

MORFOLOGI, PROFIL METABOLIT, DAN POTENSI ANTIOKSIDAN BEBERAPA KULTIVAR BUAH PISANG MEJA INDONESIA SEBAGAI PANGAN NUTRASETIKAL

RITA NINGSIH



**PROGRAM STUDI BIOLOGI TUMBUHAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- 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.

Perpustakaan 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 DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Morfologi, Profil Metabolit, dan Potensi Antioksidan Beberapa Kultivar Buah Pisang Meja Indonesia sebagai Pangan Nutrasetikal” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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, Februari 2022

Rita Ningsih
NIM G363150041

- 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

RITA NINGSIH. Morfologi, Profil Metabolit, dan Potensi Antioksidan Beberapa Kultivar Buah Pisang Meja Indonesia sebagai Pangan Nutrasetikal. Dibimbing oleh RITA MEGIA, MARIA BINTANG, ARIS TJAHOLEKSONO, dan MOHAMAD RAFI.

Pisang meja umumnya memiliki genotipe AA, AAA, dan AAB sedangkan pisang olahan sebagian besar bergenotipe ABB. Kandungan gizi pisang meja dapat diserap oleh tubuh jauh lebih baik dibandingkan pisang olahan karena buah dikonsumsi langsung tanpa pengolahan. Buah pisang diketahui memiliki kandungan gizi, akseptabilitas, produktivitas, dan keragaman genetik yang sangat tinggi. Oleh karena itu buah pisang merupakan salah satu pangan nutrasetikal yang memiliki potensi besar untuk mengatasi permasalahan gizi dan kesehatan global. Namun informasi dasar berupa morfologi dan kandungan fitokimia buah pisang secara detail belum tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan informasi beberapa kultivar buah pisang meja yang meliputi informasi morfologi buah, profil metabolit, kandungan polifenol dan flavonoid total, aktivitas antioksidan, dan kandungan asam folat.

Penelitian ini terdiri dari 4 bagian yaitu karakterisasi morfologi buah, analisis metabolomik, analisis potensi antioksidan, dan penentuan kandungan asam folat. Data yang diperoleh melalui penelitian ini berguna untuk pengembangan buah pisang meja yang berfokus pada perbaikan gizi dan senyawa bioaktifnya (biofortifikasi), sebagai informasi untuk masyarakat terkait pola konsumsi dan preferensi, serta untuk dasar studi nutrigenomik. Buah dari 10 kultivar pisang matang tahap 6, yang diperoleh dari 5 desa di kabupaten Bogor yaitu Ambon Putih (AAA), Ambon Kuning (AAA), Ambon Badak (AAA), Ambon Lumut (AAA), Raja Sereh (AAB), Raja Bulu (AAB), Lampung (AA), Papan (AAA), Rejang (AA), dan Udang (AAA) dikarakterisasi morfologinya berdasarkan 21 karakter deskriptor (IPGRI-INIBAP/CIRAD). Metabolit dianalisis menggunakan UHPLC-Q-Orbitrap HRMS. Penentuan kadar polifenol dan flavonoid total masing-masing menggunakan metode Folin Ciocalteu dan $AlCl_3$. Aktivitas antioksidan diukur menggunakan metode DPPH. Sedangkan kadar asam folat ditentukan dengan HPLC.

Berdasarkan hasil PCA, warna kulit buah mentah, warna kulit buah matang, dan bentuk ujung buah merupakan 3 karakter utama yang berperan besar dalam pengelompokan. Tujuh kultivar membentuk dua kelompok dan 3 kultivar lain terpisah berjauhan. Kelompok I terdiri dari Ambon Lumut dan Raja Sereh, memiliki warna kulit buah mentah berturut-turut hijau tua berbintik hitam dan hijau berbintik hitam. Kelompok II terdiri dari Ambon Kuning, Ambon Badak, Papan, Lampung, dan Rejang memiliki warna kulit buah matang kuning. Tiga kultivar terpisah yaitu Raja Bulu, Udang, dan Ambon Putih. Raja bulu memiliki bentuk ujung buah leher botol. Kultivar Udang memiliki warna kulit buah mentah merah kehijauan dan saat matang menjadi merah. Ambon putih memiliki warna kulit buah matang hijau muda kekuningan.

