

# OPTIMASI EKSTRAKSI DAN KULTUR AKAR *IN VITRO* SENYAWA POLIFENOL DAN ANTIOKSIDAN PADA TEMULAWAK

SRI MARYATI



PROGRAM STUDI BIOKIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026

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.



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Optimasi Ekstraksi dan Kultur Akar *In Vitro* Senyawa Polifenol dan Antioksidan pada Temulawak” 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, April 2026

Sri Maryati  
G8501232033

- 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.

## RINGKASAN

SRI MARYATI. Optimasi Ekstraksi dan Kultur Akar *In Vitro* Senyawa Polifenol dan Antioksidan pada Temulawak. Dibimbing oleh WARAS NURCHOLIS dan I MADE ARTIKA dan SURYA DIANTINA.

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman obat asli Indonesia yang memiliki nilai strategis dalam bidang kesehatan, pangan fungsional, dan industri jamu. Rimpangnya kaya akan metabolit sekunder, seperti polifenol, flavonoid, kurkuminoid, serta minyak atsiri (xanthorrhizol), yang berperan sebagai antioksidan alami dan memiliki berbagai aktivitas farmakologis, antara lain antiinflamasi, hepatoprotektif, antidiabetes, dan antikanker. Potensi bioaktivitas yang tinggi menjadikan temulawak berpeluang besar dikembangkan sebagai bahan baku fitofarmaka dan produk biofarmasi modern. Meskipun demikian, optimalisasi pemanfaatan senyawa bioaktif dari temulawak masih menghadapi beberapa tantangan, terutama terkait efisiensi proses ekstraksi dan upaya peningkatan kandungan metabolit sekunder. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi kondisi ekstraksi terbaik guna menghasilkan ekstrak rimpang temulawak dengan total fenolik, total flavonoid dan kapasitas antioksidan yang maksimal menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Selain itu, penelitian ini juga menerapkan pendekatan bioteknologi melalui kultur akar *in vitro* dengan perlakuan elisitasi untuk meningkatkan akumulasi metabolit sekunder secara terkontrol dan berkelanjutan.

Penelitian ini terdiri atas dua tahapan utama. Tahap pertama adalah optimasi proses ekstraksi menggunakan MAE dengan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) berbasis BBD, dengan variasi konsentrasi etanol, daya *microwave*, dan waktu ekstraksi. Parameter respon yang diamati meliputi kandungan total fenolik (TPC), total flavonoid (TFC), dan kapasitas antioksidan menggunakan metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP). Hasil optimasi menunjukkan bahwa kondisi ekstraksi optimum dicapai pada konsentrasi etanol 96%, daya *microwave* 100 W, dan waktu ekstraksi 2,384 menit. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai TPC sebesar 19,54 mg GAE/g DW, TFC sebesar 145,90 mg QE/g DW, serta kapasitas antioksidan sebesar 13,31  $\mu\text{mol TE/g DW}$ . Nilai *desirability* sebesar 0,990 menunjukkan tingkat kesesuaian model yang sangat tinggi terhadap kondisi optimum yang dihasilkan. Hasil verifikasi model juga menunjukkan nilai *Relative Standard Error* (RSE) < 5% serta uji *One Sample t-Test* dengan nilai  $p > 0,05$ , yang mengindikasikan bahwa model optimasi yang digunakan bersifat valid dan akurat.

Tahap kedua dilakukan pengembangan kultur akar *in vitro* temulawak yang dielisitasi menggunakan dua jenis elisitor dengan variasi konsentrasi, yaitu kitosan (50 dan 100 mg/L) dan asam salisilat (5 dan 10 mg/L), disertai penambahan sukrosa pada konsentrasi 30 dan 60 g/L. Biomassa akar *in vitro* yang dihasilkan selanjutnya diekstraksi menggunakan kondisi optimum MAE yang diperoleh pada tahap pertama. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kandungan TPC, TFC, dan kapasitas antioksidan (FRAP) untuk mengevaluasi efektivitas perlakuan elisitasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan kitosan 100 mg/L dan sukrosa 30 g/L menghasilkan nilai tertinggi, yaitu TPC sebesar 1,96 mg GAE/g FW, TFC sebesar 2,37 mg QE/g FW, serta kapasitas antioksidan sebesar 3,17  $\mu\text{mol TE/g}$



FW. Analisis statistik menggunakan *Two-Way* ANOVA yang dilanjutkan dengan uji Tukey HSD menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antarperlakuan ( $p < 0,05$ ), sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis dan konsentrasi elisitor berpengaruh nyata terhadap peningkatan kandungan metabolit sekunder pada kultur akar *in vitro*.

