

ANALISIS VARIASI GENETIK KLON MANGGA GOLEK (*Mangifera indica* L. cv. Golek) BERDASARKAN KARAKTER MORFOLOGI DAN PENANDA MOLEKULER RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

SKRIPSI

**Oleh:
NOVITA ESTININGTIYAS
NIM. 17620054**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

ANALISIS VARIASI GENETIK KLON MANGGA GOLEK (*Mangifera indica* L. cv. Golek) BERDASARKAN KARAKTER MORFOLOGI DAN PENANDA MOLEKULER RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

SKRIPSI

**Oleh:
NOVITA ESTININGTIYAS
NIM. 17620054**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri 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
2021**

**ANALISIS VARIASI GENETIK KLON MANGGA GOLEK
(*Mangifera indica* L. cv. Golek) BERDASARKAN
KARAKTER MORFOLOGI DAN PENANDA MOLEKULER
RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)**

SKRIPSI

Oleh:
Novita Estiningtiyas
NIM. 17620054

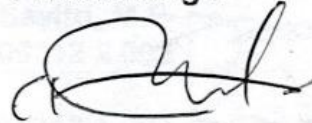
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji:
Tanggal 4 November 2021

Pembimbing I



Didik Wahyudi, M. Si
NIP. 19860102 201801 1 001

Pembimbing II



Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I
NIDT. 19890113 20180201 1 244



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang



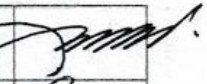
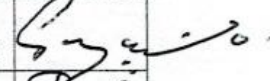
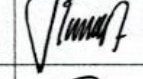
Dr. Evika Sandi Savitri, M. P
NIP. 19741018 200312 2 002

**ANALISIS VARIASI GENETIK KLON MANGGA GOLEK
(*Mangifera indica* L. cv. Golek) BERDASARKAN
KARAKTER MORFOLOGI DAN PENANDA MOLEKULER
RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)**

SKRIPSI

Oleh:
Novita Estiningtiyas
NIM. 17620054

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima
sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 6 Desember 2021

Ketua Penguji	Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. NIP. 19741018 200312 2 002	
Anggota Penguji 1	Suyono, M.P NIP. 19710622 200312 1 002	
Anggota Penguji 2	Didik Wahyudi, S.Si, M.Si NIP. 19860102 201801 1 001	
Anggota Penguji 3	Okky Bagus Prasetyo, M.Pd.I NIDT. 19890113 20180201 1 244	



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang


Dr. Evika Sandi Savitri, M. P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya berbentuk skripsi yang jauh dari kata sempurna ini dipersembahkan kepada orang-orang yang telah memberi dukungan kepada penulis, terkhusus:

1. Kedua orang tua tersayang, Daddy Drs. H.M Johan Nurmandi dan Ibuk Ir. Hj. Sumialik yang senantiasa merawat dan membesarkan dengan penuh kasih, membimbing dan mendoakan penulis hingga saat ini, serta kakak penulis Resa Septianto, S.E dan kakak ipar Amelia Permata Putri, S.A.B yang selalu mendukung dan memberi semangat untuk segera menyelesaikan studi, juga seluruh keluarga besar H. Rifa'i di Pasuruan dan keluarga besar H. Abu Bakar di Lumajang yang telah mendoakan.
2. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd, selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama 9 semester.
3. Didik Wahyudi, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penulis menyelesaikan penelitian.
4. Oky Bagus Prasetyo, M.Pd.I, selaku dosen pembimbing agama yang telah membimbing penulis tentang integrasi islam dan sains.
5. Ir. Karsinah, M.Si., selaku pembimbing lapang yang selalu mendukung dan memberi semangat saat pengamatan. Begitu pula Pak Canto yang selalu membantu dalam proses pengambilan sampel di kebun.
6. Tim kekerabatan 2021 (Prisela, Nensy, Wala dan Zahro) yang selalu ada beserta dukungan, motivasi dan saling bahu membahu dalam menyelesaikan penelitian. Tak lupa Alkaif R.D.G dan Zuizinatul Khifdillah yang turut berpartisipasi dalam penyelesaian penelitian.
7. Teman-teman Biologi B dan Wolves 2017 yang menjadi keluarga di kota perantauan, Malang. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu dalam membantu merealisasikan tugas akhir.

Atas segala dukungan, doa, motivasi dan nasihat, semoga Allah membalas semua kebaikan dengan berlimpah, *aamiin aamiin ya rabbal alamin*.

MOTTO HIDUP

“Saat hidup berjalan tak sesuai keinginan, Ingat! Bahwa Allah memiliki jalan yang lebih baik untukmu”

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novita Estiningtiyas
NIM : 17620054
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Variasi Genetik Klon Mangga Golek (*Mangifera indica* L. cv. Golek) Berdasarkan Karakter Morfologi dan Penanda Molekuler RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

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 di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 November 2021
yang membuat pernyataan



Novita Estiningtiyas
NIM. 17620054

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

ANALISIS VARIASI GENETIK KLON MANGGA GOLEK (*Mangifera indica* L. cv. Golek) BERDASARKAN KARAKTER MORFOLOGI DAN PENANDA MOLEKULER RAPD (*RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA*)

Novita Estiningtias, Didik Wahyudi, Oky Bagas Prasetyo
Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Mangga golek merupakan salah satu klon koleksi Kebun Percobaan Cukurgondang Kabupaten Pasuruan. Mangga golek banyak ditemukan di wilayah Probolinggo dan Pasuruan. Secara morfologi, beberapa mangga golek belum terkarakterisasi dengan baik. Karakterisasi berfungsi sebagai sumber informasi dasar untuk mendukung program pemuliaan tanaman mangga serta membantu proses sertifikasi klon baru yang bertujuan meningkatkan gen pool untuk perbaikan tanaman. Karakterisasi mangga golek dilaksanakan berdasar pada karakter morfologi dan molekuler. Karakter morfologi terbatas dengan mengamati karakter morfologi vegetatif dikarenakan belum memasuki waktu berbunga, sehingga diperlukan karakterisasi molekuler yang tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pertumbuhan suatu tanaman. Karakterisasi molekuler menggunakan penanda molekuler RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Metode RAPD yang digunakan menggunakan 8 primer yaitu OPA-3, OPA-5, OPA-7, OPA-11, OPA-12, OPA-15, OPA-17 dan OPA-18. Jumlah mangga golek yang diamati ada 9 klon dan 3 klon yang lain berasal dari mangga kuweni sebagai *outgroup*. Tujuan dilakukannya kedua karakterisasi yaitu mengetahui pengelompokan, nilai similaritas serta variasi genetik dari 12 klon mangga. Hasil karakterisasi morfologi berupa skoring yang menunjukkan 8 karakter seragam dan 12 karakter yang beragam serta membentuk 4 kelompok. Karakterisasi molekuler membentuk 5 kelompok yang mana anggota dari masing-masing kelompok berbeda. Variasi genetik dari 12 klon mangga tergolong tinggi dengan nilai variasi genetik secara morfologi sebesar 0.235, sedangkan secara molekuler sebesar 0.316. Hasil amplifikasi DNA dari 8 primer yang menghasilkan pita polimorfik 100% terdapat 3 primer yaitu OPA-12, OPA-17 dan OPA-18.

Kata Kunci: *Mangga golek, variasi genetik, penanda molekuler RAPD*

GENETIC VARIATION ANALYSIS OF GOLEK MANGO (*Mangifera indica* L. cv. Golek) BASED ON MORPHOLOGICAL MARKER AND RAPD (RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA) MARKER

Novita Estiningtias, Didik Wahyudi, Oky Bagas Prasetyo
Biology Department, Sains and Technology Faculty, State Islamic University of
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

The golek mango is one of the mango clone collections of Cukurgondang Experimental Garden, Pasuruan. Golek mango can be found at Probolinggo and Pasuruan. Morphologically, golek mango varieties that have not been characterized in a good way. The function of characterization is the source of fundamental information in order to support the mango plant breeding program and assist in the certification process of new clones aimed at increasing the gene pool for the crop improvement. Characterization is held based on the morphological character and molecular. The character of morphology is limited by observing the vegetative morphological character because the blooming time is not come yet. So that molecular character which is not influenced by the environment and the growth of specific plant is needed. Molecular characterization is using RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) molecular mark. The RAPD method is used for 8 primers, are OPA-3, OPA-5, OPA-7, OPA-11, OPA-12, OPA-15, OPA-17 and OPA-18. The amount of observed mangga golek are 9 clones and the out-group is using 3 clones which are consists of mangga kuweni. The purpose of observing these two characterizations are to determine the grouping, similarity value and the genetic varieties from 12 clones of mango. The result of morphological characterization in the form of scoring determines that 8 uniformed characters and 12 varieties characters and forming 4 groups in total. The molecule characterization forms 5 groups that has different members from every groups. The genetic varieties from 12 mango clones determined as the high one morphologically with genetic variety score of 0.235, while the molecular mark's score is 0.316. The DNA amplification of 8 primers which resulting polymorphic ribbon 100% gives 3 kinds of primers, they are OPA-12, OPA-17 and OPA-18.

Keywords: *Golek mango, genetic variation, RAPD marker*

**تحليل التنوع الوراثي لمستنسخ مانجا غوليك (*Mangifera indica* L. cv. Golek)
استناداً إلى الصفة المورفولوجية والعلامة الجزيئية RAPD (Random Amplified
(Polymorphic DNA)**

نوفينا إستينيغتياس، ديديك واحيودي، أوكي باجاس براسيتيو
قسم علم الإحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية
مالانج

مستخلص البحث

مانجا غوليك هو أحد المستنسخات من مجموعة حديقة كوكور جوندانج التجريبية في محافظة باسوروان. عثر على مانجو جوليك في بروبولينجو وباسوروان. من الناحية المورفولوجية، لم يتم تمييز بعض المانجو جوليك جيداً. ينتفع التوصيف كمصدر المعلومات الأساسية لدعم برامج اجلال نبات المانجو وكذلك المساعدة في عملية استحقاق المستنسخ الجديدة التي تهدف إلى زيادة مجموعة الجينات لتحسين النبات. إجراء التوصيف بناءً على الصفات المورفولوجية والجزيئية. تكون الصفات المورفولوجية محدودة بملاحظة الصفات المورفولوجية النباتية لأنها لم تدخل وقت الإزهار، لذلك يحتاج التوصيف الجزيئي الذي لا يتأثر بظروف البيئة ونمو النبات. التوصيف الجزيئي باستخدام العلامة الجزيئية RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). استخدمت طريقة RAPD المستخدمة 8 أساسيات، وهي 3-OPA و 5-OPA و 7-OPA و 11-OPA و 12-OPA و 15-OPA و OPA-17 و 18-OPA. كانت عدد المانجو جوليك الملاحظة هي 9 مستنسخات بينما جاءت 3 مستنسخات الأخرى من مانجو كوويني كمجموعة خارجية. الغرض من التوصيفين هو معرفة التجميع وقيم التشابه والتنوع الوراثي لـ 12 مستنسخاً من مانجو. كانت نتائج التوصيف المورفولوجي على شكل الدرجة أظهرت 8 الصفات موحدة و 12 صفة متنوعاً وتشكل 4 مجموعات. يشكل التوصيف الجزيئي 5 مجموعات كان فيها أعضاء كل مجموعة مختلفة. كان التنوع الوراثي لـ 12 مستنسخاً من المانجو مرتفعاً بقيمة التنوع الوراثي المورفولوجي 0.235، أما القيمة الجزيئية 0.316. نتائج تضخيم الحمض النووي من 8 بادئات أنتجت 100٪ نطاقات متعددة الأشكال تحتوي على 3 أساسيات، وهي 12-OPA و 17-OPA و 18-OPA.

الكلمات المفتاحية: مانجو جوليك، التنوع الوراثي، العلامة الجزيئية RAPD

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum, Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat-Nya. Dengan kemurahan yang telah diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik sebagai salah satu syarat kelulusan di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Ungkapan rasa terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak atas bantuannya dalam proses penyusunan skripsi, kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sain 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 selama 9 semester.
5. Didik Wahyudi, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penulis menyelesaikan penelitian.
6. Ir. Karsinah, M.Si., selaku pembimbing lapang yang selalu mendukung dan memberi semangat saat pengamatan.
7. Oky Bagus Prasetyo, M.Pd.I, selaku dosen pembimbing agama yang telah membimbing penulis tentang integrasi islam dan sains.
8. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P dan Suyono, M.P, selaku penguji yang telah memberi saran masukan terkait penulisan serta isi skripsi.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi terdapat banyak kekurangan. Penulis berharap kritik dan saran yang sifatnya membangun dari berbagai pihak. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan dengan sebaik mungkin bagi pembaca.

Wassalamu 'alaikum, Wr. Wb.

Malang, November 2021
Penulis,

Novita Estiningtiyas

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO HIDUP	vi
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACK	x
مستخلص البحث	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Deskripsi Tanaman Mangga Golek (<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek)	9
2.1.1 Taksonomi Mangga Golek	9
2.1.2 Morfologi Mangga Golek	9
2.1.3 Persebaran Mangga Golek	15
2.1.4 Manfaat Mangga Golek	16
2.2 Karakterisasi Tumbuhan	17
2.3 Marka Molekuler	18
2.3.1 Pengertian dan Macam Marka Molekuler	18
2.3.2 RAPD (<i>Random Amplified Polymorphic DNA</i>)	18
2.4 Variasi Genetik	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Waktu dan Tempat	20
3.3 Alat dan Bahan	20
3.3.1 Alat	20
3.3.2 Bahan	21
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.4.1 Pengambilan Sampel Daun	22
3.4.2 Karakterisasi Morfologi Mangga Golek	23
3.4.3 Karakterisasi Molekuler Mangga Golek	24

3.4.4 Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Variasi Genetik dan Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Morfologi	29
4.1.1 Variasi Genetik Mangga Golek berdasarkan Karakter Morfologi	29
4.1.2 Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Morfologi	32
4.2 Variasi Genetik dan Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Molekuler	41
4.2.1 Variasi Genetik Mangga Golek berdasarkan Karakter Molekuler	41
4.2.2 Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Molekuler	45
4.3 Konsistensi Pengelompokan Klon Mangga Golek Berdasarkan Karakter Morfologi dan Karakter Molekuler	47
4.4 Analisis Kekuatan Primer	48
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Morfologi mangga golek	10
Gambar 2.2 Morfologi daun mangga golek	11
Gambar 2.3 Perbungaan mangga golek.	13
Gambar 2.4 Warna kulit buah mangga golek	14
Gambar 4.1 Sudut antara tulang daun primer dan sekunder.....	30
Gambar 4.2 Variasi bentuk tepi daun.....	31
Gambar 4.3 Fenogram pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi.	35
Gambar 4.4 Susunan daun terhadap batang <i>semi-erect</i>	36
Gambar 4.5 Bentuk pertumbuhan pohon <i>spreading</i>	37
Gambar 4.6 Karakter morfologi mangga golek lanang.	38
Gambar 4.7 Karakter morfologi mangga kuweni laki	39
Gambar 4.8 Analisis PCA pada karakter morfologi.	40
Gambar 4.9 Visualisasi DNA klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD.	43
Gambar 4.10 Fenogram pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter molekuler RAPD.	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1 Identitas primer RAPD	21
Tabel 3.2 Daftar sampel klon mangga yang digunakan	22
Tabel 3.3 Karakter morfologi vegetatif yang diamati	23
Tabel 4.1 Hasil analisis variasi genetik klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi.....	32
Tabel 4.2 Nilai koefisien similaritas 9 klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi.....	34
Tabel 4.3 Hasil analisis variasi genetik klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD	44
Tabel 4.4 Hasil analisis kekuatan primer	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Warna permukaan atas daun tua yang berwarna hijau tua	60
Lampiran 2. Bentuk pangkal daun	61
Lampiran 3. Variasi bentuk pertumbuhan pohon	61
Lampiran 4. Variasi bentuk kanopi pohon	61
Lampiran 5. Variasi bentuk helai daun	62
Lampiran 6. Variasi susunan daun terhadap batang	62
Lampiran 7. Variasi panjang daun	63
Lampiran 8. Variasi lebar daun.....	63
Lampiran 9. Variasi panjang tangkai daun.....	64
Lampiran 10. Variasi bentuk ujung daun	64
Lampiran 11. Variasi warna daun muda.....	65
Lampiran 12. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-3.....	65
Lampiran 13. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-5.....	66
Lampiran 14. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-7.....	66
Lampiran 15. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-11.....	67
Lampiran 16. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-12.....	67
Lampiran 17. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-15.....	68
Lampiran 18. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-17.....	68
Lampiran 19. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-18.....	69
Lampiran 20. Visualisasi DNA whole genome klon mangga.....	69
Lampiran 21. Tabel karakterisasi morfologi klon mangga golek	70
Lampiran 22. Tabel hasil karakterisasi morfologi klon mangga golek	72
Lampiran 23. Tabel analisis PCA	73
Lampiran 24. Nilai koefisien similaritas 9 klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD.....	75
Lampiran 25. Skoring data biner RAPD klon mangga golek	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi. Salah satu tanaman yang melimpah adalah tanaman buah tropis, diantaranya yaitu buah mangga (Sadri & Samudin, 2017). Mangga merupakan jenis tanaman komersial di Asia Tenggara seperti, Filipina, Indonesia, Malaysia serta Thailand dan diketahui sudah dibudidayakan semenjak 4000 tahun silam (Sembiring dkk., 2020). Upaya konservasi dan pemuliaan tanaman mangga di Indonesia telah dilakukan pemerintah dengan cara membangun Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IP2TP) berupa kebun percobaan dan koleksi mangga. Salah satu kebun percobaan dan koleksi mangga adalah kebun percobaan Cukurgondang yang memiliki koleksi tumbuhan mangga terlengkap se-Asia Tenggara (Rebin, 2013).

Keanekaragaman plasma nutfah dan manfaat tumbuhan yang begitu banyak merupakan suatu nikmat yang Allah SWT berikan pada makhluk-Nya. Sebagaimana Allah SWT telah berfirman dalam QS: As-Syuara ayat [26]: 7 yaitu:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

“Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?.”

Kalimat “*betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?*”, bermakna Allah SWT telah menunjukkan kekuasaan yaitu menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan diatas tanah yang beraneka ragam (Shihab, 2002). Setiap tumbuh-tumbuhan memiliki ciri

khusus sendiri baik dari bentuk daun, bunga dan buahnya. Tumbuhan tersebut tumbuh diatas tanah dan diairi dengan air yang sama namun menghasilkan buah-buahan dengan bentuk, ukuran, warna dan rasa yang berbagai macam (Kemenag, 2019). Kata جَوْج yang artinya pasangan dan kata كَرِيم artinya manfaat dan baik. Dalam ayat tersebut, mengandung makna tumbuh-tumbuhan memiliki manfaat yang beragam. Adapun manfaat daun mangga yakni sebagai anti inflamasi, antioksidan, obat batuk, asma, penyakit lambung. Biji dan buah mangga digunakan sebagai obat pendarahan pada paru-paru, sedangkan kulit kayu mangga dapat digunakan sebagai obat rematik. Akar mangga dimanfaatkan sebagai obat sifilis di Negara India (Patarakijavanich dkk., 2019; Parvez, 2016; Ediriweera & Samaraoon, 2017; Shah dkk., 2010).