Secara umum profil metabolit daging buah 10 kultivar pisang meja menunjukkan pola kromatogram serupa. Senyawa yang berhasil teridentifikasi secara putatif berjumlah 19 pada mode ion positif. Keseluruhan senyawa terdapat

pada semua kultivar dengan kandungan bervariasi berdasarkan luas puncaknya. Semua senyawa telah terkonfirmasi berdasarkan pola fragmentasi MS² dan terseleksi dengan nilai error massa sebesar 10 ppm. Senyawa yang mendominasi berasal dari kelompok asam lemak diikuti oleh kelompok katekolamin, kuinon, fenol, flavonoid, asam hidroksi-sinamat, indol, dan asam amino. Sebagian besar dari senyawa tersebut merupakan komponen bioaktif penting seperti asam linoleat (Omega-6), asam linolenat (Omega-3), dopamin, asam p-kumarat, eugenol, dan mirisetin deoksiheksosa-heksosida.

Hasil PCA menunjukkan sepuluh kultivar terpisah menjadi dua kelompok berdasarkan profil metabolitnya. Kelompok I terdiri dari Ambon Kuning, Ambon Badak, Ambon Putih, Lampung, Papan, Rejang, dan Raja Sereh. Kelompok II terdiri dari Ambon Lumut, Raja Bulu, dan Udang. Asam linolenat merupakan komponen utama (PC-1: 57%) dan p-asam kumarat merupakan komponen kedua (PC-2: 38%) yang berkontribusi besar dalam pengelompokan. Ciri morfologi warna kulit buah mentah, warna kulit buah matang, warna daging buah matang, rasa dominan, ujung buah, dan bentuk buah berkorelasi dengan senyawa antrokuinonol, norefinefrin, dopamin, asam linolenat, mirisetin deoksiheksosa heksosida, metoksi karbonil glisin, dan metil linolenat. Profil metabolit dan penanda morfologi tersebut dapat digunakan untuk mengembangkan kultivar tanaman pisang sebagai sumber pangan nutrasetikal yang potensial.

Kadar polifenol total, flavonoid total, dan aktivitas antioksidan (IC₅₀) sangat signifikan bervariasi. Kadar polifenol total tertinggi ditunjukkan oleh kultivar Rejang (AA) sebesar 3498,63 mg GAE/Kg ekstrak, sedangkan terendah pada kultivar Papan (AAA) sebesar 1057,61 mg GAE/Kg ekstrak. Kandungan flavonoid total bervariasi antara 2756,07 sampai 1068,21 mg QE/Kg. Nilai tertinggi ditunjukkan oleh kultivar Ambon Lumut sedangkan terendah kultivar Lampung. Nilai IC₅₀ sampel daging buah pisang berkisar antara 3047,42 ppm pada kultivar Rejang sampai 14282,84 ppm pada kultivar Papan.

Kadar asam folat dalam daging buah 5 kultivar pisang (Ambon Kuning, Ambon Lumut, Raja Bulu, Raja Sereh, dan Lampung) menunjukkan hasil beragam. Nilai tertinggi dimiliki kultivar Lampung sebesar 24,58 µg/100 g berat segar daging buah, berbeda signifikan dari empat kultivar lainnya. Kadar asam folat tertinggi dalam rata-rata berat satu buah utuh (143,78 g) terdapat pada Ambon Kuning yaitu 32 µg. Kadar asam folat buah pisang 5 kultivar mampu memenuhi sekitar 5,3 – 6,1% nilai RDA (*Reference Dietary Allowance*) orang dewasa atau 3,5 – 4,1% nilai RDA ibu hamil.

Kultivar buah yang memiliki kelimpahan relatif tinggi sejumlah senyawa bioaktif yaitu Ambon putih, Udang, Ambon Lumut, dan Raja Bulu. Senyawa bioaktif tersebut adalah eugenol, asam palmitelaidat, antrokuinonol, asam linoleat, mirisetin deoksiheksosa heksosida, 1,4-benzokuinon, norefinefrin, asam p-kumarat, dopamin, asam linolenat, dan asam heptadekanoat. Kultivar buah rekomendasi untuk kadar polifenol total dan aktivitas antioksidan tinggi yaitu Rejang. Kultivar buah rekomendasi untuk kadar flavonoid tinggi yaitu Ambon Lumut dan asam folat tinggi yaitu Lampung. Kultivar-kultivar tersebut merupakan pisang rekomendasi untuk dikonsumsi maupun dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci: antioksidan, morfologi buah, pisang meja, profil metabolit, UHPLC-Q-Orbitrap HRMS

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

RITA NINGSIH. Morphology, Metabolite Profiling, and Antioxidant Potency of Fruit Several Indonesian Dessert Banana Cultivars as Nutraceutical Food. Supervised by RITA MEGIA, MARIA BINTANG, ARIS TJAHOLEKSONO, and MOHAMAD RAFI.