Secara keseluruhan, integrasi antara optimasi metode ekstraksi MAE dan penerapan teknologi kultur akar *in vitro* dengan elisitasi dalam penelitian ini memberikan pendekatan yang inovatif, efektif, dan berkelanjutan dalam meningkatkan produksi senyawa bioaktif dari temulawak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan temulawak sebagai sumber bahan baku industri farmasi dan pangan fungsional, sekaligus memperkuat pemanfaatan keanekaragaman hayati Indonesia melalui pendekatan ilmiah berbasis bioteknologi modern.

**Kata kunci:** antioksidan, elisitasi, metabolit sekunder, *Microwave-Assisted Extraction* (MAE), kultur *in vitro*

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## SUMMARY

SRI MARYATI. Optimization of Extraction and *In Vitro* Root Culture of Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity in Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). Supervised by WARAS NURCHOLIS, I MADE ARTIKA, and SURYA DIANTINA.

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) is a medicinal plant native to Indonesia that holds strategic value in the fields of health, functional foods, and the herbal medicine industry. Its rhizomes are rich in secondary metabolites, such as polyphenols, flavonoids, curcuminoids, and essential oils (xanthorrhizol), which act as natural antioxidants and possess various pharmacological activities, including anti-inflammatory, hepatoprotective, antidiabetic, and anticancer effects. Its high bioactivity potential makes *C. xanthorrhiza* a prime candidate for development as a raw material for phytopharmaceuticals and modern biopharmaceutical products. However, optimizing the utilization of bioactive compounds from *C. xanthorrhiza* still faces several challenges, particularly regarding extraction process efficiency and efforts to increase secondary metabolite content. Therefore, this study aims to determine the optimal extraction conditions to produce *C. xanthorrhiza* rhizome extract with maximum total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant capacity using the Microwave-Assisted Extraction (MAE) method. Additionally, this study also employs a biotechnology approach through *in vitro* root culture with elicitation treatments to enhance the accumulation of secondary metabolites in a controlled and sustainable manner.

This study consisted of two main stages. The first stage involved optimizing the extraction process using MAE with a BBD-based Response Surface Methodology (RSM) approach, varying ethanol concentration, microwave power, and extraction time. The response parameters observed include total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant capacity using the Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) method. The optimization results indicate that optimal extraction conditions were achieved at an ethanol concentration of 96%, microwave power of 100 W, and an extraction time of 2,384 minutes. Under these conditions, TPC was 19,54 mg GAE/g DW, TFC was 145,90 mg QE/g DW, and antioxidant capacity was 13,31  $\mu\text{mol TE/g DW}$ . A desirability value of 0,990 indicates a very high level of model fit to the resulting optimal conditions. Model verification results also showed a Relative Standard Error (RSE)  $< 5\%$  and a One-Sample t-Test with a p-value  $> 0,05$ , indicating that the optimization model used is valid and accurate.

The second stage involved the *in vitro* development of temulawak root cultures elicited using two types of elicitors at varying concentrations: chitosan (50 and 100 mg/L) and salicylic acid (5 and 10 mg/L), with the addition of sucrose at concentrations of 30 and 60 g/L. The resulting *in vitro* root biomass was then extracted using the optimal MAE conditions obtained in the first stage. Subsequently, analyses of TPC, TFC, and antioxidant capacity (FRAP) were performed to evaluate the effectiveness of the elicitation treatments. The results showed that the combination of 100 mg/L chitosan and 30 g/L sucrose produced the highest values: TPC of 1,96 mg GAE/g FW, TFC of 2,37 mg QE/g FW, and antioxidant capacity of 3,17  $\mu\text{mol TE/g FW}$ . Statistical analysis using Two-Way



ANOVA followed by Tukey's HSD test revealed significant differences among treatments ( $p < 0,05$ ), indicating that the type and concentration of the elicitor significantly influence the increase in secondary metabolite content in *in vitro* root cultures.