Mangga menjadi salah satu buah komersial yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat (Sembiring dkk., 2020). Minat masyarakat terhadap buah mangga terlihat dari peningkatan produksi mangga pada tahun 2018 hingga tahun 2020. Tahun 2018 sebanyak 2.624.791 ton, tahun 2019 sebanyak 2.808.939 dan tahun 2020 sebanyak 2.898.588 ton (BPS, 2018; BPS 2019; BPS 2020). Buah mangga biasanya dimanfaatkan sebagai buah segar, manisan, produk kering atau keripik dan buah kaleng (Patarakijavanich dkk., 2019). Buah mangga dengan cita rasanya yang lezat menjadi buah tropis unggulan yang disukai oleh penduduk di dunia (Anu dkk., 2015), yang dikenal dengan istilah “*The Best Loved Tropical*” (Tafolla dkk., 2017).

Mangga merupakan salah satu tanaman buah dari family Anacardiaceae (Anu dkk., 2015) yang berasal dari wilayah Indonesia-Malaysia (Kishor dkk.,

2019). Keanekaragaman klon mangga tersebar luas di dunia mencapai 1600 klon, sedangkan di wilayah Asia terdapat 58 klon (Anu dkk., 2015; Mal et al., 2011). Buah mangga dari wilayah Asia Tenggara yang dapat dikonsumsi sebanyak 16 spesies diantaranya spesies *Mangifera caesia* Jack., *Mangifera foetida* Lous., *Mangifera odorata* Grift. serta *Mangifera indica* L. (Oktavianto, 2015).

Salah satu tempat pelestarian berbagai klon mangga yaitu kebun Percobaan Cukurgondang dengan koleksi sebanyak 208 kultivar yang terdiri 298 klon dan 1.568 pohon mangga (Widjaja dkk., 2014). Koleksi mangga tersebut menunjukkan adanya variasi genetik (Anu dkk., 2015). Variasi genetik mangga terdapat pada karakter morfologi (Venkateswarlu, 2013; Kishor dkk., 2019), fisiologi maupun genetiknya (Sembiring dkk., 2020; Nilasari dkk., 2013).

Mangga golek menjadi salah satu klon yang dibudidayakan di Kebun Percobaan Cukurgondang. Mangga golek banyak ditemukan di wilayah Probolinggo dan Pasuruan (Kementrian Pertanian, 1984). Mangga golek yang telah dibudidayakan didapatkan dari beberapa daerah yang berbeda sehingga dapat menyebabkan terbentuknya variasi genetik. Beberapa klon mangga golek yang dibudidayakan di Kebun Percobaan Cukurgondang yaitu mangga golek 31 asal Seban Pasuruan, mangga golek 33 asal Keboncandi Pasuruan, mangga golek 35 asal Kraksaan Probolinggo, mangga golek 177 asal Sukabumi Probolinggo, mangga golek 195 asal Karang Kepuh Pasuruan, mangga golek amerika asal Graha Natura Surabaya, mangga golek Malaysia asal Graha Natura Surabaya, mangga golek india asal Graha Natura Surabaya dan mangga golek lanang asal Kediri

Klon mangga golek 31 asal Seban Pasuruan merupakan salah satu klon mangga golek yang telah tersertifikasi dengan baik dan telah dikomersialkan. Koleksi mangga golek yang lain belum teridentifikasi dengan baik secara morfologi. Hal ini menyebabkan terhambatnya proses sertifikasi. Pengamatan klon mangga golek telah dilakukan pada karakter morfologi daun saja (Komunikasi Pribadi, 2021). Keanekaragaman intra-klon dapat dilakukan berdasarkan ciri morfologi dan penanda molekuler (Rocha dkk., 2012). Karakterisasi klon mangga golek di Indonesia dapat dijadikan sebagai sumber informasi dasar untuk mendukung program pemuliaan tanaman mangga melalui proses seleksi kemudian dijadikan sebagai koleksi tanaman mangga (Sembiring dkk., 2020), pengelolaan plasma nutfah (Gajera dkk., 2014; Anu dkk., 2015), membantu proses sertifikasi klon baru yang bertujuan meningkatkan *gen pool* untuk perbaikan tanaman (Souza dkk., 2011) dan mengetahui kekerabatan antar klon mangga (Limbongan dkk., 2016; Gajera dkk., 2014).

Karakterisasi intra-klon mangga dapat dilakukan berdasarkan pada karakter morfologi (Ahmed dan Mohamed, 2015) dan karakter molekuler (Kumar dkk., 2001). Namun, karakterisasi morfologi pada mangga memiliki beberapa kelemahan yaitu rentan terhadap perubahan lingkungan, terbatasnya jumlah spesies yang diamati (Gajera dkk., 2014) dan musim berbunga yang berbeda (Yonemori dkk., 2002). karakterisasi molekuler dapat digunakan untuk menunjang karakter morfologi. Kelebihan penggunaan karakterisasi secara molekuler yaitu tidak terpengaruh oleh kondisi lingkungan dan pertumbuhan. Karakterisasi secara molekuler dibutuhkan untuk mempercepat proses seleksi

guna mengetahui sifat masing-masing klon mangga (Liu dkk., 2006; Venkateswarlu, 2013). Beberapa penanda molekuler yang digunakan dalam identifikasi tumbuhan seperti RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) (Souza dkk., 2011), ISSR (*Inter Simple Sequences Repeat / Microsatellite*) (Rocha dkk., 2012), AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) dan SSR (*Simple Sequences Repeat / Microsatellite*) (Gajera dkk., 2014).

RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) menjadi salah satu penanda molekuler yang sering digunakan dalam karakterisasi mangga (Widyatmoko dkk., 2010; Souza dkk., 2011; Venkateswarlu, 2013; Anu dkk., 2015). Primer RAPD yang telah digunakan untuk karakterisasi mangga yaitu OPA-5, OPA-7, OPA-11, OPA-12, OPA-14, OPA-15, OPA-16, OPA-17, OPA-18, OPA-19 dan OPA-20. Mangga yang telah dikarakterisasi menggunakan primer tersebut merupakan kultivar mangga di India diantaranya mangga alphonso, bangalora, chausa, jamdear, kitoor, langra, mallika, neelum, ratna dan zardalu (Karihaloo dkk., 2003).

Keuntungan menggunakan penanda molekuler RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) adalah lebih efisien daripada menggunakan penanda morfologi dan isozim karena data yang dikumpulkan dalam jumlah besar, tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan sangat efektif membedakan target. RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) tidak hanya digunakan untuk penentuan variasi genetik dalam taksonomi tanaman tetapi membantu dalam proses pemuliaan tanaman (Souza dkk., 2011).

Karakter mangga yang beragam menunjukkan adanya variasi genetik didalamnya. Oleh karena itu, karakterisasi morfologi dan molekuler diperlukan

untuk mengetahui keragaman genetik dan hubungan kekerabatannya (Nilasari dkk., 2013; Utami dkk., 2015; Tasliah dkk., 2016). Data keragaman genetik dan hubungan kekerabatan dapat digunakan sebagai sumber data genetik, pemuliaan tanaman dan proses sertifikasi tanaman (Zuraida, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana variasi genetik dan pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi?
2. Bagaimana variasi genetik dan pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter molekuler?
3. Apakah terdapat konsistensi pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi dengan karakter molekuler?
4. Bagaimana efektivitas marker RAPD dalam menganalisis variasi genetik pada klon mangga golek?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis variasi genetik dan pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi.
2. Menganalisis variasi genetik dan pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter molekuler.

3. Menganalisis konsistensi pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi dengan karakter molekuler.
4. Menganalisis efektivitas marker RAPD dalam menganalisis variasi genetik pada klon mangga golek.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini kepada masyarakat dan peneliti yaitu:

1. Hasil dari karakterisasi klon mangga golek dapat digunakan untuk proses sertifikasi, konservasi dan pemuliaan tanaman.
2. Hasil analisis variasi genetik klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD yang dapat digunakan sebagai sumber informasi plasma nutfah mangga.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Sampel mangga yang dipakai adalah mangga yang diambil dari Kebun IP2TP Cukurgondang Pasuruan yaitu mangga golek 31 (Sebani, Pasuruan), mangga golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), mangga golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), mangga golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), mangga golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), mangga golek lanang (Kediri), mangga golek amerika (Graha Natura, Surabaya), mangga golek india (Graha Natura, Surabaya), mangga golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), mangga kuweni laki (Kalimantan Selatan), mangga

kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan mangga kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).

2. Primer RAPD yang dipakai yaitu OPA-3, OPA-5, OPA-7, OPA-11, OPA-12, OPA-15, OPA-17 dan OPA-18.
3. Bagian tanaman mangga yang dipakai dalam isolasi DNA yaitu daun muda.
4. Karakter morfologi yang diamati berupa karakter vegetatif yang berjumlah 20 karakter.
5. Parameter yang digunakan dalam analisis kekuatan primer hanya 4 parameter yaitu PIC (*Polymorphic Information Content*), EMR (*Effective Multiplex Ratio*), MI (*Marker Indeks*), RP (*Resolving Power*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tanaman Mangga Golek (*Mangifera indica* L. cv. Golek)

2.1.1 Taksonomi Mangga Golek

Mangga golek termasuk dalam kingdom Plantae, division Magnoliophyta, class Magnoliopsida, ordo Sapindales, family Anacardiaceae, genus *Mangifera* dan spesies *Mangifera indica* L. (Sudarsono, 2005; Suwardike, 2018). Family Anacardiaceae memiliki 500 spesies yang dikelompokkan dalam 64 genus, salah satunya *Mangifera* (Arora, 1994). Family Anacardiaceae memiliki ciri khas batang yang mengeluarkan getah saat dilukai (Simpson, 2006). Family Anacardiaceae yang berasal dari Asia Tenggara terdapat 16 spesies, namun yang dapat dikonsumsi hanya spesies *Mangifera caesia* Jack., *Mangifera foetida* Lous., *Mangifera odorata* Grift. serta *Mangifera indica* L. yang biasa dikonsumsi (Oktavianto, 2015).

2.1.2 Morfologi Mangga Golek

Mangga golek merupakan salah satu mangga yang berasal dari Indonesia (Knight, 2009), lebih tepatnya menjadi mangga lokal wilayah Probolinggo dan Pasuruan (Kementrian Pertanian, 1984). Tinggi pohon mangga golek ± 9 meter dengan tajuk hijau yang rindang mencapai 3,5 meter (Gambar 2.1.A) (Oktavianto, 2015). Batang pohon mangga golek berbentuk bulat, berwarna kecoklatan dan memiliki tekstur yang kasar (Gambar 2.1.B) (Kementrian Pertanian, 1984; Parvez,

2016). Akar tunggal mangga sangat panjang (sekitar 6-8 meter), dengan kedalaman penyebaran akar lateral mencapai 7,5 meter (Parvez, 2016).



Gambar 2.1 Morfologi mangga golek. Keterangan: Gambar A. Perawakan mangga *Mangifera indica* L. cv. Golek, Gambar B. Kulit batang *Mangifera indica* L. cv. Golek (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Daun mangga merupakan daun tunggal yang tersusun bergantian (Gambar 2.2.A). Bentuk daun mangga berupa lanset (*lanceolatus*), oval-lanset, lonjong maupun bulat telur tergantung masing-masing klon (Parvez, 2016). Daun mangga memiliki ujung daun meruncing (*acuminatus*), pangkal daun runcing (*acutus*) dan tekstur daun seperti kertas (*papyraceus*). Ukuran daun berkisar 24,8 x 5,6 cm. Tangkai daun berbentuk menonjol di bagian pangkal. Ukuran tangkai daun bervariasi sekitar 1 hingga 12 cm (Kementrian Pertanian, 1984; Parvez, 2016). Warna daun muda mangga golek bervariasi yaitu warna hijau muda dengan

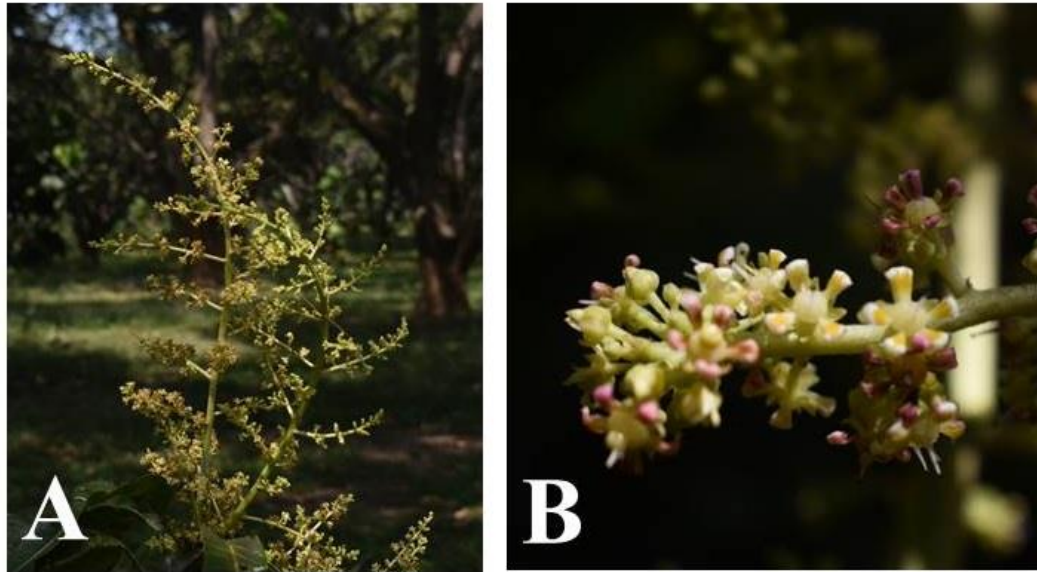
semburat coklat dan merah bata muda, lalu seiring pertumbuhan menjadi daun tua akan memiliki tekstur kasar dan berwarna hijau tua (Gambar 2.2.B) (Komunikasi pribadi, 2021; Patarakijavanich dkk., 2019; Parvez, 2016).



Gambar 2.2 Morfologi daun mangga golek. Keterangan: Gambar A. Susunan daun mangga golek, Gambar B. Warna daun muda hijau muda semburat coklat (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Mangga golek memiliki bunga dengan jumlah ± 3000 bunga dan berwarna merah keputihan atau hijau kekuningan (Gambar 2.3) (Patarakijavanich dkk., 2019). Bunga berbentuk piramida lancip berwarna kuning. Ukuran bunga jantan dan hermafrodit bervariasi dari ukuran 6 hingga 8 mm yang terdiri dari 4-5 sepal dan tepal (Kementrian Pertanian, 1984; Yadav dkk., 2018). Sepal berwarna kuning yang berbentuk lanset hingga elips. Petal berwarna kuning, merah hingga ungu yang berbentuk lanset hingga elips (Komunikasi pribadi, 2021; Kusumo dkk., 1975). Bentuk serbuk sari bervariasi, begitupun dengan ukuran serbuk sari berkisar 20 hingga 35 mikron (Parvez, 2016). Tangkai malai bunga berwarna hijau muda (Kementrian Pertanian, 1984). Bunga mangga golek beraroma harum (Komunikasi pribadi, 2021; Kusumo dkk., 1975).

Buah mangga golek berbentuk lonjong dengan pangkal buah bulat dan pucuk yang runcing. Panjang buah mangga golek sekitar 9,5-12,5 cm, lebar 6-8 cm dan ketebalan buah sekitar 5,5-6,5 cm. Kulit buah sedikit tebal, bertekstur halus dan mengandung lilin yang ditandai dengan adanya bintik-bintik putih kehijauan pada permukaan kulit mangga (Kementrian Pertanian, 1984; Knight, 2009; Kusumo dkk, 1975; Patarakijavanich dkk., 2019). Kulit buah mangga golek berwarna hijau saat masih mentah, apabila telah matang kulit buah berubah menjadi warna kuning keemasan, merah tua dan orange kemerahan, tergantung klonnya (Gambar 2.4). Daging buah yang tebal dengan tekstur lunak dan lembut yang berwarna kuning tua hingga *orange* dengan kandungan serat halus yang melimpah serta air buah yang berjumlah sedang (Kementrian Pertanian, 1984; Patarakijavanich dkk., 2019). Biji mangga terbungkus oleh endokarp yang tebal, berkayu, berserat dan berbentuk pipih memanjang dengan ukuran sedang yaitu 14,5 x 4,2 x 2,8 cm (Kementrian Pertanian, 1984; Pracaya, 2004).



Gambar 2.3 Perbungaan mangga golek. Keterangan: Gambar A. Susunan bunga mangga, Gambar B. Morfologi bunga mangga golek (Komunikasi Pribadi, 2021).

Kematangan buah mangga golek dapat ditandai dengan perubahan warna pada permukaan kulit buah, ukuran, berat buah (Tharanathan dkk., 2006; Parvez, 2016), kandungan serat buah dan rasa (Tafolla dkk., 2017). Perubahan permukaan kulit buah ditandai dengan pangkal buah semula berwarna hijau akan berubah menjadi warna kuning (Kementrian Pertanian, 1984). Penampakan kulit buah mangga berperan penting dalam umur simpan buah (Tafolla dkk., 2017). Buah mangga golek yang telah matang memiliki aroma segar harum dan rasa yang manis. Apabila buah mangga terlalu masak maka rasanya akan masam dan aroma buah yang menyengat. Berat buah mangga golek saat matang berkisar 200-500 gram (Kementrian Pertanian, 1984; Patarakijavanich dkk., 2019).



Gambar 2.4 Warna kulit buah mangga golek (Ledesma, 2018).

Variasi mangga pada bentuk dan ukuran buah berbeda sesuai dengan masing-masing klon buah mangga golek. Buah mangga golek umumnya berbentuk lonjong. Kulit buah mangga golek berwarna hijau, kuning hingga kemerahan saat masak. Daging buah mengandung banyak air, aroma yang harum serta rasa buah yang manis hingga asam (Pracaya, 2004). Allah berfirman dalam QS. Ar-Ra'd [13]: 4 yang berbunyi:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَوِّرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ
صِّنُوعٌ وَغَيْرُ صِنُوعٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ بَعْضُهَا عَلَىٰ
بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

“Di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan, kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman, dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang. (Semua) disirami dengan air yang sama, tetapi Kami melebihkan tanaman yang satu atas yang lainnya dalam hal rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar (terdapat) tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.” (QS. Ar-Ra'd [13]: 4).

Ath-Thabari (2007) menyatakan bahwa Allah telah menciptakan bumi dengan bagian-bagian yang berdekatan atau berdampingan dengan bagian yang lain. Contoh pada sebagian lahan yang subur dan lahan yang tidak subur seperti lahan yang memiliki kandungan garam tinggi. Lahan yang subur dan tidak subur, keduanya berdekatan namun menumbuhkan tanaman dengan rasa yang berbeda-beda. Begitu juga dengan hasil tanamannya seperti anggur, kurma hingga sayur-mayur yang mempunyai warna dan rasa yang berbeda meskipun disiram dengan air yang sama. Maksud dari **وَنُفِضَ لََّ** (dan Kami lebihkan) adalah kelebihan dari buah tentang rasanya. Allah telah membedakan rasa diantara semua jenis tanaman, melebihkan rasa dari sebagian buah dari buah yang lainnya. Rasa buah ada yang manis, asam dan lain sebagainya.

2.1.3 Persebaran Mangga Golek

Mangga merupakan buah tropis yang termasuk dalam family Anacardiaceae (Anu dkk., 2015). Mangga dapat tumbuh dengan baik di wilayah dataran rendah dengan cuaca panas (tropis kering) (Sanjaya & Rosadi, 2018; Mukherjee, 1953) di ketinggian 700 mdpl (Kostermans & Bompard, 1993). Mangga berasal dari Asia Selatan (India Timur dan Burma) sejak 4000 SM. Mangga diyakini berpusat di wilayah Indo-Burma (Myanmar) (Kostermans & Bompard, 1993; Singh et al., 2015; Karihaloo dkk., 2003; Anu dkk., 2015; Tasliah dkk., 2016) yang telah tersebar ke berbagai Negara diantaranya Amerika Latin (terutama Brazil), Afrika, Asia Tenggara terutama Vietnam, Filipina dan Indonesia (Tasliah dkk., 2016; Utami dkk., 2012).