The dessert bananas genotype are generally AA, AAA, and AAB, while most of the ABB is classified as cooking bananas. Their nutritional content can be accessed much better than cooking bananas by the human body because they can be consumed directly without processing. Bananas are known to have very high nutritional content, productivity, acceptability, and genetic diversity. Therefore, Bananas are one of the nutraceutical foods that have great potential to overcome global nutrition and health problems. However, basic information related to banana's fruit morphology and phytochemical by detail is not yet available. This study aims to provide information about fruit morphology, metabolite profile, total polyphenol content, total flavonoid content, antioxidant activity, and folic acid content of several Indonesian dessert banana cultivars.

This study consisted of 4 parts, namely morphological fruit characterization, metabolomic analysis, analysis of antioxidant potency, and folic acid content. Some of this information can be used for the development of dessert bananas that focus on improving nutrients and their bioactive compounds (biofortification), also as information for the public regarding consumption patterns dan preferences, and basic information for nutrigenomic studies. The fruits of 10 banana cultivars (sixth mature stage) were obtained from 5 villages in Bogor district, namely Ambon Putih (AAA), Ambon Kuning (AAA), Ambon Badak (AAA), Ambon Lumut (AAA), Raja Sereh (AAB), Raja Bulu (AAB), Lampung (AA), Papan (AAA), Rejang (AA), and Udang (AAA) were morphologically characterized based on 21 descriptors (IPGRI-INIBAP/CIRAD). The metabolite profile was analyzed using UHPLC-Q-Orbitrap HRMS. The content of total polyphenols using the Folin Ciocalteu method, total flavonoids using the $ALCl_3$ method, antioxidant activity using the DPPH method, and folic acid content was analyzed using the HPLC method.

Based on the PCA results, unripe fruit peel color, ripe fruit color, and the shape of fruit tip are the 3 main characters that play a big role in a grouping. The seven cultivars formed two groups and the other 3 cultivars were far apart. The group I consisted of Ambon Lumut and Raja Sereh, having the color of unripe fruit peel respectively dark green with black spots and green with black spots. Group II consists of Ambon Kuning, Ambon Badak, Papan, Lampung, and Rejang has yellow ripe fruit skin color. Three separate cultivars are Raja Bulu, Udang, and Ambon Putih. Raja Bulu has the shape of a bottle neck fruit apex. Udang cultivar has a greenish-red skin color and when ripe they turn red. Ambon Putih has a yellowish light green ripe fruit peel color.

The pulp metabolite profile of 10 cultivars of dessert bananas showed a similar chromatogram pattern but in detail showed many differences in the presence, height, and peaks area. The compounds putatively identified were 19 in the positive ion mode. All compounds were found in all cultivars with varying contents based on their peak area and had been confirmed by the MS^2 fragmentation pattern and selected with 10 ppm the mass error value. Fatty acid was the main class followed

by the catecholamine, quinone, phenol, flavonoid, hydroxycinnamic, indole, and amino acids groups. Most of these are important bioactive compounds such as linoleic acid, linolenic acid, dopamine, p-coumaric acid, eugenol, myricetin deoxyhexose-hexoside etc.

PCA results showed ten cultivars were separated into two groups based on their metabolite profiles. Group I consisted of Ambon Kuning, Ambon Badak, Ambon Putih, Lampung, Papan, Rejang, and Raja Sereh. Group II consists of Ambon Lumut, Raja Bulu, and Udang. Linolenic acid was the main component (PC-1: 57%) and p-coumaric acid was the second component (PC-2: 38%) that contributed to the grouping of cultivars. Morphological characteristics of immature fruit peel color, mature fruit peel color, pulp color at maturity, predominant taste, fruit apex, and fruit shape were correlated with antroquinonol, norepinephrine, dopamine, linolenic acid, myricetin deoxihexose heksoside, methoxy carbonyl glycine, and methyl linolenat compounds. The profile of these metabolites and morphological markers can be used to develop banana plant cultivars as a potential nutraceutical food source.

Total polyphenols content, total flavonoids content, and antioxidant activity (IC₅₀) was highly variable and significantly different. The highest total polyphenol content was shown by the Rejang cultivar (AA) at 3498.63 mg GAE/Kg extract, while the lowest was in the Papan cultivar (AAA) group of 1057.61 mg GAE/Kg extract. The total flavonoid content also was quite varied, ranging from 2756.07 to 1068.21 mg QE/Kg. The highest value was indicated by the Ambon Lumut cultivar, while the lowest was the Lampung cultivar. IC₅₀ values of banana pulp samples in the form of extracts ranged from 3047.42 ppm on the Rejang cultivar to 14282.84 ppm on the Papan cultivar.

