

**KARAKTERISASI DAN VARIASI GENETIK MANGGA (*Mangifera* spp.)  
KOLEKSI KEBUN RAYA PURWODADI PASURUAN**

**SKRIPSI**

**Oleh :  
RIZKY MUJAHIDIN MULYONO  
NIM. 16620047**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**KARAKTERISASI DAN VARIASI GENETIK MANGGA (*Mangifera* spp.)  
KOLEKSI KEBUN RAYA PURWODADI PASURUAN**

**SKRIPSI**

**Oleh :  
Rizky Mujahidin Mulyono  
NIM. 16620047**

**diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**KARAKTERISASI DAN VARIASI GENETIK MANGGA (*Mangifera* sp.)  
KOLEKSI KEBUN RAYA PURWODADI PASURUAN**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**Rizky Mujahidin Mulyono**

**NIM. 16620047**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji**

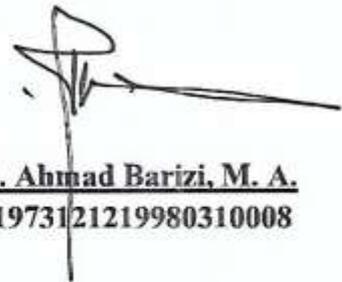
**Tanggal: Desember 2020**

**Pembimbing I**



**Didik Wahyudi, S. Si, M. Si**  
**NIP. 198601022018011001**

**Pembimbing II**



**Dr. H. Ahmad Barizi, M. A.**  
**NIP. 1973121219980310008**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi**



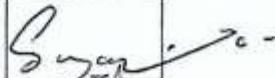
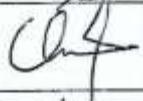
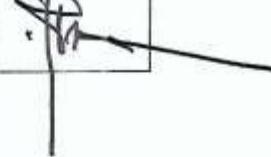
**Dr. Evika Sandi Savitri, M. P.**  
**NIP. 197410182003122002**

**KARAKTERISASI DAN VARIASI GENETIK MANGGA (*Mangifera spp.*)  
KOLEKSI KEBUN RAYA PURWODADI PURWODADI PASURUAN**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
Rizky Mujahidin Mulyono  
16620047**

**Telah dipertahankan  
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai salah satu  
persyaratan dalam untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal : 16 Desember 2020**

<b>Penguji Utama</b>	<b><u>Suyono, M.P</u> NIP.19710622 200312 1 002</b>	
<b>Ketua Penguji</b>	<b><u>Aprivono Rahadiantoro, M.Si</u> NIP. 19850429201411001</b>	
<b>Sekretaris Penguji</b>	<b><u>Didik Wahyudi, S.Si,M.Si</u> NIP. 19860102 201801 1 001</b>	
<b>Anggota Penguji</b>	<b><u>Dr. H. Ahmad Barizi, M.A</u> NIP. 1973121219980310008</b>	

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi**



**Dr. Evika Sandi Savitri, M. P.  
NIP. 197410182003122002**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan kepada semua orang dan kerabat yang telah hadir dan berpengaruh banyak dalam kehidupan penulis, terkhusus:

1. Kedua orangtua, Bapak Mis Mulyono Solichin dan Ibu Wiwit Riyanti. Yang telah dengan membesarkan, merawat, membimbing dan membawa penulis hingga pada detik ini, beserta adik penulis, Reyhan Ikhsan Mulyono yang tanpa lelah memberi semangat bagi penulis untuk menyelesaikan segala urusan, termasuk studi ini.
2. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku dosen wali yang telah membimbing penulis sejak awal menuntut ilmu di bangku perkuliahan hingga hampir menyelesaikan studi ini.
3. Didik Wahyudi, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, pikiran, dan segala hal dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi
4. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A. sebagai dosen pembimbing agama yang telah membimbing saya terkait integrasi islam dan sains.
5. M. Asmuni Hasyim, M.Si selaku dosen yang telah memberikan banyak motivasi, pengalaman, dan dorongan selama menjalani perkuliahan baik secara formal maupun non-formal
6. Teman-teman seperbimbingan, sekomunitas, setujuan, sejawat dan seperjuangan yang telah banyak berbagi pengalaman dan membantu penulis dalam menyelesaikan studi ini.
7. Kepada Mutiara Nayomi yang selalu memberikan semangatnya
8. Teman-teman Biologi 2016 dan Biologi B yang telah banyak memberi pengalaman berharga selama menjalani studi hingga detik ini.

Semoga Allah *Subhanahu WaTa'alla* memberikan balasan kebaikan yang berlimpah. Aamiin

## **MOTTO HIDUP**

“Alhamdulillah”

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizky Mujahidin Mulyono  
NIM : 16620047  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Karakterisasi dan Variasi Genetik Mangga (*Mangifera* spp.) Koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, dan / atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan / atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 7 Desember 2020  
yang membuat pernyataan



  
Rizky Mujahidin Mulyono  
NIM. 16620047

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkerkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya

## ABSTRAK

Mulyono, Rizky Mujahidin. 2020. **Karakterisasi dan Variasi Genetik Mangga (*Mangifera spp.*) Koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan.** Skripsi. Program Studi Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.  
Pembimbing: (I) Didik Wahyudi, S.Si, M.Si (II) Dr. H. Ahmad Barizi, M.A

---

Kata kunci: *Karakterisasi, mangga morfologi, RAPD, variasi genetik*

Mangga adalah salah satu tumbuhan berbuah di daerah tropis yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi. Mangga memiliki jenis, kultivar dan kerabat spesies yang beraneka ragam serta perlu dijaga sebagai plasma nutfah. Karakterisasi mangga dapat dilakukan berdasarkan karakter morfologi dan molekuler. Karakter morfologi dapat dijadikan sebagai dasar karakterisasi suatu taksa, sedangkan karakter genotip dapat dijadikan sebagai penguat dan karakterisasi lanjutan dalam mangga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencirikan dan mengetahui variasi genetik pada beberapa aksesori mangga lokal koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan. Karakterisasi dilakukan berdasarkan karakter morfologi vegetatif dan karakter molekuler atau genotip dari tiap aksesori. Karakterisasi molekuler pada penelitian ini menggunakan metode *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam strategi konservasi mangga lokal di Indonesia. Penelitian ini menggunakan 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi. Hasil karakterisasi morfologi berupa skoring digunakan dalam tahap analisis pengelompokan dan koefisien similaritas untuk mengetahui keragaman genetik. Karakterisasi molekuler dengan metode RAPD dilakukan menggunakan primer OPA 1-20. Hasil amplifikasi berupa skoring pita DNA dari tiap aksesori digunakan dalam tahap analisis pengelompokan, koefisien similaritas, dan analisis variasi genetik dan heterozigositas. Sebanyak 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi memiliki karakter morfologi yang beragam dan karakter yang seragam. Analisis pengelompokan berdasarkan karakter morfologi menunjukkan bahwa 10 aksesori mangga mengelompok menjadi 4 grup. Analisis pengelompokan berdasarkan karakter genotip menunjukkan bahwa 10 aksesori mangga mengelompok menjadi 4 grup. Variasi genetik pada 10 aksesori mangga ini tergolong sedang pada marka morfologi dan cenderung tinggi pada marka RAPD.

## ABSTRACT

Mulyono, Rizky Mujahidin. 2020. **Characterization and Genetic Variation in Mango (*Mangifera spp.*) Accessions in Purwodadi Botanic Garden .** Undergraduate Thesis. Biology Study Program. Faculty of Science and Technology. State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.

Supervisors: (I) Didik Wahyudi, S.Si, M.Si (II) Dr. H. Ahmad Barizi, M.A

---

Key Word: *Characterization, mango, morphology, RAPD, genetic variation*

Mango is one of many fruiting plants in tropical area that has been used as consumptional needs. Mango has high diversity of species, cultivars, and also related species, thus mango germplasms has to be conserved. Mango characterization could be done based on morphological and molecular marker. The morphological traits can be used as a basic approach of characterization and molecular markers as advanced approach in studies about mango. The goals of this research are to characterize and understanding the genetic variation of several local mango accession in Purwodadi Botanic Garden, Pasuruan. The characterization has done by vegetative morphological and molecular traits of each accession. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) method is used in this molecular characterization. The outcome of this research hopefully can be use in conservation strategies of Indonesian local mangoes. At least 10 mangoes accessions in Purwodadi Botanic Garden are used in this research. The morphological characterization produced a scoring of traits that used in clustering analysis and similarity coefficient to understanding the genetic variation. The molecular traits with RAPD method has been done by 20 OPA primers. The amplification results are DNA bands that used in clustering analysis, similarity coefficient, and genetic variation analysis also heterozigosity. Ten mangoes accessions in Purwodadi Botanic Garden have different and uniform morphological traits. Clustering analysis by morphological traits showed that these 10 mangoes are divided into 4 groups. Clustering analysis by molecular traits showed that 10 mangoes are separated into 4 groups. Genetic diversity in 10 mangoes moderate based on morphological markers and relatively high based on RAPD markers.

## مستخلص البحث

مولونو، رزقي مجاهدين. 2020. التوصيف والتنوع الجيني للمانجو (*Mangifera spp.*) مجموعة حدائق بورودادي باسوروان النباتية. رسالة الجامعي. قسم علم الحياة. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) ديدئي وحيودي، الماجستير، (2) الدكتور الحاج أحمد بارزي، الماجستير

الكلمات المفتاحية: التوصيف، مانجو مورفولوجي، *RAPD*، تنوع الجيني

المانجو هو أحد النباتات المثمرة في المناطق الاستوائية والتي تستخدم على نطاق واسع للاستهلاك. المانجو لها أنواع وأصناف وأقارب أنواع مختلفة وتحتاج إلى الحفاظ عليها كبلانما وراثية. إجراء توصيف المانجو بناء على الخصائص المورفولوجية والجزيئية. يمكن استخدام الأحرف المورفولوجية كأساس لتوصيف الأصناف، بينما يمكن استخدام السمات الوراثية كتعزيز وتوصيف إضافي في المانجو. الهدف من هذا البحث لتوصيف وتحديد الاختلافات الجينية في العديد من مدخلات المانجو المحلية من مجموعة حدائق بورودادي باسوروان النباتية. تم إجراء التوصيف بناءً على الصفات المورفولوجية الخضرية والصفات الجزيئية أو الوراثية لكل سلالة. التوصيف الجزيئي في هذا البحث باستخدام طريقة *Random Amplified Polymorphic DNA*. من المتوقع أن تصبح نتائج هذا البحث مرجعا في استراتيجيات الحفاظ على المانجو المحلية في إندونيسيا. استخدم هذا البحث 10 مدخل مانجو من مجموعة حدائق بورودادي باسوروان النباتية. نتائج التوصيف المورفولوجي في شكل تسجيل النقاط تستخدم في مرحلة التحليل التجميعي ومعامل التشابه لتحديد التنوع الجيني. تم إجراء التوصيف الجزيئي بطريقة *RAPD* باستخدام بادئات OPA 1-20. وتم استخدام نتائج التضخيم في شكل تسجيل نطاق الحمض النووي لكل مدخل في تحليل التجميع ومعامل التشابه وتحليل التباين الوراثي وتغاير الزيجوت. ما مجموعه 10 مدخلا من المانجو في مجموعة حدائق بورودادي باسوروان النباتية لها شخصيات مورفولوجية مختلفة وشخصيات موحدة. أظهر تحليل التجميع على أساس الخصائص المورفولوجية أن مدخلات المانجو الإحدى عشرة تم تجميعها في 5 مجموعات. وتحليل المجموعات المعتمد يدل على الخصائص الوراثية أن مدخلات المانجو الإحدى عشر تم تجميعها في 4 مجموعات. كان معامل التشابه بين هاتين الطريقتين للتوصيف مرتفعا وكان الاختلاف الجيني في هذه المدخلات الإحدى عشر منخفضا.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Syukur Alhamdulillah penulis hanturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P, selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd selaku dosen wali yang telah membimbing penulis sejak awal menuntut ilmu di bangku perkuliahan hingga hampir menyelesaikan studi ini.
5. Didik Wahyudi, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, pikiran, dan segala hal dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi
6. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A. sebagai dosen pembimbing agama yang telah membimbing saya terkait integrasi islam dan sains.
7. Apriyono Rahadiantoro, M.Si. selaku pembimbing penelitian selama berada di Kebun Raya Purwodadi sekaligus sebagai penguji
8. Suyono, M.P selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun
9. Bapak dan Ibu yang tak pernah lelah mendoakan, memberikan semangat, mendukung baik moril maupun materil dalam proses menuntut ilmu.
10. Seluruh teman-teman biologi yang selalu bermurah hati memberikan bantuannya selama penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, Desember 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....	vii
MOTTO HIDUP .....	viii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
مستخلص البحث .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Botani Mangga ( <i>Mangifera</i> spp.) .....	6
2.1.1 Morfologi dan Taksonomi Mangga .....	7
2.1.2 Distribusi Mangga .....	11
2.2 Karakterisasi Tumbuhan.....	13
2.3 Marka RAPD .....	15
2.4 Variasi Genetik.....	16
2.5 Analisis Pengelompokan .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	19
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.3. Alat dan Bahan .....	19
3.3.1. Alat .....	19
3.3.2. Bahan .....	20
3.4. Pengamatan Karakter Morfologi dan Pengambilan Sampel .....	21
3.5. Isolasi DNA .....	22
3.6. Uji kualitatif dan kuantitatif DNA.....	23
3.7. Amplifikasi DNA .....	24
3.8. Analisis Data .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1. Karakterisasi Mangga berdasarkan Marka Morfologi.....	28

4.1.1 Hasil Karakterisasi Morfologi Vegetatif Koleksi Mangga ( <i>Mangifera</i> spp.) .....	28
4.1.2. Nilai similaritas dan pengelompokan .....	32
4.1.3. Kelebihan dan Kelemahan Penggunaan Marka Morfologi dalam Karakterisasi Mangga .....	38
4.2. Karakterisasi Mangga berdasarkan Marka Molekuler (RAPD) .....	39
4.2.1. Ekstraksi DNA .....	39
4.2.2. Amplifikasi PCR-RAPD .....	42
4.2.2.1. Screening Primer OPA .....	42
4.2.2.2. Analisis Hasil PCR .....	43
4.2.2.3. Nilai similaritas dan pengelompokan .....	45
4.3. Perbandingan Variasi Genetik .....	50
4.4. Integrasi Sains dan Islam .....	52
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Persebaran Marga Mangifera di Asia.....	11
Tabel 3.1. Daftar primer RAPD untuk amplifikasi .....	20
Tabel 3.2. Daftar karakter morfologi vegetatif mangga.....	21
Tabel 3.3. Daftar nama 10 aksesori Mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi .....	22
Tabel 4.1. Tabel nilai koefisien similaritas 10 aksesori mangga berdasarkan karakter morfologi.....	33
Tabel 4.2 Hasil uji kuantitatif isolasi DNA menggunakan nanodrop pada absorbansi A 260/280.....	41
Tabel 4.3. Hasil analisis primer PCR-RAPD.....	43
Tabel 4.4. Tabel nilai koefisien similaritas 10 aksesori mangga berdasarkan marka RAPD .....	46
Tabel 4.5. Hasil analisis keragaman genetik aksesori mangga .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penampakan morfologi tumbuhan mangga.....	7
Gambar 2.2.. Variasi bangun daun mangga .....	8
Gambar 2.3.. Bentuk tangkai daun yang menggembung pada bagian pangkal .....	8
Gambar 2.4 Kenampakan morfologi perbungaan mangga ( <i>Mangifera</i> sp.) .....	9
Gambar 2.5. Morfologi buah dan biji mangga.....	10
Gambar 4.1. Variasi Karakter warna daun muda pada beberapa aksesori mangga ..	31
Gambar 4.2. Variasi bangun daun beserta ukuran panjang dan lebar daun. ....	31
Gambar 4.3. Hasil pengelompokan aksesori-aksesori mangga berdasarkan karakter morfologi.....	34
Gambar 4.4. Karakter sinapomorfi pada grup 1 .....	35
Gambar 4.5 Karakter sinapomorfi pada grup 2.....	36
Gambar 4.6. Karakter sinapomorfi pada grup 3.....	36
Gambar 4.7. Hasil pengelompokan aksesori mangga berdasarkan marka RAPD ....	47
Gambar 4.8. Koordinat pengelompokan aksesori mangga menggunakan analisis PCoA.....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

LG1. Variasi bentuk bangun daun pada aksesori mangga. ....	65
LG2. Variasi susunan daun terhadap batang pada aksesori mangga.....	65
LG3. Variasi ukuran panjang dan lebar helaian daun pada aksesori mangga. 66	
LG4. Variasi ukuran panjang tangkai daun ( <i>petiolus</i> ) pada aksesori mangga 66	
LG5. Variasi tipe pelvinus pada aksesori mangga .....	67
LG6. Variasi karakter lekukan pada tulang daun sekunder .....	67
LG7. Variasi bentuk ujung daun pada aksesori mangga. ....	68
LG8. Variasi bentuk pangkal daun pada aksesori mangga.....	68
LG9. Variasi bentuk tepi daun ( <i>leaf margin</i> ) pada aksesori mangga .....	69
LG10. Variasi karakter warna daun muda pada beberapa aksesori mangga. ..	69
LG11. Variasi karakter warna daun dewasa pada aksesori mangga .....	69
LG12. Variasi karakter cekungan urat daun pada aksesori mangga. ....	70
LG13. Variasi karakter bentuk daun yang menyerupai huruf U.....	70
LG14. Karakter sinapomorfi pada aksesori mangga .....	71
LG15. Hasil uji kualitatif DNA genom 10 aksesori mangga .....	71
LG16. Hasil amplifikasi DNA .....	72
LG16. Hasil amplifikasi DNA .....	73
LG16. Hasil amplifikasi DNA .....	74
LG16. Hasil amplifikasi DNA .....	75
LT1. Tabel karakterisasi mangga berdasarkan karakter morfologi .....	76
LT2. Analisis PCA .....	77
LT3. Hasil skoring primer.....	7

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman hayati terbesar kedua di dunia sehingga dijuluki sebagai negara megabiodiversitas (Sastrapradja, 1994). Salah satu contoh bentuk keanekaragaman hayati yang terdapat di Indonesia adalah tingginya keanekaragaman jenis tumbuhan buah yang bermanfaat baik sebagai konsumsi sehari-hari atau sebagai obat-obatan (Uji, 2007). Bentuk keanekaragaman tersebut merupakan salah satu rahmat Allah subhanahu wa ta'ala bagi seluruh umat manusia khususnya di Indonesia. Allah subhanahu wa ta'ala berfirman dalam surat Fathir (35): 27:

﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُّخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ  
جُدَدٌ بَيَضٌ وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَعَرَايِبٌ سُودٌ ﴾

*“Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu Kami hasilkan buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat” (Fatir (35) : 27).*

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir (Alu Syaikh, 2008), Allah subhanahu wa ta'ala menjelaskan tentang kekuasaan-Nya yang sempurna melalui ciptaan-Nya dalam berbagai bentuk. Allah subhanahu wa ta'ala menurunkan air hujan lalu tumbuhlah darinya berbagai macam buah yang beraneka ragam jenisnya. Beraneka macam buah ini merupakan salah satu ciptaan Allah subhanahu wa ta'ala yang merupakan rahmat bagi seluruh manusia. Allah subhanahu wa ta'ala menciptakan tumbuhan beserta buah yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, di mana salah satu dari

banyak jenis buah-buahan yang diciptakan oleh Allah subhanahu wa ta'ala adalah buah mangga.

Mangga (*Mangifera* spp.) merupakan salah satu dari beragam jenis tumbuhan yang banyak dimanfaatkan buahnya. Mangga adalah salah satu tumbuhan berbuah di daerah tropis yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi (Kostermans dan Bompard, 1993). Produksi mangga mengalami peningkatan sejak tahun 2016 hingga 2018 dan menempati urutan kedua sebagai komoditas buah lokal dengan total produksi sebanyak 2.624.791 ton pada tahun 2018 (BPS, 2016; BPS, 2017; BPS, 2018). Tingginya produktivitas ini ditunjang oleh banyaknya kultivar dan kerabat spesies dalam marga *Mangifera* (*Mangifera* spp.) (Widjaja dkk., 2014).

Karakterisasi *Mangifera* dapat dilakukan berdasarkan karakter morfologi (Ahmed dan Mohamed, 2015) dan molekuler (Kumar dkk., 2001; dkk., 2011) Gurijala dkk., 2015; dan Pruthvish dan Chikkaswamy, 2016). Bagian-bagian yang dikarakterisasi secara morfologi adalah habitus, batang, daun, bunga, buah, dan biji (IPGRI, 2006). Namun, karakterisasi akan menjadi lebih sulit ketika beberapa anggota marga *Mangifera* tidak berbunga pada waktu yang sama (Yonemori dkk., 2002). Oleh karena itu, karakterisasi menggunakan penanda molekuler juga dapat digunakan untuk mendukung karakterisasi morfologi (Gurijala dkk., 2015; Prutvish dan Chikkaswamy, 2016; Probojati, dkk., 2019). Berbagai teknik analisis molekuler berhasil diaplikasikan untuk menentukan karakteristik genotip individu dan populasi mangga liar maupun budidaya (Gurijala dkk., 2015).

Penanda molekuler seperti *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR) (Damodaran dkk., 2012), *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP) (Shi dkk., 2011), dan *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) (Singh dkk., 2010; Saengprajak dan Saeon, 2012; Sundari dkk., 2019) memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan data morfologi, karena dapat membedakan karakter intraspesifik dan tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Bhat dkk., 2010). Penggunaan sifat genotip atau penanda molekuler merupakan metode yang dianggap lebih baik dalam melakukan karakterisasi (Tjitrosoedirjo dkk., 2014). Teknik molekuler banyak diterapkan dan terbukti berhasil untuk menentukan dan mencirikan karakter genotip pada individu hingga populasi tumbuhan budidaya maupun liar (Bhat dkk., 2010).

