namely *RpiVnt1* (± 917 bp), *RpiAmr1* (± 1330 bp), *RpiAmr3* (± 942 bp), *RySto* (± 1046 bp), and *Rladg* (± 742 bp). These results indicate that the five resistance genes (stacked genes) were successfully integrated into the genome of the Gra I potato variety and did not contain plasmid backbone sequences.

Keywords: *Agrobacterium rhizogenes*, genetic transformation, granola potatoes, multigene resistance, stacked genes



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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**TRANSFORMASI GENETIK TANAMAN KENTANG
VARIETAS GRANOLA DENGAN *STACKED GENES* UNTUK
KETAHANAN TERHADAP *Phytophthora infestans*,
Potato Virus Y, dan *Potato Leafroll Virus***

WIWIK ARISKA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Bioteknologi

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A.
2. Dr. Dra. Nisa Rachmania Mubarik, M.Si.



Judul Tesis : Transformasi Genetik Tanaman Kentang Varietas Granola dengan *Stacked Genes* untuk Ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*, *Potato Virus Y*, dan *Potato Leafroll Virus*

Nama : Wiwik Ariska

NIM : P0501222030

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.

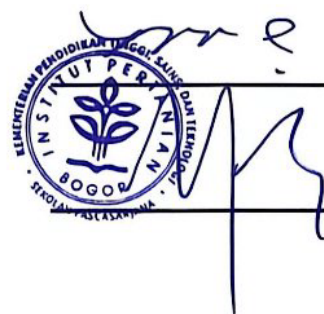
Pembimbing 2:
Dr. Drs. Edy Listanto, M.P.

Pembimbing 3:
Ir. Eny Ida Riyanti, M.Si., Ph.D.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.
NIP. 196204191989031001
Dekan Sekolah Pascasarjana :
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002



Tanggal Ujian: 19 Februari 2026

Tanggal Lulus: 11 MAY 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas segala rahmat, karunia, dan inayah-Nya sehingga penyusunan tesis dengan judul “Transformasi Genetik Tanaman Kentang Varietas Granola dengan *Stacked Genes* untuk Ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*, *Potato Virus Y*, dan *Potato Leafroll Virus*” berhasil diselesaikan.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si, Dr. Drs. Edy Listanto, M.P. dan Ir. Eny Ida Riyanti, M.Si., Ph.D yang telah membimbing selama proses penelitian, penyusunan, dan penyelesaian tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. drh. Huda Shalahudin Darusman, M.Si. selaku moderator kolokium, Dr. Dra. Nunik Sri Ariyanti, M.Si. selaku moderator seminar hasil, Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A. selaku penguji luar komisi, dan Dr. Dra. Nisa Rachmania Mubarik, M.Si. selaku pimpinan sidang atas arahan, saran dan masukannya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen Program Studi Bioteknologi atas ilmu, pengalaman, dan bimbingannya selama penulis menempuh perkuliahan. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada tenaga kependidikan, yaitu Keresyanto Kaparang, A.Md., atas bantuan, dukungan, dan pelayanan administrasi yang diberikan selama proses studi.

Penghargaan penulis sampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa selama penulis menempuh studi magister di IPB, melalui kontrak Nomor: SKPB-79/LPDP/LPDP.3/2023, dan Nomor Induk Beasiswa: 202301111500092. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ratih Asmana Ningrum selaku Kepala Pusat Riset Rekayasa Genetika, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), atas izin penelitian dan dukungan fasilitas selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada para peneliti yaitu Rikno Harmoko, Ph.D, Dr. Enung Sri Mulyaningsih, M.Si, Alfia Annur Aini Azizi, M.Si, dan Dr. Yashanti Berlinda Paradisa, M.Sc yang telah membantu melancarkan kegiatan penulis selama penelitian. Ucapan terima kasih diberikan kepada keluarga besar Laboratorium *Green House* (GH) Riset atas saran dan dukungannya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Ucapan apresiasi juga diberikan kepada proyek *Feed the Future Global Biotech Potato Partnership (FtFGBPP)* yang dipimpin oleh Michigan State University (MSU), dengan David Douches, Ph.D. selaku Direktur Proyek dan didukung oleh *United States Agency for International Development (USAID)*, melalui Perjanjian Hibah No. RC112966 - ROAF antara Michigan State University, Amerika Serikat, dan Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional - (ORPP-BRIN), atas kontribusinya dalam penyediaan bahan penelitian dan pemberian izin penggunaan *Agrobacterium rhizogenes* ArPORT1. Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada kedua orang tua, Ayah Awaludin dan Ibu Maimunah, serta Kakak dan seluruh keluarga atas doa, dukungan, dan semangat yang tidak pernah henti diberikan selama penulis menyelesaikan studi pendidikan Magister di IPB.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan sejawat, khususnya Anis Afifah, Farah Mahfudhah, Bella Rahayu Insanu, Dian Natalia Peni, Shavira Amalia Rahim, Abdan Arjaka Hidayat, Widya Kurniawati, Renni



Oktaviani, Meysin Anjliany, Halimah Dwi Yolanda, Vika Ayu Safitri, dan Nanda Adya Sasmita, teman-teman Bioteknologi 2022, serta seluruh tim di Laboratorium *Green House* (GH) Riset, atas berbagai ilmu, masukan, dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian hingga penulisan tesis. Ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada Cikal Rambasae N atas segala dukungan, semangat, doa, dan perhatian yang diberikan selama penulis menempuh proses studi hingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Wiwik Ariska



@Hak cipta milik IPB University

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.