Awal persebaran mangga ke wilayah Asia Tenggara pada abad ke-7. Kemudian ke wilayah Filipina pada abad ke-15. Persebaran mangga ke wilayah tropis dan subtropis dimulai pada akhir abad ke-15. Selanjutnya, persebaran pada wilayah Afrika Selatan dimulai pada abad ke-16 (Yadav & Singh, 2017). Persebaran mangga di wilayah tropis yaitu India, Bangladesh, Thailand, Myanmar, Kamboja, Vietnam, Laos, Cina bagian selatan, Filipina, Brunei, Malaysia, Indonesia dan Papua Nugini. Pusat persebaran mangga di Indonesia berada di Kalimantan dan Sumatera (Mukherjee & Litz, 2009).

2.1.4 Manfaat Mangga Golek

Manfaat daun mangga sebagai anti inflamasi, antioksidan, masalah genirourinari misal keputihan, (Patarakijavanich dkk., 2019), pengobatan sembelit, gangguan pada hati, kerusakan gigi, batuk, asma, penyakit lambung (Parvez, 2016), dan obat untuk masalah gastrointestinal (Singh dkk., 2009; Patarakijavanich dkk., 2019). Daun mangga yang dibakar dapat digunakan sebagai obat cegukan dan sakit tenggorokan dengan cara menghirup asap dari daun yang dibakar tersebut (Shah dkk., 2010; Parvez, 2016). Biji dan buah mangga di India digunakan sebagai obat pendarahan pada paru-paru, permasalahan pada rahim dan usus (Ediriweera & Samaraoon, 2017). Kulit kayu mangga dapat digunakan sebagai obat rematik (Shah dkk., 2010), sedangkan di negara India dimanfaatkan sebagai penyembuh keputihan. Negara Madagascar memanfaatkan kulit kayu pohon mangga sebagai obat obstruksi hati. Akar mangga dimanfaatkan sebagai obat sifilis di India (Ediriweera & Samaraoon,

2017). Kandungan senyawa Mangiferin pada mangga memiliki manfaat sebagai antioksidan, penyembuh luka, hipotensif, kardiotonik, imunomodulasi, sebagai antidegeneratif dan antidiabetes (Singh dkk., 2009). Buah mangga biasanya dimanfaatkan sebagai manisan, keripik dan buah kaleng (Patarakijavanich dkk., 2019).

2.2 Karakterisasi Tumbuhan

Karakterisasi merupakan kegiatan mencari ciri spesifik dari suatu tanaman yang digunakan untuk membedakan tiap individu dengan cepat dan mudah (Miswarti dkk., 2014; Bermawie dkk., 2016). Karakter yang diamati yaitu karakter morfologi dan molekuler. Karakter morfologi merupakan karakter yang mudah diamati dan digunakan untuk mengidentifikasi hingga tingkatan spesies, (Jones, 1997). Identifikasi karakter morfologi pada mangga golek memiliki beberapa kelemahan yaitu rentan terhadap perubahan lingkungan (Bramasto & Sudrajat, 2018), terbatasnya jumlah spesies yang diamati (Gajera dkk., 2014) dan musim berbunga yang berbeda-beda (Yonemori dkk., 2002). Oleh karena itu, karakterisasi molekuler dapat digunakan sebagai data yang menunjang karakterisasi morfologi. Kelebihan karakterisasi molekuler yaitu tidak terpengaruh oleh kondisi lingkungan dan pertumbuhan. Karakterisasi secara molekuler dibutuhkan untuk mempercepat proses seleksi guna mengetahui sifat masing-masing klon mangga (Liu dkk., 2006; Venkateswarlu, 2013).

2.3 Marka Molekuler

2.3.1 Pengertian dan Macam Marka Molekuler

Mark molekuler adalah suatu penanda yang dapat menunjukkan adanya sekuen DNA dan protein yang mengkode suatu sifat atau memberikan informasi tentang adanya sekuen dalam genom (Brown, 1996). Marka molekuler berbasis DNA terdiri 2 jenis yaitu berbasis non PCR dan berbasis PCR. Penanda molekuler berbasis non PCR yaitu RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*), sedangkan penanda molekuler berbasis PCR antara lain AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*), RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), SSR (*Simple Sequences Repeat / microsatellite*) dan ISSR (*Inter Simple Sequences Repeat / microsatellite*). Hasil analisis molekuler berupa pita DNA yang menunjukkan adanya alel atau lokus (Powel dkk., 1996). Keunggulan penanda molekuler yaitu dapat menunjukkan keragaman karakter tiap individu, tidak terpengaruhi oleh faktor lingkungan (Azrai, 2006) dan penggunaan teknik molekuler dapat membantu pengembangan pertanian serta manajemen plasma nutfah (Gurijala dkk., 2015).

2.3.2 RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

RAPD merupakan teknik molekuler yang berbasis pada proses amplifikasi menggunakan primer yang terdiri atas fragmen DNA pendek (biasanya berjumlah 10 nukleotida) bersifat random (acak) (Simpson, 2006; (Azrai, 2006). Keuntungan RAPD yaitu penggunaan sampel dalam jumlah besar, waktu relatif cepat dan harga yang murah, amplifikasi wilayah genom dalam jumlah yang tidak terbatas,

menghasilkan pita DNA dengan polimorfisme yang banyak dan membutuhkan sampel DNA dalam jumlah sedikit (Tingey dkk., 1994). Penggunaan penanda molekuler RAPD lebih efisien daripada penanda morfologi dan isozim karena tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. RAPD tidak hanya digunakan untuk penentuan variasi genetik dalam taksonomi tanaman tetapi membantu dalam proses pemuliaan tanaman (Souza dkk., 2011).

2.4 Variasi Genetik

Variasi genetik merupakan ukuran kuantitatif pada keragaman suatu populasi yang menampilkan sebuah keseimbangan antara laju mutasi dan hilangnya variasi genetik (Leffer dkk., 2012). Mutasi adalah perubahan genetik karena terjadinya penyimpangan saat proses pewarisan sifat. Terjadinya mutasi menimbulkan variasi baru pada populasi tanaman (Rimbawanto, 2008). Selain itu, variasi genetik juga dapat disebabkan adanya proses *hybrid* yaitu perkawinan silang dari dua sifat yang berbeda (Indrawan, 2007). Variasi genetik tumbuhan terdapat pada karakter morfologi (Venkateswarlu, 2013; Kishor dkk., 2019), fisiologi maupun genetiknya (Sembiring dkk., 2020; Nilasari dkk., 2013).

Pemahaman mengenai variasi genetik suatu tumbuhan menjadi salah satu unsur utama dalam pemanfaatan sumber genetik tumbuhan tersebut. Variasi genetik menjadi dasar suatu jenis tanaman untuk bertahan hidup dari satu generasi ke generasi selanjutnya (Finkeldey, 2007). Variasi genetik dapat digunakan sebagai metode peningkatan kualitas pertanian dengan evaluasi posisi dan keadaan plasma nutfah yang ada (Afuape dkk., 2011).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian deskriptif eksploratif. Objek dalam penelitian adalah klon mangga golek di Kebun Koleksi Mangga Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IP2TP) Cukurgondang Kabupaten Pasuruan Jawa Timur.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian dimulai pada bulan April hingga Juli 2021. Pengambilan sampel daun mangga dan pengamatan karakter morfologi dilakukan di Kebun Koleksi Mangga IP2TP Cukurgondang. Analisis variasi genetik menggunakan penanda molekuler RAPD dilakukan di Laboratorium Genetika dan Molekuler Griya Sains Kota Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang diperlukan saat pengamatan karakter morfologi dan pengambilan sampel daun adalah plastik zipper, kamera, alat tulis, penggaris, meteran, laptop dan lembar karakterisasi. Alat yang diperlukan saat analisis variasi genetik adalah tabung nitrogen, mortar dan alu, *spatula*, *safety tools*, tisu, vortex, *freezer*, *waterbath*, sentrifuge, *tube* 1,5 ml, *tube* PCR, rak *tube*, mikropipet (0,5-10 µl, 10-100 µl, 100-1000 µl), *blue tip*, *yellow tip*, *white tip*. Uji kualitatif DNA

menggunakan *electrophoresis set* dan *Gel Documentation*, mikropipet 0,5-10 µl, *white tip*, gelas ukur 25 ml, *magnet stirrer*, spatula, *hot plate* dan neraca analitik. Proses PCR memakai *thermal cycler*, microtube 0,5 mL, rak *microtube*, *white tip*, mikropipet 0,5-10 µl.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan saat ekstraksi DNA dalam penelitian ini adalah sampel daun muda klon mangga golek dan klon mangga kuweni yang diperoleh dari Koleksi IP2TP Cukurgondang (Tabel 3.2), nitrogen cair, *silica gel*, *Biospin Omni Plant Genomic DNA Extraction Kit*, etanol 70%. Proses PCR membutuhkan sampel DNA, *Nuclease Free Water*, *red PCR Master Mix* (Genaxon), primer OPA (3,5, 7, 11, 12, 15, 17, 18) (Tabel 3.1). Visualisasi DNA menggunakan bubuk agarose, $\frac{1}{2}$ x buffer TBE (Tris-Boric EDTA), pewarna *peqGREEN*, marker 1 kbp DNA ladder dan marker 100bp DNA ladder.

Tabel 3.1 Identitas primer RAPD

No.	Primer	Sekuen 5'-3'	TM (°C)	TA (°C)
1.	OPA-3	AGT-CAG-CCA-C	34.3	39
2.	OPA-5	AGG-GGT-CTT-G	32.6	37
3.	OPA-7	GAA-ACG-GGT-G	33.2	38
4.	OPA-11	CAA-TCG-CCG-T	36.7	41
5.	OPA-12	TCG-GCG-ATA-G	34.0	39
6.	OPA-15	TTC-CGA-ACC-C	34.2	39
7.	OPA-17	GAC-CGC-TTG-T	35.7	40
8.	OPA-18	AGG-TGA-CCG-T	36.2	41

Sumber: (Eurofins Genomics, 2014)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Daun

Sampel daun koleksi IP2TP Cukurgondang digunakan dalam pengamatan morfologi dan molekuler. Sampel daun yang digunakan dalam pengamatan molekuler adalah daun muda (Tabel 3.2). Daun muda dimasukkan ke dalam plastik *zipper* yang telah berlabel masing-masing. Berikut mangga yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 3.2 Daftar sampel klon mangga yang digunakan

No.	Nama Spesies	Klon	Asal Daerah
1.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek 31	Sebani-Pasuruan
2.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek 33	Keboncandi-Pasuruan
3.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek 35	Kraksaan-Probolinggo
4.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek 177	Sukabumi-Probolinggo
5.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek 195	Karang Kepuh-Pasuruan
6.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek India	Graha Natura-Surabaya
7.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek Lanang	Kediri
8.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek Amerika	Graha Natura-Surabaya
9.	<i>Mangifera indica</i> L. cv. Golek	Mangga Golek Malaysia	Graha Natura-Surabaya
10.	<i>Mangifera odorata</i>	Mangga Kuweni Laki	Kalimantan Selatan
11.	<i>Mangifera odorata</i>	Mangga Kuweni Bini	Kalimantan Selatan
12.	<i>Mangifera odorata</i>	Mangga Kuweni 51	Gunung Gangsir-Pasuruan

3.4.2 Karakterisasi Morfologi Mangga Golek

Pengamatan morfologi klon mangga (Tabel 3.2) koleksi Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IP2TP) Cukurgondang dilakukan secara langsung di kebun koleksi mangga. Karakterisasi morfologi mangga mengacu pada *Descriptor for Mango (Mangifera indica L.)* (IPGRI, 2006) menggunakan 20 karakter yang diamati. Karakter morfologi vegetatif yang diamati sebagai berikut (Tabel 3.3):

Tabel 3.3 Karakter morfologi vegetatif yang diamati

No.	Karakter
1.	Tipe pohon (<i>Tree type</i>)
2.	Bentuk kanopi pohon (<i>Shape of the tree canopy</i>)
3.	Bentuk pertumbuhan pohon (<i>Shape of tree growth</i>)
4.	Bentuk helai daun (<i>Shape of leaf blade</i>)
5.	Susunan daun pada batang (<i>Leaf attitude in relation to the branch</i>)
6.	Panjang daun (<i>Leaf lenght</i>)
7.	Lebar daun (<i>Leaf width</i>)
8.	Panjang tangkai daun (<i>Petiole length</i>)
9.	Tekstur daun (<i>Leaf texture</i>)
10.	Bentuk ujung daun (<i>Shape of leaf apex</i>)
11.	Bentuk pangkal daun (<i>Shape of leaf base</i>)
12.	Bentuk tepi daun (<i>Shape of leaf margin</i>)
13.	Indumentum daun (<i>Leaf indumentum</i>)
14.	Warna permukaan atas daun tua (<i>Colour of upper surface of mature leaves</i>)
15.	Warna permukaan bawah daun tua (<i>Colour of underside of mature leaves</i>)
16.	Warna daun muda (<i>Colour of young leaves</i>)
17.	Aroma daun (<i>Leaf fragrance</i>)
18.	Tipe pelvinus (<i>Thickness of pelvinus</i>)
19.	Sudut antara tulang daun primer dan sekunder (<i>Angle of the midrib to secondary vein</i>)
20.	Lekukan pada tulang daun sekunder (<i>Curvature of secondary vein</i>)

3.4.3 Karakterisasi Molekuler Mangga Golek

3.4.3.1 Isolasi DNA

Isolasi DNA dari daun mangga golek menggunakan *Biospin Omni Plant Genomic DNA Extraction Kit*. Sampel daun sebanyak 100 mg dihaluskan menggunakan mortar dan alu dengan menambahkan nitrogen cair hingga menjadi serbuk. Serbuk sampel dipindah ke dalam *tube* 1,5 ml dan ditambah 450 μ l *LP Plus Buffer*. Kemudian larutan dihomogenkan dan *tube* diinkubasi pada suhu 65°C selama 15 menit (*tube* divortex sebanyak 2 hingga 3 kali selama inkubasi). Larutan ditambahkan 150 μ l *DA buffer* lalu dihomogenkan dan larutan diinkubasi selama 5 menit di freezer. Selanjutnya dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 15.000 rpm selama 3 menit. Supernatan dipindah ke *tube* 1,5 ml yang baru dan ditambahkan 750 μ l *P Binding Buffer* dan dihomogenkan. Larutan dipindahkan ke *spin column* dan disentrifugasi pada kecepatan 14.000 rpm selama 1 menit. Cairan dibagian *tube* dibuang dan ditambahkan 500 μ l *G Binding Buffer* kedalam *spin column*. Larutan disentrifugasi dengan kecepatan 14.000 rpm selama 30 detik dan cairan dibagian *tube* dibuang. Kemudian ditambahkan 600 μ l *Washing Buffer* kedalam *spin column* dan disentrifugasi dengan kecepatan 14.000 rpm selama 3 detik lalu dibuang cairan yang ada dibagian *tube*. Diulangi step penambahan 600 μ l *Washing Buffer* lalu disentrifugasi dengan kecepatan 14.000 rpm selama 30 detik dan cairan dibagian *tube* dibuang. *Spin column* disentrifugasi kembali dengan kecepatan 14.000 rpm selama 1 menit. Kemudian *spin column* dipindahkan ke *tube* 1,5 ml yang baru. *Elution Buffer* sebanyak 100 μ l ditambahkan kedalam *tube* dan diinkubasi selama 1 menit pada suhu ruang. *Tube*

disentrifugasi dengan kecepatan 15.000 rpm selama 1 menit. Sampel DNA disimpan pada suhu -20°C apabila tidak segera digunakan.

3.4.3.2 Uji Kualitatif DNA

Uji kualitatif DNA dengan cara elektroforesis menggunakan gel agarose 1%. Serbuk agarose sebanyak 0,2 gr ditimbang lalu dipindahkan ke gelas *beaker* dan ditambah 20 ml $\frac{1}{2}$ x TBE (Tris-Boric EDTA). Kemudian dimasukkan *magnet stirrer*, lalu larutan dihomogenkan dan dipanaskan di atas *hot plate* sampai larutan mendidih serta menjadi bening. Selanjutnya, larutan didinginkan pada suhu ruang dan ditambahkan 2 μ l pewarna *peqGREEN*. Kemudian larutan dituang kedalam cetakan agar dan dipasang cetakan sumuran. Lalu didiamkan selama 25 menit hingga mengeras.

Gel diletakkan pada wadah elektroforesis dan ditambah 25 ml $\frac{1}{2}$ x TBE sampai terendam secara keseluruhan. Selanjutnya, 3 μ l *loading dye* dihomogenkan dengan 5 μ l sampel DNA secara perlahan menggunakan mikropipet. Campuran larutan tersebut dituangkan kedalam sumuran gel agarose. Setiap 5 μ L sampel DNA hasil ekstraksi dimasukkan pada tiap sumuran gel. Langkah tersebut diulangi untuk semua sampel. Selanjutnya dielektroforesis pada tegangan 50 v selama 25 menit. Hasil elektroforesis didokumentasikan menggunakan *Gel Documentation*.

3.4.3.3 Amplifikasi DNA

Amplifikasi mengandung larutan sebanyak 10 µl yang terdiri dari 1 µl sampel DNA (25 ng), 3 µl *nuclease free water*, 1 µl primer (10 pmol) serta 5 µl PCR *master mix*. Amplifikasi dilakukan menggunakan *Thermal Cycler* dan diawali dengan pre-denaturasi pada suhu 94°C selama 4 menit 30 detik, diteruskan dengan 45 siklus yang terdiri dari tahapan denaturasi 94°C selama 30 detik, tahapan *annealing* pada suhu masing-masing primer (Tabel 3.1) selama 30 detik, tahapan *elongation* pada suhu 72°C selama 30 detik dan tahapan *post-elongation* pada suhu 72°C selama 5 menit. Hasil amplifikasi dielektroforesis menggunakan gel agarose 2% dalam 15 ml $\frac{1}{2}$ x TBE (Tris-Boric EDTA). Hasil amplifikasi divisualisasi dibawah sinar UV menggunakan *Gel Documentation* dan marker 100bp DNA ladder.

