

- 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.

# KORELASI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PROPOLIS LEBAH *Tetragonula laeviceps* TERHADAP INHIBISI ENZIM TIROSINASE, ELASTASE DAN KOLAGENASE SECARA *IN VITRO*

TRI HADI HANDAYANI



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI BOKIMIA  
BOGOR  
2026



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Korelasi Aktivitas Antioksidan Propolis Lebah *Tetragonula laeviceps* terhadap Inhibisi Enzim Tirosinase, Elastase dan Kolagenase Secara *In Vitro*” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains. Karya ini 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.

Dalam penyusunan karya ini, penulis tidak menggunakan bantuan kecerdasan buatan dalam proses penulisan, analisis, maupun penyusunan isi karya tugas akhir ini. Penulis bertanggung jawab penuh atas seluruh isi karya tugas akhir ini.

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

Bogor, Juni 2026

Tri Hadi Handayani  
G8501232032

- 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, tahun 2026<sup>1</sup>  
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.*

## SOROTAN

TRI HADI HANDAYANI. Korelasi Aktivitas Antioksidan Propolis Lebah *Tetragonula laeviceps* terhadap Inhibisi Enzim Tirosinase, Elastase dan Kolagenase Secara *In Vitro*. Dibimbing oleh DIMAS ANDRIANTO dan SIH KAHONO.

1. Penelitian ini membahas bioprospeksi propolis *T. laeviceps* sebagai kandidat bahan baku alami, dengan tujuan mengidentifikasi profil senyawa metabolit sekunder serta aktivitas biologisnya.
2. Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi dengan variasi kepolaran pelarut untuk menginvestigasi profil ekstrak dengan *LC-HRMS*, serta aktivitas antioksidan, anti-tirosinase, anti-elastase, dan anti-kolagenase.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat memiliki aktivitas tertinggi.
4. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap bioprospeksi propolis serta menawarkan wawasan baru mengenai produk perlebahan Indonesia, khususnya lebah tak bersengat, sebagai bahan aktif alami.
5. Tugas akhir ini menunjukkan pentingnya pembuktian ilmiah bioaktivitas propolis dalam pemanfaatan potensi sumber daya hayati Indonesia untuk pengembangan produk kosmetik.

## HIGHLIGHTS

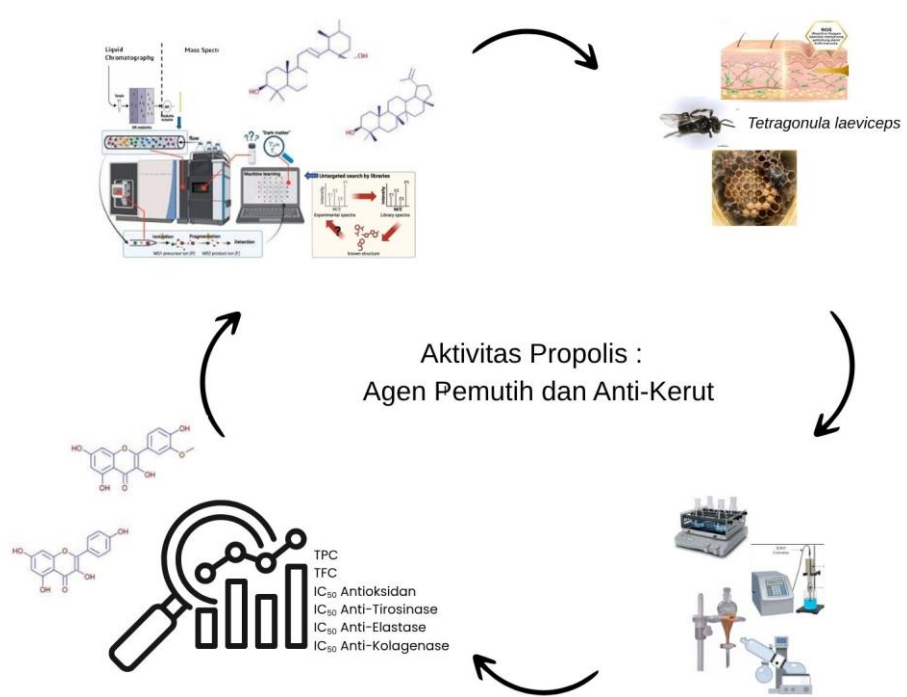
TRI HADI HANDAYANI. Correlation Between the Antioxidant Activity of *Tetragonula laeviceps* Propolis and the In Vitro Inhibition of Tyrosinase, Elastase, and Collagenase. Supervised by DIMAS ANDRIANTO and SIH KAHONO.

