



PREFERENSI EKOLOGI ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) TERHADAP KANDUNGAN MINYAK ATSIRI DI KAWASAN DANAU TOBA SUMATERA UTARA

@Hak cipta milik IPB University

ENDANG KINTAMANI



**SILVIKULTUR TROPIKA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@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 DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Preferensi Ekologi Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) terhadap Kandungan Minyak Atsiri di Kawasan Danau Toba Sumatera Utara” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Agustus Tahun 2024

Endang Kintamani
E461184052

- 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

ENDANG KINTAMANI. Preferensi Ekologi Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) terhadap Kandungan Minyak Atsiri di Kawasan Danau Toba Sumatera Utara. Dibimbing oleh CECEP KUSMANA, TATANG TIRYANA, EDI MIRMANTO dan IRMANIDA BATUBARA.

Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*) termasuk ke dalam famili Rutaceae dan daerah persebaran alaminya di Indonesia terdapat di Sumatera Utara dan Aceh. Andaliman dikenal sebagai rempah “merica batak” pada kuliner khas suku Batak. Tumbuhan ini merupakan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK), memiliki nilai ekonomi tinggi dan dapat menghasilkan minyak atsiri.

Penelitian ini bertujuan untuk a) mendiskripsikan nama, jumlah dan karakteristik varietas andaliman lokal dari Humbang Hasundutan, Samosir dan Tapanuli Utara, b) menganalisis struktur tegakan dan komposisi jenis tumbuhan yang tumbuh di habitat alami andaliman berdasarkan gradien elevasi, c) menentukan kadar minyak atsiri, jenis dan kadar komponen kimia serta potensi pemanfaatan minyak atsiri buah andaliman dari beberapa varietas sebagai antipenuaan kulit, d) menentukan kadar minyak atsiri, jenis, dan kadar komponen kimia serta potensi pemanfaatan minyak atsiri daun andaliman dari beberapa varietas sebagai antiSARS-Cov-2, dan e) menentukan faktor lingkungan yang berpengaruh signifikan terhadap kadar minyak atsiri dan komponen kimia minyak atsiri buah andaliman sebagai antipenuaan kulit.

Penelitian varietas andaliman dilakukan melalui survey vegetasi, pengamatan ciri morfologi dan wawancara dengan masyarakat lokal. Di Kawasan Danau Toba, khususnya Kabupaten Humbang Hasundutan, Samosir dan Tapanuli Utara sebagai lokasi ditemukannya andaliman tercatat sebanyak sepuluh varietas, yaitu: Simanuk, Sihorbo Humbang Hasundutan, Sirangkak, Humbang Hasundutan 1, Humbang Hasundutan 2, Sihalus, Sihorbo Samosir, Siholpu, Siganjangpat, dan Tapanuli Utara 3. Setiap varietas memiliki ciri morfologi, rasa, dan aroma yang unik serta tumbuh pada elevasi yang berbeda.

Penelitian struktur dan komposisi andaliman berdasarkan gradien elevasi dilakukan dengan menggunakan petak berukuran 20 x 20 m dengan tiga ulangan pada setiap tingkat elevasi, Humbang Hasundutan (1700–1800 meter di atas permukaan laut), Samosir (1600–1700 mdpl) dan Tapanuli Utara (1500–1600 mdpl). Analisis data meliputi indeks nilai penting (INP), indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks kesamaan komunitas, indeks morishita dan asosiasi interspesifik menunjukkan bahwa kondisi vegetasi pada ketiga lokasi memiliki komposisi jenis yang bervariasi, namun komposisi jenis pada lokasi dengan elevasi 1500–1600 mdpl dan 1700–1800 mdpl secara umum memiliki kesamaan yang tinggi. Struktur vegetasi pada ketiga lokasi juga memiliki pola yang sama, dimana kerapatan individu tertinggi ditemukan pada jenis tumbuhan dengan tingkat pertumbuhan pancang. Sebaran kelas diameter didominasi tumbuhan pada kelas diameter dibawah 10 cm, dan secara vertikal didominasi oleh tumbuhan yang hidup pada stratum D dan E. Adapun untuk kelimpahan andaliman (*Z. acanthopodium*) tertinggi ditemukan pada elevasi 1700–1800 mdpl dengan kerapatan semai 67 ind/ha, pancang 742 ind/ha, dan tiang 8 ind/ha. Sebaran diameter dan tinggi andaliman pada ketiga lokasi penelitian secara umum didominasi oleh andaliman dengan diameter