Salah satu dari sekian penanda molekuler yang sering digunakan dalam karakterisasi *Mangifera* secara molekuler adalah teknik RAPD (Singh dkk., 2010 dan Saengprajak dan Saeon, 2012). Penanda RAPD mendeteksi adanya polimorfisme dalam genotip yang dianalisis melalui kemunculan pita-pita hasil amplifikasi primer dan sekuen DNA yang cocok (Dhakshanamoorthy dkk., 2011). Teknik RAPD telah banyak dimanfaatkan tidak hanya untuk menentukan keanekaragaman genetik pada tumbuhan, tetapi juga sebagai tambahan dalam tujuan pembudidayaan dan memperoleh skema genetik (Singh dkk., 2010; Saengprajak dan Saeon, 2012)

Mangga memiliki jenis yang beraneka ragam yang perlu dijaga sebagai plasma nutfah di Indonesia (Rahadianoro, 2014). Beberapa spesies yang terdapat di Indonesia antara lain *Mangifera indica*, *M. caesia* Jack., *M. foetida* Lout., *M.*

*kemanga* Bl., *M. laurina* Bl., *M. odorata* Griff., *M. pajang* Kostermans., dan *M. sylvatica* Roxb. (Kostermans dan Bompard 1993). Di Indonesia, mangga (*Mangifera* spp.), terutama mangga lokal memiliki banyak variasi baik pada tingkatan interspesies maupun intraspesies (Rahadiantoro, 2014). Hal ini menunjukkan adanya variasi genetik di dalamnya, sehingga perlu dilakukan karakterisasi morfologi dan molekuler untuk mengetahui pengelompokan dan keragaman genetik pada mangga. Data pengelompokan dan keragaman genetik juga bermanfaat sebagai informasi genetik, pemuliaan, dan konservasi tumbuhan (Barcacia dkk., 2010) terutama pada tumbuhan mangga yang jarang dibudidayakan dan dimanfaatkan masyarakat.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana keragaman genetik anggota marga *Mangifera* berdasarkan karakter morfologi vegetatif?
2. Bagaimana keragaman genetik anggota marga *Mangifera* berdasarkan karakter molekuler?
3. Bagaimana perbandingan keragaman genetik anggota marga *Mangifera* berdasarkan karakter morfologi dan molekuler?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan keragaman genetik anggota marga *Mangifera* berdasarkan karakter morfologi
2. Menjelaskan keragaman genetik anggota marga *Mangifera* berdasarkan karakter molekuler
3. Menjelaskan perbandingan keragaman variasi anggota marga *Mangifera* berdasarkan karakter morfologi dan molekuler

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Informasi mengenai morfologi tumbuhan anggota marga *Mangifera* dapat diketahui sebagai ciri-ciri yang dapat dikenali masyarakat.
2. Hasil analisis variasi genetik dapat dijadikan sebagai rujukan dan sumber informasi plasma nutfah mangga.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam strategi konservasi mangga lokal di Indonesia.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah 10 tumbuhan anggota marga *Mangifera* koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan
2. Karakter morfologi yang digunakan adalah karakter vegetatif, karena beberapa marga *Mangifera* tidak sedang berada pada musim berbunga.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Botani Mangga (*Mangifera* spp.)**

Marga *Mangifera* tergolong dalam suku Anacardiaceae yang merupakan salah satu dari 73 marga dan 830 spesies yang sebagian besar merupakan tumbuhan yang tersebar di daerah tropis (Wilkins dkk., 2011). Berdasarkan catatan Kostermans dan Bompard (1993), terdapat 58 spesies dalam marga *Mangifera*, hampir keseluruhan dari spesies-spesies tersebut tersebar di daerah tropis Asia dan berasal dari daerah Asia Tenggara. Terdapat lebih dari 1000 kultivar mangga yang ada di hampir seluruh dunia (Mukherjee, 1953 dalam Yamanaka dkk., 2019).

Hampir seluruh spesies anggota marga *Mangifera* memiliki buah yang dapat dikonsumsi (Salma dkk., 2010). Mangga secara umum lebih dimanfaatkan sebagai tumbuhan penghasil buah-buahan, walaupun tidak semua jenis mangga dapat dikonsumsi buahnya secara langsung (Rahadianoro, 2014). Buah yang masih muda dan belum matang biasa dimanfaatkan sebagai manisan, sedangkan buah yang matang dimanfaatkan sebagai minuman, selai, ataupun dimakan langsung. Daun yang masih lunak dan muda digunakan oleh beberapa masyarakat tradisional sebagai sayuran melalui proses perebusan (Ueda, 2015).

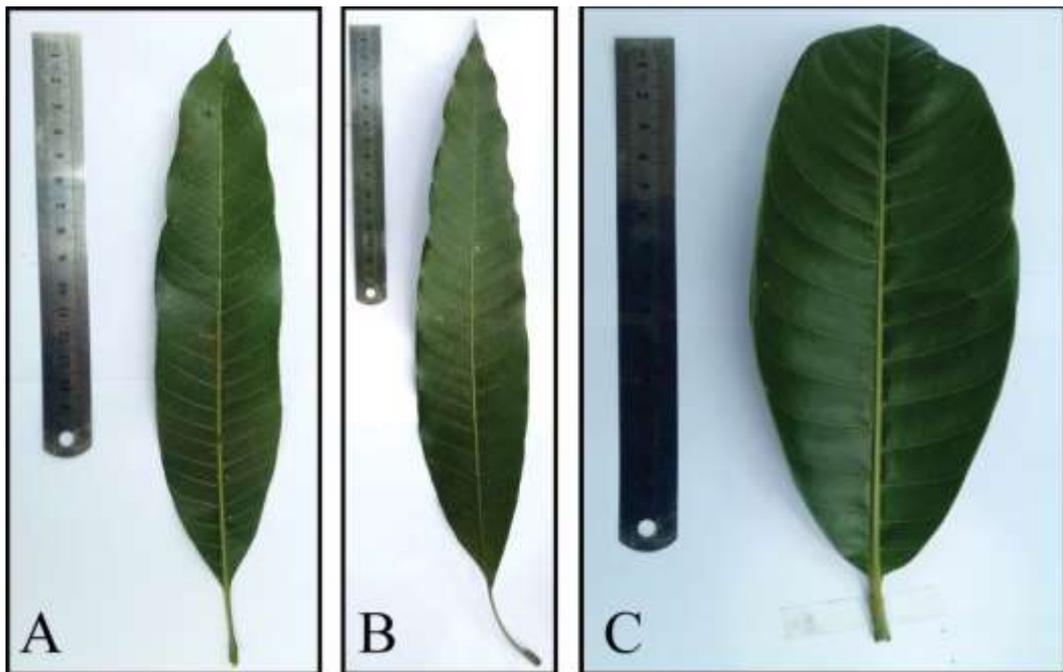
### 2.1.1. Morfologi dan Taksonomi Mangga (*Mangifera* spp.)

*Mangifera* memiliki habitus pohon dengan tinggi antara 10-40 meter dengan kanopi yang selalu hijau, berbentuk melingkar dan simetris (Gambar 2.1.A). Batang *Mangifera* merupakan batang berkayu berwarna coklat keabuan hingga kehitaman. Permukaan batang *Mangifera* agak halus hingga terdapat sedikit retakan dan kulit batang yang sudah tua akan terkelupas (Gambar 2.1.B). Batang *Mangifera* mengandung getah resin dan mengeluarkan getah ketika dilukai (Kostermans dan Bompard, 1993), karakter ini merupakan salah satu karakter khusus pada suku Anacardiaceae yang pada beberapa spesiesnya dapat menyebabkan reaksi alergi (Simpson, 2006). Perakaran pada *Mangifera* berupa perakaran tunggal dengan panjang 6-8 meter (Kostermans dan Bompard, 1993).

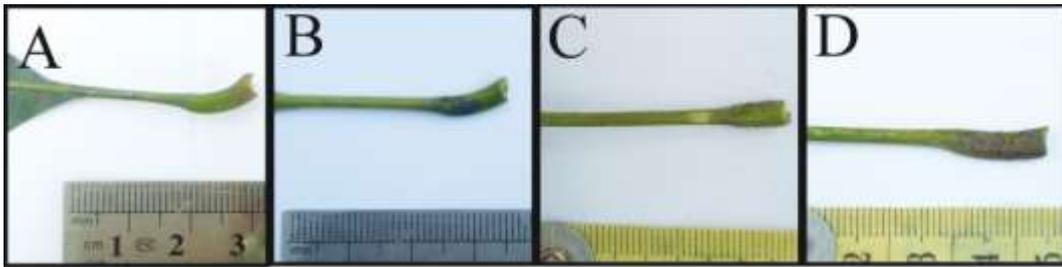


**Gambar 2.1.** Penampakan morfologi tumbuhan mangga (*Mangifera* sp.). Gambar A menunjukkan habitus pohon *Mangifera* sp., gambar B menunjukkan batang *Mangifera* sp. (Dokumentasi pribadi).

*Mangifera* memiliki daun bertipe tunggal dan tidak berstipula serta duduk daun tersusun secara beraturan, karakter ini yang merupakan ciri-ciri yang dimiliki oleh bangsa Sapindales (Gadek dkk., 1996). Daun *Mangifera* memiliki panjang antara 15-45 cm dengan bentuk yang bervariasi antara, memanjang (*oblong*) (Gambar 2.2.A), lanset (*lanceolatus*) (Gambar 2.2.B), elips (*elliptic*) (Gambar 2.2.C), dan peralihan-peralihan di antaranya. Permukaan atas daun mengkilat dan berwarna hijau gelap. Tangkai daun terlihat mengembung pada bagian pangkal (Kostermans dan Bompard, 1993).



**Gambar 2.2..** Variasi bangun daun mangga (*Mangifera* sp.). Keterangan: A) bangun daun lanset (*lanceolatus*)., B) bangun daun memanjang (*oblong*), dan gambar C bangun daun elips (*ellipticus*) (Dokumentasi pribadi).



**Gambar 2.3.** Bentuk tangkai daun yang menggembung pada bagian pangkal (*pelvinus*). Keterangan: A) pelvinus pada mangga Randu, B) pelvinus pada mangga Krasak Candi, C) pelvinus pada mangga kecil, D) pelvinus pada mangga Blenyik Bulat (Dokumentasi pribadi).

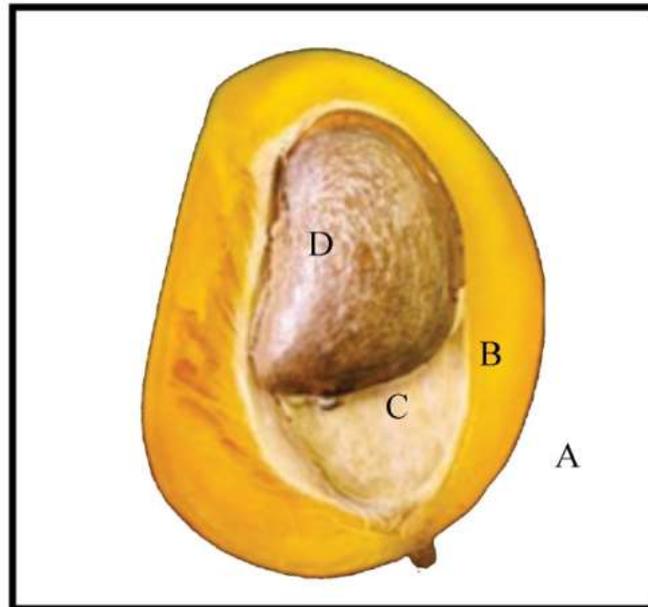
*Mangifera* memiliki bunga yang tergolong ke dalam bunga lengkap.

Perbungaan pada marga *Mangifera* bertipe terminal dan berbentuk kerucut dengan lebar yang dapat mencapai 45 cm (Gambar 2.4.A). Susunan perbungaan memiliki tiga percabangan, jarang yang empat. Terdapat sekitar 500 hingga 6000 bunga dalam satu susunan perbungaan yang terdiri dari 1-70% bunga yang biseksual, sedangkan sisanya merupakan bunga jantan. Dalam satu bunga, terdapat 4-5 daun kelopak dan tersusun secara berbagi (*partitus*), mahkota bunga terdiri dari 4-5 daun mahkota yang berwarna kuning pucat dan stamen berjumlah 1-5, jarang yang berjumlah 8, terdapat 1-2 stamen yang fertil dan sisanya merupakan stamen steril (Gambar 2.4. B). Serbuk sari bertipe trikolpat atau memiliki tiga celah (kolpi) yang merupakan karakter kelompok tumbuhan Eudicot (Simpson, 2006), serbuk sari memiliki ukuran yang bervariasi antara 20-35 um (Naik and Gangolly 1950; Kostermans dan Bompard, 1993).



**Gambar 2.4** Kenampakan morfologi perbungaan mangga (*Mangifera* sp.). Gambar A menunjukkan susunan perbungaan. Gambar B menunjukkan morfologi bunga pada *Mangifera* sp. (Simpson, 2006)

*Mangifera* memiliki buah berupa buah drupa berdaging yang berbentuk ginjal (Kostermans dan Bompard, 1993) dan pada bagian mesokarp mengandung resin, karakter ini merupakan karakter khusus pada suku Anacardiaceae (Simpson, 2006). Menurut Tjitrosoepomo (2009), buah drupa memiliki tiga lapisan, yaitu eksokarp yang berada pada lapisan terluar, mesokarp yang tebal berdaging dan berada di lapisan tengah, dan endokarp yang cukup tebal dan berkayu. Bagian mesokarp merupakan bagian yang biasanya dikonsumsi. Anggota marga *Mangifera* diketahui memiliki buah yang beraroma kuat dan warna yang mencolok (Tharanatan dkk., 2006). Biji berbentuk seperti ginjal berukuran relatif besar dan agak pipih (Gambar 2.5) (Naik and Gangolly 1950; Kostermans dan Bompard, 1993).



**Gambar 2.5.** Morfologi buah dan biji mangga (*Mangifera* sp). Bagian A menunjukkan kulit buah (eksokarp), bagian B menunjukkan daging buah (mesokarp), bagian C menunjukkan endokarp (kulit biji), dan bagian D menunjukkan biji (endosperm). (Simpson, 2006 dengan modifikasi).

### 2.1.2. Distribusi Mangga (*Mangifera* spp.)

Marga *Mangifera* berasal dari wilayah Asia tropis dan melimpah di bagian barat Malesia (Semenanjung Malaysia, Sumatera, Jawa, dan Kalimantan) (Kostermans dan Bompard, 1993). Keanekaragaman spesies mangga ditemukan di India bagian timur, Malaysia, sebagian wilayah semenanjung Malaysia, Kalimantan, dan Sumatera. Daerah-daerah ini menunjukkan pusat persebaran marga *Mangifera* (Ara dkk., 2005). Menurut Mukherjee (1948) dalam Wilkins dkk., (2011), persebaran anggota marga *Mangifera* di Asia adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.1.** Persebaran Marga Mangifera di Asia

Pulau/ Negara	Spesies yang ditemukan
India	5
Sri Lanka	2
Kepulauan Andaman	3
Burma	6
Thailand	8
Indo-China	10
Semenanjung Malaysia	19
China	1
Sumatera	11
Jawa	9
Kalimantan, Sabah, Serawak	10
Bali	2
Filipina	8
Sulawesi	4
Maluku	5
Timor	2
Irian Jaya dan Papua Nugini	2

Habitat alami *Mangifera* pada umumnya adalah di hutan hujan tropis yang tersebar luas dari dataran rendah hingga hutan pegunungan hingga ketinggian 1800 meter di atas permukaan laut (Salma dkk., 2010). Terkecuali *Mangifera gedebe* yang merupakan spesies yang habitatnya berada di daerah gambut dan rawa-rawa (Kostermans dan Bompard, 1993).

Mangga asli Indonesia yang kemungkinan berasal dari Kalimantan adalah kebemben/kweni (*Mangifera odorata*). Tanaman ini merupakan buah tropis yang biasa tumbuh baik di daerah iklim kering (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008). *Mangifera odorata* juga berhasil dibudidayakan dan memiliki beberapa kultivar di negara-negara Asia Tenggara (Kostermans dan Bompard, 1993). Mangga kasturi (*Mangifera casturi*) juga merupakan salah satu anggota marga *Mangifera* yang sifatnya endemik di daerah Kalimantan Selatan (Darmawan, 2015). Menurut data IUCN Red List. (2016), *Mangifera casturi*

sudah tercatat sebagai spesies yang punah di alam, namun Widjaja dkk., (2014) menyatakan bahwa telah banyak masyarakat yang membudidayakan *Mangifera casturi*.

Spesies mangga yang paling sering dikenal, ditemukan dan dibudidayakan saat ini adalah mangga lokal (*Mangifera indica*) (Rahadianoro, 2014). Spesies ini berasal dari India dan Myanmar (Kostermans dan Bompard, 1993). Berdasarkan catatan Vieccelli dkk. (2016), spesies *Mangifera indica* diketahui juga telah menyebar hingga ke Brazil dan wilayah Amerika Selatan pada tahun 1980.

## **2.2. Karakterisasi Tumbuhan**

Karakterisasi adalah penjabaran ciri-ciri beserta sifat objek yang diwujudkan dalam bentuk deskripsi atau penjelasan atau penggambaran dengan kata-kata mengenai sifat-sifat, ukuran, hingga ruang lingkup suatu takson, sehingga menjadi salah satu aspek penting dalam bidang taksonomi (Tjitrosoedirjo dkk., 2014). Menurut Simpson (2006), karakterisasi menjadi langkah awal dalam melakukan identifikasi tumbuhan juga menjadi dasar studi sistematik. Karakterisasi tumbuhan dapat dilakukan berdasarkan sifat-sifat morfologi (Ahmed dan Mohamed, 2015; Cahyanto dkk., 2017; dan Sadri dkk., 2017) dan molekuler (Hemant dkk., 2001; Gurijala dkk., 2015; Pruthvish dan Chikkaswamy, 2016). Hasil dari karakterisasi atau pencirian digunakan sebagai bukti taksonomi, sehingga memungkinkan orang dalam menggambarkan dan mengenal suatu takson (Tjitrosoedirjo dkk., 2014)

Karakter morfologi adalah objek yang digunakan dalam metode pendekatan tradisional karakterisasi tumbuhan (Tjitrosoedirjo dkk., 2014). Karakterisasi morfologi atau fenotip merupakan langkah awal sebelum melakukan pendekatan secara biokimia dan molekuler, dikarenakan mudah dilakukan (Neguse dkk., 2019). Karakter morfologi juga merupakan ciri yang paling mudah diamati dan paling jelas sehingga dapat digunakan untuk melakukan identifikasi pada tingkat spesies, karena karakter morfologi atau fenotip merupakan ekspresi dari genetik tumbuhan dan mengimplementasikan cara tumbuhan tersebut menyesuaikan diri dengan keadaan lingkungan serta evolusinya (Jones, 1986). Namun karakter morfologi ini banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Sharma dkk., 2012) dan ciri morfologi berupa organ generatif tidak dapat diamati dalam waktu yang sama dikarenakan musim perbungaan tumbuhan yang berbeda-beda (Yonemori dkk., 2002). Morfologi dari tumbuhan yang sama juga dapat bervariasi, tergantung pada kondisi lingkungan tempat tumbuhnya (Gurijala dkk., 2015).

Penggunaan sifat genotip atau penanda molekuler merupakan metode yang dianggap lebih baik dalam melakukan karakterisasi (Tjitrosoedirjo dkk., 2014). Teknik molekuler banyak diterapkan dan terbukti berhasil untuk menentukan dan mencirikan karakter genotip pada individu hingga populasi tumbuhan budidaya maupun liar (Bhat dkk., 2010). Menurut Tjitrosoedirjo dkk. (2014), keunggulan-keunggulan dari metode ini adalah: (1) data molekuler adalah data yang genetik yang lebih baik dalam analisa kekerabatan; (2) data molekuler lebih terbuka untuk berbagai macam organisme; (3) sekuen DNA terdiri dari empat basa nukleotida,

sehingga jumlahnya sangat banyak; dan (4) sekuen protein dan DNA umumnya mengalami evolusi yang teratur. Pendekatan secara molekuler juga dapat digunakan untuk mempelajari keanekaragaman genetik dalam suatu populasi hingga tingkat kultivar (Begum dkk., 2010). Kelebihan dari penggunaan teknik molekuler ini antara lain dapat membantu dalam pengembangan pertanian, pemetaan, dan manajemen plasma nutfah (Gurijala dkk., 2015).

Penanda molekuler seperti *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR) (Damodaran dkk., 2012), *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP) (Shi dkk., 2011), dan *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) (Singh dkk., 2010; Saengprajak dan Saeon, 2012) memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan data morfologi, karena dapat membedakan karakter intraspesifik dan tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Bhat dkk., 2010).

### **2.3. Marka RAPD**

Marka DNA didefinisikan sebagai potongan DNA yang menunjukkan keberadaan mutasi ataupun variasi di dalamnya, yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya polimorfisme antara genotip atau alel berbeda dalam suatu gen pada suatu populasi (Jiang, 2013). Marka molekuler merupakan salah satu penanda yang sering digunakan dalam melakukan analisis genetik dan variasi molekuler. Hal ini dapat diketahui karena adanya peristiwa delesi, duplikasi, inversi, dan atau insersi dalam materi genetik makhluk hidup (Govindaraj dkk., 2015).

Marka RAPD adalah penanda molekuler berbasis prinsip PCR. RAPD menggunakan genom DNA yang diamplifikasikan dengan PCR yang terdiri dari fragmen DNA pendek (biasanya terdiri atas 10 nukleotida) dan primer acak (Tingey dkk., 1994). Primer yang digunakan berfungsi untuk mengamplifikasi sekuen acak dari susunan DNA yang komplementer. Polimorfisme yang diakibatkan oleh adanya mutasi ataupun peristiwa lainnya ditunjukkan oleh ada tidaknya pita DNA melalui elektroforesis (Jiang, 2013).

RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) mendeteksi urutan basa polimorfisme nukleotida pada DNA menggunakan primer tunggal yang akan menempel secara acak pada urutan basa nukleotida. Langkah kerja pada teknik ini juga relatif singkat dan mudah (Tingey dkk., 1994). Potongan yang dihasilkan dapat divisualisasikan dengan baik pada etidium bromida dan gel (Pruthvish dan Chikkaswamy, 2016). Teknik RAPD adalah uji yang didasarkan pada proses amplifikasi yang terjadi dalam DNA, sehingga sedikit pula kuantitas DNA yang digunakan (Kumar dkk., 2001). Penggunaan metode RAPD untuk menentukan hubungan genetik telah dilakukan pada padi (Kanawapee dkk., 2011), pisang (Resmi dkk., 2016; Probojati dkk., 2019), dan kedelai (Wahyudi dkk., 2020).

#### **2.4. Variasi Genetik**

Variasi genetik didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif suatu keragaman dalam populasi yang menggambarkan keseimbangan antara laju mutasi dan hilangnya variasi genetik (Hughes dkk., 2008; Leffler dkk., 2012). Variasi genetik menunjukkan total keragaman genetik pada tiap individu dalam suatu populasi

(Barrandeguy dan Garcia, 2014). Variasi genetik merupakan aspek yang digunakan sebagai penanda untuk menentukan suatu varian spesifik genetik yang menentukan karakter fenotip (Barnes dan Gerome, 2010). Secara umum, variasi genetik disebabkan oleh adanya mutasi (Holderegger dkk., 2006) dan aliran gen (*gene flow*) dari satu populasi ke populasi yang lain (Dyer dkk. 2010).