3.4.4 Analisis Data

3.4.4.1 Analisis Keragaman Genetik dan Pengelompokan Secara Morfologi

Analisis data karakter morfologi menggunakan beberapa analisis seperti analisis *similarity*, *clustering*, PCA (*Principal Component Analysis*), dan keragaman genetik (He). Data hasil karakterisasi yang telah diskoring digunakan pada analisis *similarity* dan *clustering* menggunakan program Palaeontological Statistics (PAST) versi 4.02 dengan metode UPGMA (*Unweighted Paired Group Method Arithmetic*) dan koefisien persamaan Bray-Curtis. Lalu analisis PCA menggunakan program PAST versi 4.02 yang berfungsi untuk mengetahui kontribusi karakter yang berpengaruh terhadap keberagaman. Data yang

dihasilkan berupa tabel similaritas dan dendogram. Perhitungan nilai keragaman genetik (H_e) dilakukan dengan mengkonversi data interval menjadi data biner. Selanjutnya data dianalisis menggunakan *software* GenAIEx (*Genetik Analysis in Excel*) untuk mengetahui variasi genetik (Tanavar dkk. 2014). Nilai H_e dihitung menggunakan rumus:

$$H_e = 1 - (p^2 + q^2)$$

3.4.4.2 Analisis Keragaman Genetik dan Pengelompokan Secara Molekuler

Analisis data skoring karakter pita DNA menggunakan program PAST versi 4.02. Analisis *Similarity and Clustering* menggunakan metode *Unweighted Paired Group Method Arithmetic* (UPGMA) dengan koefisien persamaan Jaccard untuk mengetahui nilai kemiripan dan pengelompokan antar klon mangga golek. Data biner hasil analisis menggunakan *software* GenAIEx (*Genetik Analysis in Excel*) untuk mengetahui variasi genetik (Tanavar dkk. 2014). Nilai variasi genetik (H_e) dihitung menggunakan rumus:

$$H_e = 1 - (p^2 + q^2)$$

Keterangan:

H_e = Nilai variasi genetik

p dan q = frekuensi alel

3.4.4.3 Analisis Efektivitas Primer

Analisis efektivitas primer dapat diketahui dari empat parameter yaitu PIC (*Polymorphic Information Content*), EMR (*Effective Multiplex Ratio*), MI

(*Marker Indeks*) dan RP (*Resolving Power*). PIC digunakan sebagai parameter standar dalam evaluasi hasil amplifikasi PCR yang berdasar pada pita DNA. Semakin tinggi nilai PIC suatu primer, maka semakin baik kualitas primer tersebut untuk mengerti adanya variasi genetik. Perhitungan nilai PIC berdasarkan rumus berikut (Probojati dkk., 2019):

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

Keterangan:

F = frekuensi pita DNA yang muncul

1-f = frekuensi pita DNA yang tidak muncul

EMR (*Effective Multiplex Ratio*) berguna untuk menghitung total pita DNA yang muncul di setiap primer dan juga jumlah pita polimorfik. Perhitungan EMR menggunakan rumus sebagai berikut (Probojati dkk. 2019):

$$EMR = n_p (n_p/n)$$

Keterangan:

n_p = jumlah pita DNA polimorfik

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

Indeks primer dalam menghasilkan pita DNA polimorfik dapat diketahui dengan menghitung nilai MI (*Marker Indeks*). Perhitungan MI dengan rumus berikut: $MI = PIC \times EMR$. Perhitungan nilai *Resolving Power* (RP) menunjukkan primer yang efektif dalam membedakan pita DNA antar genotip (Prevost&Wilkinson, 1999). RP dihitung menggunakan rumus $lb = 1 - [2 \times (0,5 - P)]$, P adalah nilai proporsi genotip yang terdapat pita DNA (Kayis dkk., 2010).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

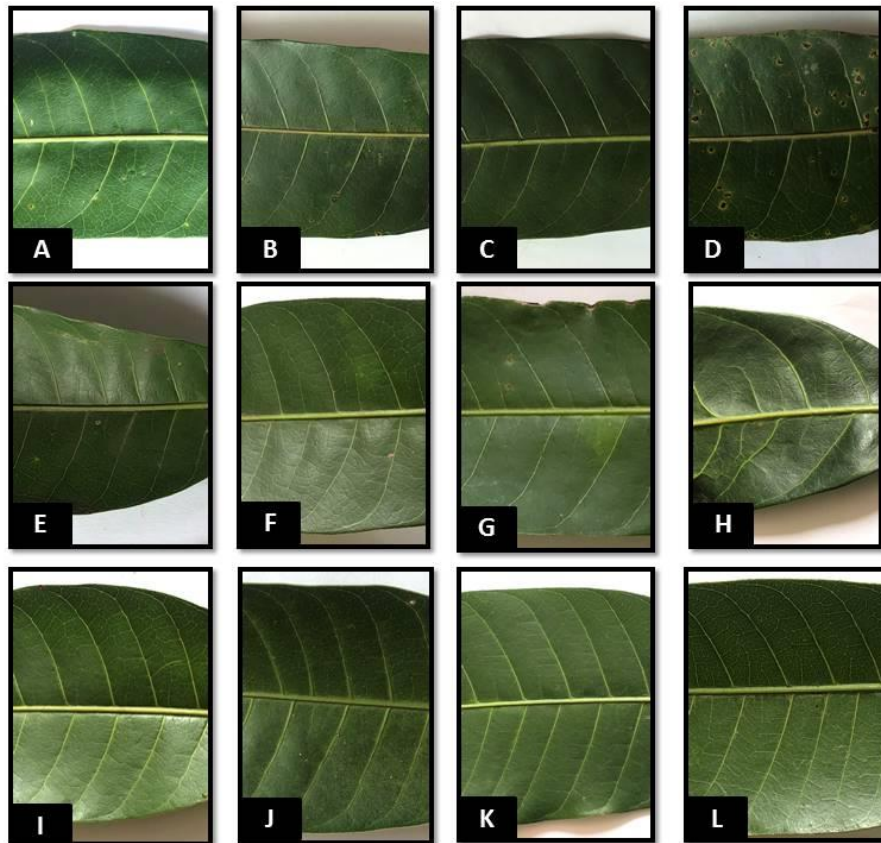
4.1 Variasi Genetik dan Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Morfologi

4.1.1 Variasi Genetik Mangga Golek berdasarkan Karakter Morfologi

Klon mangga golek dan mangga kuweni koleksi IP2TP Cukurgondang Pasuruan memiliki karakter morfologi yang seragam dan beragam (Lampiran 21). Karakter seragam dari klon mangga golek dan mangga kuweni diantaranya tipe pohon *grafting*, tipe pelvinus yang tebal dan menyudut, sudut antara tulang daun primer dan sekunder yaitu lebih besar daripada 60° serta terdapat lekukan pada tulang daun sekunder (Gambar 4.1), permukaan atas daun tua berwarna hijau tua (Lampiran 1), bentuk pangkal daun runcing (Lampiran 2), tidak memiliki indumentum daun, dan permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat. Sudut antara tulang daun primer dan sekunder yaitu lebih besar daripada 60°, sesuai dengan Orwa dkk (2009) yaitu secara umum mangga memiliki tipe tulang daun sekunder yang mengarah ke ujung daun sehingga membentuk sudut. Sudut yang terbentuk biasanya lebih dari 60° yang menjadi salah satu ciri dari marga *Mangifera*.

Karakter morfologi dari klon mangga golek dan mangga kuweni yang beragam terdapat pada beberapa karakter diantaranya bentuk pertumbuhan pohon (Lampiran 3), bentuk kanopi (Lampiran 4), bentuk helai daun (Lampiran 5), susunan daun terhadap batang (Lampiran 6), panjang daun (Lampiran 7), lebar daun (Lampiran 8), panjang tangkai daun (Lampiran 9), tekstur daun, bentuk

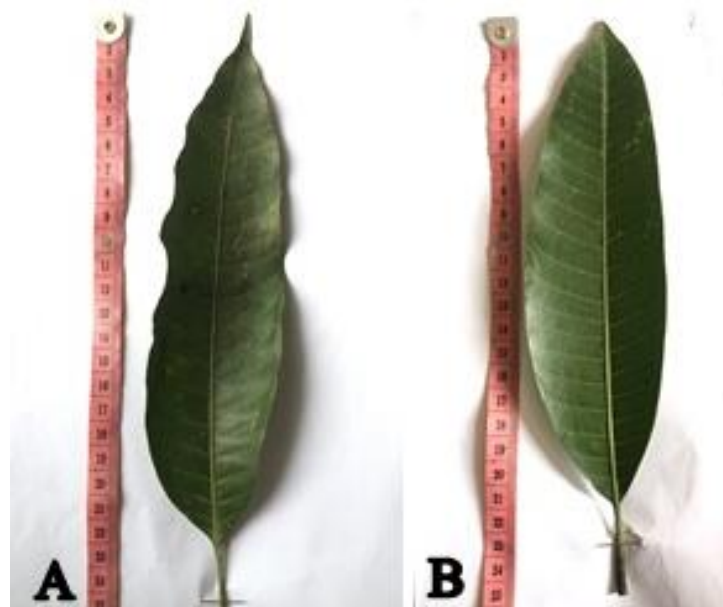
ujung daun (Lampiran 10), bentuk tepi daun (Gambar 4.2), warna daun muda (Lampiran 11) dan aroma daun.



Gambar 4.1 Sudut antara tulang daun primer dan sekunder. Keseluruhan sampel memiliki sudut dengan luas $>60^\circ$. Keterangan: A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan), L) kuwein 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).

Karakter morfologi yang menjadi pembeda antara klon mangga golek dengan klon mangga kuweni yaitu karakter bentuk helaian daun, tekstur daun dan

bentuk tepi daun. Bentuk helaian daun dari klon mangga golek yaitu *lanceolate*, sedangkan helaian daun dari klon mangga kuweni yaitu *elliptic*. Tekstur daun dari klon mangga golek yaitu *chartaceous* dan tekstur daun dari klon mangga kuweni kasar (*coriaceous*). Karakter pembeda yang terakhir yaitu bentuk tepi daun pada klon mangga golek adalah bergelombang, sedangkan bentuk tepi daun dari klon mangga kuweni adalah rata (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Variasi bentuk tepi daun. Keterangan : A) tepi daun bergelombang pada klon mangga golek-195 (Karang Kepuh, Pasuruan), dan B) tepi daun rata pada klon mangga kuweni Laki (Kalimantan Selatan).

Variasi genetik klon mangga golek dan kuweni berdasarkan pengamatan karakter morfologi memiliki nilai 0,235 (Tabel 4.1). Nilai variasi tersebut termasuk kategori tinggi dari rentang nilai 0-0,5. Nilai H_e yang $>0,2$ termasuk dalam variasi genetik yang tinggi (Irysad, 2020). Semakin banyak karakter yang diamati, akan menunjang tingginya angka variasi genetik pada suatu populasi.

Nilai variasi genetik 0,235 disebabkan oleh pengamatan karakter morfologi yang diamati sebatas karakter pohon dan daun. Musim perbungaan yang berbeda mengakibatkan karakter bunga dan buah tidak dapat diamati. Selain itu, factor lingkungan juga mempengaruhi adanya variasi genetik. Menurut Gajera dkk. (2014) bahwa tanaman sangat rentan oleh perubahan lingkungan, sehingga mempengaruhi karakter morfologi tanaman tersebut.

Tabel 4.1 Hasil analisis variasi genetik klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi

Karakter Morfologi	
N	12 ± 0
Na	1,45 ± 0,135
Ne	1,44 ± 0,105
He	0,235 ± 0,054
%P	50%

Keterangan: N = jumlah sampel; Na = jumlah alel; Ne = jumlah alel efektif; He = indeks keragaman genetik; %P = persentase lokus polimorfik.

4.1.2 Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Morfologi

Analisis *similarity* dari 9 klon mangga golek koleksi IP2TP Cukurgondang dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien similaritas dan hubungan kekerabatan antar klon mangga Golek. Hasil dari analisis *similarity* berupa tabel nilai koefisien similaritas. Nilai koefisien similaritas dari 9 klon mangga golek koleksi IP2TP Cukurgondang berkisar 0,88 – 0,988 (Tabel 4.1). Menurut Pratiwi (2012) dan Dewi dkk., (2013) bahwa nilai koefisien similaritas yang memiliki nilai mendekati 1 berarti semakin dekat dari sisi genetiknya.

Nilai koefisien similaritas tertinggi ada pada klon mangga golek 177 asal Sukabumi Probolinggo dengan klon mangga golek amerika asal Graha Natura Surabaya sebesar 0,988. Hal ini dikarenakan kedua klon mangga golek tersebut memiliki 18 karakter yang sama. Karakter yang sama yaitu tipe pohon *grafting* (okulasi), bentuk pertumbuhan pohon *spreading*, bentuk helai daun *lanceolate*, susunan daun terhadap batang mendatar (*horizontal*), ukuran (panjang, lebar dan panjang tangkai daun) tergolong dalam ukuran sedang, tipe pelvinus tebal dan menyudut, sudut antara tulang daun primer dan sekunder tergolong luas yaitu $>60^\circ$, adanya lekukan pada tulang daun sekunder, tekstur daun *chartaceous*, bentuk ujung daun meruncing dengan bentuk pangkal daun runcing, bentuk tepi daun bergelombang, tidak memiliki indumentum daun, warna permukaan atas daun tua berwarna hijau tua, warna permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat, aroma daun ringan dan warna daun muda berwarna merah bata muda.

Nilai koefisien similaritas terendah ada pada klon mangga golek 31 (Pasuruan) dengan klon mangga golek lanang (Kediri). Hal ini dikarenakan klon mangga golek 31 (Pasuruan) dan klon mangga golek lanang (Kediri) hanya memiliki 14 karakter yang sama. Karakter yang sama yaitu tipe pohon *grafting* (okulasi), bentuk pertumbuhan pohon *erect*, bentuk helai daun *lanceolate*, tipe pelvinus tebal dan menyudut, sudut antara tulang daun primer dan sekunder tergolong luas yaitu $>60^\circ$, adanya lekukan pada tulang daun sekunder, tekstur daun *chartaceous*, bentuk pangkal daun runcing, bentuk tepi daun bergelombang, tidak memiliki indumentum daun, warna permukaan atas daun tua berwarna hijau

tua, warna permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat, aroma daun ringan dan warna daun muda berwarna hijau muda dengan semburat coklat.

Tabel 4.2 Nilai koefisien similaritas 9 klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi

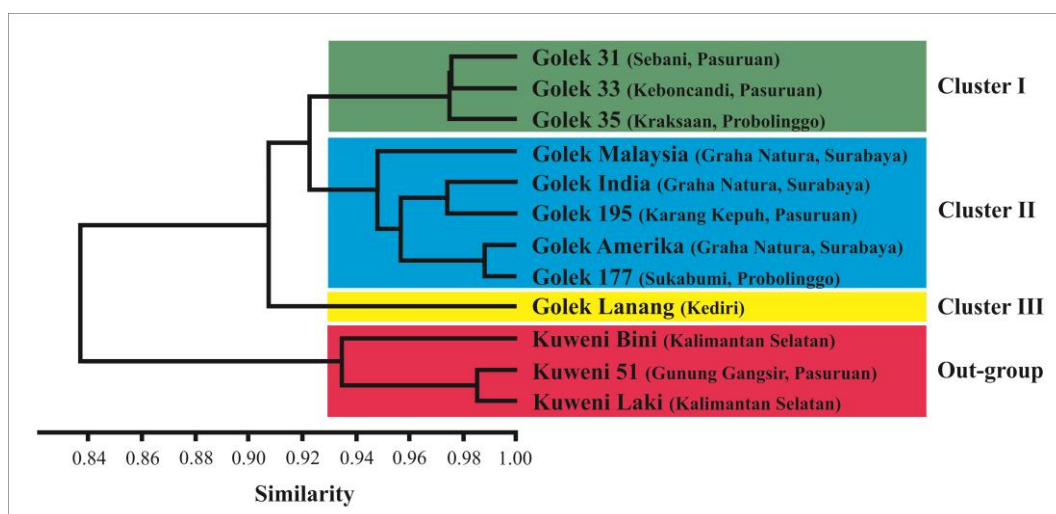
	G 31	G 33	G 35	G 177	G 195	GA	GI	GM	GL	KL	KB	K 51
G31	1											
G33	0,97	1										
G35	0,97	0,97	1									
G177	0,94	0,91	0,91	1								
G195	0,92	0,94	0,92	0,96	1							
GA	0,92	0,92	0,92	0,98	0,97	1						
GI	0,90	0,92	0,92	0,93	0,97	0,95	1					
GM	0,90	0,92	0,92	0,94	0,95	0,95	0,95	1				
GL	0,88	0,90	0,90	0,89	0,93	0,90	0,93	0,90	1			
KL	0,81	0,83	0,83	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,83	1		
KB	0,78	0,81	0,81	0,80	0,81	0,81	0,83	0,86	0,78	0,94	1	
K51	0,82	0,84	0,82	0,86	0,87	0,88	0,84	0,85	0,82	0,98	0,92	1

Keterangan: G31) Golek 31 asal Seban Pasuruan, G33) Golek 33 asal Keboncandi, Pasuruan, G35) Golek 35 asal Kraksaan Probolinggo, G177) Golek 177 asal Sukabumi Pasuruan, G195) Golek 195 asal Karang Kepuh Pasuruan, GA) Golek Amerika asal Graha Natura Surabaya, GI) Golek India asal Graha Natura Surabaya, GM) Golek Malaysia asal Graha Natura Surabaya, GL) Golek Lanang asal Kediri, KL) Kuweni Laki asal Kalimantan Selatan, KB) Kuweni Bini asal Kalimantan Selatan, K5) Kuweni 51 asal Gunung Gangsir Pasuruan.

Analisis *similarity* juga dilakukan pada klon mangga kuweni sebagai *outgroup*. Nilai koefisien similaritas antara *ingroup* (klon mangga golek) dan *outgroup* (klon mangga kuweni) berkisar 0,783 – 0,88 (Tabel 4.1). Nilai koefisien similaritas tertinggi dimiliki oleh klon mangga golek amerika asal Graha Natura Surabaya dengan klon mangga kuweni 51 asal Gunung Gangsir Pasuruan sebesar

0,88. Hal ini disebabkan kedua klon mangga tersebut memiliki 14 karakter yang sama. Nilai koefisien similaritas terendah dimiliki oleh klon mangga golek lanang asal Kediri dengan klon mangga kuweni bini asal Kalimantan Selatan sebesar 0,783. Hal ini disebabkan antara klon mangga golek lanang asal Kediri dan kuweni bini asal Kalimantan Selatan hanya memiliki 11 karakter yang sama.

Pengelompokan klon mangga golek dari hasil analisis *clustering* menggunakan 20 karakter morfologi menghasilkan fenogram yang terdiri atas 4 kelompok (*cluster*) termasuk outgroup (Gambar 4.3). Penentuan kelompok didasarkan pada nilai minimum similaritas sebesar 0,93. Menurut Amzeri (2011), nilai similaritas menjadi acuan yang akurat dalam pengelompokan taksa.



Gambar 4.3 Fenogram pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi

Cluster I terdiri atas klon mangga golek 31 (Sebani, Pasuruan), golek 33 (Keboncandi, Pasuruan) dan golek 35 (Kraksaan, Probolinggo). Klon mangga golek pada *cluster* I tergabung dalam satu kelompok karena memiliki 18 karakter yang sama yaitu tipe pohon *grafting*, bentuk pertumbuhan pohon *erect*, tipe

pelvinus tebal dan menyudut, sudut antar tulang daun primer dan sekunder $>60^\circ$, terdapat lekukan pada tulang daun sekunder, bentuk helai daun *lanceolate*, susunan daun terhadap batang *semi-erect* (terangkat) (Gambar 4.4), bentuk pangkal daun runcing, tidak memiliki indumentum, permukaan atas daun tua berwarna hijau tua, permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat, panjang, lebar dan panjang tangkai daun berukuran panjang, tekstur daun *chartaceous*, bentuk tepi daun bergelombang, aroma daun ringan dan warna daun mudanya hijau muda dengan semburat coklat.