batang kurang dari 10 cm dan tinggi kurang dari 5 meter. Pola sebaran andaliman pada ketiga lokasi adalah seragam ($I_p < 0$). Andaliman memiliki asosiasi positif yang kuat dengan jenis kemenyan (*Styrax paralleloneurum*) pada lokasi dengan elevasi 1500–1600 mdpl dan 1700–1800 mdpl, serta berasosiasi kuat juga dengan jenis pinus (*Pinus merkusii*) dan *Saurauia leprosa* pada lokasi dengan elevasi 1600–1700 mdpl.

Penelitian minyak atsiri andaliman buah andaliman dilakukan dengan distilasi air untuk mengisolasi minyak atsiri, dan penentuan senyawa kimia menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS). *Heatmap* digunakan untuk mengelompokkan dan menunjukkan kelimpahan senyawa dari sepuluh varietas. Penambatan molekul dilakukan dengan menggunakan *AutoDockTools 1.5.7* menunjukkan bahwa kadar minyak atsiri buah andaliman dari sepuluh varietas di Kabupaten Humbang Hasundutan, Samosir dan Tapanuli Utara yang tertinggi yaitu Varietas Siganjangpat $1,33 \pm 0,05$ % (v/w) dan Tapanuli Utara 3 $1,33 \pm 0,04$ % (v/w). Terdapat 21 senyawa kimia pada minyak atsiri buah andaliman dengan komponen kimia utama yaitu geranil asetat (29,87%) dan D-limonena (26,49%). Varietas Sihalus yang berasal dari Samosir memiliki kelimpahan senyawa geranil asetat dan D-limonena tertinggi yang berpotensi sebagai antipenuaan kulit.

Penelitian minyak atsiri daun andaliman dilakukan dengan distilasi air untuk mengisolasi minyak atsiri, dan penentuan senyawa kimia dilakukan dengan GC-MS. Metode *Principal Component Analysis (PCA)* dilakukan untuk mengelompokkan varietas andaliman. Penambatan molekul dilakukan dengan menggunakan *AutoDockTools 1.5.7*. Kadar minyak atsiri daun andaliman dari tiga varietas di Tapanuli Utara yang tertinggi yaitu Varietas Tapanuli Utara 3 $0,05 \pm 0,01$ % (v/w). Terdapat 53 komponen kimia pada minyak atsiri daun andaliman dengan komponen kimia utama yaitu limonena (Siganjangpat: 87,7%, Siholpu: 50,4% dan Varietas Tapanuli Utara 3: 42,6%). Varietas Siholpu memiliki senyawa beta-kariofilena yang paling berpotensi sebagai antiSARS-Cov-2.

Penelitian pengaruh faktor luas bidang dasar, tanah dan elevasi terhadap kadar minyak atsiri, kadar geranil asetat, dan D-limonena pada minyak atsiri buah andaliman sebagai antipenuaan kulit dilakukan dengan metode analisis vegetasi untuk mendapatkan luas bidang dasar, analisis tanah (pH, C, BOT, N, CNR, P, K, Ca, Mg, KTK, KB, SA, DU, CL, WC, dan BD), dan elevasi diukur pada setiap plot. Kandungan minyak atsiri buah andaliman meliputi kadar minyak atsiri, kadar geranil asetat, dan D-limonena. Analisis data dilakukan menggunakan *Partial Least Square Regression for Generalized Linear Models (PlsRglm)* menunjukkan faktor tanah, terutama tekstur tanah liat, berpengaruh signifikan terhadap kandungan minyak atsiri buah andaliman secara keseluruhan (kadar minyak atsiri, kadar geranil asetat, dan D-limonena). Selain faktor tanah, luas bidang dasar dan elevasi juga menjadi faktor esensial yang perlu diperhatikan pada budi daya buah andaliman sebagai antipenuaan kulit.