1. This study addresses the bioprospecting of *T. laeviceps* propolis as a potential natural resource, aiming to evaluate secondary metabolite profiles and biological activities.
2. The research employs extraction using different polarity solvents to investigate the profile of secondary metabolites using *LC-HRMS*, antioxidant, anti-tyrosinase, anti-elastase, and anti-collagenase *IC<sub>50</sub>* assays.
3. Results indicate that the ethyl acetate extract obtained the strongest bioactivities.
4. The findings contribute to the bioprospecting of propolis from stingless bee as a natural resource, offering new insight into naturally active ingredients.
5. This thesis demonstrates the importance of validating the bioactivities of propolis, suggesting potential application in the development of cosmetics.

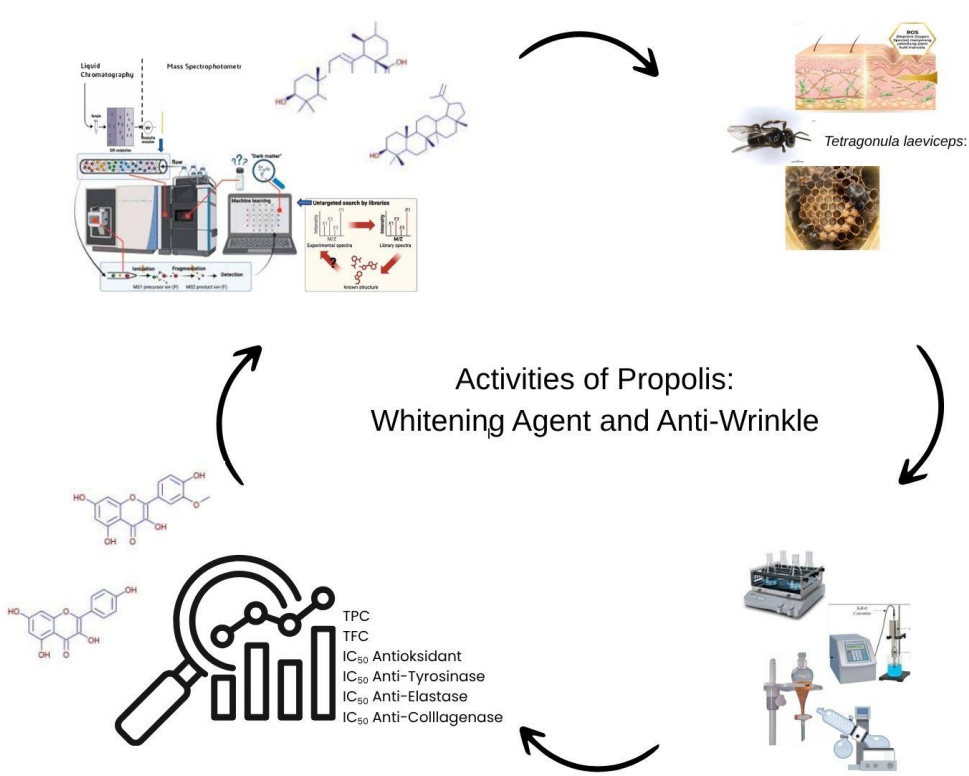


- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - 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 VISUAL



## GRAPHICAL SUMMARY





## RINGKASAN

TRI HADI HANDAYANI. Korelasi Aktivitas Antioksidan Propolis Lebah *Tetragonula laeviceps* terhadap Inhibisi Enzim Tirosinase, Elastase dan Kolagenase Secara *In Vitro*. Dibimbing oleh DIMAS ANDRIANTO dan SIH KAHONO.