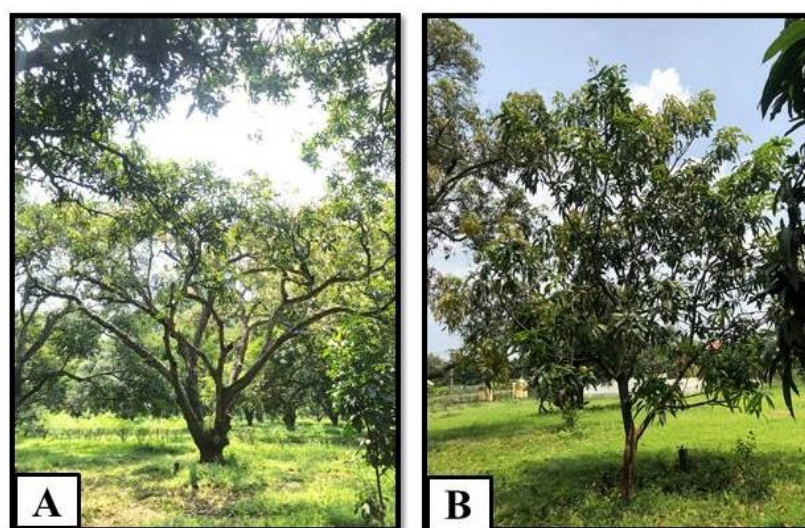


Gambar 4.4 Susunan daun terhadap batang *semi-erect*. Keterangan: A) Mangga golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) Mangga golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) Mangga golek 35 (Kraksaan, Probolinggo).

Cluster II terdiri dari klon mangga golek Malaysia asal Graha Natura Surabaya, golek india asal Graha Natura Surabaya, golek 195 Karang Kepuh Pasuruan, golek amerika asal Graha Natura Surabaya dan golek 177 asal Sukabumi Probolinggo. Kelima klon mangga golek tersebut mengelompok menjadi satu karena memiliki 14 karakter yang sama yaitu tipe pohon *grafting*, bentuk pertumbuhan pohon *spreading* (Gambar 4.5), tipe pelvinus tebal dan menyudut, sudut antar tulang daun primer dan sekunder $>60^\circ$, terdapat lekukan pada tulang daun sekunder, bentuk pangkal daun runcing, tidak memiliki

indumentum, bentuk helai daun *lanceolate*, susunan daun terhadap batang *horizontal* (mendatar), ukuran tangkai daun tergolong panjang, tekstur daun *chartaceous* dan bentuk tepi daun bergelombang, permukaan atas daun tua berwarna hijau tua, permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat.

Cluster III terdiri atas satu klon mangga yaitu klon mangga golek lanang asal Kediri. Klon mangga golek lanang asal Kediri cenderung berkerabat dekat dengan *outgroup* dikarenakan memiliki 11 karakter yang sama yaitu tipe pohon *grafting*, tipe pelvinus tebal dan menyudut, sudut antar tulang daun primer dan sekunder $>60^\circ$, terdapat lekukan pada tulang daun sekunder (Gambar 4.6.C), bentuk pangkal daun runcing, tidak memiliki indumentum daun, bentuk kanopi oblong, bentuk pertumbuhan pohon *erect* (Gambar 4.6.A), susunan daun terhadap batang *horizontal* (mendatar) (Gambar 4.6.B), permukaan atas daun tua berwarna hijau tua, permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat.

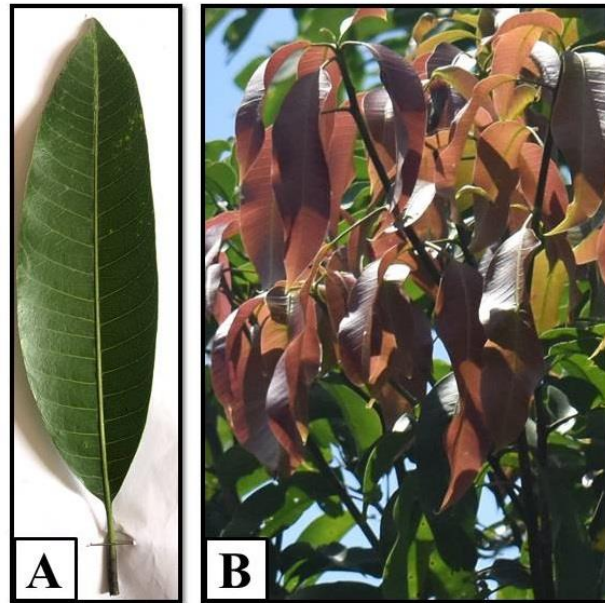


Gambar 4.5 Bentuk pertumbuhan pohon *spreading*. Keterangan: A) Mangga golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), B) Mangga golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan).



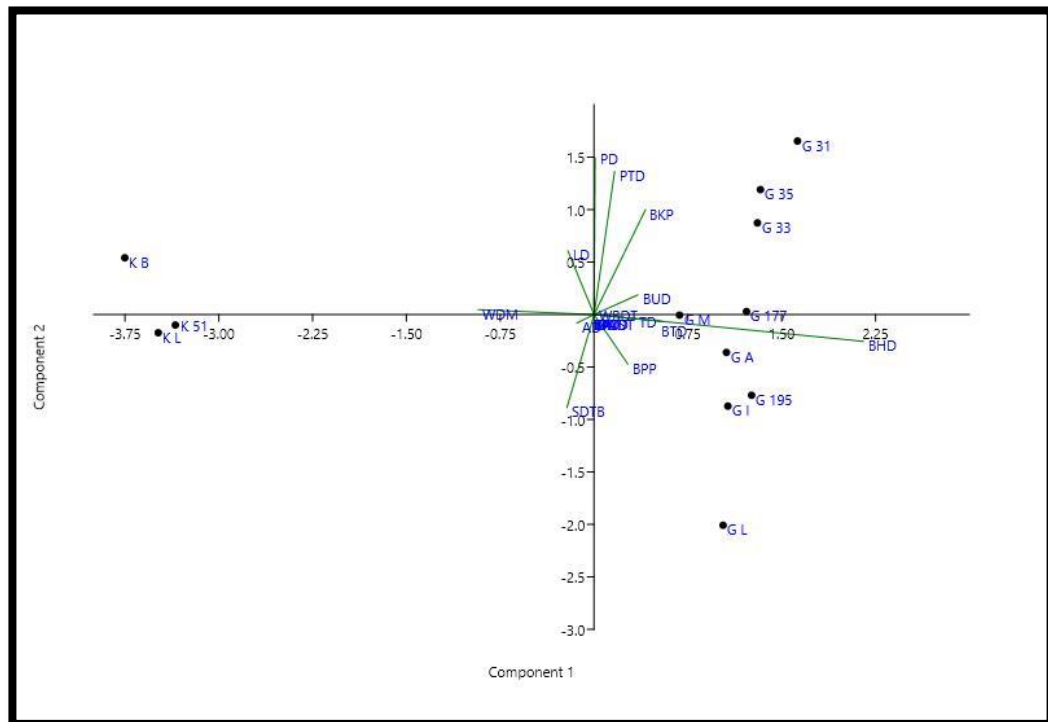
Gambar 4.6 Karakter morfologi mangga golek lanang. Keterangan: A) bentuk pertumbuhan pohon *erect*, B) susunan daun terhadap batang *horizontal*, C) adanya lekukan pada tulang daun sekunder.

Cluster IV merupakan kelompok terakhir yang terdiri atas *outgroup* yaitu klon mangga kuweni (*Mangifera odorata*). Kelompok ini terdiri atas mangga yang berasal dari Kalimantan Selatan (kuweni laki dan kuweni bini) dan kuweni 51 asal Gunung Gangsir Pasuruan. Ketiga klon tersebut mengelompok menjadi satu karena memiliki 16 karakter yang sama yaitu tipe pohon *grafting*, bentuk kanopi pohon *oblong*, bentuk pertumbuhan pohon *erect*, bentuk helaian daun *elliptic*, susunan daun terhadap batang mendatar, panjang tangkai daun sedang, tipe pelvinus tebal dan menyudut, sudut antar tulang daun primer dan sekunder $>60^\circ$, terdapat lekukan pada tulang daun sekunder, tekstur daun *coriaceous*, bentuk pangkal daun runcing, bentuk tepi daun rata (Gambar 4.7.A), tidak memiliki indumentum daun, permukaan atas daun tua berwarna hijau tua, permukaan bawah daun tua berwarna hijau pucat dan daun muda berwarna coklat kemerahan (Gambar 4.7.B).



Gambar 4.7 Karakter morfologi mangga kuweni laki. Keterangan: A) Bentuk tepi daun rata, B) Daun muda berwarna merah kecoklatan.

Karakter morfologi yang diamati juga dianalisis menggunakan analisis PCA (*Principal Component Analysis*). Analisis PCA merupakan teknik guna mengetahui besarnya kontribusi suatu karakter terhadap keragaman yang bertujuan untuk indentifikasi suatu karakter sebagai ciri dari klon yang diuji (Afuape dkk, 2011). Hasil dari analisis PCA berupa *eigen value*, skor dan plot yang menjadi tolak ukur kekuatan karakter tertentu. *Eigen value* yang tinggi (>1) menunjukkan nilai *eigen value* yang baik. Hasil analisis komponen utama yang menunjukkan nilai *eigen value* >1 yaitu PC 1 sebesar 4.58. PC 1 berkontribusi sebesar 64% dari keragaman total yang diuji (Lampiran 22).



Gambar 4.8 Analisis PCA pada karakter morfologi.

Analisis biplot pada 20 karakter morfologi yang diamati menunjukkan beberapa garis vektor yang berukuran pendek dari titik asalnya (Gambar 4.8). Garis vektor yang berukuran pendek dari titik asalnya menunjukkan bahwa karakter-karakter tersebut kurang berkontribusi dalam keragaman genetik klon mangga golek yang telah diamati (Hetharie dkk, 2018). Karakter yang memiliki garis vektor panjang yaitu karakter bentuk helaian daun dengan skor 0,83 (Lampiran 22). Karakter yang berkontribusi secara maksimum yaitu karakter yang mempunyai nilai terbesar dan bernilai positif (Haydar dkk, 2007).

Analisis biplot juga menunjukkan pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter penciri dari masing-masing kelompok (Gambar 4.8). Karakter bentuk helaian daun *lanceolate* pada kuadran II menjadi karakter penciri

pada klon mangga golek 177 asal Sukabumi Probolinggo, golek 195 asal Karang Kepuh Pasuruan, golek india asal Graha Natura Surabaya, golek Malaysia asal Graha Natura Surabaya, golek lanang asal Kediri dan golek amerika asal Graha Natura Surabaya. Menurut Hetharie dkk. (2018) klon yang mengelompok dalam satu kuadran pada analisis biplot ditunjukkan oleh arah vektor. Menurut Setiawati dkk. (2013) bahwa klon yang terletak pada bagian kuadran yang sama menunjukkan hubungan kekerabatan yang dekat.

4.2 Variasi Genetik dan Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Molekuler

4.2.1 Variasi Genetik Mangga Golek berdasarkan Karakter Molekuler

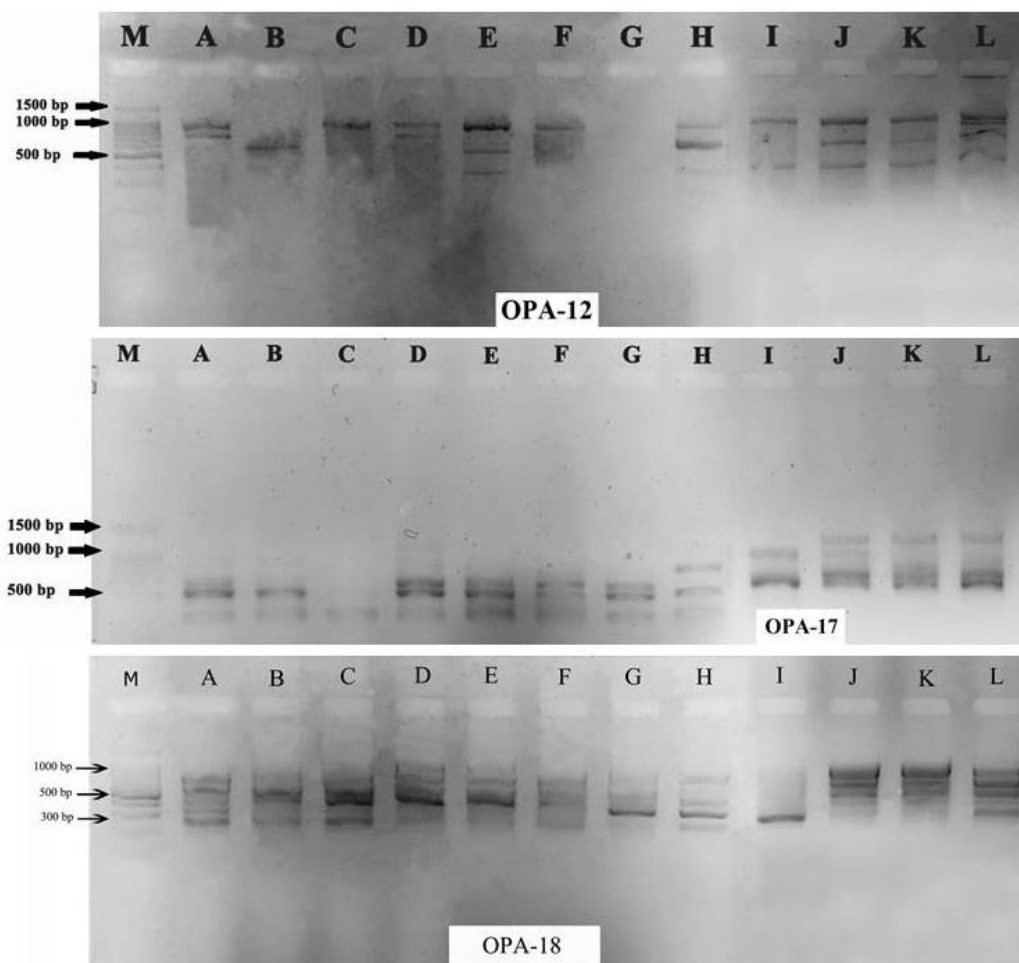
Total keseluruhan sampel yang telah diisolasi dan diamplifikasi yaitu 12 sampel yang terdiri dari 9 sampel *ingroup* dan 3 sampel *outgroup*. Sampel *ingroup* ditandai dengan huruf A-I, sedangkan sampel *outgroup* ditandai dengan huruf J-L (Gambar 4.9). Hasil amplifikasi PCR berupa visualisasi DNA, yang mana hasil tersebut menunjukkan dua tipe pita. Kedua tipe pita tersebut yaitu pita polimorfik dan pita monomorfik (Gambar 4.9). Pita polimorfik merupakan pita yang muncul di beberapa lokus, sedangkan pita monomorfik merupakan pita yang muncul di semua lokus. Pita polimorfik hanya ditemui pada beberapa sampel karena tidak terjadi proses amplifikasi oleh primer di suatu lokus akibat susunan basa yang berbeda pada sampel DNA (Sulistyawati & Widyatmoko, 2017).

Pita monomorfik yang dihasilkan dari amplifikasi PCR RAPD yang telah dilakukan terletak pada primer OPA-3 (lampiran 12), OPA-5 (lampiran 13), OPA-7 (lampiran 14), OPA-11 dan OPA-15 (Lampiran 17). Salah satu pita monomorfik

yang terletak pada OPA-5 di panjang 400 bp (Lampiran 13). Namun, penanda molekuler RAPD yang digunakan belum mampu membedakan sifat dari pita tersebut. Hal ini didukung pendapat Pertiwi dkk., (2019) bahwa penanda molekuler RAPD belum mampu menjelaskan tentang sifat spesifik dari pita DNA.

Pita polimorfik dari visualisasi DNA klon mangga golek terdapat pada 3 primer yaitu primer OPA-12 (lampiran 16), OPA-17 (lampiran 15) dan OPA-18 (lampiran 19). Pita polimorfik yang dihasilkan sebanyak 35 pita yang memiliki rentang panjang 200 hingga 1300 bp. Pita polimorfik yang terbaca menunjukkan hasil keragaman genetik pada klon mangga golek. Pita polimorfik membuktikan adanya ketidaksamaan dan keragaman genetik pada populasi sampel yang diamati (Rahman dkk., 2017). Pita polimorfik diakibatkan oleh adanya proses mutasi dan delesi (Dhakshanamoorthy dkk., 2014).

Pita unik yang hanya pita yang hanya dimiliki oleh salah satu klon saja, baik klon mangga golek maupun mangga kuweni. unik pada klon mangga golek terletak pada primer OPA-15 dan OPA-17 dengan panjang 300 bp (Lampiran 17 dan lampiran 18). Pita unik pada klon mangga kuweni terletak pada primer OPA-7 dengan panjang 600 bp, 800 bp, 900 bp dan 1000 bp (Lampiran Gambar 14).



Gambar 4.9 Visualisasi DNA klon mangga golek berdasarkan penanda molekul RAPD. Keterangan : M) Marker, A) Golek 31 asal Seban Pasuruan, B) Golek 33 asal Keboncandi Pasuruan), C) Golek 35 asal Kraksaan Probolinggo, D) Golek 177 asal Sukabumi Probolinggo, E) Golek 195 asal Karang Kepuh Pasuruan), F) Golek Amerika asal Graha Natura Surabaya), G) Golek India asal Graha Natura Surabaya, H) Golek Malaysia asal Graha Natura Surabaya, I) Golek Lanang (Kediri), J) Kuweni Laki asal Kalimantan Selatan, K) Kuweni Bini asal Kalimantan Selatan dan L) Kuweni 51 asal Gunung Gangsir Pasuruan.

Allah berfirman dalam Al-quran surat Al-Qamar [54]: 49, yaitu:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

“*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran.*” (QS. Al-Qamar [54]: 49).

Berdasarkan ayat diatas, Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu dengan ukuran atau takaran masing-masing yang mana telah menjadi suatu sistem dan ketentuan yang telah ditetapkan (Kemenag, 2019). Penjelasan tersebut diperkuat dengan pendapat Katsir (2004) bahwasannya dalam penciptaan sesuatu Allah telah mengatur dengan ukuran dan takaran masing-masing. Allah telah menetapkan suatu takdir bagi tiap makhluk-Nya dari sebelum diciptakannya makhluk tersebut. Begitu pula dengan adanya pita polimorfik dan pita monomorfik yang memiliki ukuran masing-masing. Jumlah kemunculan pita polimorfik dan monomorfik pada setiap primer berbeda-beda. Kemunculan pita juga memiliki rentang yang berbeda pada setiap primernya.

Tabel 4.3 Hasil analisis variasi genetik klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD

Karakter Molekuler RAPD	
N	12 ± 0
Na	1,854 ± 0,056
Ne	1,55 ± 0,056
He	0,316 ± 0,027
%P	85,37%

Keterangan: N = jumlah sampel; Na = jumlah alel; Ne = jumlah alel efektif; He = indeks keragaman genetik; %P = persentase lokus polimorfik.

Variasi genetik dari 12 klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD sebesar 0.316 (Tabel 4.3). Nilai variasi genetik tersebut tergolong tinggi. Nilai He yang >0,2 termasuk dalam variasi genetik yang tinggi (Irysad, 2020). Menurut Chesnokov & Artemveya (2015) bahwa nilai He (indeks keragaman genetik) maksimum 0,5 pada marka dominan. Persentase polimorfik berdasarkan

karakter molekuler pada klon mangga golek sebesar 85,37%. Menurut Simbolon dkk. (2017) bahwa semakin tinggi persentase polimorfik menunjukkan tingginya variasi genetik pada aksesori yang sedang diteliti. Pita polimorfik yang semakin banyak akan mempermudah menganalisis adanya variasi genetik pada suatu aksesori.