Kata kunci: andaliman, antipenuaan kulit, anti-SARS-Cov-2, varietas, minyak atsiri, preferensi ekologi

SUMMARY

ENDANG KINTAMANI. Ecological Preferences of Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) on Essential Oil Content in the Lake Toba Area, North Sumatra. Supervised by CECEP KUSMANA, TATANG TIRYANA, EDI MIRMANTO and IRMANIDA BATUBARA.

Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*) belongs to the Rutaceae family, and its natural distribution area in Indonesia is in North Sumatra and Aceh. Andaliman is known as the "Batak pepper," spice in Batak ethnic culinary dishes. This plant is a Non-Timber Forest Product (NTFP), has high economic value and can produce essential oils.

This study aims to a) describe the name, number, and characteristics of local andaliman varieties from Humbang Hasundutan, Samosir, and North Tapanuli, b) analyze the stand structure and composition of plant species that grow in the natural habitat of andaliman based on elevation gradients, c) determine the yield, type, and levels of chemical components and the potential use of andaliman fruit essential oil from several varieties as skin anti-aging, d) determine the yield, type, and level of chemical components and the potential use of andaliman leaf essential oil from several varieties as antiSARS-Cov-2, and e) determine the environmental factors which has a significant effect on the yield and chemical components of andaliman fruit essential oil as skin anti-aging.

The study on andaliman varieties was carried out through vegetation surveys, observing morphological characteristics, and interviews with local communities. In the Lake Toba area, especially Humbang Hasundutan, Samosir, and North Tapanuli districts, as the location where andaliman is found, there were ten varieties, namely: Simanuk, Sihorbo Humbang Hasundutan, Sirangkak, Humbang Hasundutan 1, Humbang Hasundutan 2, Sihalus, Sihorbo Samosir, Siholpu, Siganjangpat, and North Tapanuli 3. Each variety has unique morphological, taste, and aroma characteristics and grows at different elevations.

The study on the structure and composition of andaliman based on elevation gradients was carried out using plots measuring 20 x 20 m with three replications at each elevation level, Humbang Hasundutan (1700–1800 meters above sea level), Samosir (1600–1700 masl) and North Tapanuli (1500–1600 masl). Data analysis, including the importance value index (INP), Shannon-Wiener diversity index, community similarity index, Morishita index, and interspecific associations, shows that the vegetation conditions at the three locations have varying species composition. Still, the species composition at locations with an elevation of 1500–1600 masl and 1700–1800 masl generally have high similarity. The vegetation structure at the three locations also has the same pattern, where the highest individual density is found in plant species with a sapling growth rate. The diameter class distribution is dominated by plants in the diameter class less than 10 cm, and vertically, it is dominated by plants that live in stratum D and E. The highest abundance of andaliman (*Z. acanthopodium*) is 1700–1800 masl, with a seedling density of 67 plants/ha, sapling 742 ind/ha, and poles 8 ind/ha. The distribution of diameter and height of andaliman at the three study locations generally dominated by andaliman

with a stem diameter of less than 10 cm and a height of less than 5 meters. The distribution pattern of andaliman at the three locations was uniform ($I_p < 0$). Andaliman has a strong positive association with the benzoin species (*Styrax paralleloneurum*) at locations with elevations of 1500–1600 masl and 1700–1800 masl and is also strongly associated with pine species (*Pinus merkusii*) and *Saurauia leprosa* at locations with elevations of 1600–1700 masl.