Overall, the integration of MAE extraction method optimization and the application of *in vitro* root culture technology with elicitation in this study provides an innovative, effective, and sustainable approach to enhancing the production of bioactive compounds from *C. xanthorrhiza*. The results of this study are expected to support the development of *C. xanthorrhiza* as a source of raw materials for the pharmaceutical and functional food industries, while also strengthening the utilization of Indonesia's biodiversity through a scientific approach based on modern biotechnology.

**Keywords:** antioxidant, elicitation, *in vitro* culture, Microwave-Assisted Extraction (MAE), secondary metabolites



© 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.*

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.



# **OPTIMASI EKSTRAKSI DAN KULTUR AKAR *IN VITRO* SENYAWA POLIFENOL DAN ANTIOKSIDAN PADA TEMULAWAK**

**SRI MARYATI**

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

**PROGRAM STUDI BIOKIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



**@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.



Judul Tesis : Optimasi Ekstraksi dan Kultur Akar *In Vitro* Senyawa Polifenol dan Antioksidan pada Temulawak  
Nama : Sri Maryati  
NIM : G8501232033

@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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Waras Nurcholis, S.Si., M.Si

Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App. Sc

Pembimbing 3:  
Surya Diantina, S.P., M.Si., Ph.D

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si  
NIP. 197005032005011001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam :  
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si  
NIP. 197807232007011001

Tanggal Ujian:  
14 April 2026

Tanggal Lulus:



### @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.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2024 sampai bulan April 2025 ini mengangkat tema mengenai optimasi proses ekstraksi terhadap kandungan polifenol, kapasitas antioksidan, serta peningkatan produksi metabolit sekunder dengan teknik elisitasi pada tanaman temulawak, dengan judul “Optimasi Ekstraksi dan Kultur Akar *In Vitro* Senyawa Polifenol dan Antioksidan pada Temulawak”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Waras Nurcholis, S.Si., M.Si; Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M. App. Sc; Surya Diantina, S.P., M.Si, Ph.D., selaku komisi pembimbing atas segala arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan pengerjaan tesis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si, selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor sekaligus penguji atas saran, kritik konstruktif, dan evaluasi yang sangat bermakna dalam penyempurnaan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga penulis tujukan kepada moderator serta penguji luar komisi pembimbing atas masukan dan rekomendasi yang sangat berarti bagi peningkatan kualitas penelitian ini. Seluruh dosen dan staf Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Martini, S.Si., M.Si beserta staf Laboratorium atas bantuan yang diberikan dalam teknik pengerjaan di laboratorium, dan Taopik Ridwan, S.P, M.Si. beserta staf Kebun Biofarmaka IPB yang telah membantu selama persiapan sampel. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberi izin penelitian, Nunung, S.P beserta staf Laboratorium yang telah membantu selama pengumpulan data.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah Suid dan Ibu Samsiah, kakak-kakak tercinta Hamdani, Taufik, dan adik Nur Haliza, saudara ipar Yuni Kurnia dan Tri Wasilah, serta keponakan tersayang Abid Zain, Yumna dan Athara atas doa, dukungan, kasih sayang, dan semangat yang senantiasa mengiringi penulis selama masa studi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada sahabat-sahabat terkasih, Zaitunnisya, Mutiara Alfalah, Risna Milenia, Stevanni, dan Nadia Ulfa, atas kebersamaan, dukungan moral, dan perjuangan bersama selama menempuh pendidikan Magister Biokimia.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan karya ilmiah dan penelitian yang dilakukan. Penulis berharap semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, April 2026

*Sri Maryati*

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 mengumunkan 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.

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Kebaruan ( <i>Novelty</i> )	4
1.7 Hipotesis Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Temulawak ( <i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.)	5
2.2 Metabolit Sekunder	7
2.3 <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)	8
2.4 Teknik Elisitasi	9
2.5 Fenolik	10
2.6 Flavonoid	11
2.7 Antioksidan	12
2.8 <i>Box- Behnken Design</i>	14
III Optimasi Ekstraksi Polifenol dan Kapasitas Antioksidan Temulawak Menggunakan <i>Microwave-Assisted Extraction</i>	15
3.1 Pendahuluan	16
3.2 Bahan dan Metode	18
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.4 Hasil dan Pembahasan	21
3.5 Simpulan dan Saran	29
IV Pengaruh Elisitor terhadap Kandungan Senyawa Bioaktif, dan Kapasitas Antioksidan pada Kultur Akar <i>In Vitro</i> Temulawak	30
4.1 Pendahuluan	31
4.2 Bahan dan Metode	32
4.3 Prosedur Penelitian	33
4.4 Hasil dan Pembahasan	36
4.5 Simpulan dan Saran	46
V PEMBAHASAN UMUM	47
VI SIMPULAN DAN SARAN	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	73
RIWAYAT HIDUP	86



