

**TRANSFORMASI GENETIK TANAMAN KENTANG
(*Solanum tuberosum* L.) KULTIVAR IPB CP2
MENGUNAKAN GEN *MmCu/Zn-SOD* UNTUK
MENINGKATKAN TOLERANSI TERHADAP KEKERINGAN**

HILDANI



**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 (*Solanum tuberosum* L.) Kultivar IPB CP2 Menggunakan Gen *MmCu/Zn-SOD* untuk Meningkatkan Toleransi terhadap Kekeringan” 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 proposal ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Hildani
P0501221011

RINGKASAN

HILDANI. Transformasi Genetik Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Kultivar IPB CP2 Menggunakan Gen *MmCu/Zn-SOD* untuk Meningkatkan Toleransi terhadap Kekeringan. Dibimbing oleh ARIS TJAHOJEKSONO dan MIFTAHUDIN.

Kentang merupakan salah satu komoditas tanaman pangan utama keempat di dunia setelah padi, gandum, dan jagung. Kentang berperan dalam ketahanan pangan serta industri pengolahan karena memiliki nilai ekonomi dan kandungan gizi seperti serat, mineral dan vitamin yang tinggi. Produksi kentang di Indonesia pada tahun 2022, mencapai 1,50 juta ton, tahun 2023 sebesar 1,24 juta ton dan tahun 2024 sebesar 1,26 juta ton. Meskipun demikian, produksi tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri terutama industri pengolahan kentang. Rendahnya produksi terkait dengan terbatasnya ketersediaan bibit dan lahan budidaya di dataran tinggi. Budidaya tanaman kentang umumnya dilakukan di dataran tinggi yang pada umumnya tidak beririgasi sehingga tanaman sering menghadapi cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan dapat menyebabkan terbentuknya *reactive oxygen species* (ROS) sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Tanaman yang tercekam dapat mengaktifkan sistem pertahanan antioksidan melalui aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD), namun sistem pertahanan ini sering kali belum cukup untuk menghadapi cekaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat bahkan tanaman mengalami kematian.

Kentang kultivar IPB CP2 telah dikembangkan di Pusat Bioteknologi IPB. Kultivar IPB CP2 memiliki kandungan pati yang tinggi sehingga dapat digolongkan sebagai kentang industri atau kentang yang cocok untuk digunakan sebagai bahan baku industri kentang olahan terutama keripik kentang. Namun demikian, sifat genetik kultivar IPB CP2 masih perlu ditingkatkan toleransinya terhadap cekaman abiotik khususnya cekaman kekeringan. Oleh karena itu Penelitian ini bertujuan menghasilkan tanaman kentang transgenik IPB CP2 yang membawa gen *MmCu/Zn-SOD* yang toleran terhadap cekaman kekeringan secara *in vitro*, serta menganalisis ekspresi gen *MmCu/Zn-SOD* pada tajuk dan akar tanaman transgenik.

Pada penelitian ini telah dilakukan transformasi genetik tanaman kentang, analisis integrasi gen *MmCu/Zn-SOD* di dalam genom kultivar kentang IPB CP2, uji cekaman kekeringan menggunakan PEG 8000 secara *in-vitro*, dan analisis ekspresi gen *MmCu/Zn-SOD*. Transformasi genetik dilakukan menggunakan metode ko-kultivasi yaitu pengkulturan eksplan bersama bakteri *Agrobacterium tumefaciens* yang membawa plasmid pGWB-*MmCu/Zn-SOD* untuk memungkinkan transfer T-DNA ke dalam sel tanaman. Sebanyak 260 eksplan berupa ruas batang tanpa mata tunas dikulturkan bersama *A. tumefaciens* selama tahap ko-kultivasi.

Analisis integrasi gen *MmCu/Zn-SOD* dilakukan dengan PCR menggunakan sepasang primer forward 35SF dan primer reverse SOD-R2. Uji cekaman terhadap cekaman kekeringan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah genotipe yang terdiri atas IPB CP2 non-transgenik (CP2NT) dan empat klon transgenik, yaitu CP2SOD1, CP2SOD2, CP2SOD3 dan CP2SOD4. Faktor kedua PEG 8000 dengan konsentrasi



10% sebagai perlakuan cekaman kekeringan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tajuk, jumlah akar, panjang akar total, bobot basah dan bobot kering akar, serta bobot basah dan bobot kering tajuk.