The study on the essential oil of andaliman fruit was carried out by water distillation to isolate the essential oil, and the determination of chemical compounds was carried out using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A heatmap is used to group and show the abundance of compounds from ten varieties. Molecular docking carried out using AutoDockTools 1.5.7 showed that the highest yield of andaliman fruit essential oil from ten varieties in Humbang Hasundutan, Samosir and North Tapanuli districts was Variety Siganjangpat 1.33 ± 0.05 % (v/w) and North Tapanuli 3 Variety 1.33 ± 0.04 % (v/w). There are 21 chemical compounds in andaliman fruit essential oil, with the dominant chemical components are geranyl acetate (29.87%) and D-limonene (26.49%). The Sihalus variety originating from Samosir has the highest abundance of geranyl acetate and D-limonene compounds, which have the potential to act as skin anti-aging.

The study on the essential oil of andaliman leaves was carried out by water distillation to isolate the essential oil, and chemical compounds were determined using GC-MS. The andaliman varieties were grouped using the Principal Component Analysis (PCA). Molecular docking carried out using AutoDockTools 1.5.7. The yield of andaliman leaf essential oil from three varieties in North Tapanuli was the highest, namely North Tapanuli 3 Variety 0.05 ± 0.01 % (v/w). There are 53 chemical components in andaliman leaf essential oil, mainly limonene (Siganjangpat: 87.7%, Siholpu: 50.4%, and North Tapanuli 3 Variety: 42.6%). The Siholpu variety has the beta-caryophyllene compound, which has the most significant potential as an anti-SARS-Cov-2.

The study on the influence of basal area, soil, and elevation factors on the yield of geranyl acetate and D-limonene in andaliman fruit essential oil as skin anti-aging was carried out using vegetation analysis methods to obtain basal area, soil analysis (pH, C, BOT, N, CNR, P, K, Ca, Mg, KTK, KB, SA, DU, CL, WC, and BD) and the elevation was measured on each plot. The essential oil content of andaliman fruit includes yield, geranyl acetate, and D-limonene. Data was analyzed using Partial Least Square Regression for Generalized Linear Models (PlsRglm) showed that soil factors, especially clay texture, significantly affected the overall essential oil content of andaliman fruit (yield, geranyl acetate, and D-limonene). Apart from soil factors, basal area and elevation are also important factors that need to be considered in cultivating andaliman fruit, which has the potential to be skin anti-aging.

Keywords: andaliman, skin anti-aging, antiSARS-Cov-2, varieties, essential oils, ecological preferences



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 2024¹
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 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.



PREFERENSI EKOLOGI ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) TERHADAP KANDUNGAN MINYAK ATSIRI DI KAWASAN DANAU TOBA SUMATERA UTARA

ENDANG KINTAMANI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Silvikultur Tropika

**SILVIKULTUR TROPIKA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr.
- 2 Dr. Ir. Istomo, M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr.
- 2 Dr. Joeni Setijo Rahajoe



Judul Disertasi : Preferensi Ekologi Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) terhadap Kandungan Minyak Atsiri di Kawasan Danau Toba Sumatera Utara
Nama : Endang Kintamani
NIM : E461184052

@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. Ir. Cecep Kusmana, M.S., IPU
Pembimbing 2:
Dr. Tatang Tiryana, S.Hut., M.Sc.
Pembimbing 3:
Dr. Edi Mirmanto, M.Sc.
Pembimbing 4:
Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si.

Four handwritten signatures in blue ink, each on a horizontal line, corresponding to the four supervisors listed on the left.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Prijanto Pamoengkas, MSc.F.Trop.
NIP 19631206 198903 1 004
Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S.
NIP 19650122 198903 1 002

Two handwritten signatures in blue ink, each on a horizontal line, corresponding to the program head and dean listed on the left. A circular blue stamp of the Faculty of Forestry and Environment is visible behind the second signature.