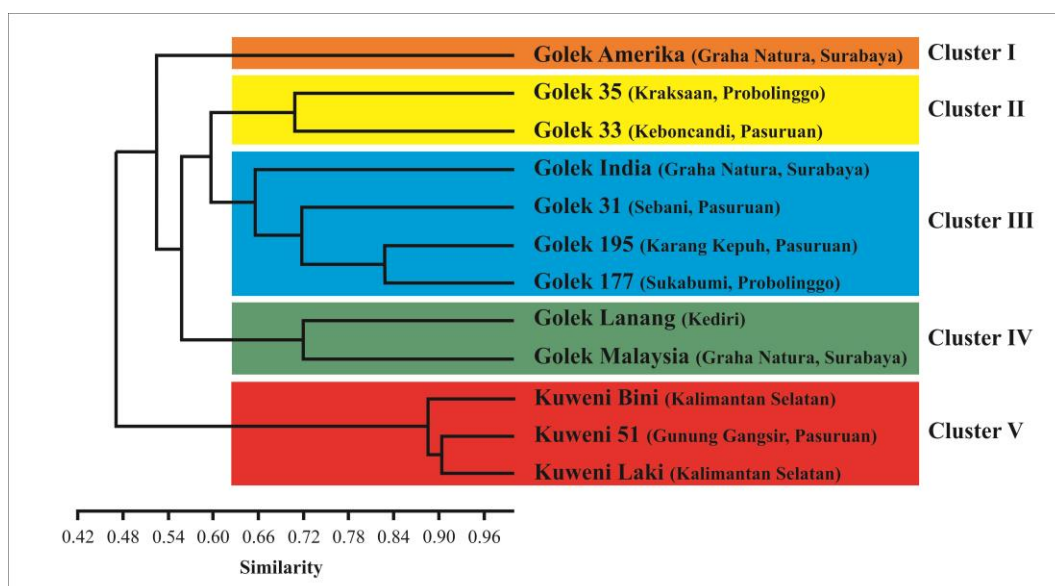
4.2.2 Pengelompokan Mangga Golek berdasarkan Karakter Molekuler

Analisis *similarity* dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien similaritas antar sampel *ingroup* klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD. Rentang nilai koefisien similaritas antar sampel *ingroup* klon mangga golek sebesar 0,433-0,827 (Lampiran 23). Nilai similaritas tertinggi antar klon mangga golek terdapat pada klon mangga golek 177 (Sukabumi, Probolinggo) dengan klon mangga golek 31 (Sebani, Pasuruan) sebesar 0,827, sedangkan nilai similaritas terendah ada pada klon mangga golek 35 (Kraksaan, Probolinggo) dengan klon mangga golek amerika (Graha Natura, Surabaya) yaitu sebesar 0,433 (Lampiran 23).

Analisis *similarity* juga digunakan untuk mengetahui nilai koefisien similaritas antar sampel *ingroup* klon mangga golek dengan sampel *outgroup* klon mangga kuweni. Rentang nilai koefisien similaritasnya berkisar 0,33-0,6 (Lampiran 23). Nilai koefisien similaritas terendah antar *ingroup* dan juga *outgroup* pada klon mangga golek lanang (Kediri) dengan klon mangga kuweni bini (Kalimantan Selatan) sebesar 0,33, sedangkan nilai koefisien similaritas tertinggi ada pada klon mangga golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan) dengan klon

mangga kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan) sebesar 0,6. Hal ini menunjukkan similaritas antar sampel *ingroup* dan *outgroup* tergolong dekat (Lampiran 23).

Analisis berikutnya yaitu analisis *clustering* (pengelompokan) dari total sampel berjumlah 12 termasuk dengan *outgroup*. Hasil analisis berupa fenogram yang menunjukkan 12 sampel tersebut terbagi menjadi 5 cluster. Pembagian cluster ditentukan oleh nilai similaritas $\geq 0,62$ (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Fenogram pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter molekuler RAPD

Analisis *clustering* berdasarkan penanda molekuler RAPD berupa fenogram yang telah terbagi menjadi 5 *cluster* (kelompok) (Gambar 4.10). *Cluster* I hanya diisi oleh klon mangga golek amerika (Graha Natura, Surabaya), sedangkan *cluster* II terdiri dari 2 klon yaitu klon mangga golek 33 (Keboncandi, Pasuruan) dengan klon mangga golek 35 (Kaksaan, Probolinggo). *Cluster* III

terdiri atas 4 klon yaitu klon mangga golek india (Graha Natura, Surabaya), klon mangga golek 31 (Sebani, Pasuruan), klon mangga golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan) dan klon mangga golek 177 (Sukabumi, Probolinggo). *Cluster VI* terdiri dari klon mangga golek lanang (Kediri) dan klon mangga golek Malaysia (Graha Natura, Surabaya). *Cluster V* terdiri atas 3 klon mangga *outgroup* yaitu klon mangga kuweni bini (Kalimantan Selatan), klon mangga kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan) dan juga kuweni laki (Kalimantan Selatan).

4.3 Konsistensi Pengelompokan Klon Mangga Golek Berdasarkan Karakter Morfologi dan Karakter Molekuler

Pengelompokan klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD menunjukkan sedikit perbedaan dengan pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi. Perbedaan yang terjadi menimbulkan pengelompokan mangga golek yang kurang konsisten karena adanya ketidaksamaan pada fenogramnya. Hal ini dikarenakan karakter morfologi yang diamati hanya karakter morfologi vegetatif saja, visualisasi beberapa sampel klon mangga golek yang tidak muncul, kurang jelas dan juga smear sehingga pembacaan data menjadi kurang baik. Menurut Tjitrosoedirdo dkk (2014), hasil suatu karakterisasi akan lebih akurat apabila karakter yang digunakan lebih beragam. Tingkat kemurnian DNA berpengaruh terhadap gagalnya proses amplifikasi. Menurut Weisheng dkk. (2005) Apabila DNA yang akan diamplifikasi tidak murni maka akan mengganggu proses penempelan primer. Selain dari faktor-faktor yang telah disebutkan, pemilihan primer dan suhu

annealing yang tidak sesuai, *human error* bisa menjadi salah satu sebab tidak munculnya pita DNA (Fatchiyah, 2009).

Klasifikasi dan pengelompokan kultivar mangga secara global belum dilakukan sehingga menjadi sebuah kesulitan dalam mengelompokkan sembilan klon mangga golek koleksi Kebun Percobaan Cukurgondang. Hal ini terjadi akibat adanya penyebutan nama kultivar yang berbeda pada masing-masing daerah. Menurut Rahman (2020), masyarakat Indonesia cenderung menamai buah manga berdasar pada bentuk fisik dari buahnya.

4.4 Analisis Kekuatan Primer

Primer yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 8 jenis primer RAPD yaitu OPA-3, OPA-5, OPA-7, OPA-11, OPA-12, OPA-15, OPA-17 dan OPA-18 (Tabel 4.4). Pita DNA yang berhasil diamplifikasi dari 8 jenis primer yang digunakan berjumlah 41 pita. Beberapa primer yang menghasilkan presentase polimorfik 100% diantaranya OPA-12, OPA-17 dan OPA-18. Selain itu, terdapat 5 primer yang menghasilkan pita monomorfik. Pita monomorfik terletak pada primer OPA-3 di 600 bp, OPA-5 di 400 bp, OPA-7 di 350 bp, OPA-11 di 300 bp, OPA-15 di 600 dan 900 bp.

Tabel 4.4 Hasil analisis kekuatan primer

Primer	TNB	NPB	PB%	PIC	EMR	MI	RP
OPA-3	2	1	50%	0,076	0,5	0,03	3,8
OPA-5	5	4	80%	0,280	3,2	0,89	7,1
OPA-7	8	7	88%	0,366	6,1	2,25	6,8

OPA-11	5	4	80%	0,258	3,2	0,82	6,5
OPA-12	4	4	100%	0,409	4	1,63	4
OPA-15	5	3	60%	0,205	1,8	0,36	6,6
OPA-17	5	5	100%	0,358	5	1,79	5,8
OPA-18	7	7	100%	0,400	7	2,8	8
Jumlah				2,35	30,82	10,59	48,83
Rata-Rata				0,294	3,8531	1,3245	6,1041

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

Analisis kekuatan primer yang pertama dilakukan adalah menghitung nilai PIC (*Polymorphism Information Content*). Nilai PIC dalam penelitian ini berkisar pada angka 0,076-0,409 dengan rata-rata 0,294 (Tabel 4.4). Nilai PIC terendah dalam analisis ini pada primer OPA-3 sebesar 0,076, sedangkan nilai PIC tertinggi pada OPA-12 sebesar 0,409 (Tabel 4.4). Mengacu pada nilai PIC, dapat diketahui bahwa OPA-12 menjadi primer terbaik untuk mengetahui keragaman genetik pada klon mangga golek karena semakin tinggi nilai PIC maka semakin baik primer tersebut untuk mengetahui keragaman genetik suatu tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Probojati dkk., (2019) yaitu semakin tinggi nilai PIC suatu primer (mendekati angka 0,5) maka semakin baik kualitas primer tersebut untuk mengetahui adanya variasi genetik.

Nilai EMR dalam analisis ini memiliki rentang angka 0,5-7 dengan rata-rata 3,85 (Tabel 4.4). Nilai EMR terendah pada primer OPA-3 sebesar 0,5, sedangkan nilai EMR tertinggi pada primer OPA-18 sebesar 7 (Tabel 4.4). Perhitungan EMR melibatkan jumlah pita polimorfik tiap primer yang mana pada OPA-12, OPA-17 dan OPA-18 menghasilkan pita polimorfik 100%. Ketiga primer tersebut menunjukkan pita yang polimorfik pada panjang bp yang

beragam. OPA-12 memiliki pita polimorfik pada panjang bp (350 bp, 500 bp, 800 bp dan 1000 bp), OPA-17 pada panjang bp (300 bp, 500 bp, 600 bp, 800 bp dan 100 bp), serta OPA-18 pada panjang bp (250 bp, 300 bp, 400 bp, 500 bp, 600 bp, 700 bp dan 800 bp). Nilai EMR diperoleh dari perhitungan total lokus polimorfik yang dikali dengan jumlah produk pita DNA yang dihasilkan dari setiap primer (Kayis dkk., 2010, Kumar dkk., 2014).

Nilai MI (*Marker Index*) dalam analisis ini berkisar pada 0,03-2,8 dengan rata-rata 1,32 (Tabel 4.4). Nilai MI terendah dalam analisis ini terdapat pada OPA-3 yaitu sebesar 0,03, sedangkan nilai MI tertinggi ada pada primer OPA-18 yaitu sebesar 2,8 (Tabel 4.4). Perhitungan nilai MI melibatkan nilai PIC (*Polymorphism Information Content*) dan nilai EMR (*Effective Multiplex Ratio*) (Kayis dkk., 2010). Nilai MI berguna untuk mengetahui indeks primer dalam menghasilkan pita DNA polimorfik (Kumar dkk., 2014, Probojati dkk., 2019). Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa OPA-18 menjadi primer yang memiliki indeks marker dengan pita DNA polimorfik tertinggi.

Analisis terakhir adalah analisis RP (*Resolving Power*) yang bertujuan untuk menunjukkan primer yang efektif dalam membedakan pita DNA antar genotip (Prevost&Wilkinson, 1999). Nilai RP berkisar 3,8-8 (Tabel 4.4) yang mana nilai RP terendah pada primer OPA-3 sebesar 3,8, sedangkan nilai RP tertinggi dimiliki oleh primer OPA-18 sebesar 8. Menurut Kumar & Agrawal (2019) bahwa semakin tinggi nilai RP dalam analisis maka primer tersebut semakin informatif dalam membedakan pita DNA.

Analisis kekuatan primer digunakan untuk mengetahui primer yang efektif dalam mengamplifikasi DNA klon mangga golek. Tolak ukur dalam menentukan primer yang efektif ada 4 yaitu nilai PIC, EMR, MI, RP serta persentase polimorfisme yang tinggi. Oleh karena itu, primer OPA-12, OPA-17 dan OPA-18 menjadi acuan primer yang baik untuk amplifikasi DNA mangga golek, dikarenakan persentase polimorfisme dari ketiga primer tersebut 100% dan didukung dengan nilai PIC, EMR, MI dan RP yang tinggi (Tabel 4.4).

Allah berfirman dalam surat Al-Imran [3]: 190-191, yaitu:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ
لِّأُولَى الْأَلْبَابِ ۚ ۱۹۰ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَى
جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا
بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۚ ۱۹۱

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (190). (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka (191).” (QS. Al-Imran [3]: 190-191).

Ayat tersebut menjelaskan tentang kuasa Allah SWT dalam menciptakan dan mengatur sesuatu yang Dia kehendaki (Kemenag, 2019). Segala ciptaan Allah menjadi tanda bagi orang mukmin yang berakal. Orang mukmin yang berakal ditandai dengan mereka yang selalu dzikir dan mengingat Allah dalam segala keadaan baik dalam pikiran, hati, lisan dan jiwa (Katsir, 2014). Penciptaan berbagai macam tumbuhan, contohnya buah mangga merupakan tanda kebesaran Allah. Manusia yang memperhatikan, mengamati tanda kekuasaan Allah, maka

manusia tersebut tergolong dalam kelompok *ulul albab*, yaitu orang yang senantiasa menjaga pikiran, berdzikir dan beramal shaleh.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu:

1. Karakterisasi klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi menunjukkan karakter seragam dan beragam yang terbagi menjadi 4 kelompok.
2. Karakterisasi klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD menghasilkan pita monomorfik, polimorfik dan pita unik yang terbagi menjadi 5 kelompok dengan nilai variasi genetik yang tinggi.
3. Pengelompokan klon mangga golek berdasarkan karakter morfologi dan molekuler memiliki hasil yang kurang konsisten.
4. Primer RPAD yang efektif untuk analisis klon mangga golek yaitu OPA-12, OPA-17 dan OPA-18 dengan persentase polimorfik 100%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini yaitu perlunya pengamatan karakter bunga dan buah guna menambah keragaman karakter morfologi yang diamati, penambahan jenis primer RAPD untuk mengetahui karakter unik dari tiap klon mangga dan mengetahui variasi pita DNA. Klon mangga golek lanang asal Kediri dapat diajukan proses sertifikasi karena memiliki karakter morfologi yang berbeda dengan klon manga golek 31 asal Seban Pasuruan yang telah tersertifikasi.

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.
- Al-Qur'anul Karim dan Terjemahannya versi Kemenag RI: <https://quran.kemenag.go.id/>
- Amzeri, A., Indradewa, D., Daryono, B. S., & Rachmawati, D. (2011). Kekerabatan jagung (*Zea mays* L.) lokal Madura berdasarkan karakter morfologi dan penanda RAPD. *Biota*, 16(2): 227-235.
- Anu, A., Prasad, B. D., Kumar, R., Kumar, P., Patel, V. B., & Jha, R. N. (2015). Clonal variability studies in 'langra' mango (*Mangifera indica* L.) using morphological, biochemical and molecular markers. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(3), 567-581.
- Arora, R.K & V Ramanatha Rao. (1994). *Expert Consultation on Tropical fruits Species of Asia*. New Delhi: IPGRI.
- Ath-Thabari, Ibnu Jarir. (2007a). *Tafsir Ath-Thabari Jilid 15*. Terjemahan kitab tafsir Jami' Al Bayan an Ta'wil Ayi Al Qur'an. Jakarta: Pustaka Azzam. Hal 117.
- Ath-Thabari, Ibnu Jarir. (2007b). *Tafsir Ath-Thabari Jilid 19*. Terjemahan kitab tafsir Jami' Al Bayan an Ta'wil Ayi Al Qur'an. Jakarta: Pustaka Azzam. Hal 543.
- Azrai, M. (2006). Sinergi teknologi marka molekuler dalam pemuliaan tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(3),81-89.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Produksi Tanaman Buah-Buahan*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistik Produksi Tanaman Buah-Buahan*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Produksi Tanaman Buah-Buahan*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Bermawie, N., Purwiyanti, S., & Mardiana, M. (2016). Keragaan sifat morfologi, hasil dan mutu plasma nutfah pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban.). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 19(1),1-17.
- Bramasto, Y., & Sudrajat, D. J. (2018). Karakteristik morfo-fisiologi daun dan benih tembesu dari 5 populasi di Jawa Barat dan Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 15(1),1-15.
- Brown S.M. (1996). *Development And Application Of Simple Sequence Repeats (SSR) Loci For Plant Genome Analysis, Methods Of Genome Analysis In Plants*. New York: CRC Pr.
- Dewi, Iswari, S., Arisanti, Yusi., Purwoko, Bambang S., Hariyadi dan M. Syukur. (2013). Keragaman genetik beberapa genotype jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) berdaya hasil tinggi berdasarkan karakter morfologi, agronomi dan isozim. *Jurnal AgroBiogen*,9(1), 28-38.

- 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.
- Ediriweera, M. K., Tennekoon, K. H., & Samarakoon, S. R. (2017). A review on ethnopharmacological applications, pharmacological activities, and bioactive compounds of *Mangifera indica* (Mango). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017.
- Eurofins genomics. (2014). RAPD 10 MER KITS. https://www.eurofinsgenomics.eu/media/962761/rapd_10mer_kits_sequences.pdf. Diakses tanggal 22 Januari 2020.
- Fatchiyah. (2009). *Dasar-Dasar Teknik Analisa Molekuler*. Jakarta: Erlangga.
- Finkeledey, R. dan Hattermer, H.H. (2007). *Tropical Forest Genetiks*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Gajera, H. P., Bambharolia, R. P., Domadiya, R. K., Patel, S. V., & Golakiya, B. A. (2014). Molecular characterization and genetic variability studies associated with fruit quality of indigenous mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Plant Systematics and Evolution*, 300(5), 1011-1020.
- 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.
- Hamka, Prof. Dr. (2003). *Tafsir Al-Azhar Jilid 9*. Singapura: Pustaka Nasional. Hal. 6514.
- Haydar, A., Ahmed, M. B., Hannan, M.M., Razvy, M.A., Mandal, M.A., Salahin, M., Karim, R., & Hossain, M. (2007). Analysis of genetic diversity in some potato varieties grown in Bangladesh. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 2(3-4): 143-145.
- Hetharie, Helem., Raharjo, Simon Hadi Teguh., & Jambormias, Edizon. (2018). Pengelompokan klon-klon ubi jalar berdasarkan analisis gerombol, komponen utama dan biplot dari karakter morfologi. *J. Agron. Indonesia*, 46(3): 276-282.
- Ide, Pangkalan. (2004). *Health Secret of Mango*. Jakarta : Elex Media Computindo.
- Indrawan, M., R. B. Primack dan J. Supriatna. (2007). *Biologi Konservasi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- IPGRI. (2006). *Descriptors for mango (Mangifera indica L.)*. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Rome.
- Isabel N, Tremblay L, Michaud M, Tremblay FM, Bousquet J. (1993). RAPDs as an aid to evaluate the genetic integrity of somatic embryogenesis-derived populations of *Picea mariana* (Mill.) *B.S.P. TAG*, 86, 81-87.
- Jones CJ, KJ Edwards, S castaglione MO Winfield, F Sala, van de Weil, C Bredemeeijer, G Vosman, B Matthes, M daly, A Brettschneider, R Bettini, P Buiatti, M Maestri, E Malcevski, A Marmioli, N Aert, R Volckaert, G rueda, R Linacero, R Vazquez, A Karp. (1997). Reproducibility testing of RAPD, AFLP and SSR makers in Plants by a network of European laboratories. *Molecular Breeding*, 3, 381-390.
- Karihaloo, J. L., Y. K. Dwivedi., Sunil Archak & Ambika Baldev Gaikwad. (2003). Analysis of genetic diversity of Indian mango cultivars using RAPD markers. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(3), 285-289.