Transformasi menghasilkan kalus resisten terhadap higromisin 10% dengan efisiensi transformasi yaitu 50,7%. Sebagian kalus resisten higromisin regenerasi menghasilkan tunas dengan efisiensi regenerasi 29,5%. Hasil analisis integrasi dengan menggunakan primer 35SF dan SOD-R2 yang menunjukkan bahwa 6 planlet transgenik membawa gen *MmCu/Zn-SOD* di bawah kendali promotor 35S. Dari 6 klon transgenik dipilih 4 klon yang memiliki pertumbuhan lebih baik yaitu CP2SOD1, CP2SOD2, CP2SOD3 dan CP2SOD4, untuk digunakan pada uji cekaman kekeringan dan analisis ekspresi gen. Klon transgenik CP2SOD3 memiliki pertumbuhan terbaik dalam kondisi tercekam berdasarkan tinggi tanaman, panjang akar, dan jumlah akar. Semua klon transgenik maupun non transgenik mengekspresikan gen *MmCu/Zn-SOD* di akar lebih tinggi pada kondisi tercekam (PEG 10%) dibandingkan pada kondisi tidak tercekam (tanpa PEG). Klon CP2SOD3 memiliki nilai ekspresi gen tertinggi pada akar baik pada kondisi tercekam maupun tidak tercekam

Kata kunci: *Agrobacterium tumefaciens*, keripik kentang, Pusat Bioteknologi IPB, tanaman transgenik

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.

SUMMARY

HILDANI. Genetic Transformation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivar IPB CP2 Using the *MmCu/Zn-SOD* Gene to Enhance Drought Tolerance. Supervised by ARIS TJAHJOLEKSONO and MIFTAHUDIN

Potatoes are the world's fourth most important food crop after rice, wheat, and corn. Potatoes play a role in food security and the processing industry due to their economic value and high levels of nutrients, minerals, and vitamins. Potato production in Indonesia reached 1.50 million tons in 2022, 1.24 million tons in 2023, and 1.26 million tons in 2024. However, this production is insufficient to meet domestic demand, especially for the potato processing industry. Low production is due to the limited availability of seeds and cultivated land in the highlands. Potatoes are generally grown in highlands that typically lack irrigation, so the plants often face drought stress. Drought stress can induce the accumulation of reactive oxygen species (ROS), which, when present in excess, can cause oxidative damage and inhibit plant growth. Plants respond to drought stress by activating their antioxidant defense systems. Including superoxide dismutase (SOD), which plays an important role in detoxifying ROS. However, this endogenous defense system may be insufficient to control excessive ROS. However, this endogenous defense may be insufficient to control excessive ROS accumulation under severe or prolonged stress, resulting in growth inhibition and potentially plant death. The IPB CP2 potato cultivar has been developed by a team at the IPB Biotechnology Center. The IPB CP2 cultivar has a high starch content, making it suitable for the processed industry, especially potato chips. However, the genetic characteristics of the IPB CP2 cultivar still need to be improved in terms of tolerance to abiotic stresses, particularly drought stress.

This study aimed to develop transgenic IPB CP2 potato plants carrying the *MmCu/Zn-SOD* gene with improved drought tolerance in vitro and to analyze the expression of the *MmCu/Zn-SOD* gene in the shoots and roots of the transgenic plants. This study conducted genetic transformation of potato plants, analysis of the integration of the *MmCu/Zn-SOD* gene into the genome of the IPB CP2 potato cultivar, in vitro drought stress testing using PEG 8000, and analysis of the expression of the *MmCu/Zn-SOD* gene. Genetic transformation was carried out using the co-cultivation method. A total of 260 explants in the form of stem segments without buds were grown together (co-cultivation) with *Agrobacterium tumefaciens* bacteria carrying the plasmid pGWB-MmCu/Zn-SOD. Analysis of the integration of the *MmCu/Zn-SOD* gene was carried out by PCR using a pair of forward primers 35SF, and reverse primer SOD-R2. The drought stress test was conducted using a completely randomized design (CRD) with two factors and three replications.

The first factor was the genotype consisting of non-transgenic IPB CP2 (CP2NT) and four transgenic clones, namely CP2SOD1, CP2SOD2, CP2SOD3, and CP2SOD4. The second factor was PEG 8000 with a concentration of 10% to induce drought stress. The parameters observed included shoot height, number of roots, total root length, fresh weight and dry weight of roots, and fresh weight and dry weight of shoots. Transformation resulted in 132 hygromycin-resistant calli,

corresponding to a transformation of 50.7%. Some hygromycin-resistant with a transformation efficiency of 50.7%.. Some hygromycin-resistant calli regenerated, producing shoots with a regeneration efficiency of 29.5%. Integration analysis using primers 35SF and SOD-R2 showed that six transgenic plantlets carried the *MmCu/Zn-SOD* gene under the control of the 35S promoter. Of the six transgenic clones, four clones showing better growth, namely CP2SOD1, CP2SOD2, CP2SOD3, and CP2SOD4, were selected for drought stress test. with superior growth, CP2SOD1, CP2SOD2, CP2SOD3, and CP2SOD4. were selected for use in drought stress tests. The CP2SOD3 transgenic clone had the best growth under stress conditions based on plant height, root length, and root number. All transgenic and non-transgenic clones expressed the *MmCu/Zn-SOD* gene at higher levels in roots under stress conditions (10% PEG) than under non-stress conditions (without PEG).