Tanggal Ujian: 30 JUL 2024

Tanggal Lulus: 19 AUG 2024



@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 ini adalah Ekologi dan Kandungan Minyak Atsiri dengan judul “Preferensi Ekologi Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) terhadap Kandungan Minyak Atsiri di Kawasan Danau Toba Sumatera Utara”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Cecep Kusmana M.S., IPU, Dr. Tatang Tiryana S.Hut., M.Sc., Dr. Edi Mirmanto, M.Sc., dan Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si. yang telah berkenan membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para penguji luar komisi pembimbing Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr., Dr. Ir. Ibnul Qayim, Dr. Ir. Istomo, M.S., dan Dr. Joeni Setijo Rahajoe untuk saran dan perbaikan disertasi. Disamping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Program *Degree By Research* BRIN yang telah memberikan bantuan studi Doktor. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada orang tua (alm.), mertua (alm.), suami serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a.

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

Bogor, Agustus 2024

Endang Kintamani



@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	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
1.7 Hipotesis	5
1.8 Sistematika Disertasi	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penyebaran Andaliman	6
2.2 Famili Rutaceae, Deskripsi, dan Morfologi Andaliman	7
2.3 Etnobotani Andaliman	10
2.4 Preferensi Ekologi Andaliman	10
2.5 Fitokimia Andaliman	11
2.6 Fisiologi dan Anatomi Andaliman	13
2.7 Filogenetik Andaliman	13
2.8 Budi daya Andaliman	14
2.9 Pengolahan Pasca Panen Andaliman	14
2.10 Sosial Ekonomi Andaliman	15
2.11 Kawasan Danau Toba	15
2.12 Penyulingan (Distilasi)	16
2.13 Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)	16
III VARIETAS ANDALIMAN SEBAGAI TUMBUHAN AROMATIK DARI SUMATERA UTARA	17
3.1 Pendahuluan	17
3.2 Metode Penelitian	17
3.3 Hasil dan Pembahasan	18
3.4 Simpulan	25
IV STRUKTUR DAN KOMPOSISI ANDALIMAN BERDASARKAN GRADIEN ELEVASI	26
4.1 Pendahuluan	26
4.2 Metode Penelitian	26
4.3 Hasil dan Pembahasan	31
4.4 Simpulan	37
V POTENSI MINYAK ATSIRI BUAH ANDALIMAN SEBAGAI ANTIPENUAAN KULIT BERDASARKAN PENAMBATAN MOLEKUL	38
5.1 Pendahuluan	38

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.

5.2	Metode Penelitian	39
5.3	Hasil dan Pembahasan	41
5.4	Kesimpulan	50
VI POTENSI MINYAK ATSIRI DAUN ANDALIMAN SEBAGAI ANTISARS-COV-2 BERDASARKAN PENAMBATAN MOLEKUL		51
6.1	Pendahuluan	51
6.2	Metode Penelitian	52
6.3	Hasil dan Pembahasan	55
6.4	Simpulan	63
VII PENGARUH LUAS BIDANG DASAR, TANAH DAN FAKTOR ELEVASI TERHADAP KADAR MINYAK ATSIRI DAN KADAR GERANIL ASETAT DAN D-LIMONENA PADA BUAH ANDALIMAN		64
7.1	Pendahuluan	64
7.2	Metode Penelitian	66
7.3	Hasil dan Pembahasan	70
7.4	Simpulan	75
VIII PEMBAHASAN UMUM		76
IX SIMPULAN DAN SARAN		82
9.1	Simpulan	82
9.2	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		84
LAMPIRAN		102
RIWAYAT HIDUP		107

DAFTAR TABEL

1	Pemanfaatan andaliman oleh masyarakat lokal di India dan Indonesia	10
2	Komponen kimia minyak atsiri buah dan daun andaliman	12
3	Tabel kontingensi 2x2	30
4	Jenis-jenis pohon dominan dan kodominan di lokasi penelitian*	32
5	Indeks similaritas antar elevasi	33
6	Kerapatan individu pada berbagai tingkat pertumbuhan pada lokasi penelitian	34
7	Kerapatan individu andaliman (<i>Z. acanthopodium</i>) pada berbagai tingkat pertumbuhan	35
8	Hasil perhitungan pola sebaran andaliman di lokasi penelitian	36
9	Hasil analisis asosiasi andaliman dengan beberapa jenis pohon lain di lokasi penelitian	37
10	Komponen utama minyak atsiri varietas buah andaliman	43
11	Parameter Fisikokimia dan ADMET ligan uji	46
12	Penambatan molekul minyak atsiri varietas buah andaliman	47

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.