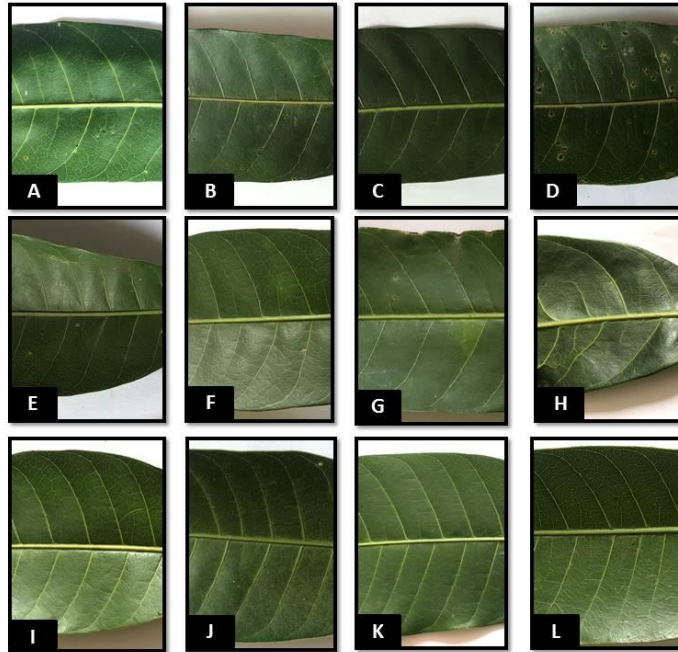
- Kayis, Seyit Ali., Hakki, Erdogan Esref., & Pinarkara, Emine., (2010). Comparison of effectiveness of ISSR and RAPD markers in genetk characterization of seized marijuana (*Cannabis sativa* L.) in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(21), 2925-2933.
- Kementrian Pertanian. (1984). *Surat Keputusan Pelepasan Klon Unggul Mangga Golek 31*. Jakarta. <http://varitas.net/dbklon/deskripsi/3213.pdf>
- Kishor, S., Dwivedi, D. H., Singh, N., Maji, S., & Sharma, M. K. (2019). Analysis of intra-variatal variability in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dashehari. *Annals of Plant and Soil Research*, 21(2), 193-199.
- Knight Jr, R. J., Campbell, R. J., & Maguire, I. (2009). *Important Mango Cultivars and their Descriptors*. dalam Richard E. Litz (Ed.). *The Mango*, 2nd Edition: Botany, Production and Uses. CABI. United Kingdom. Hal. 51-52.
- Kostermans, A. J. G. ., & Bompard, J. . (1993). *The Mangoes: Their Botany, Nomenclature, Horticulture and Utilization*. In *Academic Press*. Academic Press.
- Kumar, Amit., Mishra, Priyanka., Singh, Subhash Chandra & Sundaresan, Velusamy. (2014). Efficiency of ISSR and RAPD markers in genetk divergence analysis and conservation management of *Justicia adhatoda* L., a medicinal plant. *Plant Syst Evol*, 300, 1409-1420.
- Kumar, H., Narayanaswamy, P., Prasad, T., Mukunda, G. K., & Sondur, S. (2001). Estimation of genetk diversity of commercial mango (*Mangifera indica* L.) cultivars using RAPD markers. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*, 76(5),529-533.
- Kumar, Jatin & Agrawal, Veena. (2019). Assessment of genetk diversity, population structure and sex identification in dioecious crop, *Trichosanthes dioica* employing ISSR, SCoT and SRAP markers. *Heliyon*, 5(3), e01346.
- Kusumo, Surachmat, R. Soehendro, Poernomo & Suminto TJ. (1975). *Mangga (Mangifera indica L.)*. Jakarta: Lembaga Penelitian Hortikultura
- Ledesma, Noris. (2018). *The genetic diversity of mangoes*. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing. Hal. 1-66.
- Leffler, E. M., Bullaughey, K., Matute, D. R., Meyer, W. K., Segurel, L., Venkat, A. & Przeworski, M. (2012). Revisiting an old riddle: what determines genetk diversity levels within species?. *PLoS Biol*, 10(9),e1001388.
- Limbongan, A. A., Susanti, D. S., & Siagian, D. P. Characterization of Mmngo (*Mangifera Indica* L.) in rimba jaya village, Merauke Regency, Indonesia. *Simbiosis*, 4(2), 42-45.
- Liu JJ, Ekramoddoullah AKM, Hunt R & Zainal A. (2006). Identification and characterization of RAPD markers linked to a major gene (Cr2) for resistant to *Cronartium ribicola* (Fish) in *Pinus monticola* (D.Don). *Phytopathology*, 96,395-399.
- Mal, B., Ramanatha Rao, V., Arora, R. K., Sajise, P. E., & Sthapit, B. R. (2011). Conservation and sustainable use of tropical fruit species diversity: Bioversity's efforts in Asia, the Pacific and Oceania. *Indian Journal of Plant Genetik Resources*, 24(1), 1-22.
- Miswarti, M., Nurmala, T., & Anas, A. (2014). Karakterisasi dan kekerabatan 42 aksesi tanaman jawawut (*Setaria italica* L. Beauv). *Jurnal Pangan*, 23(2),166-177.
- Mukherjee, S. . K. . (1953). *The Mango: Its Botany, Cultivation, Uses and Future Improvement, Especially as Observed in India*. *Economic Botany*, 7(2), 130–162.

- Mukherjee, S. K., & Litz, R. E. (2009). The Mango : Botany, Production, And Uses second edition. In *CAB International Publisher*. CAB International Publisher.
- Nilasari, A. N., Heddy, J. B., & Wardiyati, T. (2013). Identifikasi keragaman morfologi daun mangga (*Mangifera indica* L.) pada tanaman hasil persilangan antara klon Arumanis 143 dengan Podang Urang umur 2 tahun. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(1).
- Oktavianto, Y., Sunaryo dan A. Suryanto, (2015). Karakterisasi mangga (*Mangifera Indica* L.) Canteak, Ireng, Empuk, Jempol di Desa Tiron, Kecamatan Banyakan, Kabupaten Kediri. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(2), 91 – 97.
- Parvez, G. M. (2016). Pharmacological activities of mango (*Mangifera Indica*): A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(3), 1.
- Patarakijavanich, P., Sato, V. H., Kongkiatpaiboon, S., & Chewchinda, S. (2019). A review of the antidiabetic potential of *Mangifera indica* leaf extract. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 41(4), 943-951.
- Powell W dkk.. (1996). The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding*, 2, 225-2238.
- Pracaya. 2004. *Bertanam Mangga*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Pratiwi, Putri. 2012. Analisis variasi genetik beberapa populasi *Globba leucantha* Miq. Di Sumatra Barat dengan RAPD. Universitas Andalas. Tesis.
- Prevost, A., Wilkinson, M.J., (1999). A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. *Theor. Appl. Genet*, 98, 107–112
- Probojati, R. T., Wahyudi, D., & Hapsari, L. (2019). Clustering analysis and genome inference of Pisang Raja local cultivars (*Musa* spp.) from Java Island by Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) marker. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 4(2), 42-53.
- Rahman, M. O., Rahman, M. Z., Sony, S. K., & Islam, M. N. (2017). Genetik 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 penanaman jenis-jenis mangga di Indonesia. *KREDO*, 3, 322-337.
- Rebin. (2013). *Plasma Nutfah Mangga di Kebun Percobaan Cukurgondang (Pasuruan, Jawa Timur)*. Jakarta : Kementrian Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rimbawanto, A. (2008). Pemuliaan Tanaman dan Ketahanan Penyakit Pada Sengon. *Makalah Workshop Penanggulangan Serangan Karat Puru pada Tanaman Sengon*. Yogyakarta Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan 19 Nopember 2008.
- Rocha, A., Salomao, L.C.C., Salomao, T.M.F., Cruz, C.D., and de Siqueira D.L., (2012). Genetik diversity of ‘Uba’ mango tree using ISSR markers. *Molecular Biotechnology*, 50(2): 108-113.
- 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: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 24(2), 138-145.

- Sanjaya, C. B., & Rosadi, M. I. (2018). Klasifikasi buah Mangga berdasarkan tingkat kematangan menggunakan least-squares support vector machine. *Explore IT: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Informatika*, 10(2), 1–8.
- Sembiring, M. B., Rahmi, D., Maulina, M., Tari, V., Rahmayanti, R., & Suwardi, A. B. (2020). Identifikasi karakter morfologi dan sensoris klon mangga (*Mangifera Indica* L.) di Kecamatan Langsa Lama, Aceh, Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(2), 179-184.
- Setiawati, T., Karyono, T., Supriatun, A., Karuniawan. (2013). Analisis keragaman genetik kerabat liar ubi jalar asal Citatah sebagai sumber gen untuk merakit ubi jalar unggul berdasarkan karakter morfologi. *Biodjati*, 3: 14-20.
- Shah, K. A., Patel, M. B., Patel, R. J., & Parmar, P. K. (2010). *Mangifera indica* (mango). *Pharmacognosy reviews*, 4(7), 42.
- Shihab, M. Quraish. (2002). *Tafsir Al-Misbah: Pesan Kesan dan Keserasian Al-Qur'an. Volume 15*. Jakarta : Lentera Hati.
- Simpson, M. G. (2006). Plant Systematics. In *Elsevier Academic Press*. Dana Dreibelbis.
- Singh, S. K., Sharma, V. K., Kumar, Y., Kumar, S. S., & Sinha, S. K. (2009). Phytochemical and pharmacological investigations on mangiferin. *Herba Polonica*, 55(1), 126-139.
- Singh, S. K., Singh, A., Nath, V., Parthasarathy, V., Sthapit, B., Rajan, S., & Vinoth, S. (2015). Genetic diversity in seedling populations of mango. *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 28(1), 123-131.
- Souza, I. G. B., Valente, S. E. S., Britto, F. B., de Souza, V. A. B., & LIMA, P. D. C. (2011). RAPD analysis of the genetik diversity of mango (*Mangifera indica*) germplasm in Brazil. *Genetiks and Molecular Research*, 10(4), 3080-3089.
- Sudarsono. (2005). *Taksonomi Tumbuhan Tinggi*. Malang : UM Press.
- Sulistiyawati, P. & A.Y.P.B.C. Widyatmoko. (2017). Keragaman genetik populasi kayu merah (*Pterocarpus indicus* Willd) menggunakan penanda random amplified polymorphism DNA. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(1), 67-76.
- Suwardike, P., Rai, I. N., Dwiyani, R., & Kriswiyanti, E. (2018). Kesesuaian lahan untuk tanaman mangga (*Mangifera Indica* L.) Di Buleleng. *Agro Bali. Agricultural Journal*, 1(1).1-7.
- Tafolla, Arellano, J. C., Zheng, Y., Sun, H., Jiao, C., Ruiz-May, E., Hernandez-Onate, M. A & Tiznado-Hernandez, M. E. (2017). Transcriptome analysis of mango (*Mangifera indica* L.) fruit epidermal peel to identify putative cuticle-associated genes. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.
- Tasliyah, T., Rijzaani, H., Hariyadi, T. Z., Yuriyah, S., Rebin, R., Cukurgondang, K. P., & Silitonga, T. S. (2016). Analisis keragaman genetik 161 aksesori mangga Indonesia menggunakan marka mikrosatelit. *Jurnal AgroBioge*, 9(3), 125-134.
- Tharanathan, R. N., Yashoda, H. M., & Prabha, T. N. (2006). Mango (*Mangifera indica* L.), "The king of fruits"—An overview. *Food Reviews International*, 22(2), 95-123.
- Tjitrisoedirdo, Sri Sudarmiyati, Chikmawati, Tatik., Ariyanti, Nunik., dan Djuitasari, Nina Ratna. (2014). *Taksonomi Tumbuhan Tinggi Edisi 2*. Tangerang Selatan: Penerbit Universitas Terbuka.

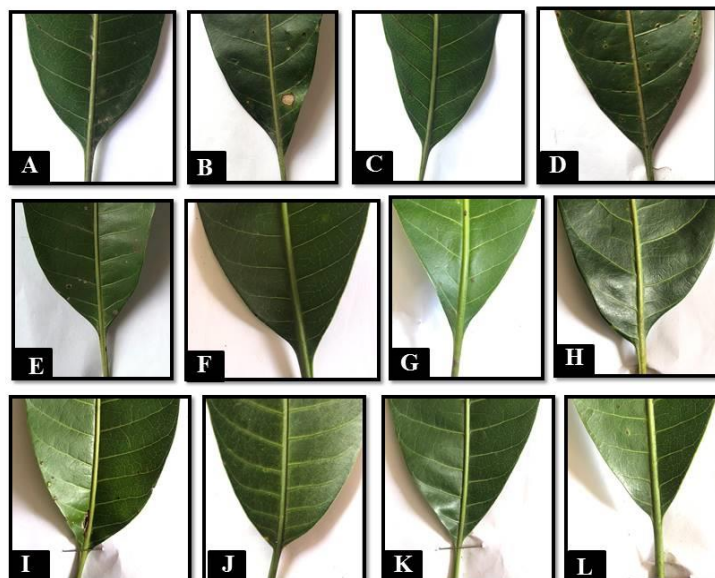
- Utami, D. W., Santoso, T. J., & Hidayatun, N. (2015). Sidik jari DNA plasma nutfah mangga berdasarkan analisis fragmen marka SSR (Simple Sequence Repeat) berlabel. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 3(1),49-57.
- Venkateswarlu, K. (2013). Clonal variability studies in ‘Alphonso’ mango (*Mangifera indica* L.) by phenotypic characters and molecular markers. *International Journal of Pharmamedix India*, 1(2), 398-414.
- Wahyudi, D., Hapsari, L., & Sundari, S. (2020). RAPD analysis for genetik variability detection of mutant soybean 68 (*Glycine max* (L.) Merr). *J. Trop. Biodiv. Biotech*, 5(1),68-77.
- Widjaja, E. A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J. S., Ubaidah, R., Maryanto, I., Waluyo, E. B. & Semiadi, G. (2014). *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia*. Jakarta: LIPI Press.
- Widyatmoko, A. Y. P. B. C., Lejo, E. S. P., Prasetyaningsih, A., & Rimbawanto, A. (2010). Keragaman genetik populasi araucaria cunninghamii menggunakan penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 4(2),63-77.
- Yadav, D., & Singh. (2017). Mango: History origin and distribution. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1257–1262.
- Yadav, D., Yadav, K. S., & Singh, S. (2018). Mango: Taxonomy and botany. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 3253–3258.
- Yonemori K, Honsho C, Kanzaki S, Eiadthong W, Sugiura A. (2002). Phylogenetik 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.
- Zuraida, N. (2018). Pengelolaan Plasma Nutfah Tanaman Terintegrasi dengan Program Pemuliaan. *Buletin Plasma Nutfah*, 14(2).

LAMPIRAN

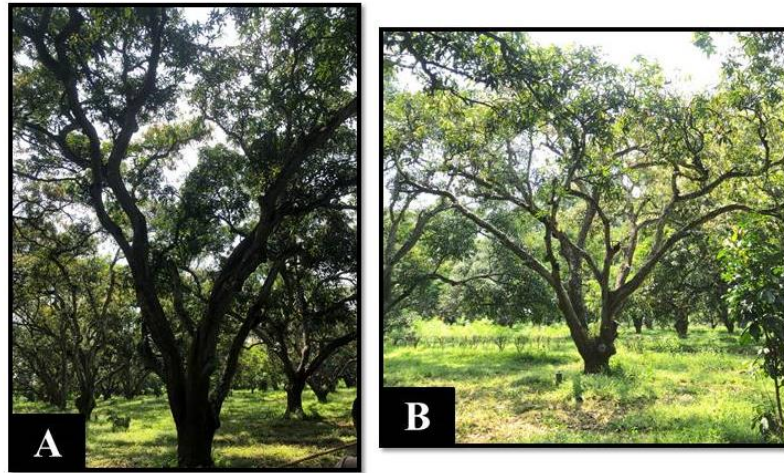


Lampiran 1. Warna permukaan atas daun tua yang berwarna hijau tua.

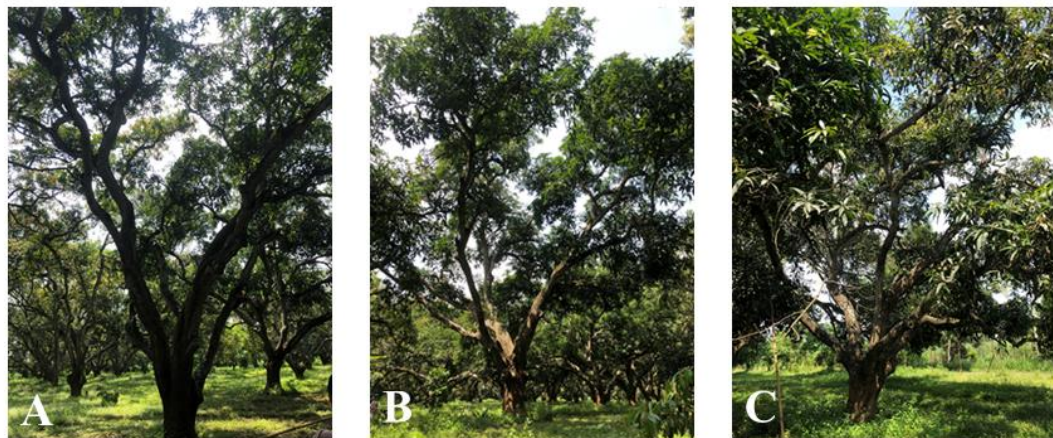
Keterangan: A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysiaia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



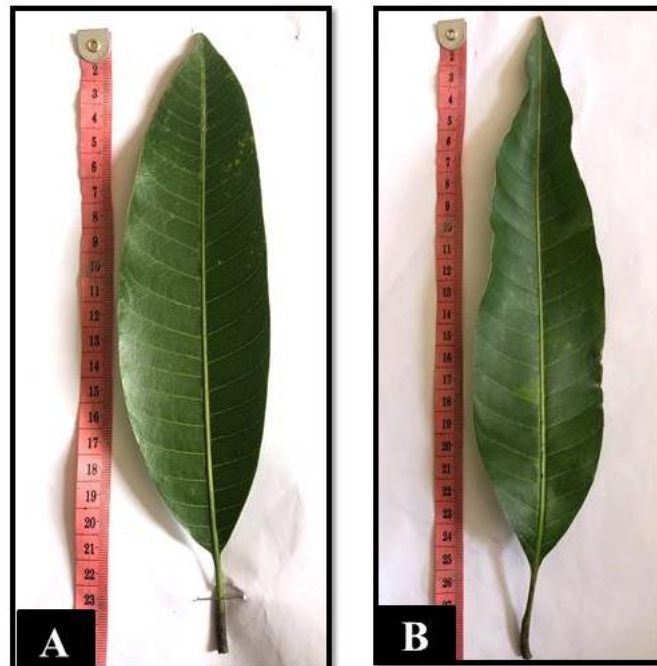
Lampiran 2. Bentuk pangkal daun.



Lampiran 3. Variasi bentuk pertumbuhan pohon. Keterangan: A) bentuk pertumbuhan pohon *erect* pada klon mangga golek-33 (Keboncandi, Pasuruan) dan B) bentuk kanopi pohon *spreading* pada klon mangga golek-177 (Sukabumi, Probolinggo).