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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	ii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Kentang Granola	5
2.2 Penyakit Hawar Daun pada Tanaman Kentang	6
2.3 Gejala Penyakit Hawar Daun	6
2.4 Siklus Penyakit Hawar Daun	9
2.5 Sejarah Penyakit Hawar Daun	11
2.6 Perkembangan Gen Bertumpuk	12
2.7 Konstruksi Vektor Plasmid	12
2.8 Anotasi T-DNA <i>pMSU2DR-02</i>	13
2.9 Ketahanan terhadap Penyakit Hawar Daun	13
2.10 Ketahanan terhadap PVY	14
2.11 Ketahanan terhadap PLRV	14
2.12 Ketahanan terhadap Kanamisin (<i>nptII</i>)	15
2.13 Mekanisme Aksi (MA) Gen Ketahanan	16
2.14 Transformasi Genetik Tanaman melalui <i>A. rhizogenes</i>	16
III METODE	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Kerja	21
3.3.1. Optimasi Perbanyakkan Tanaman Kentang Secara <i>In-Vitro</i>	21
3.3.2. Optimasi Regenerasi Tanaman Kentang Pra Transformasi	22
3.3.3. Perbanyakkan <i>A. rhizogenes</i> ArPORT1	23
3.3.4. Transformasi Genetika Tanaman Kentang	23
3.3.5. Analisis Integrasi <i>Stacked Genes</i>	24
3.4 Analisis Data	25
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Respon Pertumbuhan Vegetatif Granola Secara <i>In-vitro</i>	26
4.2 Respon Regenerasi Granola Terhadap Media Pertumbuhan	27
4.3 Introduksi <i>Stacked Genes</i> ke Tanaman Kentang Granola	29
4.4 Analisis Integrasi Transgen pada Kentang Transgenik Granola	32



V SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	51
RIWAYAT HIDUP	55

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.

DAFTAR TABEL

1	Primer yang digunakan untuk amplifikasi <i>stacked genes</i>	20
2	Primer yang digunakan untuk deteksi <i>backbone</i>	21
3	Pengaruh sumber eksplan dan jenis eksplan	26
4	Pengaruh media pertumbuhan terhadap regenerasi kentang Granola	27
5	Efisiensi transformasi dan regenerasi kentang Granola transgenik putatif	29
6	Rekapitulasi tunas positif hasil konfirmasi PCR	33
7	Hasil amplifikasi gen <i>nptII</i> , <i>stack</i> , dan <i>backbone</i>	39

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian introduksi gen ketahanan (<i>stacked genes</i>) ke dalam genom tanaman kentang	4
2	Kultur in-vitro tanaman kentang Granola	5
3	Gejala penyakit hawar daun di lapangan	7
4	Pertumbuhan penyakit hawar daun	7
5	Infeksi penyakit hawar daun pada umbi kentang	8
6	Fase aseksual <i>P. infestans</i>	8
7	Fase seksual <i>P. infestans</i>	9
8	Siklus hidup patogen kentang <i>P. infestans</i>	10
9	Proses integrasi T-DNA dari <i>Agrobacterium</i> ke dalam sel tanaman	17
10	Peta daerah T-DNA plasmid pMSU2DR-02	19
11	Peta plasmid pMSU2DR-02 <i>A. rhizogenes</i> ArPORT1	20
12	Pemilihan eksplan nodal tanaman kentang	22
13	Skema tahapan regenerasi tanaman kentang	23
14	Respon regenerasi eksplan ruas batang setelah perlakuan <i>in vitro</i>	28
15	Visualisasi regenerasi eksplan Gra M dan Gra I	28
16	Eksplan ruas batang sebelum infeksi <i>A. rhizogenes</i>	29
17	Tahapan transformasi tanaman kentang Granola	30
18	Perbandingan respons morfologi eksplan kentang Granola	31
19	Hasil PCR <i>stacked genes</i> dari tanaman kentang Granola	35
20	Hasil analisis keberadaan gen insert pada klon-klon putatif transgenik	37
21	Diagram T-DNA GAENTRY 14-stack	38

DAFTAR LAMPIRAN

1	Media Optimasi Regenerasi Pra Transformasi	51
2	Komposisi Media Pertumbuhan Bakteri	51
3	Komposisi Media Ko-kultivasi Cair	51
4	Komposisi Media Ko-kultivasi Padat	52
5	Komposisi Media Induksi Kalus	52

6	Komposisi Media Seleksi	52
7	Hasil PCR DNA Plasmid <i>pMSU2DR-02</i> menggunakan 7 primer stack	53
8	Hasil PCR DNA Plasmid <i>pMSU2DR-02</i> menggunakan primer <i>nptII</i>	53
9	Hasil PCR DNA Kentang GRA I menggunakan primer 1 dan 7 stack	53
10	Deskripsi Tanaman Kentang Kultivar Granola L	54

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