## DAFTAR TABEL

1	Kode dari tiga variabel <i>Box-Behnken Design</i> untuk ekstraksi MAE	19
2	Desain eksperimen <i>Box-Behnken</i> untuk ekstraksi MAE	19
3	Persamaan model respons untuk optimasi ekstraksi temulawak	22
4	Hasil ANOVA untuk respon TPC, TFC dan FRAP	22
5	Hasil eksperimen <i>Box-Behnken Design</i> untuk TPC, TFC dan FRAP	24
6	Formula optimum hasil optimasi ekstraksi temulawak dengan <i>Box-Behnken Design</i>	27
7	Data eksperimen validasi nilai prediksi kadar TPC, TFC, dan antioksidan FRAP pada kondisi ekstraksi optimal	29
8	Laju pertumbuhan dan <i>index</i> pertumbuhan kultur akar <i>in vitro</i> temulawak	40

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 GAMBAR

1	Tanaman temulawak ( <i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.)	6
2	Temulawak: (A) Daun. (B) Bunga. (C) Rhizome	6
3	Jalur metabolisme primer dan sekunder pada tanaman	8
4	Mekanisme elisitasi pada tanaman	10
5	Struktur fenolik	11
6	Kelas flavonoid berdasarkan oksidasi rantai C3	12
7	Interaksi radikal bebas dan antioksidan	13
8	Reaksi uji FRAP	14
9	3D- <i>graph</i> hasil total fenolik dari efek kombinasi	25
10	3D- <i>graph</i> hasil total flavonoid dari efek kombinasi	26
11	3D- <i>graph</i> hasil antioksidan (FRAP) dari efek kombinasi	27
12	<i>Contour plot</i> nilai <i>desirability</i> formula optimum	28
13	Pertumbuhan eksplan temulawak	37
14	Akar <i>in vitro</i> temulawak sebelum perlakuan	38
15	Morfologi akar <i>in vitro</i> setelah perlakuan selama 8 minggu	39
16	Kandungan rata-rata fenolik total dengan 10 perlakuan	41
17	Kandungan rata-rata flavonoid total dengan 10 perlakuan	43
18	Kandungan rata-rata kapasitas antioksidan dengan 10 perlakuan	45
19	Grafik permukaan respon plot 2D hasil analisis perbandingan nilai aktual dan prediksi	47
20	Mekanisme reaksi uji fenolik menggunakan Folin-Ciocalteu	49
21	Mekanisme reaksi uji flavonoid menggunakan $AlCl_3$	50
22	Mekanisme reaksi uji kapasitas antioksidan metode FRAP	51
23	Diagram alur biosintesis komponen pertahanan tanaman	53

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 LAMPIRAN

1	Tabel ANOVA untuk model kuadrat TPC	74
2	Tabel ANOVA untuk model kuadrat TFC	74
3	Tabel ANOVA untuk model kuadrat antioksidan FRAP	75
4	61 formula optimasi ekstraksi TPC, TFC, FRAP pada temulawak	76
5	ANOVA laju pertumbuhan dan uji <i>independent T-Test</i> untuk akar <i>in vitro</i> temulawak	78
6	ANOVA <i>index</i> pertumbuhan dan uji <i>independent T-Test</i> untuk akar <i>in vitro</i> temulawak	79
7	ANOVA dan Tukey untuk TPC akar <i>in vitro</i> temulawak	80
8	ANOVA dan Tukey untuk TFC akar <i>in vitro</i> temulawak	81
9	ANOVA dan Tukey untuk FRAP akar <i>in vitro</i> temulawak	82
10	Kurva standar pengujian kandungan total fenolik dengan menggunakan standar asam galat	83
11	Kurva standar pengujian kandungan total flavonoid dengan menggunakan standar kuersetin	83
12	Kurva standar pengujian kapasitas antioksidan dengan menggunakan standar trolox	84
13	Alur Penelitian	85

@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.