The content of folic acid in the pulp of five cultivars (Ambon Kuning, Ambon Lumut, Raja Bulu, Raja Sereh, and Lampung) showed varied results. Lampung cultivar showed the highest content (24,58 µg/100 g fresh weight), significantly different from the other four cultivars. The highest folic acid content in an average of one whole fruit (143,78 g) was found in the Ambon Kuning cultivar, which was 32 µg. The folic acid content of five banana cultivars can meet about 5.3 - 6.1% of the RDA (Reference Dietary Allowance) value for adults or 3.5 - 4.1% of the RDA value for pregnant women.

Cultivars that have a relatively high abundance of bioactive compounds are Ambon Putih, Udang, Ambon Lumut, and Raja Bulu. These bioactive compounds are such as eugenol, palmitelaidic acid, antroquinonol, linoleic acid, myrisetin deoxohexose hexoside, 1,4-benzoquinone, norepinephrine, p-coumaric acid, dopamine, linolenic acid, and heptadecanoic acid. Rejang is the recommended fruit cultivar for the highest total polyphenol content and antioxidant activity. Ambon Lumut is the recommended cultivar for the highest flavonoid content and Lampung for the highest folic acid content. These cultivars are recommended bananas for consumption or for further development.

Keywords: antioxidant, dessert banana, fruit morphology, metabolite profile, UHPLC-Q-Orbitrap HRMS





© Hak Cipta milik IPB, tahun 2022
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 apapun 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.

MORFOLOGI, PROFIL METABOLIT, DAN POTENSI ANTIOKSIDAN BEBERAPA KULTIVAR BUAH PISANG MEJA INDONESIA SEBAGAI PANGAN NUTRASETIKAL

RITA NINGSIH

Disertasi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Biologi Tumbuhan

**PROGRAM STUDI BIOLOGI TUMBUHAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

@Hak cipta milik IPB University

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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Miftahudin, M.Si
- 2 Dr. Yuyu Suryasari Poerba, M.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:


- 1 Dr. Ir. Miftahudin, M.Si
- 2 Dr. Yuyu Suryasari Poerba, M.Sc

Judul Disertasi : Morfologi, Profil Metabolit, dan Potensi Antioksidan Beberapa Kultivar Buah Pisang Meja Indonesia sebagai Pangan Nutrasetikal

Nama : Rita Ningsih
NIM : G363150041

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Rita Megia, D.E.A



Pembimbing 2:
Prof. Dr. drh. Maria Bintang, M.S



Pembimbing 3:
Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A

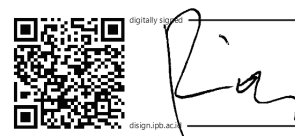


Pembimbing 4:
Dr. Mohamad Rafi, S.Si, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A



Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng



Tanggal Ujian: 14 Desember 2021

Tanggal Lulus: 14 Januari 2022

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 terkait dengan penggalian informasi dan potensi buah pisang meja Indonesia sebagai sumber pangan nutrasetikal khususnya yang berasal dari kabupaten Bogor sekitar Kampus IPB dengan judul **“Morfologi, Profil Metabolit, dan Potensi Antioksidan Beberapa Kultivar Buah Pisang Meja Indonesia sebagai Pangan Nutrasetikal”**.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pembimbing yaitu Dr. Rita Megia, D.E.A, Prof. Dr. drh. Maria Bintang, M.S, Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A, Dr. Mohamad Rafi, S.Si, M.Si yang telah banyak memberikan pembimbingan dan arahan serta saran selama pelaksanaan penelitian, penulisan disertasi, dan penulisan artikel ilmiah. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing Dr. Ir. Miftahudin, M.Si dan Dr. Yuyu Suryasari Poerba, M.Sc yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan penulisan. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada moderator seminar yaitu Dr. Ir. Nunik Sri Ariyanti, M.Si yang telah memandu berjalannya seminar hasil penelitian penulis dan atas saran masukan untuk perbaikan makalah. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada:

1. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) Tahun 2015.
2. Ketua Program Studi Biologi Tumbuhan IPB (Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A) dan sekretaris Program Studi Biologi Tumbuhan IPB (Dr. Dra. Triadiati, M.Si) atas dukungan serta arahnya kepada penulis selama menjalani studi.
3. Dosen-dosen Program Doktor pada Program Studi Biologi Tumbuhan IPB yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan program Doktor.
4. Dekan Fakultas MIPA Universitas Halu Oleo Kendari yang telah mengizinkan penulis untuk melanjutkan sekolah program Doktor di IPB Bogor.
5. Staf Laboratorium Terpadu FMIPA IPB (Ibu Retno), staf Laboratorium Penelitian Biomolekul Departemen Biokimia FMIPA IPB (M. Maftuchin Sholeh, S.Si), dan staf Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka Tropika IPB (Ibu Nunuk, S.Si, Apt, Laela Wulansari, S.Si dan Mba Hana) yang telah membantu penulis dalam pengambilan data di laboratorium.
6. Staf Laboratorium Riset Unggulan (*Advanced Laboratory*) IPB (Dewi Anggraini Septaningsih, S.Si, M.Si) yang telah membantu penulis dalam bentuk pendampingan selama pengambilan data analisis LC-MS.
7. M. Maftuchin Sholeh, S.Si yang telah membantu penulis dalam pengolahan data statistik, *editing* naskah disertasi, dan pembuatan peta lokasi pengambilan sampel.
8. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan penerima beasiswa BPPDN untuk dosen tahun 2015 yaitu Dr. Gunawan, M.Si, Dr. Ritha Lusian Karuwal, M.Si, Dr. Subaryanti, M.Si, dan Rudi Heryanto, S.Si, M.Si yang telah memberikan semangat, motivasi, dan perhatiannya untuk membagi suka maupun duka bersama.



9. Rekan-rekan seperjuangan di Laboratorium Fisiologi Genetika Molekuler Tumbuhan, Laboratorium Ekologi dan Sumber Daya Tumbuhan, khususnya kepada Dr. Abdul Halim Umar, S. Farm., M.Si dan Yasinta Ratna Esti Wulandari, S.Si, M.Si atas bantuan pemikiran, pendapat, kebaikan dan dorongan semangatnya sehingga saya bisa melakukan penelitian ini.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah (Suparman), ibu (Elis Rohimah), suami (Drs. Abdul Halim Lanoy, M.Li), anak-anakku (Asykar Fathoni Syukri H, Mudaffar Haddad Aiman A, dan Aslam Alkahf Nastha I) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis selama menjalani pendidikan program Doktor di Program Studi Biologi Tumbuhan Institut Pertanian Bogor, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuannya selama penelitian hingga selesainya penulisan karya ilmiah ini.

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

Bogor, Februari 2022

Rita Ningsih

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	xv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Botani dan Genetik Pisang	5
2.2 Kandungan Nutrisi Buah Pisang	6
2.3 Pematangan Pascapanen	8
2.4 Metabolomik	8
2.5 Aplikasi Metabolomik pada Tanaman	9
2.6 Radikal Bebas dan Antioksidan	10
2.7 Asam Folat	12
III METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Bahan Penelitian	14
3.3 Prosedur Kerja	15
3.3.1 Karakterisasi Morfologi Buah	15
3.3.2 Metabolit <i>Profiling</i>	17
3.3.3 Penentuan Aktivitas Antioksidan	17
3.3.4 Analisis Kadar Asam Folat	18
3.4 Analisis Data	19
3.4.1 Karakterisasi Morfologi Buah	19
3.4.2 Metabolit <i>Profiling</i>	19
3.4.3 Aktivitas Antioksidan dan Kadar Asam Folat	20
IV HASIL	21
4.1 Morfologi Buah Pisang	21
4.1.1 Hasil Analisis Multivariat	21
4.1.2 Hasil Analisis Kluster	28
4.1.3 Hasil Analisis <i>Adjusted Rand Index</i> (ARI)	29
4.1.4 Karakterisasi Agro-Morfologi Buah	30
4.2 Profil Metabolit Buah Pisang	32
4.2.1 Kromatogram Sepuluh Kultivar Pisang	32
4.2.2 Identifikasi Metabolit	33
4.2.3 Hasil Analisis Multivariat	34
4.3 Korelasi Antara Ciri Morfologi dengan Metabolit	39
4.4 Potensi Antioksidan Buah Pisang	40