Trend penuaan kulit muncul pada usia 20 tahun yang ditandai dengan permasalahan kulit seperti kerutan halus, hiperpigmentasi, dan pembesaran pori-pori. Faktor ekstrinsik merupakan pemicu utama penuaan karena hanya sekitar 3 % disebabkan oleh faktor intrinsik. Peremajaan kulit sebagai pencegahan dan pengobatan anti-penuaan melalui kosmetik mendorong pasar kosmetik Indonesia berkembang pesat, namun kontradiksi terjadi seiring makin tingginya penyitaan produk ilegal karena tidak memiliki nomor izin edar dan mengandung bahan berbahaya. Pengungkapan potensi bioprospeksi sumber daya hayati Indonesia, yaitu propolis lebah tanpa sengat sebagai bahan baku alami, memerlukan kajian ilmiah yang komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan korelasi antara metode ekstraksi dan variasi kepolaran pelarut dengan kandungan senyawa metabolit sekunder, serta korelasi antara aktivitas antioksidan dan aktivitas inhibisi enzim tirosinase, elastase, dan kolagenase pada propolis *T. laeviceps*.

Metode UAE dengan waktu yang lebih singkat menghasilkan rendemen ekstrak sekitar  $42,93 \pm 3,16$  % lebih tinggi dibandingkan dengan metode maserasi klasik. Nilai total flavonoid dan total fenolik berkorelasi negatif kuat dengan nilai  $IC_{50}$  antioksidan, anti-tirosinase, anti-elastase, dan anti-kolagenase. Nilai  $IC_{50}$  antioksidan berkorelasi positif dengan nilai  $IC_{50}$  anti-tirosinase, anti-elastase, dan anti-kolagenase.. Ekstrak etil asetat UAE memiliki nilai TPC  $127,04 \pm 1,16$  mg GAE/g, TPC  $74,85 \pm 1,09$  mg QE/g,  $IC_{50}$  DPPH  $76,32 \pm 2,13$   $\mu$ g/ml,  $IC_{50}$  ABTS  $192,35 \pm 1,89$   $\mu$ g/ml,  $IC_{50}$  FRAP  $3,07 \pm 0,11$   $\mu$ g/ml,  $IC_{50}$  CUPRAC  $13,55 \pm 1,80$   $\mu$ g/ml,  $IC_{50}$  TBARS  $20,37 \pm 0,98$   $\mu$ g/ml,  $IC_{50}$  anti-tirosinase  $100,39 \pm 1,56$   $\mu$ g/ml,  $IC_{50}$  anti-elastase  $185,60 \pm 6,23$   $\mu$ g/ml, dan  $IC_{50}$  anti-kolagenase  $77,53 \pm 1,39$   $\mu$ g/ml, yang masing-masing lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak heksan, etanol, dan air pada perlakuan maserasi klasik dan UAE. Profil metabolit sekunder ekstrak propolis didominasi oleh golongan terpenoid, flavonoid, fenolik, dan asam lemak. Jenis senyawa umum yang ditemukan (1) terpenoid: golongan monoterpenoid (citral), diterpenoid (D,L-camphor, carvone,(9cis)-retinal), triterpenoid (botulin, ursolic acid, lupeol), dan sesquiterpenoid (caryophyllene oxide); (2) flavonoid: quercetin, apigenin, isorhamnetin, myricitrin, myricetin, mearnsitrin, taxifolin, dan kaempferol; (3) fenolik: syringic acid, 4- coumaric acid, dan methoxycinnamic acid; (4) asam lemak:  $\alpha$ -linolenic acid, 13(S)-HOTrE, docosapentaenoic acid, pinolenic acid, eicosapentaenoic acid, arachidonic acid, palmitoleic acid, dan stearic acid; (5) vitamin: ergocalciferol dan nicotinic acid. Implikasi hasil bioaktivitas dan profil metabolit sekunder propolis *T. laeviceps* sebagai kandidat bahan alami untuk sediaan kosmetik dengan klaim antioksidan, agen pemutih, dan anti-penuaan.