Informasi mengenai variasi genetik yang terdapat dalam suatu aksesori bermanfaat dalam hal karakterisasi plasma nutfah hingga pemilihan sifat-sifat unggul (Watanabe dkk., 2016). Keragaman dalam sumber genetik tumbuhan dapat digunakan untuk mengembangkan kultivar-kultivar tumbuhan baru dengan karakteristik yang diinginkan (Govindaraj dkk., 2015). Variasi genetik dapat diterapkan sebagai metode peningkatan kualitas pertanian dengan mengevaluasi keberadaan dan kondisi plasma nutfah yang ada (Afuape dkk., 2011).

## **2.5. Analisis Pengelompokan (*Clustering Analysis*)**

Metode klustering (*clustering methods*) adalah metode-metode yang digunakan dalam pembuatan pohon filogeni. Pada dasarnya, metode ini digunakan untuk membuat fenogram (Sneath dan Sokal, 1973), sehingga pohon yang dihasilkan merupakan pohon yang berdasarkan kemiripan karakter fenotip (Lemey dkk., 2009). Pohon dibuat dengan mengelompokkan unit-unit taksonomi operasional yang paling mirip. Semakin banyak kemiripan antar unit-unit taksonomi operasional, maka dapat dikatakan bahwa jarak genetiknya semakin kecil (Lemey dkk., 2009).

Pengelompokan fenetik (*Phenetic clustering*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh pengelompokan beberapa individu berdasarkan kemiripan karakternya (de Queiroz dan Good, 1997). Metode klasifikasi fenetik ini disusun berdasarkan tingkat kemiripan karakter (*overall similarity*), baik karakter fenotip maupun genotip (Cain dan Harrison 1960; de Queiroz dan Good, 1997). Klasifikasi fenetik memiliki sedikit perbedaan dengan klasifikasi filogenetik. Pada analisis fenetik, taksa dapat dikelompokkan berdasarkan ciri nenek moyang (*ancestral features*) yang juga dikenal sebagai karakter simplesiomorfik. Klasifikasi fenetik juga direpresentasikan menggunakan diagram yang disebut fenogram. Klasifikasi filogenetik direpresentasikan menggunakan kladogram, atau yang juga dikenal sebagai pohon filogenetik (Simpson, 2006). Metode yang sering digunakan dalam pengelompokan ini adalah metode UPGMA (Sneath dan Sokal, 1973; Queiroz dan Good, 1997; dan Lemey dkk., 2009).

Metode UPGMA (*unweighted pair group method with arithmetic means*) adalah metode yang umum digunakan dalam merekonstruksi pohon filogeni dengan asumsi bahwa rerata perubahan pada sepanjang pohon adalah konstan. Metode ini merupakan metode tertua dan paling sederhana yang digunakan dalam merekonstruksi pohon filogeni. Pengelompokan atau clustering dilakukan dengan mencari nilai terkecil dalam matriks jarak (*pairwise distance matrix*). Dalam metode UPGMA, jarak antara dua kelompok ditunjukkan oleh rata-rata jarak antara spesies dalam dua kelompok tersebut (Lemey dkk., 2009).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini bersifat deskriptif eksploratif yang dilakukan untuk mengetahui karakter dan variasi genetik spesies mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan berdasarkan karakter morfologi dan molekuler (RAPD).

#### **3.2. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2020 sampai bulan Desember 2020. Pengambilan sampel dan pengamatan karakter morfologi dilakukan di kebun koleksi mangga Kebun Raya Purwodadi Pasuruan. Isolasi DNA sampel, PCR, elektroforesis, dan analisis data dilakukan di Laboratorium Genetika dan Molekuler Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.3. Alat dan Bahan**

##### **3.3.1. Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting, penggaris, kamera, *sentrifuge tube* 0,5 ml dan 1,5 ml, *waterbath*, mikropipet (5-10  $\mu$ l, 2-20  $\mu$ l, 100-1000  $\mu$ l), mortar dan pistil, *blue tip*, *yellow tip*, *white tip*, *vortex*, timbangan analitik, gelas ukur, tabung erlenmeyer, *microwave*, sentrifus, cetakan agarose, *power supply*, perangkat elektroforesis, *molecular imager (gel documentation)*, *nano drop*, dan *thermal cycler*.

### 3.3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel daun muda *Mangifera* yang diperoleh dari Kebun Raya Purwodadi, nitrogen cair, Buffer CTAB 3% (3% CTAB, 100 mM Tris, 20 mM EDTA, 1,4 M NaCl, 2% PVP, 0,1% beta-mercaptoethanol), kloroform, isoamyl alkohol, NaCl 5 M, isopropanol, ethanol 70%, ethanol 96%, *Nuclease Free Water*, fenol, agarose, buffer TBE ½ X, Ethidium Bromida (EtBr), DreamTaq Green PCR Master Mix (2X), Thermo Scientific Gene Ruler 1 kbp Plus, Thermo Scientific Gene Ruler 100 bp Plus, dan 20 Primer OPA dengan data primer sebagai berikut (Tabel 3.1):

**Tabel 3.1.** Daftar primer RAPD untuk amplifikasi

Primer	Sekuen (5'-3')	TM (°C)	TA (°C)	Komposisi GC (%)
OPA-1	CAG GCC CTT C	36.4	41	70
OPA-2	TGC CGA GCT G	40.7	45	70
OPA-3	AGT CAG CCA C	34.3	39	60
OPA-4	AAT CGG GCT G	35.1	40	60
OPA-5	GAA ACG GGTG	32.6	37	60
OPA-6	GGT CCC TGAC	35.2	40	60
OPA-7	GAA ACG GGT G	33.2	38	60
OPA-8	GTG ACG TAG G	31.1	36	60
OPA-9	GGG TAA CGC C	37.4	42	70
OPA-10	GTG ATC GCA G	33.1	38	60
OPA-11	CAA TCG CCG T	36.7	41	60
OPA-12	TCG GCG ATA G	34.0	39	60
OPA-13	CAG CAC CCA C	37.7	42	70
OPA-14	TCT GTG CTGG	34.3	39	60
OPA-15	TTC CGA ACC C	34.2	39	60
OPA-16	AGC CAG CGA A	38.3	43	60
OPA-17	GAC CGC TTG T	35.7	40	60
OPA-18	AGG TGA CCG T	36.2	41	60
OPA-19	CAA ACG TCG G	34.2	39	60
OPA-20	GTT GCG ATC C	33.5	38	60

### 3.4. Pengamatan Karakter Morfologi dan Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan morfologi organ vegetatif 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan secara langsung di Vak IX.C Kebun Raya Purwodadi Pasuruan (Tabel 3.2). Berikut adalah karakter morfologi vegetatif mangga yang dapat diamati:

**Tabel 3.2** . Daftar karakter morfologi vegetatif mangga

No.	Karakter
1.	Bangun daun ( <i>Leaf blade shape</i> )
2.	Susunan daun terhadap batang ( <i>Leaf attitude in relation to the branch</i> )
3.	Panjang helai daun ( <i>Leaf blade length</i> )*
4.	Lebar helai daun ( <i>Leaf blade width</i> )*
5.	Panjang tangkai daun ( <i>Petiole length</i> )*
6.	Tipe pelvinus ( <i>Thickness of pelvinus</i> )
7.	Sudut antara tulang daun primer dan sekunder ( <i>Angle of the midrib to secondary vein</i> )*
8.	Lekukan pada tulang daun sekunder ( <i>Curvature of secondary veins</i> )
9.	Ujung daun ( <i>Leaf apex</i> )
10.	Pangkal daun ( <i>leaf base</i> )
11.	Tepi daun ( <i>Leaf margin</i> )
12.	Adanya trikoma ( <i>Leaf pubescence</i> )
13.	Warna daun muda ( <i>Colour of young leaves</i> )
14.	Warna daun dewasa ( <i>Colour of mature leaves</i> )
15.	Aroma daun ( <i>Leaf fragrance</i> )
16.	Kanal pada daun ( <i>Canal of leaf vein</i> )
17.	Daun berbentuk U ( <i>U-shaped leaves</i> )
18.	Tekstur daun ( <i>leaf texture</i> )

\*. Karakter diukur pada 10 daun dewasa

Sampel daun muda dari 10 aksesori mangga tersebut diambil dan disimpan dalam plastik zipper untuk kemudian dilakukan isolasi DNA di Laboratorium Genetika dan Molekuler Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Berikut adalah 10 aksesori mangga yang digunakan dalam penelitian ini (Tabel 3.3):

**Tabel 3.3.** Daftar nama 10 aksesori Mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi

<i>Call Number</i>	<i>Nama Spesies</i>	<i>Varietas</i>	<i>Daerah Asal</i>
IX.C.27	<i>Mangifera foetida</i> Lour.	Mangga Pakel Bawang	Jawa Tengah
IX.C.19	<i>M. indica</i> L	Mangga Blenyik Lonjong	Jawa Tengah
IX.C.46	<i>M. indica</i> L	Mangga Endok	Jawa Timur
IX.C.38	<i>M. indica</i> L	Mangga Kapasan	Jawa Timur
IX.C.29	<i>M. indica</i> L	Mangga Kecil	Jawa Timur
IX.C.23	<i>M. indica</i> L	Mangga Krasak Candi	Jawa Timur
IX.C.45	<i>M. indica</i> L.	Mangga Putih	Jawa Timur
IX.C.20	<i>M. indica</i> L.	Mangga Randu	Jawa Tengah
IX.C.52	<i>M. indica</i> L	Mangga Gondo Lumut	Jawa Timur
IX.C.24	<i>M. indica</i> L.	Mangga Gondo Nanas	Jawa Tengah

### 3.5. Isolasi DNA

Isolasi DNA dilakukan sesuai dengan metode CTAB (Kumar dkk, 2001) dengan modifikasi. Sampel daun muda mangga digerus menggunakan mortar dan pestil dengan bantuan nitrogen cair hingga berbentuk serbuk. Hasil gerusan kemudian ditimbang sebanyak 100 mg. Selanjutnya hasil gerusan dimasukkan ke dalam tube sentrifus 2 ml dan ditambahkan 500 µl buffer ekstraksi CTAB pada suhu 65 °C. Campuran kemudian diinkubasi dalam waterbath pada suhu 65 °C selama 1 jam. Selanjutnya ditambahkan 150 µl kloroform : Isoamyl alkohol (24:1) dan dibolak balik tube sebanyak 25-30 kali. Kemudian pelet dan supernatan dipisahkan menggunakan sentrifus pada kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya supernatan diambil dan dipindahkan pada tube sentrifus 1,5 ml. Supernatan yang telah dipindahkan selanjutnya ditambah 250 µl NaCl 5 M dan 500 µl isopropanol. Kemudian campuran diinkubasi pada suhu ruangan selama 30

menit. Setelah diinkubasi, supernatan dibuang dan pelet dicuci menggunakan ethanol 70% dan ethanol 96% lalu dikeringanginkan. Pelet DNA yang telah dikeringanginkan kemudian ditambah *Nuclease Free Water* sebanyak 50 µl. Repurifikasi DNA dilakukan dengan menambahkan 50 µl fenol, 100 µl fenol : kloroform (1:1), dan 50 µl kloroform. Kemudian campuran dibolak-balikkan dan ditambahkan 200 µl isopropanol. Selanjutnya campuran disentrifus pada kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Supernatan dibuang dan pelet dikeringanginkan untuk selanjutnya ditambahkan 25 µl *Nuclease Free Water* dan disimpan pada suhu -4 °C.

### **3.6. Uji kualitatif dan kuantitatif DNA**

Uji kualitatif DNA dilakukan untuk mengetahui kemurnian DNA dengan cara elektroforesis menggunakan gel agarose 1%. Sebanyak 150 mg serbuk agarose dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan 20 mL TBE (Tris-Boric EDTA). Selanjutnya larutan dipanaskan dan dihomogenkan menggunakan microwave hingga menjadi bening. Larutan kemudian dituang pada cetakan agar dan dicetak dalam *chamber* serta dipasangkan cetakan sumuran kemudian didiamkan sekitar 15 menit hingga mengeras. Agar yang telah siap kemudian dimasukkan ke dalam tangki elektroforesis dan ditambahkan buffer TBE hingga keseluruhan agar terendam. Marker yang akan digunakan selanjutnya dihomogenkan dengan loading dye. Selanjutnya masing-masing 5 µl sampel DNA hasil ekstraksi dan dimasukkan pada tiap sumuran agar. Keseluruhan bahan ini kemudian dirunning elektroforesis dengan tegangan 70 V selama 30 menit. Hasil elektroforesis kemudian divisualisasikan menggunakan UV transilluminator

untuk mengetahui kualitasnya.

Kuantifikasi DNA dilakukan menggunakan NanoDrop<sup>®</sup> Spectrophotometer ND-1000. *Template* DNA diambil 1  $\mu$ L dan dibaca pada panjang gelombang 260 dan 280 nm. Kemurnian DNA didapat dari perbandingan absorbansi 260/280. Standar kemurnian DNA memasuki *range* 1,8–2,0.

### 3.7. Amplifikasi DNA

Proses amplifikasi DNA dilakukan menggunakan total 10 $\mu$ l larutan campuran yang berisi 3  $\mu$ l *Nuclease Free Water*, 1  $\mu$ l DNA sampel (5-25 ng), 5  $\mu$ l PCR Mix, dan 1  $\mu$ l primer (10 pmol). Amplifikasi dilakukan dengan menggunakan *Thermal Cycler*. Urutan amplifikasi yang dilakukan adalah 4 menit predenaturasi pada suhu 94°C. Selanjutnya diikuti oleh 45 siklus yang terdiri dari masing-masing 30 detik denaturasi pada suhu 94°C, 30 detik *annealing* pada suhu *annealing* masing-masing primer, dan 30 detik ekstensi pada suhu 72°C dan ditambah dengan ekstensi akhir setelah siklus ke-45 dengan suhu 72°C selama 5 menit. Selanjutnya ditambah dengan siklus *hold* pada suhu 4 °C. Hasil amplifikasi kemudian dirunning elektroforesis menggunakan gel agarose 1,5% dengan pewarnaan etidium bromida. Elektroforesis dilakukan pada tegangan 70 V selama 45 menit dan gel hasil elektroforesis divisualisasikan menggunakan UV transilluminator.

### 3.8. Analisis Data

Data kualitatif hasil karakterisasi morfologi vegetatif dikonversi melalui skoring (1, 2, 3, hingga ke-n), sedangkan data yang bersifat kuantitatif

ddikonversi menjadi data interval (1, 2, 3, hingga ke-n) (IPGRI, 2006). Data hasil konversi kemudian dianalisis menggunakan program Palaeontological Statistics (PAST) 3.0. Kontribusi karakter yang paling berpengaruh pada keberagaman diketahui melalui analisis *Principal Component Analysis* (PCA) pada program PAST 3.0.

Nilai koefisien similaritas berdasarkan karakter morfologi vegetatif diketahui melalui analisis *similarity* dan *clustering* (pengelompokan) menggunakan metode *Unweighted Paired Group Method Arithmetic* (UPGMA) dengan koefisien persamaan Bray-Curtis pada program PAST 3.0. Tabel similaritas dan dendrogram digunakan untuk menginterpretasi pengelompokan beserta karakter sinapomorfi, autopomorfi, dan apomorfi pada setiap kluster. Perhitungan nilai keragaman genetik ( $H_e$ ) dilakukan dengan mengkonversi data interval menjadi data biner.

Menurut Probojati dkk. (2019) dalam Wahyudi dkk. (2020), penentuan penggunaan primer yang paling efisien dalam amplifikasi dapat diketahui melalui beberapa parameter, diantaranya *Polymorphic Information Content* (PIC), *Marker Indeks* (MI), *Resolving Power* (RP), dan *Effective Multiplex Ratio* (EMR). *Polymorphic Information Content* (PIC) berguna sebagai standar untuk mengevaluasi hasil amplifikasi PCR berdasarkan pita DNA. Rentang nilai PIC berkisar antara 0-0.5. Primer yang baik ditunjukkan oleh nilai PIC yang juga semakin tinggi, maka primer tersebut makin baik untuk mengetahui adanya variasi genetik. Rumus untuk menghitung nilai PIC adalah sebagai berikut (Probojati dkk., 2019):

$$PIC_i = 2f(1 - f)$$

Keterangan:

f= frekuensi pita DNA yang muncul

1-f= frekuensi pita DNA yang tidak muncul

i= primer

*Effective multiplex ratio* (EMR) adalah parameter yang digunakan untuk menghitung total pita DNA yang muncul pada setiap primer dan jumlah pita DNA polimorfik. Rumus untuk menghitung nilai EMR adalah sebagai berikut (Probojati dkk, 2019 dalam Wahyudi dkk., 2020):

$$EMR = n \times \beta$$

Keterangan:

n= produk dari total jumlah pita DNA yang muncul pada tiap primer

$\beta$ = jumlah pita DNA polimorfik

*Marker indeks* (MI) digunakan untuk mengetahui indeks primer dalam menghasilkan pita DNA polimorfik. Rumus yang digunakan untuk memperoleh nilai MI adalah sebagai berikut:

$$MI = PIC \times EMR$$

Menurut Prevost dan Wilkinson (1999) dalam Kayis dkk. (2010), *Resolving power* digunakan untuk menunjukkan kemampuan primer yang paling informatif dalam membedakan pita DNA antar genotip *Resolving power* (RP) dihitung pada masing-masing primer dapat dihitung menggunakan rumus:

$$I_b = I_b = 1 - [2 \times (0,5 - P)]$$

P= nilai proporsi dari genotip yang mengandung pita DNA

Data hasil skoring pita DNA kemudian dianalisis untuk mengetahui pengelompokan dan nilai similaritas menggunakan program Palaeontological Statistics (PAST) 3.0. *Principal Component Analysis* (PCA) pada program PAST 3.0. Analisis *similarity* dan *clustering* (pengelompokan) dilakukan menggunakan metode *Unweighted Paired Group Method Arithmetic* koefisien persamaan Jaccard. Data biner tersebut selanjutnya digunakan dalam analisis variasi genetik menggunakan menggunakan *software* GenAlEx (*Genetic Analysis in Excel*) (Smouse dan Peakall., 2012). Analisis keragaman genetik dihitung berdasarkan nilai diversitas genetik Nei (He) (1987) menggunakan rumus:

$$He = \text{Diversity} = 1 - (p^2 + q^2)$$

Keterangan:

He: Nilai diversitas genetik Nei (1987)

p dan q= Frekuensi alel

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakterisasi Mangga berdasarkan Marka Morfologi

##### 4.1.1 Hasil Karakterisasi Morfologi Vegetatif Koleksi Mangga (*Mangifera spp.*)

Beberapa aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi memiliki karakter morfologi yang beragam maupun seragam (Lampiran tabel 1). Berdasarkan total 18 karakter morfologi vegetatif yang diamati, terdapat 16 karakter beragam. Karakter-karakter tersebut adalah bangun daun (*leaf blade shape*) (Lampiran gambar 1), Susunan daun terhadap batang (*leaf attitude in relation to the branch*) (Lampiran gambar 2), panjang helai daun (*leaf blade length*) (Lampiran gambar 3), lebar helai daun (*leaf blade width*) (Lampiran gambar 3), panjang tangkai daun (*petiole length*) (Lampiran gambar 4), tipe pelvinus (*thickness of pelvinus*) (Lampiran gambar 5), lekukan pada tulang daun sekunder (*curvature of secondary veins*) (Lampiran gambar 6), ujung daun (*leaf apex*) (Lampiran gambar 7), pangkal daun (*leaf base*) (Lampiran gambar 8), tepi daun (*leaf margin*) (Lampiran gambar 9), warna daun muda (*colour of young leaves*) (Lampiran gambar 10), warna daun dewasa (*colour of mature leaves*) (Lampiran gambar 11), aroma daun (*leaf fragrance*), kanal pada urat daun (*canal of leaf vein*) (Lampiran gambar 12), daun berbentuk U (*U-shaped leaves*) (Lampiran gambar 13), dan tekstur daun (*leaf texture*). Selain karakter-karakter yang beragam ini, juga aksesori-aksesori mangga Kebun Raya Purwodadi juga memiliki karakter yang seragam.

Karakter-karakter yang beragam ini dalam kultivar ini sesuai dengan yang telah dijelaskan oleh Joshi dkk. (2013) dan Kanchan dkk. (2018), bahwa kultivar-kultivar marga *Mangifera* juga memiliki karakter yang beragam. Terkecuali pada mangga Pakel Bawang. Mangga Pakel Bawang memiliki karakter khas yang tidak dijelaskan pada literatur, yaitu adalah karakter warna daun muda yang hijau. Hal ini dikarenakan mangga Pakel Bawang bukan termasuk dalam *Mangifera. indica*, namun dalam nama lokalnya tetap disebut sebagai mangga dengan jenis Pakel Bawang.

Sebanyak 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi memiliki dua karakter morfologi yang seragam. Kedua karakter yang ditemukan seragam adalah tidak adanya trikoma pada daun (*leaf pubescence*) dan ukuran sudut antara ibu tulang daun terhadap anak tulang daun (*angle of secondary veins to the midrib*) yaitu lebih besar daripada  $60^\circ$  (Lampiran gambar 14). Karakter-karakter ini menjadi karakter sinapomorfi pada aksesori mangga karena karakter ini dimiliki oleh seluruh aksesori yang diamati.. Karakter sinapomorfi adalah karakter yang diturunkan dan dimiliki oleh seluruh taksa (Simpson, 2006). Hal ini sesuai dengan Orwa dkk. (2009) yang menjelaskan bahwa daun mangga secara umum memiliki salah satu karakter berupa tulang daun sekunder yang mengarah ke ujung daun, sehingga membentuk sudut. Sudut ini memiliki ukuran lebih besar daripada  $60^\circ$ . Oleh karena itu, karakter ini dapat digunakan sebagai karakter untuk mencirikan marga *Mangifera*.