Keywords: *Agrobacterium tumefaciens*, chips potatoes, IPB Biotechnology Center transgenic plants

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.

© Hak Cipta milik IPB, 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 (*Solanum tuberosum* L.) KULTIVAR IPB CP2 MENGGUNAKAN GEN *Mmcu/Zn-SOD* UNTUK MENINGKATKAN TOLERANSI TERHADAP KEKERINGAN

HILDANI

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



- 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 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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Syahnada Jaya Syaifullah, S.Si., M.Sc.Agr., Ph.D

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penyusunan tesis dengan judul “Transformasi Genetik Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Kultivar IPB CP2 Menggunakan Gen *MmCu-Zn-SOD* untuk Meningkatkan Toleransi terhadap Kekeringan” telah berhasil diselesaikan.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing, Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono D.E.A dan Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si yang telah membimbing dan memberi masukan serta saran selama proses penelitian dan penulisan tesis ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Syahnada Jaya Syaifullah, S.Si., M.Sc.Agr., Ph.D selaku penguji luar komisi dan Dr. Prayoga Suryadarma, S.T.P., MT selaku pimpinan sidang atas saran masukan. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen Program Studi Bioteknologi atas seluruh ilmu, motivasi dan pengalaman yang diberikan selama penulis menempuh perkuliahan, serta bapak Keresyanto yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada kedua orang tua Bapak, Mama, serta kakak penulis yaitu Indriyani, Samlan Solo dan Muh. Ali Yakin Solo serta seluruh keluarga penulis atas doa, dukungan, harapan dan semangat yang tidak pernah henti diberikan selama penulis menyelesaikan pendidikan magister di IPB. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada para staf laboran yaitu Mbak Pepi Elvavina, Mbak Nia Dahniar, Mbak Sarah, Teh Neneng Karimariyati, Pak Sairi, Pak Asep dan Pak Mulya atas bantuan kepada penulis selama mengerjakan penelitian. Ucapan terima kasih diberikan kepada keluarga besar Laboratorium BIORIN atas saran dan dukungan atas saran dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Ucapan terima kasih diberikan kepada teman penulis terkhusus kepada Kak Musawira, Afrida Sari, Farah Mahfudhah, Abdan Arjaka Hidayat, Anis Afifah, Pak Redi, teman-teman di laboratorium BIORIN, serta teman-teman Bioteknologi 2022 atas segala ilmu, semangat dan saran selama penulis melaksanakan penelitian dan penulisan tesis. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada sahabat penulis dari masuk kuliah susah, senang, dukungan, suport kita bersama Rahmah Mutmainnah Azam. Ucapan terimakasih untuk teman penulis Yulia Fatmawati, Yutriana putri, Rezka Nurachmawati, Muh Ilham, Muh Farij, Fitrianasari, serta teman-teman Ikatan Mahasiswa Pascasarjana Sulawesi Tenggara (IMPASTRA) atas segala dukungan yang diberikan selama penulis menjadi menjalani pendidikan studi magister.

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

Bogor, Agustus 2026

Hildani

Judul Tesis : Transformasi Genetik Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)
Kultivar IPB CP2 Menggunakan Gen *MmCu-Zn-SOD* untuk
Meningkatkan Toleransi terhadap Kekeringan

Nama : Hildani
NIM : P0501222021

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, DEA.



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Miftahuddin, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Bioteknologi:

Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.
NIP. 196204191989031001



Dekan Sekolah Pascasarjana:

Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002




Tanggal Ujian: 07 Agustus 2026

Tanggal Lulus: 13 AUG 2026

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penyusunan tesis dengan judul “Transformasi Genetik Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Kultivar IPB CP2 Menggunakan Gen *MmCu-Zn-SOD* untuk Meningkatkan Toleransi terhadap Kekeringan” telah berhasil diselesaikan.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing, Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono D.E.A dan Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si yang telah membimbing dan memberi masukan serta saran selama proses penelitian dan penulisan tesis ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Syahnada Jaya Syaifullah, S.Si., M.Sc.Agr., Ph.D selaku penguji luar komisi dan Dr. Prayoga Suryadarma, S.T.P., MT selaku pimpinan sidang atas saran masukan. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen Program Studi Bioteknologi atas seluruh ilmu, motivasi dan pengalaman yang diberikan selama penulis menempuh perkuliahan, serta bapak Keresyanto yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada kedua orang tua Bapak, Mama, serta kakak penulis yaitu Indriyani, Samlan Solo dan Muh. Ali Yakin Solo serta seluruh keluarga penulis atas doa, dukungan, harapan dan semangat yang tidak pernah henti diberikan selama penulis menyelesaikan pendidikan magister di IPB. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada para staf laboran yaitu Mbak Pepi Elvavina, Mbak Nia Dahniar, Mbak Sarah, Teh Neneng Karimaryati, Pak Sairi, Pak Asep dan Pak Mulya atas bantuan kepada penulis selama mengerjakan penelitian. Ucapan terima kasih diberikan kepada keluarga besar Laboratorium BIORIN atas saran dan dukungan atas saran dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Ucapan terima kasih diberikan kepada teman penulis terkhusus kepada Kak Musawira, Afrida Sari, Farah Mahfudhah, Abdan Arjaka Hidayat, Anis Afifah, Pak Redi, teman-teman di laboratorium BIORIN, serta teman-teman Bioteknologi 2022 atas segala ilmu, semangat dan saran selama penulis melaksanakan penelitian dan penulisan tesis. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada sahabat penulis dari masuk kuliah susah, senang, dukungan, suport kita bersama Rahmah Mutmainnah Azam. Ucapan terimakasih untuk teman penulis Yulia Fatmawati, Yutriana putri, Rezka Nurachmawati, Muh Ilham, Muh Farij, Fitrianasari, serta teman-teman Ikatan Mahasiswa Pascasarjana Sulawesi Tenggara (IMPASTRA) atas segala dukungan yang diberikan selama penulis menjadi menjalani pendidikan studi magister.

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

Bogor, Agustus 2026

Hildani

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kentang Kultivar IPB CP2	3
2.2 Transformasi Genetik Tanaman dengan <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	3
2.3 Reactive Oxygen Species (ROS)	6
2.4 Superoksida Dismutase (SOD)	7
2.5 Penggunaan PEG terhadap Cekaman Abiotik Kekeringan	8
III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
3.3 Perbanyakkan Planlet Kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L.) secara	12
3.4 Perbanyakkan Bakteri <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	12
3.5 Transformasi Genetik Tanaman Kentang Kultivar IPB CP2	12
3.6 Seleksi dan Regenerasi Tanaman	13
3.7 Isolasi DNA Genom Kentang	13
3.8 Analisis Integritas DNA	14
3.9 Analisis Integrasi Gen <i>MmCu/Zn-SOD</i>	14
3.10 Uji Cekaman Kekeringan secara <i>In-Vitro</i>	14
3.11 Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Introduksi Gen <i>MmCu/Zn-SOD</i> ke Tanaman Kentang Kultivar IPB CP2	15
4.2 Analisis Integritas DNA Genom Kentang	16
4.3 Analisis Integrasi Gen <i>MmCu/Zn-SOD</i>	16
4.4 Analisis Toleransi Cekaman Kekeringan secara <i>In-Vitro</i>	17
4.5 Pembahasan	19
V SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	30



DAFTAR TABEL

1	Radikal dan non radikal ROS serta sistem antioksidan secara enzimatis dan non transgenik	6
2	Primer analisis integrasi dan analisis ekspresi gen <i>MmCu/Zn-SOD</i>	12
3	Karakter pertumbuhan kentang IPB CP2 transgenik dan non transgenik pada parameter tinggi tanaman, bobot basah, bobot kering tajuk dan bobot kering akar	16
4	Respon pertumbuhan akar tanaman kentang IPB CP2 transgenik dan non transgenik	18
5	Respon pertumbuhan akar tanaman kentang IPB CP2 transgenik dan non transgenik terhadap cekaman osmotik	18

DAFTAR GAMBAR

1	Proses transfer dan integrasi T-DNA	4
2	Lokasi enzim SOD pada sel tanaman	8
3	Peta daerah T-DNA plasmid pGWB5-MmCu/Zn-SOD	11
4	Introduksi Gen <i>MmCu/Zn-SOD</i> ke tanaman kentang kultivar IPB CP2	15
5	Analisis Integritas Gen <i>MmCu/Zn-SOD</i> ke tanaman kentang kultivar IPB CP2	16
6	Analisis integrasi Gen <i>MmCu/Zn-SOD</i> ke tanaman kentang kultivar IPB CP2	17
7	Analisis Toleransi Cekaman Kekeringan secara <i>In-Vitro</i>	17

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi media dasar MS (Murashige dan Skoog 1962)	28
2	Komposisi media Luria Bertani (LB)	28
3	Komposisi media pra-kultur	28
4	Komposisi media ko-kultivasi cair	28
5	Komposisi media ko-kultivasi padat	28
6	Komposisi media induksi kalus	29
7	Komposisi media seleksi	29
8	Komposisi media MS cair	29
9	Komposisi media dasar MS+PEG10%	29
10	Komposisi Buffer <i>Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide</i> (CTAB)	29