Kata kunci: antioksidan, agen pemutih, anti-kerut, propolis, *Tetragonula laeviceps*



## SUMMARY

TRI HADI HANDAYANI. Correlation Between the Antioxidant Activity of *Tetragonula laeviceps* Propolis and the In Vitro Inhibition of Tyrosinase, Elastase, and Collagenase. Supervised by DIMAS ANDRIANTO and SIH KAHONO.

Skin aging trends have been reported to emerge as early as age 20 and are characterized by fine wrinkles, hyperpigmentation, and enlarged pores. Extrinsic factors are considered the primary drivers of skin aging, whereas only approximately 3 % of aging is attributed to intrinsic factors. Skin rejuvenation as an anti-aging preventive and therapeutic approach through cosmetic products has contributed to the rapid growth of the Indonesian market. However, this growth is accompanied by a contradiction: the number of illegal cosmetics products seized has continued to increase due to the lack of marketing authorization and the presence of hazardous substances. Therefore, exploring the potential of Indonesian biological resources, particularly stingless bee propolis, requires comprehensive scientific investigation. This study aimed to determine the correlations between extraction methods and variations in solvent polarity on the composition of secondary metabolites, as well as between antioxidant and anti-tyrosinase, anti-elastase, and anti-collagenase activities in *Tetragonula laeviceps* propolis.

The UAE method, despite requiring a shorter extraction time, produced an extraction yield of  $42,93 \pm 3,16$  %, which was higher than that obtained with conventional maceration. Phenolic and flavonoid values show strong negative correlations with the IC<sub>50</sub> values for antioxidant, anti-tyrosinase, anti-elastase, and anti-collagenase activities. The antioxidant IC<sub>50</sub> value shows a strong positive correlation with the anti-tyrosinase, anti-elastase, and anti-collagenase IC<sub>50</sub> values. The UAE ethyl acetate extract resulted a TPC  $127,04 \pm 1,16$  mg GAE/g, TPC  $74,85 \pm 1,09$  mg QE/g, IC<sub>50</sub> DPPH  $76,32 \pm 2,13$  µg/ml, IC<sub>50</sub> ABTS  $192,35 \pm 1,89$  µg/ml, IC<sub>50</sub> FRAP  $3,07 \pm 0,11$  µg/ml, IC<sub>50</sub> CUPRAC  $13,55 \pm 1,80$  µg/ml, IC<sub>50</sub> TBARS  $20,37 \pm 0,98$  µg/ml, IC<sub>50</sub> anti-tyrosinase  $100,39 \pm 1,56$  µg/ml, IC<sub>50</sub> anti-elastase  $185,60 \pm 6,23$  µg/ml, dan IC<sub>50</sub> anti-kolagenase  $77,53 \pm 1,39$  µg/ml. These activities were consistently higher than those of the hexane, ethanol, and aqueous extracts obtained by both conventional maceration and UAE. The secondary metabolite profile of the propolis extract was predominantly composed of terpenoids, flavonoids, phenolics, and fatty acids. Commonly identified compounds included (1) terpenoids: class monoterpenoids (citral), diterpenoids (D,L-camphor, carvone, and (9cis)-retinal), triterpenoids (ursolic acid, and lupeol), and sesquiterpenoids (caryophyllene oxide); (2) flavonoids: quercetin, apigenin, isorhamnetin, myricitrin, myricetin, mearnsitrin, taxifolin, dan kaempferol; (3) phenolics: syringic acid, 4-coumaric acid, dan methoxycinnamic acid; (4) fatty acid (α-linolenic acid, 13(S)-HOTrE, docosapentaenoic acid, pinolenic acid, eicosapentaenoic acid, arachidonic acid, palmitoleic acid, and stearic acid); (5) vitamins: ergocalciferol and nicotinic acid. These bioactivity results and secondary metabolite profiles highlight the potential of propolis as a natural candidate ingredient for cosmetic formulations with antioxidant, skin-whitening, and anti-aging claims.