Beberapa karakter yang beragam berkontribusi terhadap keragaman 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi. Hal ini diketahui melalui Analisis

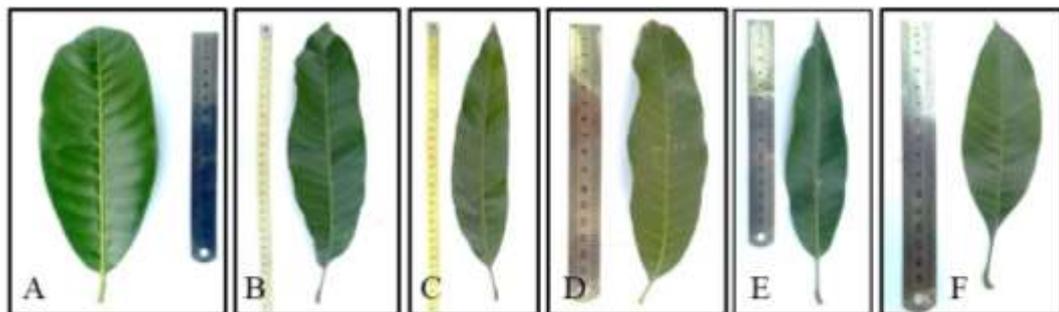
komponen utama (*Principal Component Analysis*) atau PCA. PCA adalah analisis statistika multivariat yang digunakan untuk menyederhanakan dan menganalisis variabel-variabel dalam jumlah banyak (Das dkk., 2017). Analisis komponen utama mereduksi karakter-karakter yang diamati menjadi tiga komponen utama yang memiliki nilai *eigen value* >1. Analisis komponen utama digunakan untuk mengetahui karakter mana yang menjadi karakter utama penyebab adanya keberagaman. Hasil analisis komponen utama (PCA) menunjukkan terdapat dua komponen utama yang memiliki *eigen value* >1, meliputi PC1, dan PC2. Kedua komponen utama tersebut berkontribusi pada keberagaman karakter morfologi tumbuhan mangga yang diamati sebesar 46,87 % sampai dengan 25,26 % (Lampiran tabel 2). Berdasarkan hasil yang ditunjukkan dari analisis ini, diperoleh karakter yang berkontribusi besar terhadap keragaman. Karakter yang paling membedakan dan berkontribusi terhadap keberagaman 10 aksesori mangga ini antara lain warna daun muda (*colour of young leaves*) (Gambar 4.1), ujung daun (*leaf apex*) dan panjang daun (*leaf blade length*) (Gamba 4.2).

Terdapat 6 karakter warna daun muda dimiliki 10 aksesori mangga ini (Gambar 4.1). Warna daun muda berwarna hijau dimiliki oleh mangga Pakel Bawang (Gambar 4.1.A). Warna daun yang hijau muda terdapat pada mangga Gondo Nanas (Gambar 4.1.B). Pada aksesori mangga Gondo Lumut dan mangga Kecil, daun mudanya memiliki warna coklat muda dengan semburat kehijauan (Gambar 4.1.C). Mangga Putih dan mangga Krasak Candi memiliki warna daun muda merah pucat (Gambar 4.1.D). Pada mangga Randu, Kapasan, dan Endok, daun muda diketahui memiliki warna kemerahan (Gambar 4.1.E). Mangga

Blenyik Lonjong memiliki warna daun muda yang coklat tua (Gambar 4.1.F). Karakter lain yang dapat membedakan dan berkontribusi dalam keragaman antar 10 aksesi mangga yang diamati adalah bentuk ujung daun dan lebar daun (Gambar 4.2). Terdapat 3 bentuk ujung daun yang ditemukan berikut beserta ukuran lebar daun pada 10 aksesi mangga.



**Gambar 4.1.** Karakter warna daun muda pada beberapa aksesi mangga. Keterangan: A) Mangga Pakel Bawang, B) Mangga Gondo Nanas, C) mangga Gondo Lumut, D) Mangga Putihan, E) Mangga Blenyik Lonjong, dan F) mangga Randu



**Gambar 4.2.** Variasi bangun daun beserta ukuran panjang dan lebar daun. Keterangan: A) mangga Pakel Bawang, B) mangga Endok, C) Kapasan, D) mangga Gondo Lumut, E) mangga Kecil, dan F) mangga Blenyik Lonjong

#### 4.1.2. Nilai similaritas dan pengelompokan

Nilai koefisien similaritas 10 aksesori mangga berada pada rentang nilai 0,68 hingga 0,98, sedangkan nilai koefisien similaritas pada *in-group* berada pada rentang nilai 0,77 hingga 0,98. Nilai koefisien similaritas terendah dari seluruh aksesori dimiliki antara mangga Pakel Bawang dan mangga Kapasan, sedangkan dalam *in-group* ditunjukkan antara mangga Kapasan dan mangga Gondo Lumut dengan nilai koefisien similaritas sebesar 0,77. Nilai koefisien similaritas tertinggi ditunjukkan antara mangga Kecil dan mangga Krasak Candi dengan nilai koefisien similaritas sebesar 0,98. (Tabel 4.1). Rentang nilai koefisien similaritas Bray-Curtis berada pada 0 sampai dengan 1, di mana semakin mendekati 1, maka nilai similaritas semakin tinggi (Sommerfield, 2008). Oleh karena itu, nilai similaritas yang diperoleh dalam 10 aksesori mangga ini tergolong tinggi karena mendekati angka 1.

Nilai koefisien similaritas ini digunakan untuk menentukan jarak kekerabatan antar aksesori berdasarkan jumlah kemiripan karakter. Semakin kecil nilai similaritas, maka hubungan kekerabatannya semakin jauh. Sebaliknya, semakin besar nilai koefisien similaritas, maka hubungan kekerabatannya semakin dekat (Wijayanto dkk., 2013). Berdasarkan literatur tersebut, dapat diketahui bahwa jarak kekerabatan terjauh ditunjukkan antara mangga Kapasan dan mangga Gondo Lumut, sedangkan jarak kekerabatan terdekat dimiliki oleh mangga Kecil dan mangga Krasak Candi.

Hubungan kekerabatan antarjenis / kultivar menunjukkan gambaran suatu keberagaman populasi (Gusmiati dkk., 2018). Semakin dekat hubungan

kekerabatan dalam suatu populasi, maka semakin rendah keberagaman dalam populasi tersebut dikarenakan jumlah perbedaan karakter yang semakin rendah (Siregar dan Diputra, 2013). Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa tingkat keragaman aksesi mangga berdasarkan karakter morfologi ini ini tergolong rendah. Rendahnya tingkat keragaman aksesi berdasarkan karakter morfologi ini juga disebabkan karena jenis karakter yang diamati, yaitu hanya karakter morfologi vegetatif saja.

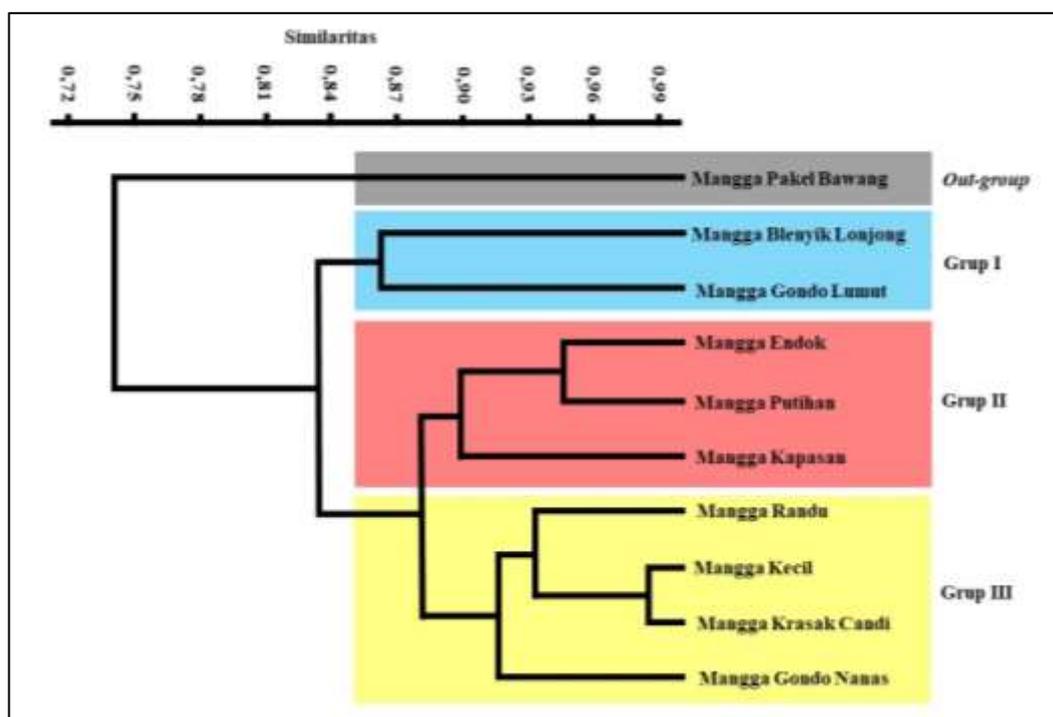
**Tabel 4.1.** Tabel nilai koefisien similaritas 10 aksesi mangga berdasarkan karakter morfologi

	GL	END	KPS	PTH	RN	BLN	MKC	KRC	GN	FOE
GL	1									
END	0.79	1								
KPS	0.77	0.91	1							
PTH	0.82	0.95	0.89	1						
RN	0.84	0.94	0.91	0.92	1					
BLN	0.86	0.82	0.77	0.79	0.88	1				
MKC	0.92	0.87	0.83	0.90	0.93	0.85	1			
KRC	0.90	0.89	0.85	0.91	0.94	0.87	<b>0.98</b>	1		
GN	0.85	0.87	0.79	0.90	0.89	0.81	0.94	0.92	1	
FOE	0.76	0.73	<b>0.68</b>	0.76	0.72	0.69	0.76	0.75	0.82	1

Keterangan: FOE: Mangga Pakel Bawang, END: mangga Endok, PTH: mangga Putih, RN: mangga Randu, BLN: mangga Blenyik Lonjong, MKC: mangga Kecil, KRC: mangga Krasak Candi, GN: mangga Gondo Nanas, GL: mangga Gondo Lumut.

Analisis pengelompokan 10 aksesi mangga berdasarkan karakter morfologi menghasilkan dendrogram yang membagi 10 aksesi menjadi 4 kelompok besar termasuk *out-group* (Gambar 4.3). Grup I terdiri dari dua aksesi yaitu mangga Blenyik Lonjong dan mangga Gondo Lumut. Grup II terdiri dari 3

aksesi mangga yaitu mangga Endok, mangga Putihan, dan mangga Kapasan. Grup III terdiri dari 4 aksesori yaitu mangga Randu, mangga Kecil, mangga Krasak Candi, dan mangga Gondo Nanas. Mangga Pakel Bawang terpisah sendiri sebagai *out-group*.

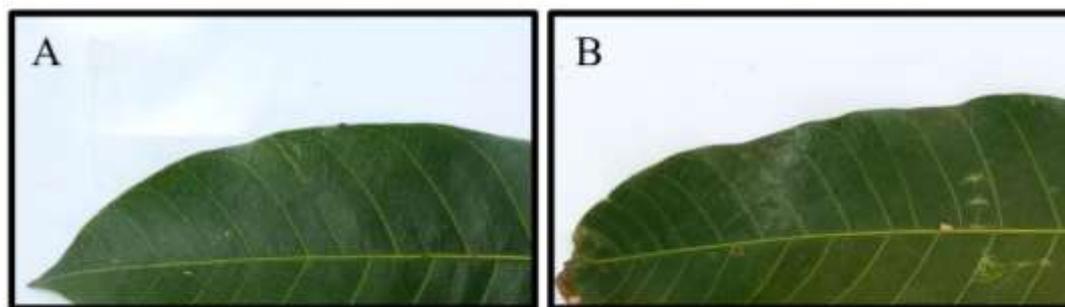


**Gambar 4.3.** Hasil pengelompokan aksesori-aksesori mangga berdasarkan karakter morfologi

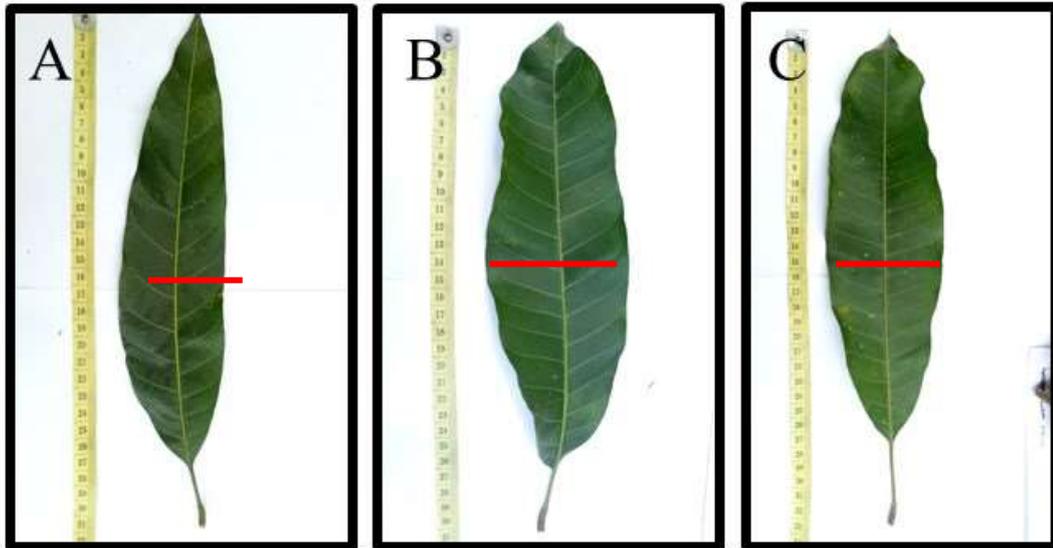
Grup I terdiri dari 2 aksesori mangga, yaitu mangga Blenyik Lonjong dan mangga Gondo Lumut dengan nilai koefisien similaritas sebesar 0,86. Kelompok ini memiliki 12 Karakter sinapomofi diantaranya adalah pelvinus tipis, tepi daun yang bergelombang menengah (*medium-wavy*) (Gambar 4.4), ukuran rata-rata panjang daun yang paling pendek dibandingkan dengan seluruh aksesori, daun beraroma kuat (*strong*), dan lain-lain.

Grup II yang terdiri dari 3 aksesori yaitu mangga Endok, mangga Putih, dan mangga Kapasan memiliki ciri yang khas. Kelompok ini memiliki ukuran helai daun yang lebih tergolong paling lebar (skor pada interval 3) (Gambar 4.5) jika dibandingkan dengan aksesori-aksesori lainnya. Selain itu, ketiga aksesori ini juga berasal dari *locality* yang sama yaitu Jawa Timur.

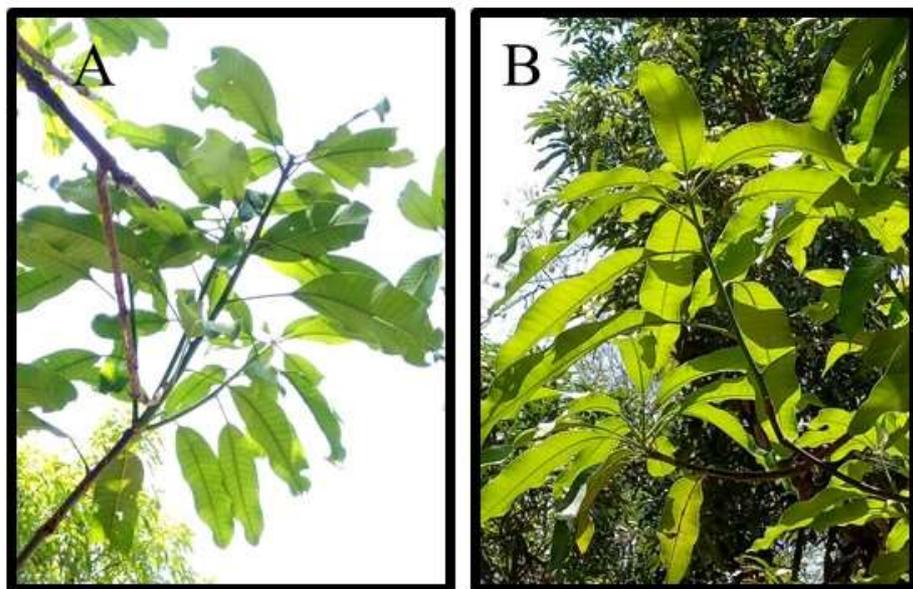
Grup III terdiri atas mangga Randu, mangga Kecil, mangga Krasak Candi, dan mangga Gondo Nanas. Pada kelompok ini, terdapat dua aksesori dengan nilai koefisien similaritas tertinggi sebesar 0,98 yaitu mangga Kecil dan mangga Krasak Candi. Terdapat 17 karakter sinapomorfi antara mangga Krasak Candi dan mangga Kecil, salah satunya adalah susunan daun pada cabang yang horizontal (Gambar 4.6).



**Gambar 4.4.** Karakter sinapomorfi pada grup 4 yaitu bentuk tepi daun yang bergelombang-menengah (*medium-wavy*). Keterangan: A) mangga Blenyik Lonjong, dan B) mangga Gondo Lumut



**Gambar 4.5.** Karakter sinapomorfi pada grup 2 (ukuran helai daun terlebar). Keterangan: A) daun mangga Kapasan, B) daun mangga Endok, dan C) daun mangga Putihan



**Gambar 4.6.** Karakter sinapomorfi pada grup 3 (susunan daun pada batang yang horizontal). Keterangan: A) mangga Krasak Candi, dan B) mangga Kecil

Mangga Pakel Bawang memiliki 5 karakter autopomorfi yang membedakannya dari seluruh *in-group*. Karakter-karakter tersebut antara lain bentuk daun elips (*elliptic*) (Lampiran gambar 1.C), karakter helai daun rata, warna daun muda yang hijau, tidak adanya aroma khas pada daun, dan daun yang berbentuk huruf U (*U-shaped leaf form*) (Lampiran gambar 13.A). Karakter ini dapat digunakan sebagai pembeda antara kelompok *in-group* terhadap *out-group*. Sebagai tambahan, menurut Rahadiantoro (2014), daun *M. foetida* memiliki tekstur yang kaku dan menyerupai kulit (*coriaceous*). Karakter ini menjadi karakter yang khas dari spesies ini.

Pengelompokan 10 aksesori mangga ini diperoleh dari hasil karakterisasi organ vegetatif yang sebagian besar merupakan organ daun serta bagian-bagiannya, sehingga menghasilkan bentuk dendrogram dan pengelompokan yang sedemikian rupa. Tidak adanya pengelompokan kultivar dan penamaan kultivar mangga secara universal juga dinilai menyulitkan peneliti dalam melakukan penggolongan kultivar-kultivar mangga secara universal. Pengelompokan dan penamaan kultivar secara universal dinilai perlu untuk memudahkan identifikasi, mengingat banyaknya variasi intraspecies maupun intraspecies dari genus *Mangifera* ini (Oktavianto dkk, 2015; Ilyasi dkk., 2019; dan Laila dkk., 2020).

Penamaan kultivar 10 aksesori mangga ini diperkirakan berasal dari penyebutan masyarakat lokal sendiri. Jika ditinjau dari asal 10 aksesori yang berasal dari Jawa Timur dan Jawa Tengah, nama kultivar mangga-mangga ini juga merupakan bahasa daerah setempat. Menurut Rahman (2020), masyarakat Indonesia cenderung memberi nama buah mangga berdasarkan bentuk fisik

buahnya. Namun pada karakterisasi ini, morfologi buah tidak dapat diamati dikarenakan tidak adanya organ generatif.

#### **4.1.3. Kelebihan dan Kelemahan Penggunaan Marka Morfologi dalam Karakterisasi Mangga**

Karakter yang digunakan sebagai analisis pengelompokan ini hanya terbatas pada karakter vegetatif dikarenakan tidak munculnya karakter generatif pada sebagian besar koleksi mangga yang diamati. Hal ini merupakan salah satu kekurangan dalam penggunaan karakter morfologi sebagai analisis keberagaman dan pengelompokan suatu kelompok atau taksa. Karakter generatif juga terkadang membutuhkan fase tertentu agar dapat diamati dengan baik dikarenakan karakter generatif pada mangga tidak selalu tersedia setiap waktu. Menurut Husen dkk. (2012), *Mangifera indica* memiliki sifat perbungaan yang bersifat “*annual-bearing*”, yaitu munculnya perbungaan hanya terjadi sekali dalam semusim atau sekali dalam setahun. Hal ini yang menyebabkan karakter generatif tidak dapat diamati pada keseluruhan aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi.

Faktor lain yang menyebabkan karakter generatif tidak dapat diamati adalah adanya kawanan monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) yang sering terlihat di tempat pengamatan. Kawanan hewan ini memakan buah dan perilakunya terkadang merusak organ generatif maupun vegetatif pada koleksi mangga di Kebun Raya Purwodadi.

Hasil dari pendekatan data morfologi juga dinilai lebih subyektif, karena secara fenotip, karakter tumbuhan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat validitas data yang diperoleh.

Karakter morfologi berpotensi menunjukkan karakter yang rancu karena penampilan karakternya juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Hadiati dan Sukmadjaja, 2002). Selain itu, jumlah karakter yang diamati juga terbatas pada organ-organ yang dapat diamati dan dibandingkan antar koleksi mangga.

Walaupun demikian, analisis pengelompokan dan keragaman berdasarkan karakter morfologi juga penting untuk dilaksanakan karena dapat dijadikan sebagai dasar dan data penunjang untuk karakterisasi berdasarkan penanda lain. Menurut Gusmiati dkk. (2018), data hasil pendekatan morfologi dapat digunakan sebagai data awal yang mendasar untuk pendekatan menggunakan marka-marka lanjutan. Pendekatan melalui data morfologi juga memiliki kelebihan lain, yaitu lebih mudah untuk dilaksanakan dan dipahami karena dapat dilihat wujud atau karakter organnya secara langsung.

## **4.2. Karakterisasi Mangga berdasarkan Marka Molekuler (RAPD)**

### **4.2.1. Ekstraksi DNA**

Ekstraksi DNA mangga dilakukan dengan menggunakan metode CTAB (*Cetyl trimethylammonium bromide*) dengan sedikit modifikasi. Metode ini umum digunakan untuk melakukan ekstraksi DNA dari sampel tumbuhan yang mengandung banyak metabolit sekunder seperti senyawa polifenol dan polisakarida (Jose dan Usha, 2000) yang berpotensi mengurangi kualitas isolat DNA yang diperoleh. Sampel organ tumbuhan yang digunakan untuk diisolasi DNA adalah daun muda. Alasan penggunaan organ ini dalam isolasi DNA adalah karena daun muda memiliki tekstur yang relatif lunak sehingga mudah dihaluskan

dengan bantuan nitrogen cair. Selain itu, kandungan metabolit sekunder pada daun muda juga lebih sedikit dibandingkan dengan daun yang lebih tua (Ramadhan dkk., 2015).