13	Perbedaan morfologi pada tiga varietas andaliman di Kabupaten Tapanuli Utara	51
14	Kadar minyak atsiri, tingkat aroma, dan warna dari minyak atsiri daun andaliman pada tiga varietas di Kabupaten Tapanuli Utara	55
15	Komponen kimia utama minyak atsiri daun andaliman pada tiga varietas di Kabupaten Tapanuli Utara	56
16	Parameter Fisikokimia dan ADMET Ligan uji	58
17	Penambatan molekul daun andaliman di Kabupaten Tapanuli Utara	59
18	Elevasi dan koordinat plot-plot penelitian	66
19	Kriteria Penilaian Tanah	68
20	Kondisi Tanah Habitat Andaliman di Sumatera Utara	70
21	Analisis PlsRglm	72

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pikir penelitian	4
2	Peta penyebaran andaliman di dunia (Hartley 1966)	6
3	Koleksi spesimen andaliman di Herbarium Bogoriense: (A) asal Aceh; (B) asal Sumatera Utara	7
4	Morfologi andaliman ‘Simanuk’: (A) habitus; (B) buah; (C) bunga; (D) dahan muda; (E) daun (Lumban Raja dan Hartana 2017)	9
5	Morfologi serbuk sari, biji, epidermis adaxial, dan epidermis abaxial pada andaliman. (1) <i>Z. acanthopodium</i> ‘Timbor’. Skala=100 µm (Cao and Zhang 2008); Karakteristik sel epidermis abaxial stomata dari China; (2) <i>Z. acanthopodium</i> ; (3) <i>Z. acanthopodium</i> ‘Timbor’. Skala=100µm (Cao and Zhang 2008); (4) SEM mikrograf serbuk sari <i>Z. acanthopodium</i> . Skala=3.0 µm (Cao et al. 2014); SEM mikrograf biji; (5) <i>Z. acanthopodium</i> (Thailand) Skala=200µm; (6) <i>Z. acanthopodium</i> (China). Skala=100 µm (Cao et al. 2016)	9
6	Mikroskopik simplisia buah andaliman: (1) kelenjar minyak; (2) sel rambut yang kolaps; (3) rambut biasa; (4) epidermis; (5) jaringan parenkim berwarna jingga kemerahan (Anggraeni 2020)	13
7	Proses terbentuknya kaldera Toba (Anwar et al. 1984)	16
8	Peta lokasi varietas andaliman	18
9	Varietas Simanuk. A) Pohon, B) Buah, C) Bunga, D) Daun, E) Spesimen	19
10	Varietas Sihorbo Humbang Hasundutan. A) Pohon, B) Daun, C) Buah, D) Spesimen	20
11	Varietas Sirangkak. A) Pohon, B) Buah, C) Bunga, D) Daun	20
12	Varietas Humbang Hasundutan 1. A) Pohon, B) Buah, C) Daun, D) Spesimen	21
13	Varietas Humbang Hasundutan 2. A) Pohon, B) Daun, C) Buah, D) Spesimen	22
14	Varietas Sihalus. A) Pohon, B) Buah, C) Daun, D) Duri, E) Spesimen	22
15	Varietas Sihorbo Samosir. A) Pohon; B) Buah; C) Daun, D) Batang, E) Duri, F) Spesimen	23

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.