**Keywords:** antioxidant, anti-wrinkle, propolis, *Tetragonula laeviceps*, whitening agent



**@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 : Korelasi Aktivitas Antioksidan Propolis Lebah *Tetragonula laeviceps* terhadap Inhibisi Enzim Tirosinase, Elastase dan Kolagenase Secara *In Vitro*.

Nama : Tri Hadi Handayani  
NIM : G8501232032

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Dimas Andrianto, S.Si, M.Si

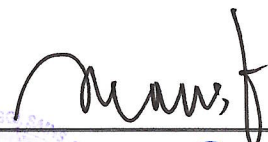


Pembimbing 2:  
Dr. Sih Kahono, M.Si

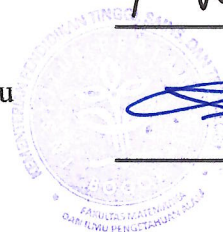


Diketahui oleh

Ketua Program Studi Biokimia:  
Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si.  
NIP 19700503 200501 1 001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam:  
Dr. Berry Juliandi, S.Si, M. Si.  
NIP 19780723 200701 1 001



Tanggal Ujian:  
30 Juni 2026

Tanggal Lulus:



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Judul dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2025 sampai bulan September 2025 ini ialah Korelasi Aktivitas Antioksidan Propolis Lebah *Tetragonula laeviceps* terhadap Inhibisi Enzim Tirosinase, Elastase dan Kolagenase Secara *In Vitro*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Dimas Andrianto, S.Si, M.Si dan Dr. Sih Kahono, M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Penghargaan penulis sampaikan kepada Direktorat Manajemen Talenta BRIN sebagai penyelenggara *degree by research*, serta kepada Kepala Pusat Riset Zoologi Terapan BRIN atas monitoring dan evaluasi selama penyelesaian studi, beserta staf Laboratorium Bioprospeksi Hewan dan Laboratorium Nutrisi yang telah membantu dalam pengumpulan dan pengolahan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Muhamad Ridwan (suami), Haliza Fawwaz Ayuningtyas (anak), Muhamad Rava Pradipta (anak), dan Farzana Nahda Ayunindya (anak) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tulus.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

*Tri Hadi Handayani*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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                                                                   | xvi |
| DAFTAR GAMBAR                                                                  | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN                                                                | xii |
| 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                                                              | 3   |
| 1.6 Hipotesis                                                                  | 3   |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                                            | 5   |
| 2.1 Aktivitas Antioksidan                                                      | 5   |
| 2.2 Enzim Tirosinase                                                           | 9   |
| 2.3 Enzim Elastase                                                             | 10  |
| 2.4 Enzim Kolagenase                                                           | 11  |
| 2.5 Lebah <i>Tetragonula laeviceps</i>                                         | 12  |
| 2.6. Propolis <i>Tetragonula laeviceps</i>                                     | 14  |
| 2.7. Metode Ekstraksi                                                          | 15  |
| 2.8 Instrument <i>Liquid Chromatography -High Resolution Mass Spectrometry</i> | 16  |
| III METODE                                                                     | 19  |
| 3.1 Waktu dan Tempat                                                           | 19  |
| 3.2 Alat dan Bahan                                                             | 19  |
| 3.3 Ekstraksi Sampel                                                           | 19  |
| 3.4 Aktivitas Antioksidan, Total Fenolik, dan Total Flavonoid                  | 20  |
| 3.5 Aktivitas Anti-Tirosinase                                                  | 22  |
| 3.6 Aktivitas Anti-Kolagenase                                                  | 22  |
| 3.7 Aktivitas Anti-Elastase                                                    | 23  |
| 3.8 Analisis Profil Senyawa Aktif dengan LC-HRMS                               | 23  |
| 3.9 Analisis Data                                                              | 23  |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN (terpisah atau gabung)                                 | 25  |
| 4.1 Hasil                                                                      | 25  |
| 4.2 Pembahasan                                                                 | 37  |
| V SIMPULAN DAN SARAN                                                           | 41  |
| 5.1 Simpulan                                                                   | 41  |
| 5.2 Saran                                                                      | 41  |
| DAFTAR PUSTAKA                                                                 | 43  |
| LAMPIRAN                                                                       | 49  |
| RIWAYAT HIDUP                                                                  | 65  |

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.