Hasil uji kualitatif menggunakan gel elektroforesis menunjukkan bahwa terdapat beberapa sampel yang menunjukkan adanya pita *smear*, pita tebal, dan pita DNA yang tipis. Pita DNA *smear* ditunjukkan oleh sampel 2, 6, dan 8. Pita DNA tebal tanpa *smear* ditunjukkan oleh sampel 4, 5, 7, dan 10. Sedangkan pita tipis ditunjukkan oleh sampel (1, 3, 9) (Lampiran gambar 15). Hasil DNA yang *smear* menunjukkan bahwa masih terdapat kontaminasi, baik kontaminasi RNA (Sauer dkk., 1998 dan Hidayati dkk, 2016), protein (Hidayati dkk, 2016), ataupun metabolit sekunder (Hidayati dkk, 2016). Pita *smear* tebal di bagian bawah menunjukkan bahwa hasil isolasi DNA masih mengandung atau terkontaminasi RNA (Sauer dkk., 1998).

Hasil uji kuantitatif menunjukkan kemurnian isolat DNA dengan rentang antara 0,41 sampai dengan 3,00 (Tabel 4.2). Kemurnian terendah sebesar 0,41 dimiliki oleh sampel DNA mangga Gondo Lumut), sedangkan nilai kemurnian sebesar 3,87 dimiliki oleh sampel DNA mangga Krasak Candi). Tingkat kemurnian dapat dikatakan baik apabila memiliki rentang nilai antara 1,8 sampai dengan 2,0 (Sambrook dkk., 1989; Fatchiyah, 2011). Sampel DNA dengan nilai kemurnian kurang dari 1,8 menunjukkan adanya kontaminasi protein (Kartini, 2012), sedangkan sampel DNA dengan nilai kemurnian di atas 2,0 menunjukkan adanya kontaminasi RNA (Fatchiyah dkk., 2011).

**Tabel 4.2** Hasil uji kuantitatif isolasi DNA menggunakan nanodrop pada absorbansi A 260/280

No.	Sampel	Kemurnian	Konsentrasi
1.	Mangga Pakel Bawang	0,74	47,37
2.	Mangga Gondo Lumut	0,41	25,41
3.	Mangga Gondo Nanas	0,86	165,3
4.	Mangga Kapasan	0,69	31,92
5.	Mangga Putih	1,48	8,71
6.	Mangga Krasak Candi	3,87	79,4
7.	Mangga Endok	1,38	22,99
8.	Mangga Blenyik Lonjong	0,57	33,67
9.	Mangga Randu	0,73	25,66
10.	Mangga Kecil	1,65	32,28

Pita *smear* yang terdapat pada aksesi mangga Krasak Candi menunjukkan adanya kontaminan berupa RNA. Hal ini juga ditunjang oleh hasil uji kuantitatif sampel mangga Krasak Candi yang menunjukkan angka 3,87. Pada aksesi mangga Gondo Lumut dan Blenyik Lonjong, hasil uji kualitatif menunjukkan bahwa kemurnian DNA di bawah 1,8 namun tetap menunjukkan *smear* oleh kontaminasi RNA. Sama halnya dengan sampel yang menunjukkan pita DNA tebal tanpa *smear* dan tipis, namun hasil kemurniannya tidak berada pada rentang nilai 1,8-2,0.

Adanya ketidakcocokan antara hasil uji kuantitatif dan uji kualitatif dapat dimungkinkan terjadi karena proses pengambilan sampel yang kurang homogen dari tube dalam uji kuantitatif, sehingga ada sebagian DNA yang menempel pada dinding tube. Proses pipeting yang kurang teliti juga berpotensi menjadikan sebagian DNA rusak ketika akan diuji kualitatif (Fatchiyah, 2011).

## **4.2.2. Amplifikasi PCR-RAPD**

### **4.2.2.1. *Screening* Primer OPA**

Hasil isolasi DNA kemudian dilakukan *screening* menggunakan primer OPA 1 sampai dengan OPA 20. Hasil *screening* menunjukkan terdapat 12 primer yang dapat mengamplifikasi pita polimorfik DNA pada mangga. Primer-primer tersebut antara lain OPA 1, OPA 7, OPA 11, OPA 12, OPA 13, OPA 14, OPA 15, OPA 16, OPA 17, OPA 18, OPA 19, dan OPA 20 (Lampiran gambar 16). Panjang pita hasil amplifikasi ini memiliki ukuran dengan rentang 200 bp sampai 1000 bp. Pita-pita DNA yang muncul ini dapat terlihat dengan jelas sehingga dapat digunakan untuk melakukan skoring. Hasil skoring ini akan digunakan untuk analisis pengelompokan serta variasi genetik dalam populasi mangga yang diteliti (Lampiran tabel 3). Pita DNA yang tidak muncul merupakan pita yang tidak teramplifikasi oleh primer (Tingey dkk., 1994). Hal ini memungkinkan adanya ketidaksesuaian antara urutan sekuen DNA pembawa informasi genetik sampel dengan sekuen primer yang digunakan sehingga menyebabkan munculnya pita polimorfik (Tingey dkk., 1994). Selain itu, adanya mutasi dalam sekuen DNA aksesori juga menyebabkan primer tidak dapat teramplifikasi sehingga menyebabkan tidak munculnya pita DNA (Poerba dkk, 2018)

Berdasarkan hasil dari *screening* ini, seluruh primer menunjukkan pita yang polimorfik dan tidak terdapat pita monomorfik. Adanya pita polimorfik pada teknik RAPD ini menunjukkan adanya perbedaan dan variasi genetik dalam populasi yang diuji (Rahman dkk. 2017 dan Ashraf dkk., 2014). Kemunculan pita ini juga dapat disebabkan oleh peristiwa mutasi dan delesi (Dhakshanamoorthy dkk., 2014).

#### 4.2.2.2. Analisis Hasil PCR

Jumlah pita yang muncul atau *Total Number of Bands* (TNB) dari 12 primer yang teramplifikasi adalah sebanyak 54 pita. Keseluruhan pita ini merupakan pita DNA yang polimorfik dengan presentase polimorfisme sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa 12 primer ini dapat digunakan sebagai penanda untuk mengetahui variasi genetik dalam populasi mangga. Selanjutnya dilakukan analisis primer menggunakan perhitungan nilai *Polymorphism Information Content* (PIC), *Effective Multiplex Ratio* (EMR), *Marker Index* (MI), dan *Resolving Power* (RP) (Tabel 4.3).

**Tabel 4.3.** Hasil analisis primer PCR-RAPD

<b>Primer</b>	<b>TNB</b>	<b>NPB</b>	<b>PB %</b>	<b>PIC</b>	<b>EMR</b>	<b>MI</b>	<b>RP</b>
OPA 1	7	7	100%	0,27	49	13,02	2,60
OPA 07	3	3	100%	0,28	9	2,52	1,60
OPA 11	4	4	100%	0,39	16	6,16	3,40
OPA 12	10	10	100%	0,25	100	25,00	3,00
OPA 13	5	5	100%	0,30	25	7,50	7,80
OPA 14	2	2	100%	0,25	4	1,00	0,60
OPA 15	1	1	100%	0,48	1	0,48	1,20
OPA 16	3	3	100%	0,28	9	2,52	3,20
OPA 17	7	7	100%	0,24	49	11,76	2,00
OPA 18	4	4	100%	0,18	16	2,88	0,80
OPA 19	3	3	100%	0,39	9	3,48	1,60
OPA 20	5	5	100%	0,24	25	6,00	1,60
	Jumlah			3,54	312	82,32	29,40
	Rata-rata			0,29	26	6,86	2,45

Keterangan: TNB (*Total Number of Bands*), NPB (*Number of Polymorphic Bands*), PB (*Percentage of Polymorphism*), PIC (*Polymorphic information Content*), EMR (*Effective Multiplex Ratio*), MI (*Marker Index*), dan RP (*Resolving Power*).

*Polymorphism Information Content* (PIC) adalah nilai yang menginterpretasikan kemampuan marker dalam menunjukkan adanya polimorfisme dalam suatu populasi berdasarkan jumlah alel dan frekuensinya. Perhitungan nilai PIC dilakukan untuk mengetahui primer yang paling informatif. Rentang nilai PIC yang diperoleh dari perhitungan berkisar antara 0,17 sampai dengan 0,5 dengan rata-rata nilai PIC sebesar 0,29. Nilai PIC terendah dimiliki oleh primer OPA 18, sedangkan nilai PIC tertinggi dimiliki oleh primer OPA 15. Rentang nilai maksimum dalam PIC adalah 0,5 dengan kesimpulan semakin tinggi nilai PIC maka semakin baik pula primer tersebut untuk menunjukkan variasi genetik. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *Effective Multiplex Ratio* (Tabel 4.3).

Nilai *Effective Multiplex Ratio* (EMR) menunjukkan nilai perbandingan yang efektif dari jumlah total produk pita yang dikeluarkan terhadap pita polimorfik. Nilai EMR diperoleh dari total jumlah lokus polimorfik per primer yang dikalikan dengan proporsi jumlah lokus polimorfik terhadap jumlah total lokus (Chesnokov, 2015). Dari keseluruhan primer yang digunakan, rentang nilai EMR berkisar antara 1 sampai dengan 100 serta memiliki rata-rata sebesar 48. Nilai EMR paling rendah, yaitu 1 dimiliki oleh primer OPA 15, sedangkan nilai EMR paling tinggi sebesar 100 dimiliki oleh primer OPA 12 (Tabel 4.3).

Nilai *Marker Index* (MI) dari 12 primer memiliki rentang antara 0,5 sampai dengan 23,1 dengan rata-rata 6,62. Primer OPA 12 memiliki nilai MI tertinggi yaitu 2,31, sedangkan nilai MI paling rendah dimiliki oleh primer OPA 14 yaitu 0,5. Analisis *Resolving Power* (RP) dilakukan untuk mengetahui penanda

yang paling informatif (Kayis dkk. 2010) Perhitungan nilai RP didasarkan pada distribusi alel pada tiap genotip, sehingga primer yang memiliki nilai RP paling tinggi merupakan primer yang paling informatif berdasarkan kemampuan primer untuk menunjukkan polimorfisme dari genotip-genotip yang diuji. Rentang nilai RP berkisar antara 0,55 sampai dengan 7,27 dengan rata-rata sebesar 2,24. Nilai RP tertinggi dimiliki oleh primer OPA 13, sedangkan nilai RP paling rendah dimiliki oleh primer OPA 14 (Tabel 4.3).

#### **4.2.2.3. Nilai Koefisien Similaritas dan Pengelompokan**

Nilai koefisien similaritas 10 aksesori mangga berdasarkan karakter molekuler berada pada rentang nilai 0,13 hingga 0,47 (Tabel 4.4). Rentang nilai koefisien similaritas Jaccard berada pada 0 sampai dengan 1, dimana semakin mendekati 1, maka nilai similaritas semakin tinggi (Somerfield, 2008). Berdasarkan literatur tersebut, nilai similaritas berdasarkan karakter molekuler ini tergolong rendah hingga sedang.

Nilai koefisien similaritas terendah dimiliki antara mangga Krasak Candi dan mangga Gondo Nanas dengan nilai koefisien similaritas sebesar 0,13, sedangkan nilai koefisien similaritas tertinggi dimiliki oleh mangga Kapasan dan mangga Putihan dengan nilai koefisien similaritas sebesar 0,47. Menurut Wijayanto dkk. (2003), nilai koefisien similaritas ini dapat digunakan untuk menentukan jarak kekerabatan antar aksesori berdasarkan jumlah kemiripan karakter. Semakin kecil nilai similaritas, maka hubungan kekerabatannya semakin jauh. Sebaliknya, semakin besar nilai koefisien similaritas, maka hubungan

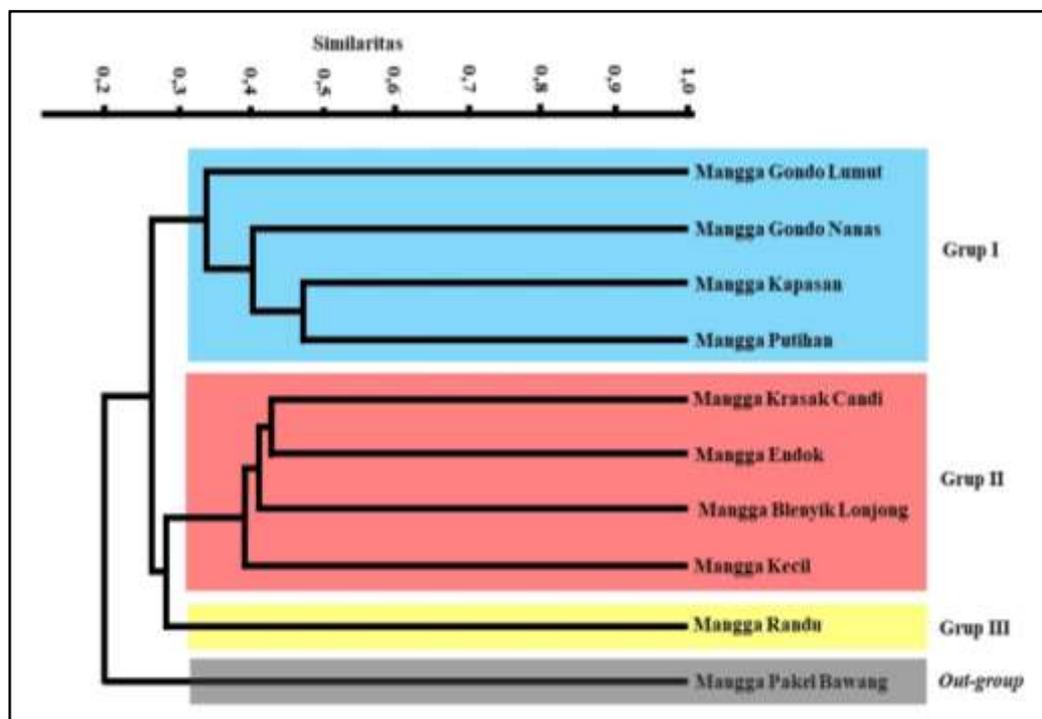
kekerabatannya semakin dekat. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa kekerabatan terdekat dimiliki antara mangga Kapasan dengan mangga Putihan, sedangkan kekerabatan terjauh dimiliki antara mangga Gondo Nanas dan mangga Krasak Candi.

**Tabel 4.4.** Nilai koefisien similaritas pada 10 aksesori mangga

	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
FOE	1									
GL	0,28	1								
GN	0,16	0,33	1							
KPS	0,20	0,33	0,38	1						
PTH	0,26	0,35	0,42	0,47	1					
KRC	0,20	0,27	0,13	0,24	0,32	1				
END	0,17	0,23	0,16	0,30	0,32	0,43	1			
BLN	0,19	0,29	0,18	0,36	0,32	0,42	0,41	1		
RN	0,19	0,30	0,25	0,32	0,23	0,27	0,28	0,32	1	
MKC	0,15	0,32	0,19	0,23	0,30	0,42	0,35	0,40	0,26	1

Keterangan: FOE: Mangga Pakel Bawang, END: mangga Endok, PTH: mangga Putihan, RN: mangga Randu, BLN: mangga Blenyik Lonjong, MKC: mangga Kecil, KRC: mangga Krasak Candi, GN: mangga Gonfo Nanas, GL: mangga Gondo Lumut.

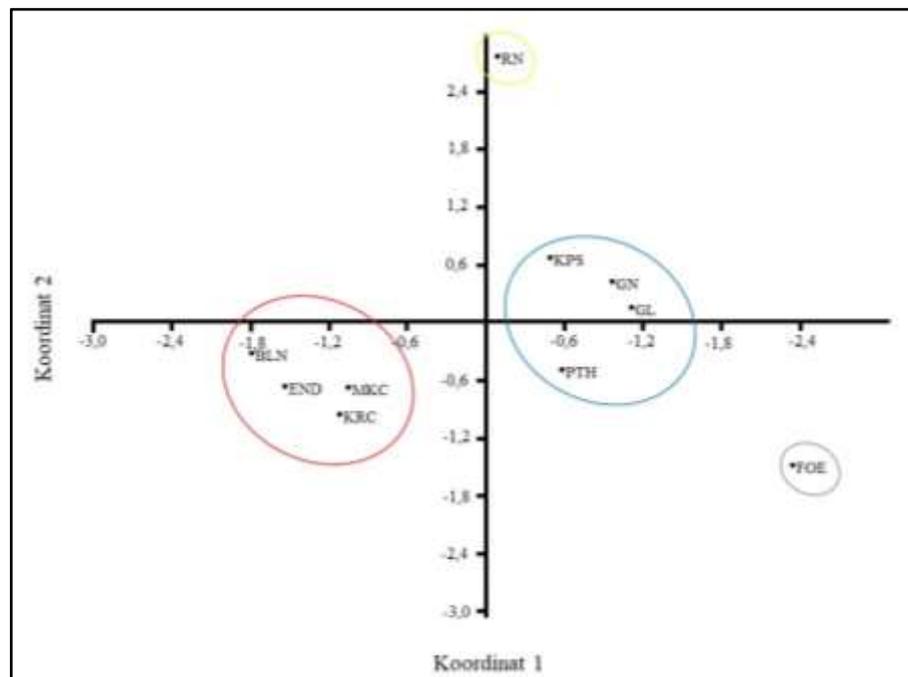
Analisis pengelompokan 10 aksesori mangga berdasarkan marka RAPD menghasilkan dendrogram yang menunjukkan pengelompokan mangga menjadi 4 grup besar termasuk *out-group* dengan nilai similaritas  $\geq 0,31$  (Gambar 4.7). Grup I terdiri dari 4 aksesori yaitu mangga Gondo Lumut, mangga Gondo Nanas, mangga Kapasan, dan mangga Putihan. Grup II juga terdiri dari 4 aksesori yang terdiri dari mangga Krasak Candi, mangga Endok, mangga Blenyik Lonjong dan mangga Kecil. Grup 3 terdiri dari satu aksesori yaitu mangga Randu. Mangga Pakel Bawang terpisah sebagai *out-group*.



**Gambar 4.7** Hasil pengelompokan aksesori mangga berdasarkan marka RAPD

Pengelompokan mangga berdasarkan marka RAPD ini berbeda dengan hasil pengelompokan berdasarkan karakter morfologi. Hal ini dapat dimungkinkan terjadi dikarenakan penggunaan karakter pada pengamatan morfologi, di mana karakter yang diamati hanya karakter morfologi vegetatif.

Hasil analisis pengelompokan kemudian dilanjutkan pada analisis koordinat atau *Principal Coordinate Analysis* (PCoA) menggunakan *scattered plot* untuk memperlihatkan hasil pengelompokan yang sesuai. Pengelompokan ditunjukkan menggunakan koordinat kartesius. Pengelompokan mangga aksesori pada koordinat ini menunjukkan pengelompokan yang sama dengan pola pengelompokan pada dendrogram. Pengelompokan ini terjadi karena adanya perbedaan genotip pada mangga.



**Gambar 4.8** Koordinat pengelompokan aksesori mangga menggunakan analisis PCoA.

Faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya perbedaan genetik adalah adanya mangga yang dapat menghasilkan biji bersifat monembrioni maupun poliembrioni. Poliembrioni merupakan salah satu sifat khas yang dimiliki mangga, yaitu munculnya lebih dari satu individu dalam satu perkecambahan biji mangga, sedangkan pada sifat monoembrioni hanya menghasilkan satu individu baru pada tiap perkecambahan (Dayal dkk., 2016; IPGRI, 2006). Individu mangga yang memiliki sifat poliembrionik menghasilkan biji yang mampu memproduksi dua jenis perkecambahan, yaitu kecambah zigotik dan nusellar (Ochoa dkk., 2012; Pinto dkk., 2018). Individu baru yang berasal dari perkecambahan embrio nusellar memiliki sifat yang sama dengan induknya (Kuhn dkk., 2019). Kesamaan sifat dengan tanaman induk ini menyebabkan rendahnya variasi genetik. Perekecambahan embrio zigotik memiliki perbedaan genetik dibandingkan

tumbuhan induk. Hal ini menyebabkan adanya variasi genetik intraspesies dan pembentukan varietas-varietas baru dalam mangga (Gálvez-López dkk., 2010).

Selain sifat poliembrioni, perbedaan genetik ini dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor. Hal lain yang menyebabkan adanya perbedaan genetik adalah asal dan distribusi populasi (Gálvez-López dkk., 2010), mutasi genetik (Rutter dkk., 2018), persilangan intraspesies (Dayal dkk., 2016), dan faktor lingkungan (Padmes dkk., 2012). Perbedaan genetik yang disebabkan sifat poliembrioni, distribusi populasi, mutasi genetik, dan persilangan intraspesies dimungkinkan terjadi pada daerah asal atau *locality* dari tiap-tiap aksesori, sedangkan pengaruh dari faktor lingkungan dimungkinkan terjadi baik di daerah asal dan kondisi lingkungan di Kebun Raya Purwodadi.

Adanya perbedaan genetik pada aksesori-aksesori mangga ini menunjukkan keragaman genetik pada 10 plasma nutfah mangga lokal di Kebun Raya Purwodadi. Hal ini dapat menjadi informasi dasar dalam strategi konservasi mangga-mangga lokal yang ada di Indonesia, mengingat mangga-mangga lokal ini merupakan mangga yang jarang dikonsumsi oleh masyarakat dikarenakan memiliki daya saing yang rendah jika dibandingkan dengan mangga-mangga yang sering dikomersilkan. Kendati demikian, plasma nutfah dari mangga lokal ini perlu dilestarikan. Informasi ini juga dapat bermanfaat dalam upaya mengetahui sifat-sifat yang dimungkinkan berpotensi menjadi karakter unggul dalam hal pemuliaan tanaman (Gaad dkk., 2018).

### **4.3. Perbandingan Variasi Genetik Mangifera berdasarkan Marka Morfologi dan RAPD**

Variasi genetik 10 aksesori mangga berdasarkan karakter morfologi tergolong sedang dengan nilai 0,2 dari rentang index 0 - 0,5. Berdasarkan marka RAPD, variasi genetik mangga tergolong tinggi dengan nilai 0,3 dari rentang index 0 - 0,5 (Tabel 4.5). Menurut Chesnokov dan Artemveya (2015), Pada marka dengan banyak lokus, hanya terdapat dua kemungkinan munculnya alel (ada/tidaknya alel), sehingga disebut sebagai data biner. Marka-marka ini termasuk dalam marka dominan yang memiliki nilai indeks keragaman genetik ( $H_e$ ) maksimal sebesar 0,5 dikarenakan tiap lokus hanya dapat menampilkan dua alel dan nilai indeks keragaman juga sangat dipengaruhi oleh jumlah dan frekuensi alel.

