

**ANALISIS KORELASI KARAKTER AGRONOMI DAN
METABOLOMIK PADA SEMBILAN AKSESI
KAPULAGA JAWA (*Amomum compactum* Soland.
ex Maton) ASAL JAWA TENGAH**

NAFARAIN AGUNG HANIEFAN



**PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Korelasi Karakter Agronomi dan Metabolomik pada Sembilan Aksesori Kapulaga Jawa (*Amomum compactum* Soland. Ex Maton) asal Jawa Tengah” 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, Juli 2024

Nafarain Agung Haniefan
A2503202028



RINGKASAN

NAFARAIN AGUNG HANIEFAN. Analisis Korelasi Karakter Agronomi dan Metabolomik pada Sembilan Aksesori Kapulaga Jawa (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) asal Jawa Tengah. Dibimbing oleh NI MADE ARMINI WIENDI dan EDI SANTOSA.

Tanaman kapulaga jawa (*Amomum compactum*) merupakan spesies kapulaga yang dibudidayakan di Indonesia hingga saat ini. Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah merupakan provinsi penghasil kapulaga tertinggi di Indonesia. Kapulaga Jawa mengandung pola parameter senyawa metabolit sekunder dari monoterpen, sesquiterpen, diterpen, dan senyawa lainnya dimana 1,8-Cineol adalah senyawa utama dari minyak esensial kapulaga Jawa. Kapulaga umumnya dikenal sebagai “Queen of spice” karena memiliki karakter unik pada rasa dan aroma pada bijinya dan sering digunakan sebagai bumbu pada masakan ataupun untuk tujuan pengobatan. Belum adanya deskripsi karakter morfologi dan profil metabolomik pada aksesori kapulaga bisa menjadi hambatan besar dalam peningkatan nilai dari kapulaga itu sendiri. Ruang lingkup penelitian ini adalah eksplorasi aksesori kapulaga di Jawa Tengah dengan mempelajari karakter agronomi dan profil metabolomik.

Penelitian ini dilakukan dari bulan Agustus hingga bulan Oktober 2023 di lokasi asal aksesori yang diteliti di Jawa Tengah yaitu Kabupaten Banyumas, Kulon Progo, Magelang dan Purworejo untuk mempelajari karakter agronominya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sembilan aksesori tanaman kapulaga jawa dari berbagai daerah. Aksesori yang diamati diberi kode berupa singkatan berdasarkan lokasi asal aksesori dan nama lokal aksesori tersebut yaitu BM, BP, BH, KM, KP, MM, PH, PM, dan PP. Analisis metabolomik dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Daerah Jakarta Pusat pada bulan September 2023. Identifikasi senyawa bioaktif dilakukan dengan analisis metabolomik untargeted. Pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui dugaan senyawa metabolomik yang ada dalam aksesori tanaman kapulaga pada penelitian ini dilakukan dengan metode *Gas Chromatography - Mass Spectrometry* (GC-MS) *untargeted*. Sampel yang digunakan adalah biji dari sembilan aksesori kapulaga asal Jawa Tengah.

Analisis ragam dan parameter genetik pada karakter agronomi menunjukkan terdapat variasi signifikan baik antar aksesori kapulaga yang diteliti maupun antar individu didalam populasi aksesori kapulaga asal Jawa Tengah. Aksesori kapulaga yang diteliti terbagi ke dalam 3 kelompok berdasarkan analisis PCA Biplot pada karakter agronomi yaitu BM, BP, BH, KM, dan MM pada kelompok I, KP pada kelompok II, dan PM, PP, PH pada kelompok III. Persentase kemiripan antar aksesori dalam kelompok I adalah 28%, dan persentase kemiripan antar aksesori pada kelompok III adalah 46%. Kelompok I memiliki karakter agronomi penciri yaitu diameter batang, lebar daun, jumlah batang dalam rumpun, bobot 100 buah basah dan bobot 100 biji kering. Kelompok II memiliki karakter agronomi penciri yaitu tinggi batang, tinggi daun pertama, dan jumlah biji per buah. Kelompok III memiliki karakter agronomi penciri yaitu panjang daun, jarak antar iga batang dan jumlah buah per tangkai. Analisis metabolomik menggunakan GC-MS untargeted menunjukkan adanya senyawa khas dari masing-masing aksesori. Pada semua aksesori yang diuji, senyawa dominan yaitu Eucalyptol, .beta.-Pinene, dan .alpha.-Pinene secara konsisten mendominasi area% dari sampel yang diuji, dengan nilai total



melebihi 50%. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga senyawa tersebut memiliki prevalensi yang sangat tinggi dalam komposisi kimiawi dari masing-masing aksesori, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap profil metabolit yang terdeteksi. Keberadaan senyawa-senyawa ini dalam proporsi besar menandakan peran penting mereka dalam menentukan karakteristik dan potensi biologis dari ekstrak yang dianalisis, seperti efek antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba.