## DAFTAR TABEL

|   |                                                                                                         |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Komposisi Senyawa Metabolit Sekunder pada Propolis                                                      | 14 |
| 2 | Prediksi Senyawa Metabolit pada Ekstrak Propolis <i>T. laeviceps</i><br>Berdasarkan Perlakuan Ekstraksi | 34 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                                           |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Mekanisme Reaksi <i>1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl</i> (DPPH)                              | 6  |
| 2  | Mekanisme Reaksi <i>2,2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid)</i> (ABTS)     | 7  |
| 3  | Mekanisme Reaksi <i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i> (FRAP)                          | 7  |
| 4  | Mekanisme Reaksi Cupric Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)                            | 8  |
| 5  | Mekanisme Reaksi <i>Thiobarbituric Acid Reactive Substance</i> (TBARS)                    | 9  |
| 6  | Mekanisme Reaksi Total Fenolik                                                            | 9  |
| 7  | Struktur Enzim Tirosinase                                                                 | 10 |
| 8  | Jalur Biosintesis Melanin                                                                 | 10 |
| 9  | Struktur Enzim Elastase                                                                   | 11 |
| 10 | Struktur Enzim Kolagenase MMP-1                                                           | 11 |
| 11 | Skema Perubahan Fibroblast, Kolagen, dan Serat Elastis pada Penuaan Kulit                 | 12 |
| 12 | Lebah <i>Tetragonula laeviceps</i>                                                        | 13 |
| 13 | Struktur Sarang Lebah <i>Tetragonula laeviceps</i>                                        | 13 |
| 14 | Mekanisme Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder                                            | 16 |
| 15 | Mekanisme/Prinsip Kerja Liquid Chromatography High-Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS) | 18 |
| 16 | Nilai Rendemen Ekstrak Propolis <i>Tetragonula laeviceps</i>                              | 25 |
| 17 | Nilai TPC Ekstrak Propolis <i>Tetragonula laeviceps</i>                                   | 26 |
| 18 | Nilai TFC Ekstrak Propolis <i>Tetragonula laeviceps</i>                                   | 26 |
| 19 | Aktivitas Antioksidan IC <sub>50</sub> Metode DPPH                                        | 27 |
| 20 | Aktivitas Antioksidan IC <sub>50</sub> Metode ABTS                                        | 28 |
| 21 | Aktivitas Antioksidan IC <sub>50</sub> Metode FRAP                                        | 28 |
| 22 | Aktivitas Antioksidan IC <sub>50</sub> Metode CUPRAC                                      | 29 |
| 23 | Aktivitas Antioksidan IC <sub>50</sub> Metode TBARS                                       | 30 |
| 24 | Nilai IC <sub>50</sub> Anti-Tirosinase                                                    | 30 |
| 25 | Nilai IC <sub>50</sub> Anti-Elastase                                                      | 31 |
| 26 | Nilai IC <sub>50</sub> Anti-Kolagenase                                                    | 31 |
| 27 | Kovarian Matriks Antarvariabel                                                            | 32 |
| 28 | Biplot <i>Principal Chemometric Analysis</i> (PCA) Multivariat <i>T. laeviceps</i>        | 33 |
| 29 | Distribusi Senyawa pada Perlakuan UAE dan Maserasi Klasik                                 | 33 |
| 30 | Biplot <i>Principal Chemometric Analysis</i> (PCA) Senyawa Metabolit <i>T. laeviceps</i>  | 36 |
| 31 | Pertahanan Sarang <i>T. laeviceps</i> terhadap Serangga Penyusup                          | 36 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Diagram Alir Penelitian                                                  | 51 |
| 2 Prediksi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Propolis <i>T. laeviceps</i> | 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.



- 