16	Varietas Siholpu. A) Pohon, B) Buah, C) Bunga, D) Daun, E) Duri, F) Spesimen	24
17	Varietas Siganjangpat. A) Pohon, B) Buah, C) Bunga, D) Daun, E) Duri, F) Spesimen	24
18	Varietas Tapanuli Utara 3. A) Pohon, B) Buah, C) Bunga, D) Daun, E) Duri, F) Spesimen	25
19	Desain petak sampling vegetasi berukuran 20 x 20 m	27
20	Jumlah jenis pada setiap tingkat pertumbuhan di lokasi penelitian	31
21	Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') pada setiap tingkat pertumbuhan di lokasi penelitian	33
22	Sebaran kelas diameter batang pada lokasi penelitian	34
23	Kondisi struktur vertikal komunitas pohon di lokasi penelitian	35
24	Sebaran kelas diameter (A) dan kelas tinggi (B) andaliman pada lokasi penelitian	36
25	(A) Kadar minyak atsiri varietas buah andaliman SM, SRH, SK, VS, VD, SL, SRS, SH, SG dan VT; (B) Aroma dan warna minyak atsiri varietas buah andaliman. Aroma: (1) kurang wangi (SRH, VS, SL dan SRS); (2) wangi (SM, SK, VD dan SG); (3) sangat wangi (SH dan VT). Warna: (4) hampir jernih (SM, VD dan SH); (5) kuning muda (SRH, SG, dan VT) (6) kuning (SK, VS, SL, dan SRS).	42
26	GC-MS minyak atsiri varietas buah andaliman: (a) SM; (b) SRH; (c) SK; (d) VS; (e) VD; (f) SL; (g) SRS; (h) SH; (i) SG; dan (j) VT. Komponen kimia: (1) α -Pinena; (2) D-limonena; (3) linalool; (4) sitronelal; (5) neral; (6) D-sitronelol; (7) geraniol; (8) geranial; dan (9) geranil asetat.	42
27	<i>Heatmap</i> minyak atsiri varietas buah andaliman	45
28	Visualisasi interaksi kompleks ligan-reseptor; (a) asam askorbat-kolagenase, (b) geranil asetat-kolagenase, (c) asam askorbat-hialuronidase, (d) geranil asetat-hialuronidase, (e) asam askorbat-elastase, (f) geranil asetat-elastase, (g) asam askorbat-tirosinase, dan (h) geranil asetat-tirosinase	48
29	Peta Lokasi Penelitian di Kabupaten Tapanuli Utara.	53
30	Kromatogram GC-MS minyak atsiri daun andaliman varietas Siganjangpat, Siholpu, dan Varietas Tapanuli Utara 3. 1) alfa-Pinena, 2) sabinena, 3) limonena, 4) 1,8-Sineol, 5) neril asetat, 6) kariofilena	56
31	PCA 1) Varietas Siholpu; 2) Varietas Siganjangpat; 3) Varietas Tapanuli Utara 3	57
32	Mekanisme kerja antiSARS-Cov-2	61
33	Visualisasi penambatan molekul beta-kariofilena dengan (a) PLpro, (b) 3CLpro, (c) helicase, (d) nukleokapsid, (e) E-channel, dan (f) membrane	62
34	Peta lokasi plot penelitian di Sumatera Utara	67
35	<i>BCa Bootstrap CI</i> dari koefisien regresi dengan variabel dependent A) Kadar minyak atsiri, B) Geranil asetat, dan C) D-limonena	73
36	<i>Zanthoxylum essential oil</i> atau <i>Tomar seed essential oil</i>	79

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	Lampiran 1 Rekapitulasi perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) pada ketiga lokasi penelitian	103
2	Lampiran 2 Asosiasi interspesifik andaliman dengan jenis lain di lokasi 1500-1600 mdpl	104
3	Lampiran 3 Asosiasi interspesifik andaliman dengan jenis lain di lokasi 1600-1700 mdpl	105
4	Lampiran 4 Asosiasi interspesifik andaliman dengan jenis lain di lokasi 1700-1800 mdpl	106

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.