Dengan menggabungkan hasil analisis nilai duga heritabilitas, PCA biplot karakter agronomi, heatmap metabolomik dan korelasi karakter agronomi-metabolomik dapat diketahui potensi dari aksesori untuk dipelajari lebih lanjut terkait interaksi aksesori dengan lingkungannya seperti aksesori BM, BP, dan KP. Sedangkan aksesori PM, PP, dan PH merupakan genotipe unggul pada karakter jumlah buah per tangkai dan diameter batang dimana karakter tersebut berkorelasi positif terhadap kandungan senyawa terpenoid.

Kata kunci: keragaman, korelasi, karakter agronomi, metabolomic.

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

NAFARAIN AGUNG HANIEFAN. Correlation Analysis of Agronomic and Metabolomic Characters in Nine Accessions of Javanese Cardamom (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) from Central Java. Supervised by NI MADE ARMINI WIENDI and EDI SANTOSA.

Javanese cardamom (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) is species of cardamom cultivated in Indonesia to date. West Java and Central Java provinces are Indonesia's highest cardamom producers. Javanese cardamom contains a variable pattern of monoterpenes, sesquiterpenes, diterpenes, and other compounds, with 1,8-Cineole being the main compound in Javanese cardamom essential oil. Cardamom is commonly known as the “Queen of spices” due to its seeds' unique taste and aroma characteristics. It is often used as a seasoning in cooking or for medicinal purposes. The lack of description of morphological characters and metabolomic profiles in cardamom accessions can be a significant obstacle in increasing the value of cardamom itself. This study's scope is an exploration of agronomic characters and metabolomic profiles in Central Java.

This research was conducted from August to October 2023 in the original locations of the accessions studied in Central Java, namely Banyumas Regency, Kulon Progo, Magelang, and Purworejo, to study their agronomic characteristics. The materials used in this study were nine accessions of Javanese cardamom from various regions. The observed accessions were coded with abbreviations based on the origin of the accessions and their local names, namely BM, BP, BH, KM, KP, MM, PH, PM, and PP. Meanwhile, the metabolomic analysis was carried out at the Central Jakarta Health Laboratory in September 2023. The identification of bioactive compounds was conducted using untargeted metabolomic analysis. The approach used to identify suspected metabolomic compounds in the cardamom accessions in this study was the untargeted Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) method. The samples used were seeds from nine cardamom accessions from Central Java.

The variance analysis and genetic parameter analysis of agronomic characters showed significant variation both among the cardamom accessions studied and among individuals within the cardamom accession populations from Central Java. The cardamom accessions studied were divided into three groups based on PCA Biplot analysis of agronomic characters: BM, BP, BH, KM, and MM in group I, KP in group II, and PM, PP, and PH in group III. The similarity percentage among accessions in Group I is 28%, and the similarity percentage in Group III is 46%. Group I has agronomic characteristics such as stem diameter, leaf width, number of stems in the clump, weight of 100 fresh fruits, and weight of 100 dry seeds. Group II has agronomic characteristics such as stem height, first leaf height, and number of seeds per fruit. Group III has agronomic characteristics such as leaf length, distance between ribs, and number of fruits per cluster. Untargeted GC-MS metabolomic analysis showed the presence of distinctive compounds from each accession. In all the tested accessions, the dominant compounds Eucalyptol, β -Pinene, and α -Pinene consistently dominated the % area of the tested samples, with a total value exceeding 50%. This indicates that these three compounds have a very high prevalence in the chemical composition of each accession, significantly

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

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



contributing to the detected metabolite profile. The presence of these compounds in large proportions indicates their essential role in determining the characteristics and biological potential of the analyzed extracts, such as antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial effects.

By combining the results of the heritability estimation analysis, PCA biplot of agronomic characters, metabolomic heatmap, and agronomic-metabolomic character correlation, the potential of the accessions can be further studied concerning their interaction with the environment, such as BM, BP, and KP accessions. Meanwhile, PM, PP, and PH accessions are superior genotypes regarding the number of fruits per cluster and stem diameter, where these characters positively correlate with the content of terpenoid compounds.

Keywords: diversity, correlation, agronomic characters, metabolomics.

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 2024
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.

**ANALISIS KORELASI KARAKTER AGRONOMI DAN
METABOLOMIK PADA SEMBILAN AKSESI
KAPULAGA JAWA (*Amomum compactum* Soland. Ex Maton)
ASAL JAWA TENGAH**

Nafarain Agung Haniefan

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

**PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
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.

Ujian Penguji pada Ujian Tesis:

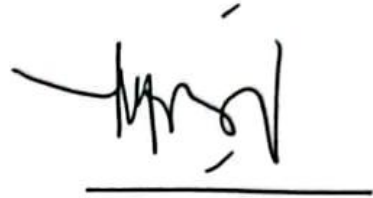
1. Dr. Ir. Trikoesoemanintyas, M.Sc.



Judul Tesis : Analisis Korelasi Karakter Agronomi dan Metabolomik pada Sembilan Aksesori Kapulaga Jawa (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) asal Jawa Tengah
Nama : Nafarain Agung Haniefan
NIM : A2503202028

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Ni Made Armini Wiendi, M.S.