Nilai indeks variasi genetik berdasarkan morfologi tergolong sedang. Berbeda dengan indeks variasi genetik berdasarkan marka RAPD yang tergolong tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan karakterisasi morfologi yang hanya dilakukan berdasarkan karakter morfologi vegetatif, dengan kata lain, karakterisasi belum dapat dilakukan berdasarkan seluruh karakter baik vegetatif maupun generatif. Pada karakterisasi menggunakan marka RAPD nilai indeks variasi genetik dapat diketahui lebih menyeluruh dikarenakan sifat genotip sebagai penciri keragaman genetik dapat lebih diketahui. Menurut Tjitrosoedirdjo dkk. (2014), penggunaan sifat genotip atau penanda molekuler merupakan metode yang dianggap lebih baik dalam melakukan karakterisasi. Teknik molekuler juga diterapkan dan terbukti

berhasil untuk menentukan dan mencirikan karakter genotip pada individu hingga populasi tumbuhan budidaya maupun liar (Bhat dkk., 2010).

**Tabel 4.5.** Hasil analisis variasi genetik aksesori mangga

	Variasi Genetik berdasarkan Morfologi	Variasi Genetik berdasarkan Molekuler (RAPD)
<b>N</b>	10 ± 0	10,0 ± 0
<b>Na</b>	1,5 ± 0,114	2,0 ± 0
<b>Ne</b>	1,397 ± 0,047	1,418 ± 0,035
<b>He</b>	0,240 ± 0,024	0,274 ± 0,016

Keterangan: Na: Jumlah alel, Ne: Jumlah alel efektif, dan He: Nilai diversitas genetik Nei (1978).

Faktor-faktor yang mempengaruhi variasi genetik ini, antara lain sifat poliembriani (Kuhn dkk., 2010 dan Gálvez-López dkk., 2019), asal dan distribusi populasi (Gálvez-López dkk., 2010), mutasi genetik (Rutter dkk., 2018), persilangan intraspecies (Dayal dkk., 2016), dan faktor lingkungan (Padmes dkk., 2012). Perbedaan genetik yang disebabkan sifat poliembriani, distribusi populasi, mutasi genetik, dan persilangan intraspecies dimungkinkan terjadi pada daerah asal atau *locality* dari tiap-tiap aksesori, sedangkan pengaruh dari faktor lingkungan dimungkinkan terjadi baik di daerah asal dan kondisi lingkungan di Kebun Raya Purwodadi. Faktor lingkungan ini juga dapat mempengaruhi morfologi aksesori-aksesori yang diamati. Menurut Sharma dkk. (2012), karakter morfologi banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan, sehingga kenampakan karakter yang diamati juga tidak selalu merupakan karakter asli, melainkan bentuk adaptasi terhadap pengaruh lingkungan.

Selain perbandingan berdasarkan nilai variasi genetik, perbedaan juga terlihat pada bentuk pengelompokan aksesori-aksesori dalam dendrogram marka

morfologi dan marka RAPD. Aksesori-aksesori yang mengelompok pada dendrogram morfologi menjadi memisah pada dendrogram marka RAPD, begitu pula sebaliknya. Hal ini menunjukkan hasil pengelompokan yang kurang konsisten disebabkan karena tidak adanya kesamaan antara dendrogram berdasarkan marka morfologi dan dendrogram berdasarkan marka RAPD. Ketidaksesuaian ini dapat terjadi dikarenakan karakter morfologi yang diamati hanya terbatas pada karakter vegetatif. Menurut Tjitrosoedirdjo dkk. (2014), hasil karakterisasi akan menjadi lebih akurat apabila menggunakan banyak jenis penanda, karena dapat mencirikan karakter secara menyeluruh.

Tidak adanya klasifikasi serta pengelompokan kultivar mangga secara universal juga dinilai menjadi faktor yang menyulitkan dalam pengelompokan 10 aksesori mangga di Kebun Raya Purwodadi ini. Hal ini disebabkan adanya perbedaan penyebutan nama-nama kultivar mangga dari tiap daerah. Penamaan kultivar 10 aksesori mangga ini diperkirakan berasal dari penyebutan masyarakat lokal sendiri. Jika ditinjau dari asal 10 aksesori yang berasal dari Jawa Timur dan Jawa Tengah, nama kultivar mangga-mangga ini juga merupakan bahasa daerah setempat. Menurut Rahman (2020), masyarakat Indonesia cenderung memberi nama buah mangga berdasarkan bentuk fisik buahnya. Namun pada karakterisasi ini, morfologi buah tidak dapat diamati dikarenakan tidak adanya organ generatif.

#### **4.4. Integrasi Sains dan Islam**

Secara umum, aksesori-aksesori mangga memiliki keragaman karakter, baik morfologi maupun molekulernya, dibuktikan berdasarkan hasil dari penelitian ini

yang menunjukkan adanya pengelompokan dan keragaman genetik. Keragaman ini merupakan salah satu bentuk kekuasaan Allah subhanahu wa ta'ala yang dapat diketahui melalui ciptaan-Nya, sebagaimana firman Allah subhanahu wa ta'ala pada surat ar-Ra'd (13) ayat 4:

﴿ وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَاوِرَةٌ وَجَنَّتْ مِنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِصِلُ بَعْضَهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴾

Artinya: “Dan di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan, kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman, pohon kurma yang bercabang, dan yang tidak bercabang; disirami dengan air yang sama, tetapi Kami lebihkan tanaman yang satu dari yang lainnya dalam hal rasanya. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti” (Ar-Ra'd/13:4)

Menurut tafsir Ibnu Katsir, perbedaan pada buah-buahan dan organ tumbuhan dalam hal bentuk, warna, rasa, bau, daun-daun, dan bunga-bunganya merupakan bentuk kekuasaan Allah subhanahu wa ta'ala (Alu Syaikh, 2008). Sebagai contoh, dalam hasil karakterisasi 10 aksesori mangga ini, ditemukan berbagai macam bentuk karakter morfologi organ yang beragam. Hal ini merupakan bentuk keragaman sifat yang merupakan kehendak Allah subhanahu wa ta'ala. Selain itu, buah mangga juga dikenal memiliki rasa yang beragam, sebagian di antaranya ada yang manis, asam, bahkan ada yang berbau wangi. Ada pula yang pada mulanya berasa kecut, kemudian berubah berasa lain (manis) dengan seizin Allah. Dalam keseluruhan karakter-karakter tersebut, terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang yang menggunakan pikirannya. Karakter-karakter ini dapat menjadi ayat-ayat kauniyah Allah subhanahu wa ta'ala yang

dapat menjadi sarana dalam mencari ilmu dan mengimani kekuasaan Allah subhanahu wa ta'ala yang mencakup segala hal dalam kehidupan. Wallahu a'lam bisshawaab.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebanyak 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi memiliki karakter morfologi vegetatif yang seragam dan beragam serta variasi genetik yang sedang. Aksesori 10 mangga ini mengelompok menjadi 4 grup.
2. Terdapat 12 primer yang berhasil mengamplifikasi karakter genotip 10 aksesori mangga. Sejumlah 10 aksesori mangga koleksi Kebun Raya Purwodadi yang dikarakterisasi mengelompok menjadi 4 grup dengan variasi genetik yang tinggi
3. Sejumlah 10 aksesori mangga memiliki nilai variasi genetik yang sedang pada karakterisasi morfologi dan variasi genetik yang tinggi pada karakterisasi menggunakan marka RAPD. Variasi genetik ini dipengaruhi oleh poliembrionui, mutasi, distribusi, dan kondisi lingkungan

#### **5.2. Saran**

Saran dalam penelitian ini adalah penggunaan marka molekuler yang lain perlu dilakukan untuk mengetahui karakter-karakter unik yang menjadi ciri genotip spesifik pada aksesori-aksesori mangga. Selain itu, karakterisasi secara

morfologi juga perlu dilakukan hingga tingkat organ generatif, sehingga dapat menemukan karakter-karakter khas dari tiap aksesi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afuape S.O, Okocha P.I & Njoku D. 2011. Multivariate assessment of the agromorphological variability and yield components among sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) landraces. *Afr. J. Plant Sci.* 5(2): 123–132.
- Ahmed, Tagelsir H. M., dan Mohamed, Zenab M. A. 2015. Diversity of Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars in Shendi Area: Morphological Fruit Characterization. *Int. J. Agric. Sci.* 2(4): 2348-3997.
- Alu Syaikh, Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq. 2008. **Tafsir Ibnu Katsir**. Terjemahan M. Abdul Ghoffar E.M. Pustaka Imam Asy-Syafi'I. Bogor
- Ara, H., Jaiswal, U., & Jaiswal, V. S. 2005. Mango (*Mangifera indica* L.). **In Protocol for Somatic Embryogenesis in Woody Plants**. Springer, Dordrecht. hal. 229-246.
- Ashraf, K., Ahmad, A., Chaudhary, A., Mujeeb, M., Ahmad, S., Amir, M., & Mallick, N. 2014. Genetic diversity analysis of *Zingiber officinale* Roscoe by RAPD collected from subcontinent of India. *Saudi J. Biol. Sci.* 21(2), 159-165.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008. **Teknik Budidaya Mangga**. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Badan Pusat Statistik, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, United Nation Population Fund. 2016. **Statistik Tanaman Buah-Buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia**. Badan Pusat Statistik. Jakarta
- Badan Pusat Statistik, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, United Nation Population Fund. 2017. **Statistik Tanaman Buah-Buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia**. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, United Nation Population Fund. 2018. **Statistik Tanaman Buah-Buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia**. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Barcaccia, G. 2010. Molecular markers for characterizing and conserving crop plant germplasm. **In Molecular techniques in crop improvement**. Springer, Dordrecht. hal. 231-254.
- Barnes, Michael R. 2010. **Genetic Variation Analysis for Biomedical Researchers: A Primer. Genetic Variation Methods and Protocols**. Humana Press. New York.
- Barrandeguy, M. E., & García, M. V. 2014. Quantifying genetic diversity: the starting point for population genetic studies using molecular markers. *J. Genet.* 93(2):587-589.
- Bhat, Z. A., Dhillon, W. S., Rashid, R., Bhat, J. A., Dar, W. A., & Ganaie, M. Y. 2010. The role of molecular markers in improvement of fruit crops. *Not. Sci. Biol.* 2(2):22-30.

- Cahyanto, T., Sopian, A., Efendi, M., & Kinasih, I. (2017). Grouping of *Mangifera indica* L. cultivars of Subang West Java by leaves morphology and anatomy characteristics. *Biosaintifika*. 9(1):156-167.
- Cain, A. J., & Harrison, G. A. 1960. Phyletic weighting. In **Proceedings of the Zoological Society of London**. Oxford, Blackwell Publishing Ltd. United Kingdom. hal. 1-31.
- Chesnokov, Yu & Artem'eva, A.. 2015. Evaluation Of The Measure Of Polymorphism. *Selskokhoziaistvennaia Biol*. 50:571-578.
- Damodaran, T., Kannan, R., Ahmed, I., Srivastava, R. C., Rai, R. B., & Umamaheshwari, S. 2012. Assessing genetic relationships among mango (*Mangifera indica* L.) accessions of Andaman Islands using inter simple sequence repeat markers. *N. Z. J. Crop Hortic*. 40(4):229-240.
- Darmawan, Arief Rakhmad Budi. 2015. Usaha peningkatan kualitas mangga kasturi (*Mangifera casturi*) dengan modifikasi budi daya tanaman. *Pros. Sem. Nas. Masy. Biodiv. Indon*. 1(4):894-899.
- Das, S., Das, S. S., Chakraborty, I., Roy, N., Nath, M. K., & Sarma, D. 2017. Principal component analysis in plant breeding. *Biomolecule Reports an International E-newsletter*. hal. 1-3.
- Dayal, V., Dubey, A. K., Singh, S. K., Sharma, R. M., Dahuja, A., & Kaur, C. 2016. Growth, yield and physiology of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars as affected by polyembryonic rootstocks. *Sci. Hortic*. 199:186-197.
- de Queiroz, K., & Good, D. A. 1997. Phenetic clustering in biology: a critique. *Q. Rev. Biol*. 72(1):3-30.
- Dhakshanamoorthy D, Selvaraj R, Chidambaram A. 2014. Utility of RAPD marker for genetic diversity analysis in gamma-rays and ethylmethane sulphonate (EMS)-treated *Jatropha curcas* plants. *C. R. Biol* 338:75-82.
- Dhakshanamoorthy, D., Selvaraj, R., & Chidambaram, A. L. A. 2011. Induced mutagenesis in *Jatropha curcas* L. using gamma rays and detection of DNA polymorphism through RAPD marker. *C. R. Biol*. 334(1), 24-30.
- Dyer, R. J., Nason, J. D., & Garrick, R. C. 2010. Landscape modelling of gene flow: improved power using conditional genetic distance derived from the topology of population networks. *Mol. Ecol*. 19(17):3746-3759.
- Fatchiyah, E.L., Arumingtyas S., Widyarti, & Rahayu, S. 2011. **Biologi Molekuler Prinsip Dasar Analisis**. Erlangga. Jakarta
- Gadek, P. A., Fernando, E. S., Quinn, C. J., Hoot, S. B., Terrazas, T., Sheahan, M. C., & Chase, M. W. 1996. Sapindales: molecular delimitation and infraordinal groups. *Am. J. Bot*. 83(6):802-811.
- Gálvez-López, D., Salvador-Figueroa, M., Becerra-Leor, E. N., González-Paz, M., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. 2010. Molecular diversity

- and genetic relationships of mango germplasm from Chiapas, Mexico. *Agrociencia*. 44(8):907-915.
- Ganogpichayagrai, A., Rungsahirunrat, K., Palanuvej, C., & Ruangrunsi, N. 2016. Characterization of *Mangifera indica* cultivars in Thailand based on macroscopic, microscopic, and genetic characters. *J. Adv. Pharm. Technol.* 7(4):127.
- Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. 2015. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genet. Res. Int.* 2015.
- Gurijala, H. K., Rampa, D. R., & Jasti, P. K. 2015. Biodiversity of six varieties of *Mangifera indica* using RAPD. *Int. J. Life. Sci. Biotechnol. Pharma. Res.* 4(2):100.
- Gusmiati, Lutfiana & Hapsari, Lia & Wahyudi, Didik. 2018. Keberagaman dan Pengelompokan Morfologi 10 Pisang Olah (Musa cv. Grup ABB) Koleksi Kebun Raya Purwodadi - LIPI.. *Floribunda*. 5:299-314.
- Hadiati, S., & Sukmadjaja, D. 2002. Keragaman pola pita beberapa aksesori nenas berdasarkan analisis isozim. *J. Bioteknologi. Pert.* 7(2):82-70.
- Hamrick, J. L., Linhart, Y. B., & Mitton, J. B. 1979. Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 10:173-200.
- Holderegger, R., Kamm, U., & Gugerli, F. 2006. Adaptive vs. neutral genetic diversity: implications for landscape genetics. *Landsc. Ecol.* 21(6):797-807.
- Hughes, A. R., Inouye, B. D., Johnson, M. T., Underwood, N., & Vellend, M. 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecol. Lett.* 11(6):609-623.
- Husen, S., Kuswanto, S. A., & Basuki, N. 2012. Induction of flowering and yield of mango hybrids using paclobutrazol. *J. Agr. Food Tech.* 2(9):153-158.
- Ilyasi, A., Anshar, M., & Adelina, E. 2019. Identifikasi karakter morfologi dan anatomi mangga lokal (*Mangifera* spp.) Di desa moahino dan desa solonsa kecamatan wita ponda kabupaten morowali. *Agrotekbis*. 7(4)
- IPGRI. 2006. **Descriptors for mango**. (*Mangifera indica* L. ). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Rome.
- Jennings, H., Wallin, K., Brennan, J., Del Valle, A., Guzman, A., Hein, D., ... & Scheidt, S. 2016. Inbreeding, low genetic diversity, and spatial genetic structure in the endemic Hawaiian lobeliads *Clermontiafauriei* and *Cyaneapilosa* ssp. *longipedunculata*. *Conserv. Genet.* 17(2):497-502.
- Jiang, Guo-Liang. 2013. **Molecular Markers and Marker-Assisted Breeding in Plants. Plant Breeding from Laboratories to Fields: Chapter 3**. South Dakota State University . Plant Science Department. Brookings, USA

- Jones, S. B. 1986. *Plant Systematic*. Mc Graw Hill. San Fransisco.
- Jose, J., & Usha, R. 2000. Extraction of geminiviral DNA from a highly mucilaginous plant (*Abelmoschus esculentus*). *Plant Mol. Biol. Rep.* 18(4):349-355.
- Joshi, R., Kundu, M., & Singh, C. P. 2013. Morphological characters: Efficient tool for identification on different mango cultivars. *Environ Ecol.* 31:385-388.
- Kanawapee, N., Sanitchon, J., Srihaban, P., & Theerakulpisut, P. 2011. Genetic diversity analysis of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) differing in salinity tolerance based on RAPD and SSR markers. *Electron. J. Biotechnol.* 14(6):2-2.
- Kanchan, B., Jaiswal, K. U., Ahmad, M. F., & Rani, R. 2018. Morphological Characterization of Mango (*Mangifera indica* L.) Germplasm Using DUS Testing. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 7(5):2944-2959.
- Kartini A.R. 2012. **Karakterisasi Molekular Padi Transgenik dengan Beberapa Metode Isolasi DNA**. Skripsi. Departemen Biokimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kayis, S. A., Hakki, E. E., & Pinarkara, E. 2010. Comparison of effectiveness of ISSR and RAPD markers in genetic characterization of seized marijuana (*Cannabis sativa* L.) in Turkey. *Afr. J. Agric. Res.* 5(21):2925-2933.
- Kostermans, Andre. J .G. H., & Bompard, J. M. 1993. **The Mangoes: Their Botany, Nomenclature, Horticulture, and Utilization**. Academic Press. London.
- Kuhn, D. N., Dillon, N., Bally, I., Groh, A., Rahaman, J., Warschefsky, E., ... & Chambers, A. H. 2019. Estimation of genetic diversity and relatedness in a mango germplasm collection using SNP markers and a simplified visual analysis method. *Sci. Hortic.* 252:156-168.
- Kumar, H., Narayanaswamy, P., Prasad, T., Mukunda, G. K., & Sondur, S. 2001. Estimation of genetic diversity of commercial mango (*Mangifera indica* L.) cultivars using RAPD markers. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 76(5):529-533.
- Kusmana, C., & Hikmat, A. 2015. Keanekaragaman hayati flora di Indonesia. *JPSL.* 5(2):187-187.
- Laila, F., & Yuliana, E. 2020. Eksplorasi Dan Karakterisasi Morfologi Daun Plasma Nutfah Mangga (*Mangifera indica* L.) Lokal Indramayu Sebagai Upaya Pelestarian Dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetik Potensial. *Gema Wiralodra.* 11(2), 327-336.
- Leffler, E. M., Bullaughey, K., Matute, D. R., Meyer, W. K., Segurel, L., Venkat, A. & Przeworski, M. 2012. Revisiting an old riddle: what determines genetic diversity levels within species?. *PLoS Biol.* 10(9):e1001388.

- Lemey, P., Salemi, M., dan van Damme, Anne-Mieke. 2009. **The Phylogenetic Handbook A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing Second Edition**. Cambridge University Press. England.
- Luo, C., He, X. H., Chen, H., Ou, S. J., Gao, M. P., Brown, J. S., ... & Schnell, R. J. 2011. Genetic diversity of mango cultivars estimated using SCoT and ISSR markers. *Biochem. Syst. Ecol.* 39(4-6):676-684.
- Marchi, N., & Menecier, P., Georges, M. 2018. Close inbreeding and low genetic diversity in Inner Asian human populations despite geographical exogamy. *Sci. Rep.* 8(1):1-10.
- Medhi, K., Sarmah, D.K., Deka, M. dan Bhau, B.S. 2014. High Gene Flow and Genetic Diversity in Three Economically Important *Zanthoxylum* spp. of Upper Brahmaputra Valley Zone of NE India using Molecular Markers. *Meta Gene* 2:706-721.
- Mukherjee, S.K. 1958. The Origin of Mango. *Indian J. Hortic* 15:129–34
- Naik, K. C., Gangolly, S. R. 1950. **Classification and nomenclature of South Indian mangoes**. The Madras Department of Agriculture Printing Press, Madras. India.
- Neguse, T. B., Wanzala, F. K. R., Ali, W. M., Mwangi, G. S., & Owino, W. O. 2019. Phenotype characterization and diversity assessment of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in Ethiopia. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 11(2):55-67.
- Ochoa, E. D. C. M., Andrade-Rodríguez, M., Rodríguez, M. R., & Monter, A. V. 2012. Identification of zygotic and nucellar seedlings in polyembryonic mango cultivars. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 47(11):1629-1636.
- Oktavianto, Y., Sunaryo, S., & Suryanto, A. 2015. Karakterisasi tanaman mangga (*Mangifera indica* l.) Cantek, Ireng, Empok, Jempol di Desa Tiron, Kecamatan Banyakan Kabupaten Kediri. *Jurnal Produksi Tanaman.* 3(2):91-97.
- Orwa. C., A. Mutua., Kindt. R., Jamnadas. R., S. Anthony. 2009. **Agroforestry Database: A Reference and Selection Guide**. Version 4.0.
- Padmesh, P., Mukunthakumar, S., Vineesh, P. S., Skaria, R., Kumar, K. H., & Krishnan, P. N. 2012. Exploring wild genetic resources of *Musa acuminata* Colla distributed in the humid forests of southern Western Ghats of peninsular India using ISSR markers. *Plant Cell Rep.* 31(9):1591-1601.
- Peakall, R. O. D., & Smouse, P. E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Mol. Ecol. Notes.* 6(1):288-295.
- Pinto, A. C. D. Q., Saúco, V. G., Mitra, S. K., & Ferreira, F. R. 2018. Mango propagation. *Rev Bras Frutic.* 40(1):98-100.