4.4.1	Kadar Air Sampel dan Rendemen Ekstrak	40
4.4.2	Kadar Polifenol dan Flavonoid Total	40
4.4.3	Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀)	41
4.5	Kadar Asam Folat Buah Pisang	42
V	PEMBAHASAN	43
5.1	Morfologi Buah Pisang	43
5.1.1	Analisis Multivariat	43
5.1.2	Analisis Kluster	43
5.1.3	Analisis <i>Adjusted Rand Index</i> (ARI)	43
5.1.4	Karakterisasi Agro-Morfologi	44
5.2	Profil Metabolit Buah Pisang	44
5.2.1	Kromatogram Sepuluh Kultivar Pisang	44
5.2.2	Identifikasi Metabolit	45
5.2.3	Analisis Multivariat	46
5.3	Korelasi Antara Ciri Morfologi dengan Metabolit	48
5.4	Potensi Antioksidan Buah Pisang	49
5.4.1	Kadar Air Sampel dan Rendemen Ekstrak	49
5.4.2	Kadar Polifenol dan Flavonoid Total	50
5.4.3	Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀)	51
5.5	Kadar Asam Folat Buah Pisang	52
5.6	Kultivar Buah Pisang Rekomendasi	53
VI	SIMPULAN DAN SARAN	55
6.1	Simpulan	55
6.2	Saran	55
	DAFTAR PUSTAKA	56
	LAMPIRAN	69
	RIWAYAT HIDUP	78

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.



DAFTAR TABEL

1	Komposisi makronutrien pisang dan produk olahannya	7
2	Buah pisang meja yang menjadi bahan dalam penelitian ini	15
3	Ciri dan sifat ciri morfologi buah yang diamati dan dianalisis	15
4	Karakteristik morfologi buah pada sepuluh kultivar pisang meja indonesia	22
5	Hasil analisis <i>Adjusted Rand Index</i> (ARI) terhadap 21 karakter morfologi buah dari 10 kultivar pisang meja	30
6	Berat basah buah sepuluh kultivar pisang meja	31
7	Karakteristik agronomi buah sepuluh kultivar pisang meja	32
8	Identitas putatif senyawa dalam daging buah sepuluh kultivar pisang hasil analisis UHPLC-Q-Orbitrap HRMS	34
9	Koefisien korelasi antara ciri morfologi buah dengan senyawa metabolit pada sepuluh kultivar pisang meja	39
10	Kadar polifenol total, flavonoid total, dan nilai IC ₅₀ daging buah dari sepuluh kultivar pisang meja dalam bentuk ekstrak	41
11	Kadar asam folat dan persentase terhadap nilai RDA dari lima kultivar pisang meja	42

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir penelitian	4
2	Morfologi pisang	6
3	Tahapan pematangan pascapanen buah pisang	8
4	Pengelompokan sepuluh kultivar pisang meja berdasarkan 21 deskriptor morfologi buah hasil PCA	24
5	Sebaran 21 deskriptor morfologi buah sepuluh kultivar pisang hasil PCA	25
6	Sebaran 10 kultivar pisang dan 21 deskriptor morfologi hasil PCA	26
7	Variasi warna kulit buah pisang mentah	27
8	Variasi warna kulit buah pisang matang	27
9	Dendogram hubungan kekerabatan 10 kultivar pisang berdasarkan 21 deskriptor morfologi buah	28
10	Variasi bentuk dan ujung buah pada 10 kultivar pisang meja	29
11	Kromatogram <i>whole base peak</i> dari profil metabolit daging buah sepuluh kultivar pisang meja indonesia	33
12	Pengelompokan sepuluh kultivar pisang meja berdasarkan profil metabolit hasil PCA	35
13	Sebaran metabolit daging buah sepuluh kultivar pisang meja hasil PCA dan beberapa contoh metabolit yang berkontribusi	36
14	Sebaran sepuluh kultivar pisang meja dan sembilan belas metabolit hasil PCA	37
15	Kelimpahan relatif metabolit daging buah pada sepuluh kultivar pisang meja berdasarkan nilai luas area puncak	38
16	Persentase kadar air dan rendemen ekstrak sepuluh kultivar daging buah pisang	40

DAFTAR LAMPIRAN

1	Peta lokasi pengambilan sampel buah pisang	70
2	<i>Color chart b</i> INIBAP-CIRAD/IPGRI	71
3	Contoh perhitungan nilai <i>Adjusted Rand Index (ARI)</i>	72
4	Variasi tandan dan sisir 10 kultivar buah pisang meja	74
5	Tabel skor nilai PC-1 dan PC-2 dari 21 deskriptor morfologi hasil PCA	75
6	Identifikasi putatif senyawa pada daging buah matang pisang meja	76



@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.