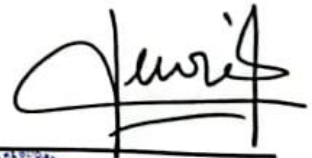


Pembimbing 2:
Prof. Dr. Edi Santosa, S.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dewi Sukma, S.P., M.Si.
NIP. 197004041997022000



Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003



Tanggal Ujian:
23 Juli 2024

Tanggal Lulus: 01 AUG 2024



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 Januari 2022 sampai bulan Juli 2024 ini ialah eksplorasi aksesori tanaman kapulaga di Jawa Tengah, dengan judul “Analisis Korelasi Karakter Agronomi dan Metabolomik pada Sembilan Aksesori Kapulaga Jawa (*Amomum compactum* Soland. Ex Maton) asal Jawa Tengah”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Ir. Ni Made Armini Wiendi, M.S. dan Prof. Dr. Edi Santosa, S.P., M.Si. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada:

1. Orangtua saya Bapak Totok Agung DH dan Ibu Nita Triana yang telah memberikan dukungan penuh baik moral maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan studi Pendidikan Magister.
2. Para dosen Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan.
3. Keluarga tercinta yang menjadi motivasi dalam menyelesaikan studi dengan baik.
4. Riyo MEBP, Febrizal S, Benyamin AA, dan Basyith MA yang telah membantu penulis dalam kegiatan perkuliahan maupun proses pengambilan data.

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

Bogor, Juli 2024

Nafarain Agung Haniefan

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Botani dan Taksonomi Tanaman Kapulaga Jawa (<i>Amomum compactum</i>)	4
2.2 Analisis Metabolomik	4
2.3 Korelasi Karakter Agronomi dengan Profil Metabolomik dalam Menentukan Aksesori Potensial	5
III METODE	7
3.1 Karakterisasi Aksesori Kapulaga Berdasarkan Karakter Agronomi	7
3.2 Analisis Metabolomik pada Aksesori Tanaman Kapulaga asal Jawa Tenga Menggunakan Analisis GC-MS <i>untargeted</i>	8
3.3 Analisis Data	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Informasi Lingkungan Berdasarkan Lokasi Aksesori	10
4.2 Keragaman Karakter Agronomi	11
4.3 Profil Metabolit Sekunder	19
4.4 Analisis Korelasi Karakter Agronomi dengan Kandungan Senyawa Metabolit	24
V SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	38



DAFTAR TABEL

1	Lokasi penelitian akses kapulaga di Jawa Tengah	7
2	Daftar lokasi dan akses kapulaga yang diamati	7
3	Informasi lingkungan asal akses kapulaga di Provinsi Jawa Tengah	10
4	Budidaya akses kapulaga pada masing-masing lokasi di Provinsi Jawa Tengah	11
5	Rerata dan koefisien keragaman karakter batang pada sembilan akses kapulaga di Jawa Tengah	12
6	Rerata dan koefisien keragaman karakter daun pada sembilan akses kapulaga di Jawa Tengah	12
7	Rerata dan koefisien keragaman karakter buah dan biji pada sembilan akses kapulaga di Jawa Tengah	13
8	Koefisien keragaman fenotipik dan nilai duga heritabilitas dalam arti luas pada karakter agronomi akses kapulaga asal Jawa Tengah	15
9	Matriks data parameter agronomi pada akses kapulaga asal Jawa Tengah	16
10	Analisis eigen pada matriks korelasi dari karakter agronomi akses kapulaga asal Jawa Tengah	17
11	Vektor eigen variabel karakter agronomi	18
12	Analisis senyawa metabolit menggunakan GC-MS pada sembilan akses kapulaga	21
13	Analisis senyawa metabolit menggunakan GC-MS pada sembilan akses kapulaga (<i>lanjutan</i>)	22

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram lingkaran produksi kapulaga di Indonesia berdasarkan provinsi tahun 2021 (BPS, 2021)	1
2	Bagan alir penelitian akses kapulaga asal Jawa Tengah	3
3	Akar dan batang sembilan akses kapulaga asal Jawa Tengah.	14
4	<i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Biplot karakter agronomi pada sembilan akses kapulaga asal Jawa Tengah	17
5	Analisis kluster berdasarkan karakter agronomi pada sembilan akses kapulaga dari Jawa Tengah, Indonesia	19
6	<i>Heatmap clustering</i> hasil analisis metabolomik menggunakan GC-MS <i>untargeted</i> pada biji dari sembilan akses kapulaga berasal dari Jawa Tengah	23
7	<i>Heatmap</i> korelasi karakter agronomi dan profil metabolomik akses kapulaga asal Jawa Tengah	25



DAFTAR LAMPIRAN

1	Dokumentasi sembilan aksesori kapulaga asal Jawa Tengah	32
2	Tabel perhitungan anova, koefisien keragaman, dan parameter genetik	35
3	PCA Biplot	37