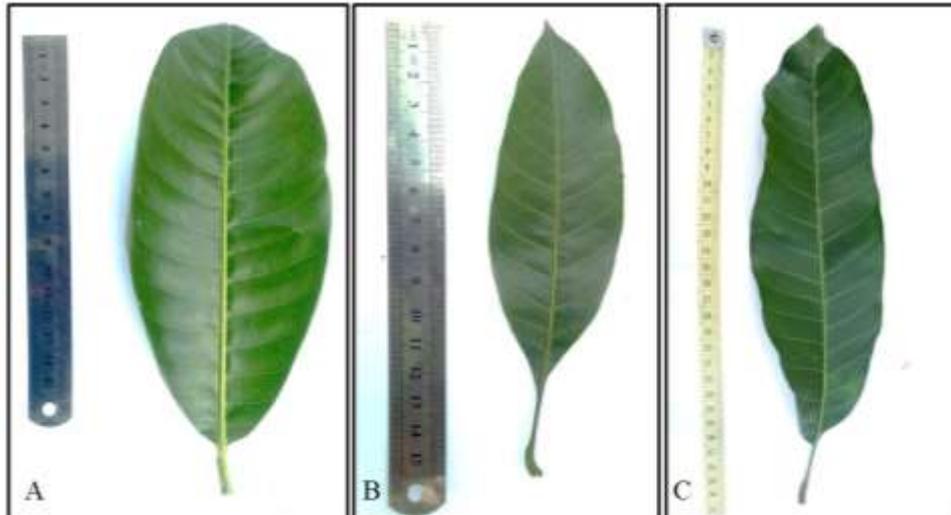
- Poerba YS, Martanti D, Ahmad F. 2018. Genetic variation of wild *Musa acuminata* Colla from Indonesia based on RAPD and ISSR markers. *Biotropia*. 26(2):1-18
- Probojati, R.T., Didik W. dan Lia H. 2019. Clustering Analysis and Genome Inference of Pisang Raja Local Cultivars (*Musa* spp.) from Java Island by *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) Marker. *J. Trop. Biodiv. Biotech*. 4(2):42-53.
- Pruthvish, R., & Chikkaswamy, B. K. 2016. Genetic diversity and relationships among Mango varieties using RAPD molecular markers. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*. 5(1):778-787.
- Rahadiantoro, Apriyono. 2014. Keanekaragaman Jenis dan Potensi Mangga (*Mangifera* spp., *Anacardiaceae*) Koleksi Kebun Raya Purwodadi. *Pros. Sem. Biodiv. V*. Surabaya
- Rahman, M. O., Rahman, M. Z., Sony, S. K., & Islam, M. N. 2017. Genetic variation and molecular relationships among eight taxa of *Desmodium* Desv. based on RAPD markers. *Bangl. J. Plant Taxon*, 24(2):149-154.
- Rahman, Nadhifa Indana Zulfa. 2020. Relasi Sematik Pada Penamaan Jenis-Jenis Mangga Di Indonesia. *KREDO*. 3:322-337.
- Ramadhan, Bayuanggara & Aziz, Sandra. 2015. Potensi kadar bioaktif yang terdapat pada daun kepel (*Stelechocarpus burahol*). *BUL. LITTRO*. 26(2):99-108.
- Resmi, L., Nair, A. R., & Nair, A. S. 2016. Population genetic structure and diversity analysis of South Indian banana cultivars. *J. Plant Breed. Crop Sci*. 8(1):1-12.
- Rhodes, L. & Maxted, N. 2016. *Mangifera casturi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T32059A61526819. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T32059A61526819](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T32059A61526819.en).en. Diakses pada 8 Desember 2020.
- Rutter, M. T., Roles, A. J., & Fenster, C. B. 2018. Quantifying natural seasonal variation in mutation parameters with mutation accumulation lines. *Ecol. Evol*. 8(11):5575-5585.
- Sadri, M., Adelina, E., & Samudin, S. 2017. Identifikasi Karakter Morfologi dan Anatomi Mangga Lokal (*Mangifera* spp.) Morowali di Desa Bente dan Desa Bahomoleo Kecamatan Bungku Tengah. *Agroland: J. ilmu pertanian*. 24(2):138-145.
- Saengprajak, J., & P. Saeon Souk. 2012. Genetic diversity and species identification of cultivar species in subtribe cucumerinae (*Cucurbitaceae*) using RAPD and SCAR markers. *Am. J. Plant Sci*. 3(8):1092-1097.
- Salma, I., Khadijah, A., Masrom, H., Azuan, A., Raziah, M. L., & Rahman, M. A. 2010. Distribution and diversity of *Mangifera* species on farm in Malaysia. *J. Trop. Agric*. 38(1):89-95.

- Sambrook, J. Russel D.W. 1989. **Molecular Cloning: A Laboratory Manual 3rd edition**. Laboratory Pr. New York
- Sastrapradja, S. D. 1994. Kekayaan Keanekaragaman Hayati Indonesia. *J. mns. lingk.* 2
- Sauer P.M. Muller, Kang J. 1998. Quantitation DNA. *Qiagen News* 2:23-26
- Sharma, B. G., Albert, S., & Dhaduk, H. K. 2012. Petiolar Anatomy as an Aid to the Identification of *Mangifera indica* L. Varieties. *Int. j. emerg. trends sci. technol.*, 144.
- Shi, S., Wu, H., Wang, S., Liu, L., Wang, Y., & Ma, W. 2011. Genetic diversity of mango germplasm based on morphological characters and AFLP markers. *Acta. Hort.* 38(3):449-456.
- Simpson, Michael G. 2006. **Plant Systematic**. Elsevier Academic Press. England
- Singh, S., A. B. Gaikwad, dan J. L. Karihaloo. 2010. Morphological and molecular analysis of intracultivar variation in Indian mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Act. Hort.* 9:78-80
- Sneath, P.H.A. dan Sokal, R.R. 1973. **Numerical Taxonomy : The Principles and Practice of Numerical Classification**. Freeman. San Francisco
- Somerfield, Paul. 2008. Identification of the Bray-Curtis similarity index: Comment on Yoshioka. 2008. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 372:303-306.
- Sundari, Estri L.A., Luchman H., Rodiyati A. & Didik W. 2017. Genetic Variability of Local Durian (*Durio zibethinus* Murr.) in Ternate Island Based on RAPD Markers. *PCBMB*. 18(1&2):68-75.
- Tharanathan, R. N., Yashoda, H. M., & Prabha, T. N. 2006. Mango (*Mangifera indica* L.), "The king of fruits"—An overview. *Food Rev. Int* 22(2):95-123.
- Tingey, S. V., Rafalski, J. A., & Hanafey, M. K. 1994. Genetic analysis with RAPD markers. **Plant Molecular Biology**. Springer, Berlin, Heidelberg. hal. 491-500
- Tipmontiane, K., Srinual, A., & Kesonbua, W. 2018. Systematic Significance of Leaf Anatomical Characteristics in Some Species of *Mangifera* L. (Anacardiaceae) in Thailand. *Trop. Nat. Hist.* 18(2):68-83.
- Tjitrosoedirdjo, Sri Sudarmiyati., Chikmawati, Tatik., Ariyanti, Nunik., dan Djuitasari, Nina Ratna. 2014. **Taksonomi Tumbuhan Tinggi Edisi 2**. Penerbit Universitas Terbuka. Tangerang Selatan.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2009. **Morfologi Tumbuhan**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ueda, Yumi. 2015. **An Ethnobotanical Study on Folk Taxonomy and Uses of Mangifera Trees Grown in Southeast Asia**. Kyoto University. Japan

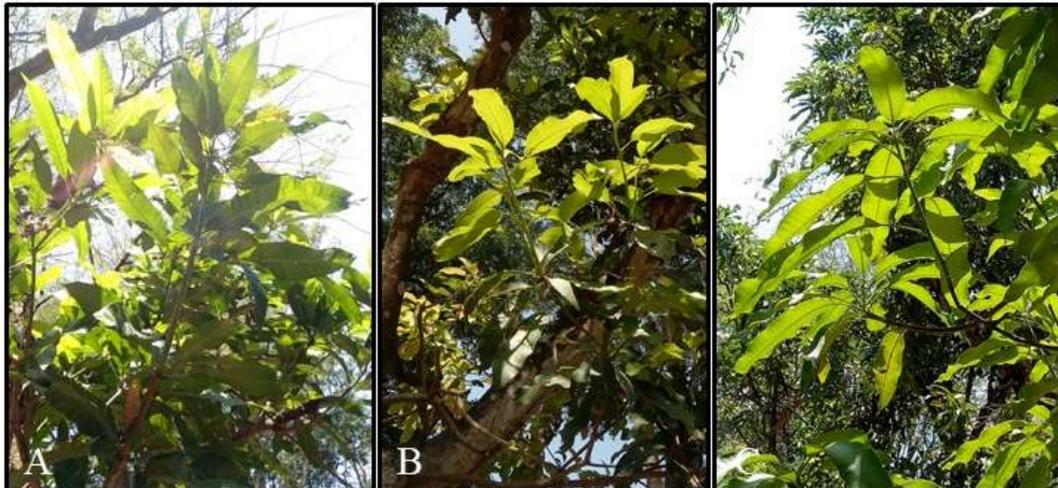
- Uji, Tahan. 2007. Review: Keanekaragaman Jenis Buah-Buahan Asli Indonesia dan Potensinya. *BIODIVERSITAS*. 8(2):15-21
- Vieccelli, Juliana Cristina., De Siqueira, Dalmo Lopes., Da Silva Bispo, Wilka Messner., dan Lemos, Lorena Moreira Carvalho. 2016. Characterization Of Leaves And Fruits of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Imbu. *Rev. Bras. Frutic.* 38(3)
- Wahyudi, D., Hapsari, L., & Sundari, S. 2020. RAPD Analysis for Genetic Variability Detection of Mutant Soybean (*Glycine max* (L.) Merr). *J. Trop. Biodiv. Biotech.* 5(1):68-77.
- Wahyudi, D., Rifliyah K., dan Uslan. 2020. Genome evaluation of banana cultivars based on morphological character and Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) molecular marker. *BIODIVERSITAS*. 21(7):2982-2990.
- Watanabe, K. N., Ohsawa, R., Obara, M., Yanagihara, S., Aung, P. P., & Fukuta, Y. 2016. Genetic variation of rice (*Oryza sativa* L.) germplasm in Myanmar based on genomic compositions of DNA markers. *Breed. Sci.* 16033.
- Widjaja, E. A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J. S., Ubaidah, R., Maryanto, I., Waluyo, E.B., Waluyo & Semiadi, G. 2014. **Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014**. LIPI Press. Jakarta.
- Wijayanto T, Dirvamena B & Ente L. 2013. Hubungan kekerabatan aksesori Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Formatypica) di Kabupaten Muna berdasarkan karakter morfologi dan penanda RAPD. *J. Agroteknos* 3(3):163–166.
- Wilkins, R. 2012. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. dalam C. Kole (Ed.) **Tropical and Subtropical Fruits**. Springer Heidelberg. Germany. hal. 310.
- Yamanaka, Shinsuke., Hosaka, Fumiko., Matsumura, Masato., Onoue-Makishi, Yuko., Nashima, Kenji., Urasaki, Naoya., Ogata, Tatushi., Shoda., Moriyuki., dan Yamamoto, Toshiya. 2019. Genetic diversity and relatedness of mango cultivars assessed by SSR markers. *Breed. Sci.* 69: 332–344
- Yonemori K, Honsho C, Kanzaki S, Eiadthong W, Sugiura A. 2002. Phylogenetic relationships of *Mangifera* species revealed by ITS sequences of nuclear ribosomal DNA and a possibility of their hybrid origin. *Plant Syst. Evol.* 231:59–75.

## LAMPIRAN

### Lampiran Gambar



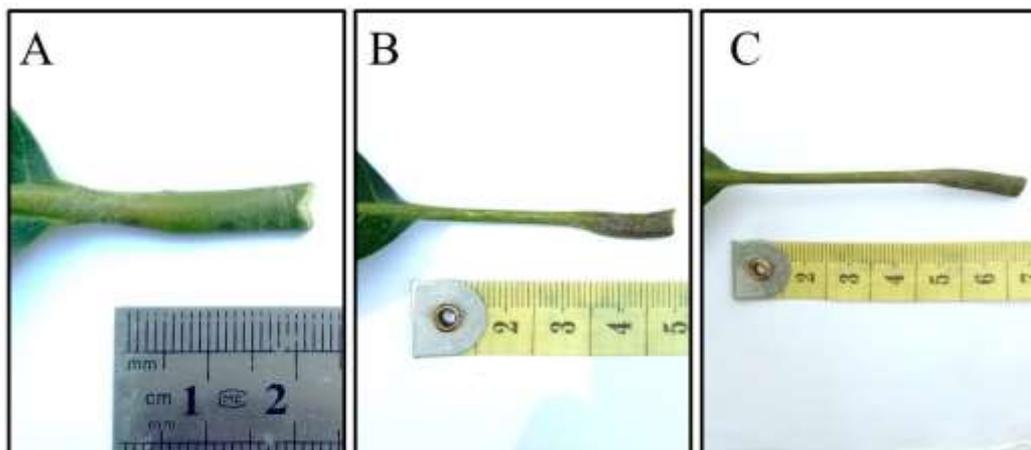
**LG1.** Variasi bentuk bangun daun pada aksesori mangga. Keterangan: A) bangun daun ellipsis (*elliptic*) pada mangga Pakel Bawang dan bangun daun memanjang (*oblong*) pada B) mangga Blenyik Lonjong, dan C) mangga Endok



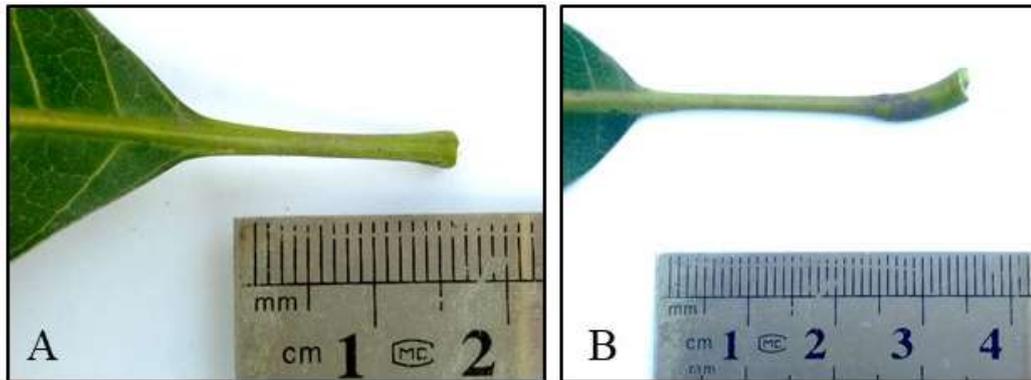
**LG2.** Variasi susunan daun terhadap batang pada aksesori mangga. Keterangan: A) terangkat (*semi-erect*) pada mangga Kapasan dan mendatar (*horizontal*) pada B) mangga Gondo Lumut dan C) mangga Kecil.



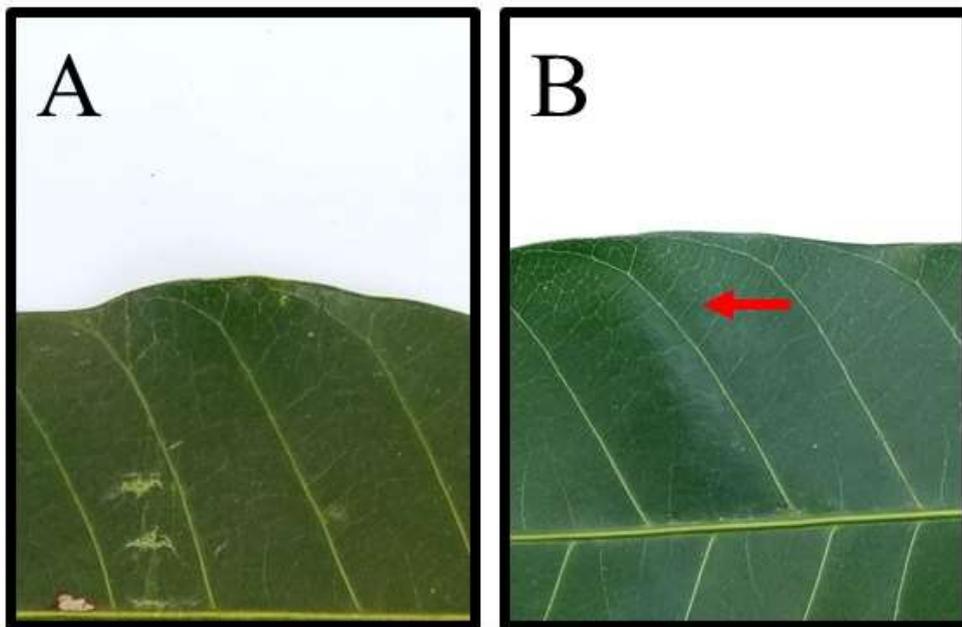
**LG3.** Variasi ukuran panjang dan lebar helaian daun pada aksesori mangga. Keterangan: A) ukuran pendek (panjang 11-17 cm dan lebar 3-5 cm) pada mangga Blenyik Lonjong, B) ukuran sedang mangga Kecil (panjang 17-24 cm dan lebar 5-7 cm), dan C) ukuran tinggi (panjang 24-32 cm dan lebar 7-9 cm) pada mangga Kapasan



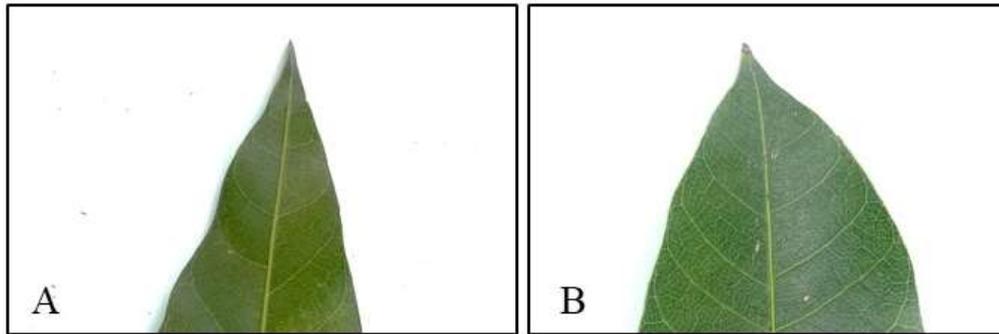
**LG4.** Variasi ukuran panjang tangkai daun (*petiolus*) pada aksesori mangga. A) ukuran panjang (2-3,5 cm) pada mangga Pakel Bawang, B) ukuran menengah (3,5-5 cm) pada mangga Endok, dan C) ukuran panjang (5-6,5 cm) pada mangga Putih



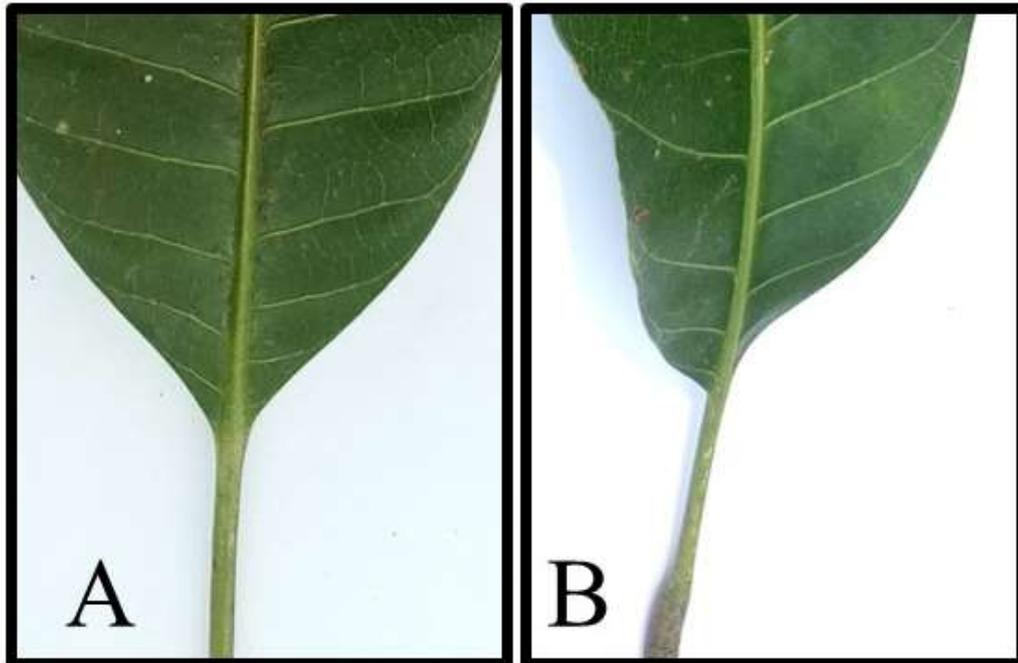
**LG5.** Variasi tipe pelvinus pada aksesi mangga. Keterangan A) Pelvinus tipis (*thin*) pada mangga Gondo Lumut dan B) Pelvinus tebal dan menyudut (*Thick and Tapering*) yang bertanda panah merah pada mangga Kecil,



**LG6.** Variasi karakter lekukan pada tulang daun sekunder. A) tidak ada lekukan pada mangga Kapasan, dan B) ada lekukan pada mangga Kecil.



**LG7.** Variasi bentuk ujung daun pada aksesori mangga. Keterangan A) ujung daun runcing (*acute*) pada mangga Kapasan, dan B) ujung daun meruncing (*acuminate*) pada mangga Randu



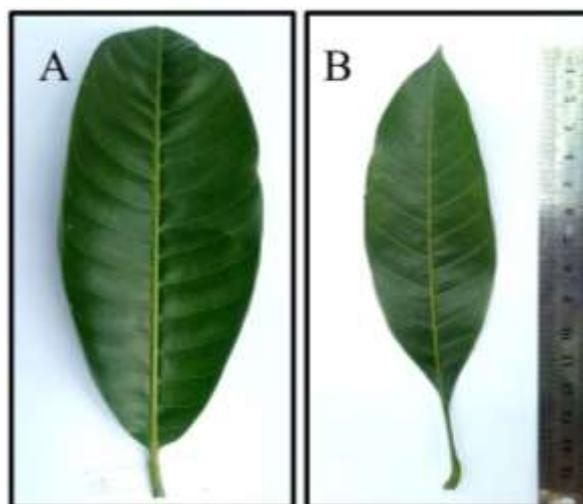
**LG8.** Variasi bentuk pangkal daun pada aksesori mangga. A) Pangkal daun runcing (*acute*) pada mangga Krasak Candi, dan B) pangkal daun tumpul (*obtuse*) pada mangga Endok



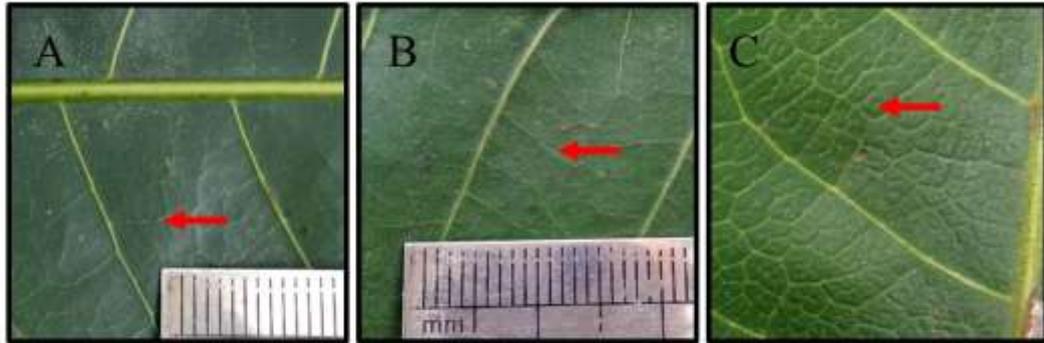
**LG9.** Variasi bentuk tepi daun (*leaf margin*) pada aksesori mangga. A) tepi daun rata (*entire*) pada mangga Pakel Bawang, B) tepi daun bergelombang sedang (*medium-wavy*) pada mangga Krasak Candi, dan C) tepi daun bergelombang (*wavy*) pada mangga Endok.



**LG10.** Variasi karakter warna daun muda pada beberapa aksesori mangga. Keterangan: A) warna hijau pada mangga Pakel Bawang, B) Warna hijau muda terdapat pada mangga Gondo Nanas, C) warna coklat muda dengan semburat kehijauan pada mangga Gondo Lumut, D) warna merah pucat pada mangga Putihah E) warna kemerahan pada mangga Randu, dan F) warna coklat tua pada mangga Blenyik Lonjong



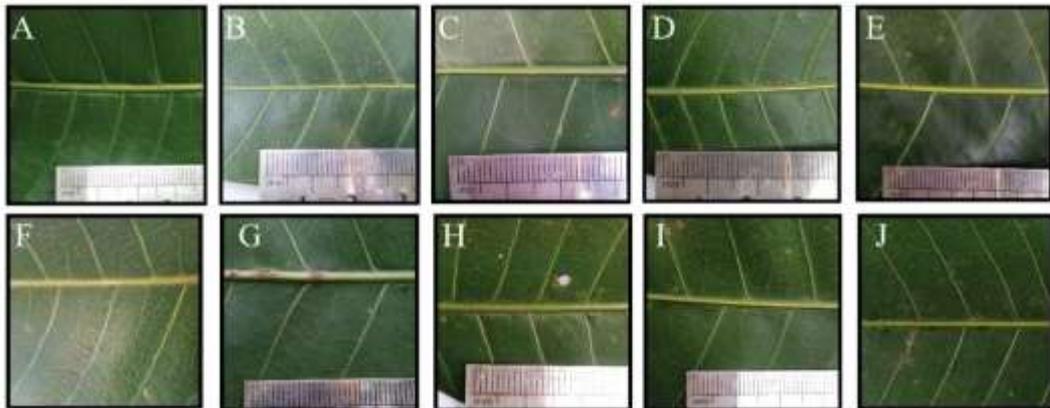
**LG11.** Variasi karakter warna daun dewasa pada aksesori mangga. A) Warna hijau gelap pada mangga pakel Bawang, dan B) warna hijau pada mangga Blenyik Lonjong.



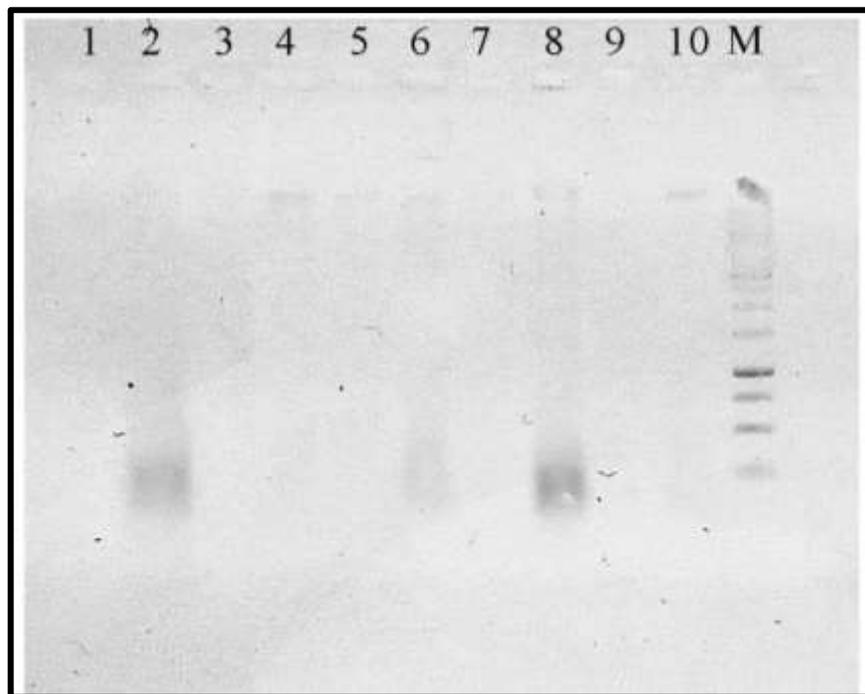
**LG12.** Variasi karakter cekungan urat daun pada aksesori mangga. A) tidak ada cekungan/timbul (*absent*) pada mangga Kapasan, B) tidak ada cekungan/rata (*average*), dan C) ada cekungan pada urat daun (*present*) pada mangga Kecil.



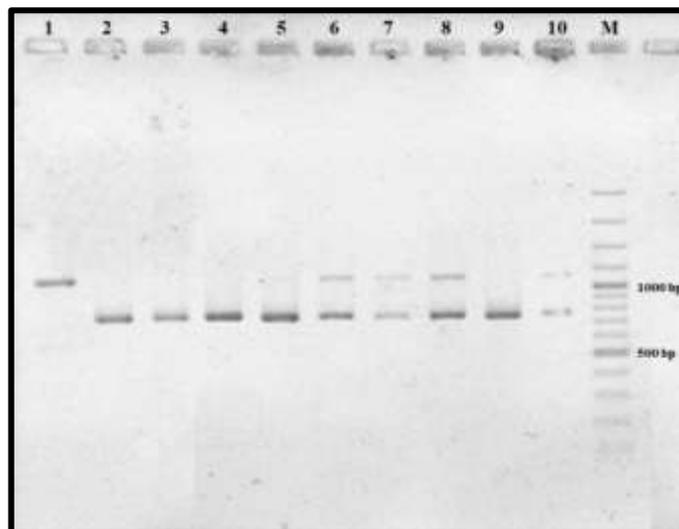
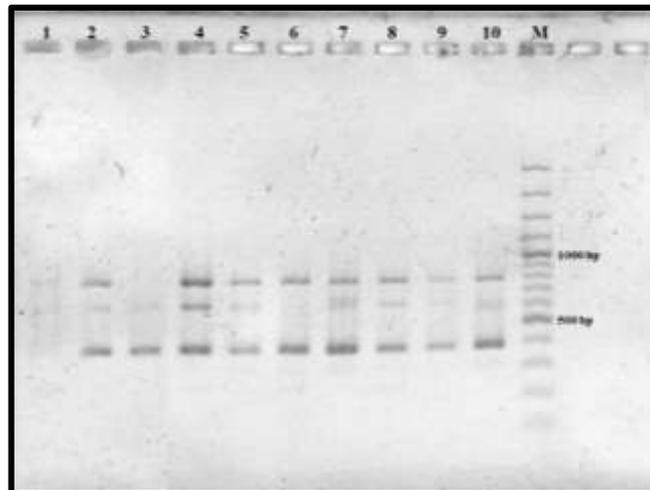
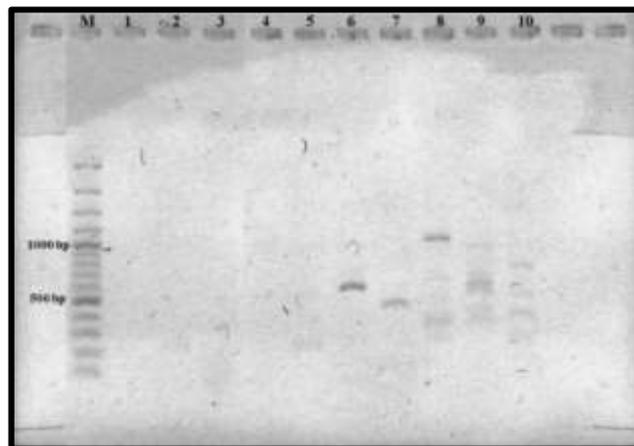
**LG13.** Variasi karakter bentuk daun yang menyerupai huruf U. A) berbentuk huruf “U” pada mangga Pakel Bawang, dan B) berebentuk rata pada mangga Endok

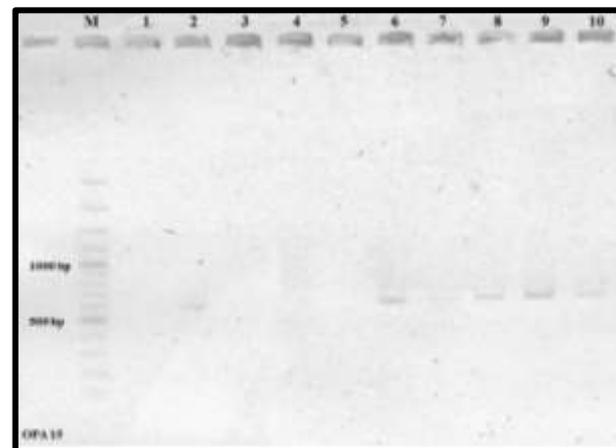
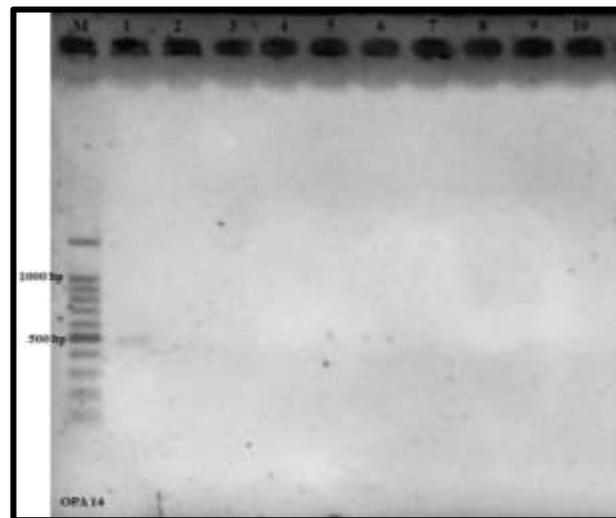
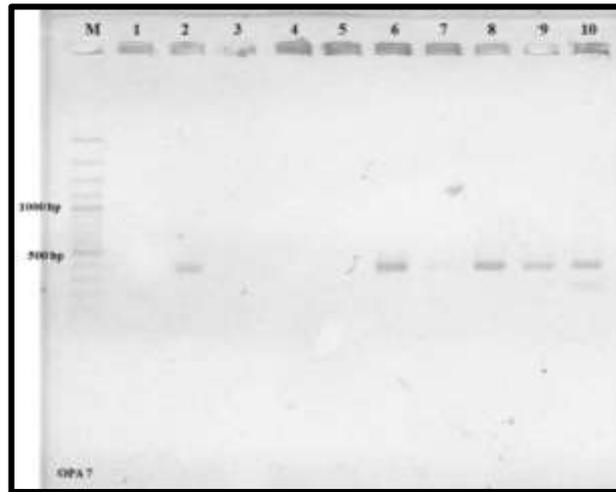


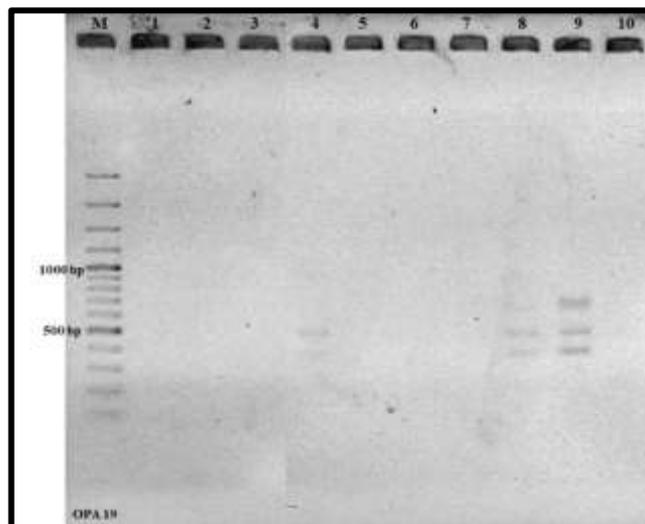
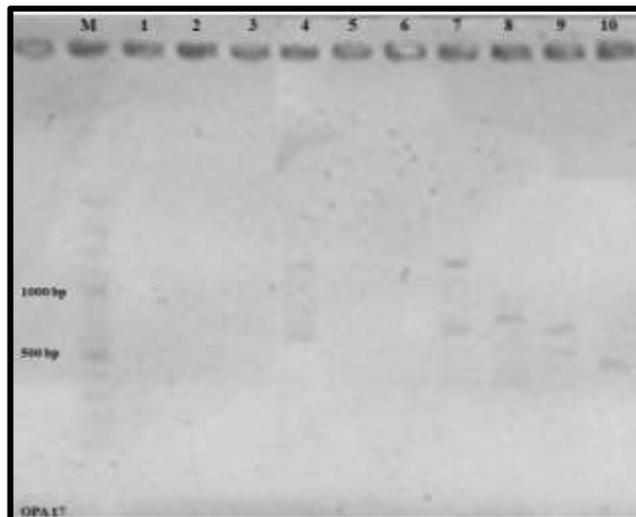
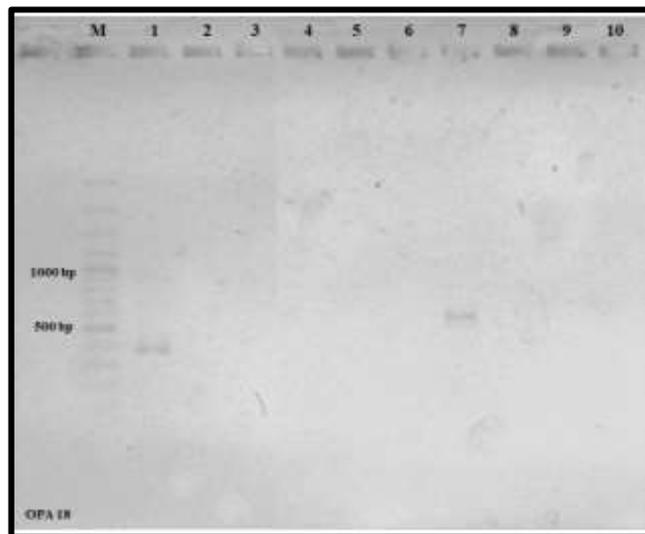
**LG14.** Karakter sinapomorfi pada aksesori mangga yang diamati yaitu ukuran sudut antara tulang daun primer dan tulang daun sekunder yang lebih besar daripada  $60^\circ$ . Keterangan: a) Mangga Pakel Bawang, b) Blenyik Lonjong, c) mangga Endok, d) mangga kapasan, e) mangga Kecil, f) mangga Krasak Candi, g) mangga Putihan, h) mangga Randu, i) mangga Gondo Nanas, dan j) mangga Gondo Lumut

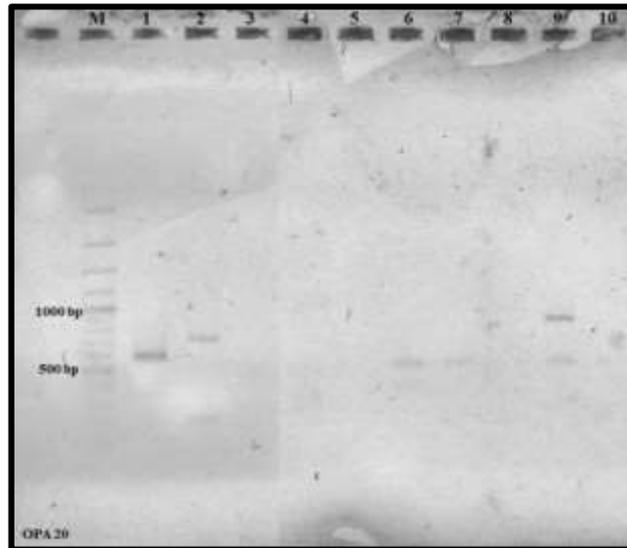


**LG15.** Hasil uji kualitatif DNA genom 10 aksesori mangga. Keterangan: 1) Mangga Pakel Bawang, 2) Mangga Gondo Lumut, 3) Mangga Gondo Nanas, 4) Mangga Kapasan, 5) Mangga Putihan, 6) Mangga Krasak Candi, 7) Mangga Endok, 8) Mangga Blenyik Lonjong, 9) Mangga Randu, dan 10) Mangga Kecil









**LG16.** Hasil amplifikasi DNA Keterangan: 1) Mangga Pakel Bawang, 2) Mangga Gondo Lumut, 3) Mangga Gondo Nanas, 4) Mangga Kapasan, 5) Mangga Putihan, 6) Mangga Krasak Candi, 7) Mangga Endok, 8) Mangga Blenyik Lonjong, 9) Mangga Randu, dan 10) Mangga Kecil

**LT1.** Tabel karakterisasi mangga berdasarkan karakter morfologi

	LBS	LARB	LBL*	LB W*	PL*	TP	AMSV*	CSY	LT	LA	LB	LM	LP	CYL	CML	LF	CLV	USL
GL	2	2	1	2	2	1	3	0	2	1	1	2	0	3	3	2	2	0
END	2	1	3	3	2	2	3	1	2	3	2	3	0	5	2	1	2	0
KPS	2	1	3	3	2	2	3	0	1	3	1	3	0	5	2	2	0	0
PTH	2	2	3	3	3	2	3	1	2	3	1	3	0	4	2	1	2	0
RN	2	1	2	2	2	2	3	1	2	3	1	3	0	5	2	2	2	0
BLN	2	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1	2	0	6	2	2	2	0
MKC	2	2	2	2	2	1	3	1	2	3	1	2	0	3	2	2	2	0
KRC	2	2	2	2	2	1	3	1	2	3	1	2	0	4	2	2	2	0
GN	2	2	2	2	1	2	3	1	2	3	1	2	0	2	2	1	2	0
FOE	1	2	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	0	1	3	0	2	1

Keterangan: FOE: Mangga Pakel Bawang, END: mangga Endok, PTH: mangga Putih, RN: mangga Randu, BLN: mangga Blenyik Lonjong, MKC: mangga Kecil, KRC: mangga Krasak Candi, GN: mangga Gonfo Nanas, GL: mangga Gondo Lumut. Karakter: LB (Leaf blade shape), LARB (Leaf attitude in relation to the branch), LBL (Leaf blade length)\*, LBW (Leaf blade width)\*, PL (Petiole length)\*, TP (Thickness of pelvinus), AMSV (Angle of the midrib to secondary vein)\*, CSV (Curvature of secondary veins), LA (Leaf apex), LB (leaf base), LM (Leaf margin), LBP(Leaf pubescence), CYL (Colour of young leaves), CML (Colour of mature leaves), LF (Leaf fragrance), CLV (Canal of leaf vein), USL (U-shaped leaves), dan LT(leaf texture)

Karakter bertanda \* merupakan karakter kuantitatif dengan kriteria sebagai berikut:

Kriteria skoring	LBL	LBW	PL	AMSV
1	11 cm - 18 cm	3 cm- 5 cm	2 - 3,5	$\leq 45^\circ$
2	19 cm - 24 cm	5 cm - 7 cm	3,5 - 5	$45^\circ - 60^\circ$
3	24 cm - 31 cm	7 cm - 9 cm	5 - 6,5	$\geq 60^\circ$

## LT2. Analisis PCA

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9
Leaf Blade Shape	0,128	-0,024	0,168	0,091	0,008	0,212	0,123	0,331	0,050
Leaf Attitude in Relation to Branch	-0,204	0,043	0,284	0,159	0,194	0,237	0,111	0,453	0,472
Leaf Blade Length	0,124	<b>0,497</b>	-0,103	0,069	0,008	0,267	0,119	0,191	0,227
Leaf Blade Width	-0,043	0,429	-0,276	0,041	0,282	0,102	0,215	0,128	0,168
Petiole Length	0,156	0,210	0,183	0,220	0,657	0,171	0,255	0,121	0,209
Thickness of Pelvinus	0,000	0,283	-0,208	0,206	0,122	0,481	0,423	0,058	0,234
Angle of The Midrib and Secondary Vein	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Curvature of Secondary Veins	-0,021	0,023	0,190	0,460	0,116	0,334	0,213	0,144	0,286
Leaf Texture	0,067	-0,094	0,353	0,169	0,175	0,254	0,128	0,199	0,009
Leaf Apex	<b>0,246</b>	0,484	0,506	0,051	0,390	0,030	0,087	0,255	0,355
Leaf Base	0,048	0,067	-0,052	0,214	0,092	0,115	0,737	0,067	0,071
Leaf Margin	<b>0,307</b>	0,201	0,013	0,018	0,179	0,485	0,161	0,016	0,273
Leaf Pubescent	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Colour of Young Leaves	<b>0,789</b>	-0,264	-0,248	0,231	0,091	0,229	0,046	0,080	0,351
Colour of Fully Mature Leaves	-0,167	-0,068	-0,173	0,110	0,274	0,165	0,096	0,319	0,395
Leaf Fragrance (Fully developed mature leaf)	0,240	-0,243	0,224	0,488	0,077	0,002	0,058	0,444	0,111
Canal of Leaf Vein	-0,121	-0,139	0,371	0,518	0,332	0,085	0,011	0,265	0,118
U-Shaped Leaves	-0,128	0,024	-0,168	0,091	0,008	0,212	0,123	0,331	0,050
Eigen value	<b>3,494</b>	<b>1,883</b>	0,842	0,556	0,384	0,143	0,092	0,054	0,007
% variance	<b>46,870</b>	<b>25,256</b>	11,293	7,454	5,146	1,917	1,238	0,729	0,097

### LT3. Hasil skoring primer

OPA 1	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
300 bp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400 bp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
430 bp	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
460 bp	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
500 bp	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
580 bp	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
630 bp	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

OPA 7	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
200 bp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
400 bp	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1

OPA 11	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
400 bp	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
500 bp	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
700 bp	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
830 bp	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0

OPA 12	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
250 bp	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
300 bp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
400 bp	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
490 bp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
520 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
600 bp	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
700 bp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
800 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
980 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1000 bp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

OPA 13	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
200 bp	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
300 bp	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
380 bp	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
600 bp	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
780 bp	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

OPA	FOE	GL	GN	KPS	PTH	KRC	END	BLN	RN	MKC
-----	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----



Keterangan: FOE: Mangga Pakel Bawang, END: mangga Endok, PTH: mangga Putih, RN: mangga Randu, BLN: mangga Blenyik Lonjong, MKC: mangga Kecil, KRC: mangga Krasak Candi, GN: mangga Gonfo Nanas, GL: mangga Gondo Lumut







KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./Faks. (0341) 558933  
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

**Form Checklist Plagiasi**

**Nama** : Rizky Mujahidin Mulyono  
**NIM** : 16620047  
**Judul** : Karakterisasi dan Variasi Genetik Mangga (*Mangifera* spp.)  
Koleksi Kebun Raya Purwodadi Pasuruan

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	16%	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M. P.

NIP.197410182003122002