Lampiran 4. Variasi bentuk kanopi pohon. Keterangan: A) bentuk kanopi pohon oblong pada klon mangga golek-33 (Keboncandi, Pasuruan), B) bentuk kanopi pohon *broadly pyramidal* pada klon mangga golek-35 (Kraksaan, Probolinggo), dan C) bentuk kanopi pohon *semi-circular* pada klon mangga golek-31 (Sebani, Pasuruan).



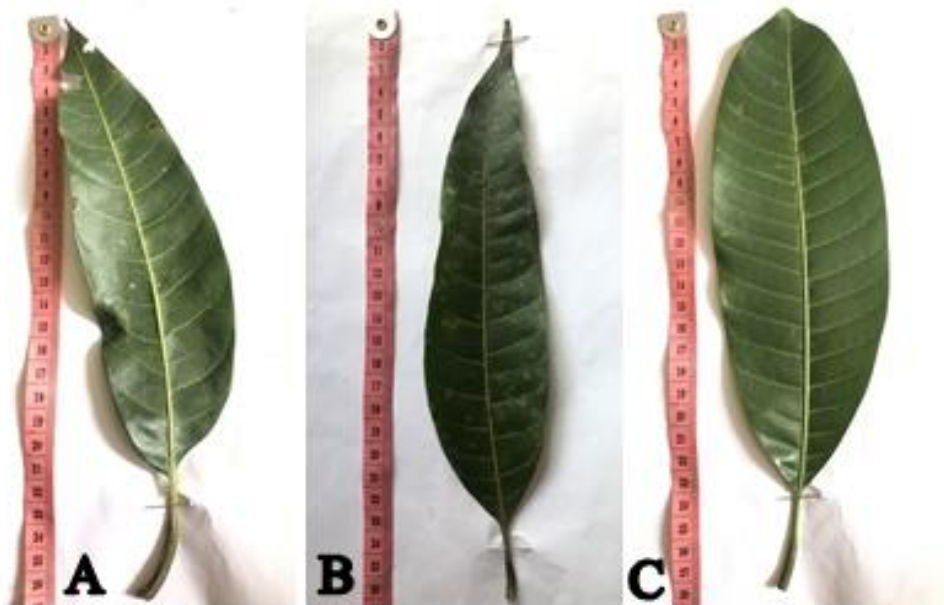
Lampiran 5. Variasi bentuk helai daun. Keterangan: A) bentuk helai daun *elliptic* pada klon mangga kuweni laki (Kalimantan Selatan), B) bentuk helai daun *lanceolate* pada klon mangga golek india (Graha Natura, Surabaya).



Lampiran 6. Variasi susunan daun terhadap batang. Keterangan: A) susunan daun terhadap batang *semi-erect* (terangkat) pada klon mangga golek lanang (Kediri), B) susunan daun terhadap batang *horizontal* (mendatar) pada klon mangga golek-195 (Karang Kepuh, Pasuruan).

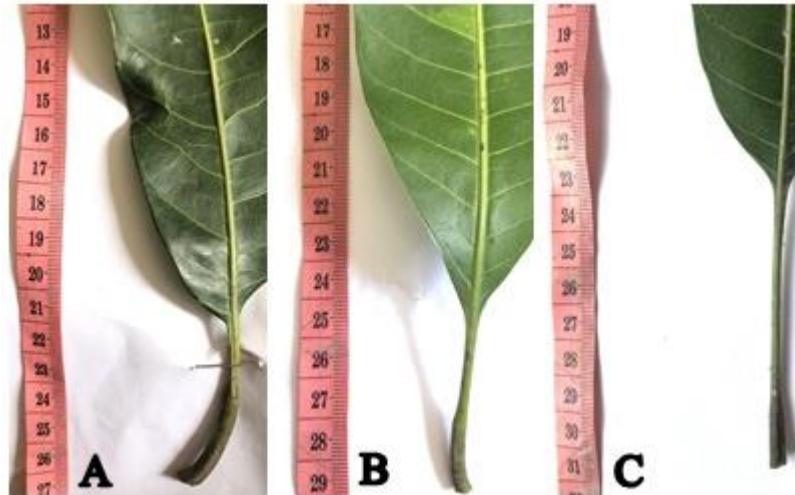


Lampiran 7. Variasi panjang daun. Keterangan :A) ukuran pendek (11-17 cm) pada klon mangga golek lanang (Kediri), B) ukuran sedang (17-24 cm) pada klon mangga golek india (Graha Natura, Surabaya) dan C) ukuran panjang (24-32 cm) pada klon mangga golek-35 (Kraksaan, Probolinggo).

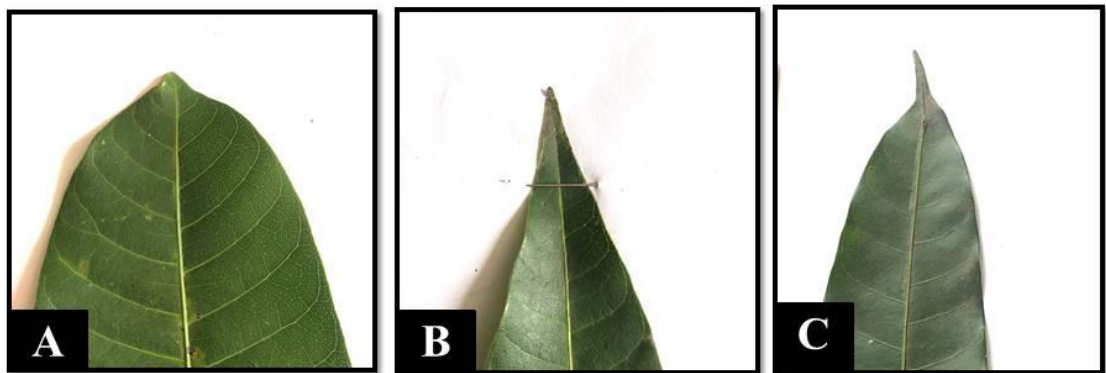


Lampiran 8. Variasi lebar daun. Keterangan: A) ukuran pendek (3-5 cm) pada klon mangga golek lanang (Kediri), B) ukuran sedang (5-7 cm) pada klon mangga golek-177 (Sukabumi, Probolinggo), dan C)

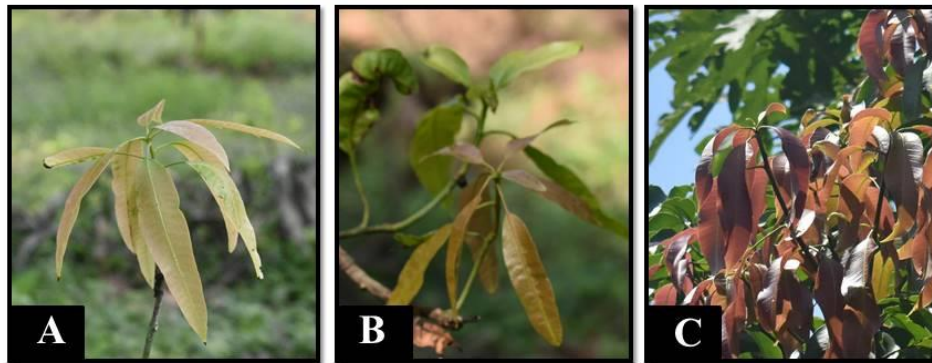
ukuran panjang (7-9 cm) pada klon mangga kuweni bini (Kalimantan Selatan).



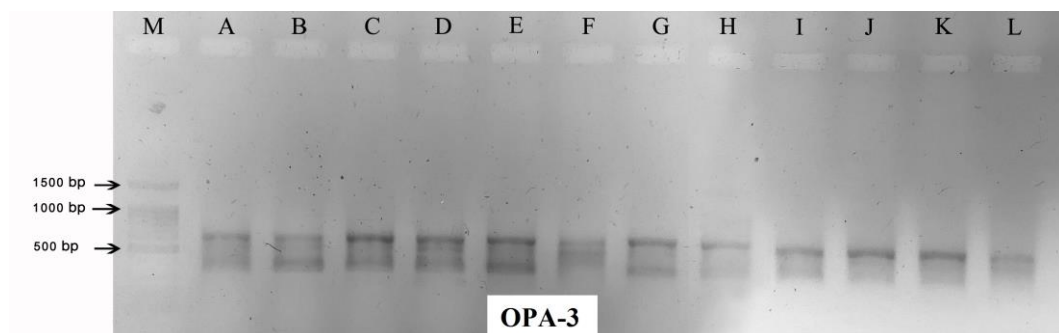
Lampiran 9. Variasi panjang tangkai daun. Keterangan : A) ukuran pendek (2-3,5 cm) pada klon mangga golek lanang (Kediri), B) ukuran sedang (3,5-5 cm) pada klon mangga golek india (Graha Natura, Surabaya), dan C) ukuran panjang (5-6,5 cm) pada klon mangga golek-31 (Sebani, Pasuruan).



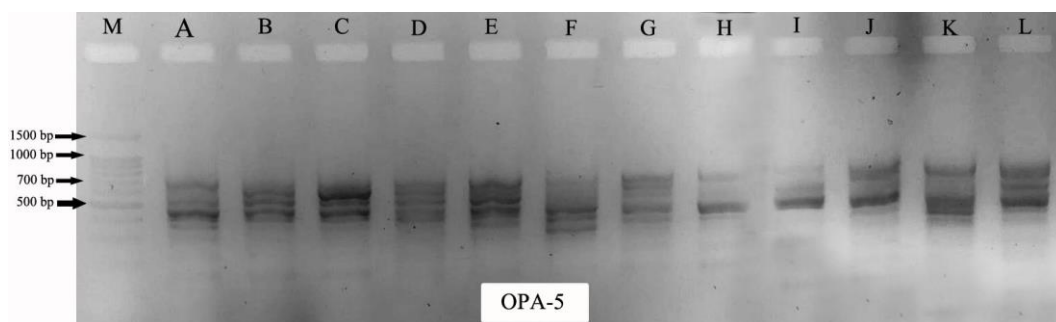
Lampiran 10. Variasi bentuk ujung daun. Keterangan : A) ujung daun berbentuk tumpul pada klon mangga kuweni bini (Kalimantan Selatan), B) ujung daun berbentuk runcing pada klon mangga golek malaysia (Graha Natura, Surabaya) dan C) ujung daun berbentuk meruncing pada klon mangga golek 33 (Keboncandi, Pasuruan).



Lampiran 11. Variasi warna daun muda. Keterangan : A) warna daun hijau muda dengan semburat coklat pada klon mangga golek-33 (Keboncandi, Pasuruan), B warna daun merah bata muda pada klon mangga golek-177 (Sukabumi, Probolinggo), dan C) warna daun coklat kemerahan pada klon mangga kuweni laki (Kalimantan Selatan).

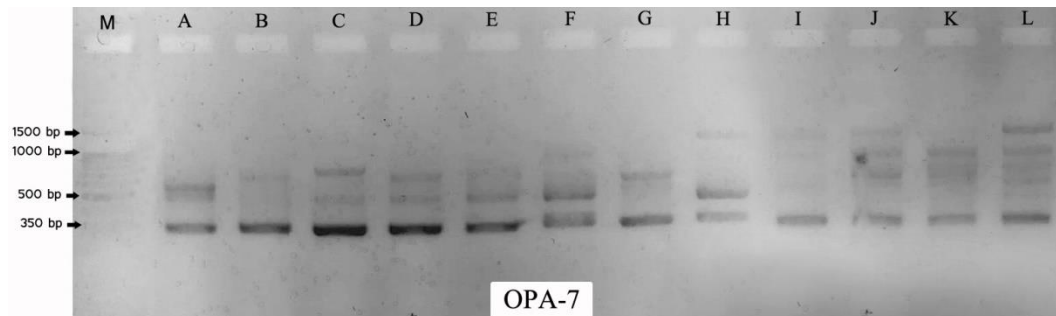


Lampiran 12. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-3. Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



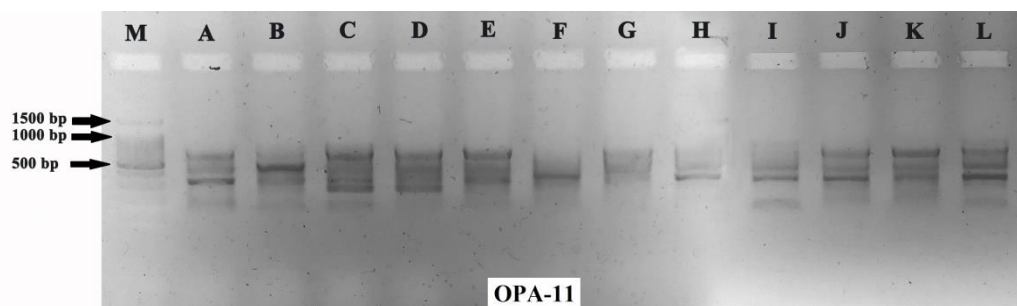
Lampiran 13. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-5.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



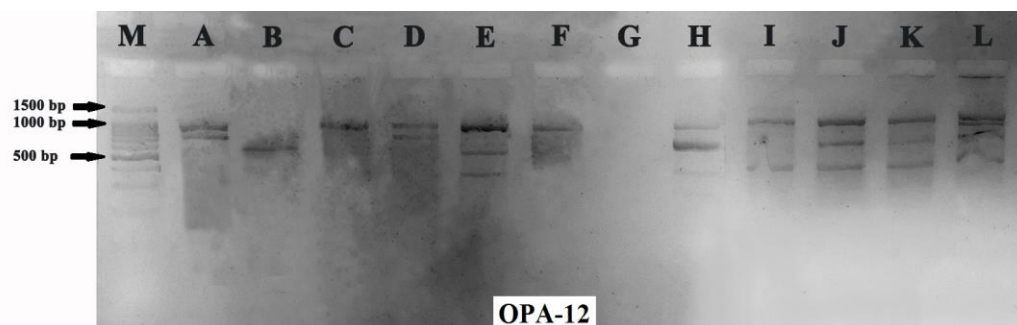
Lampiran 14. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-7.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



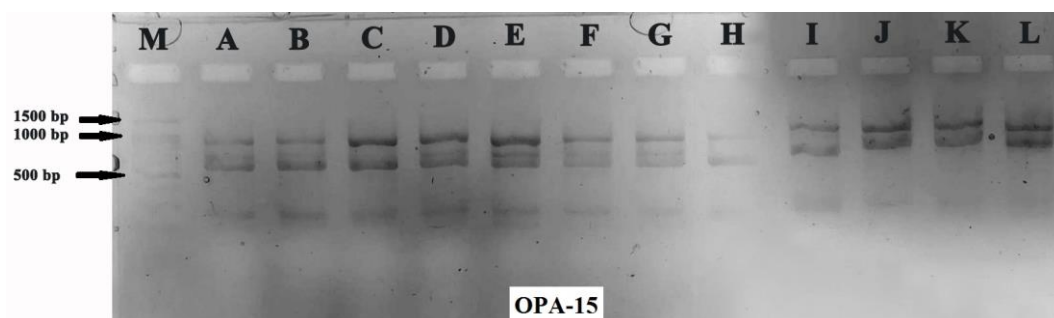
Lampiran 15. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-11.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



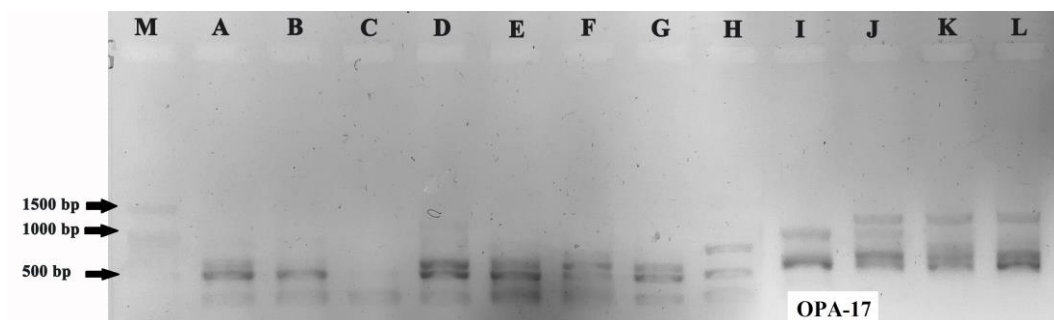
Lampiran 16. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-12.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



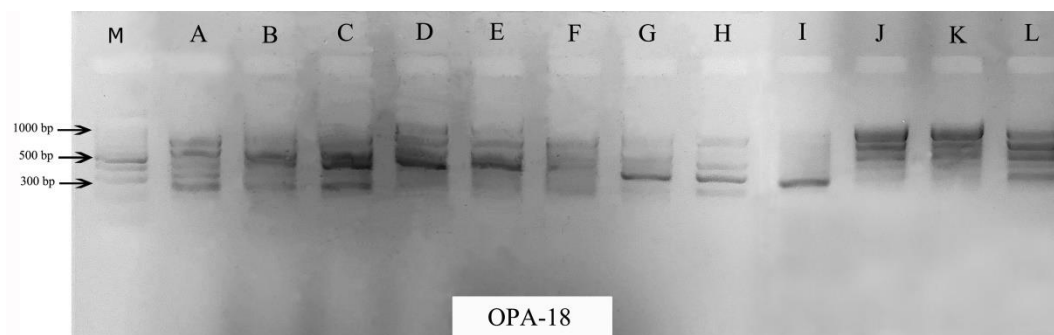
Lampiran 17. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-15.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



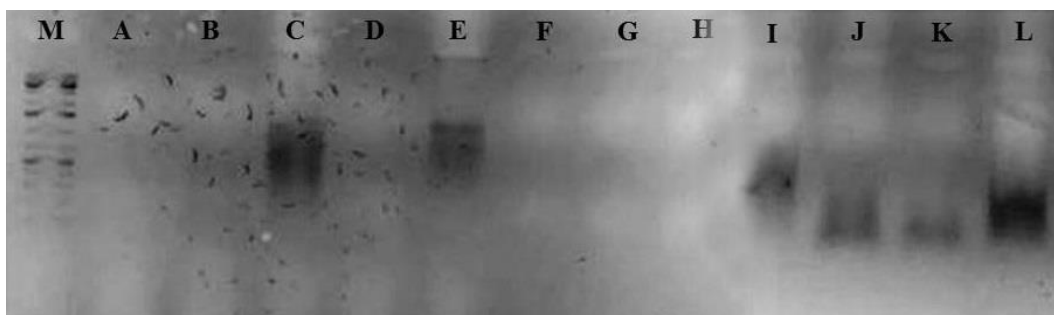
Lampiran 18. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-17.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).



Lampiran 19. Visualisasi DNA klon mangga menggunakan primer OPA-18.

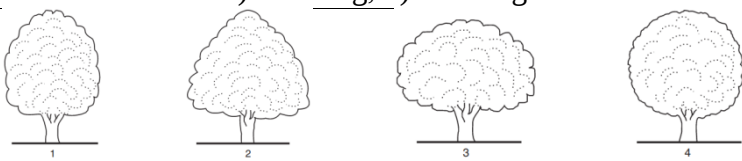
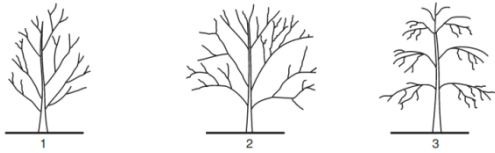
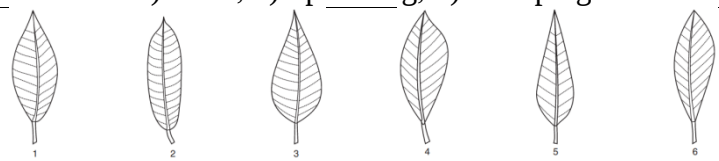
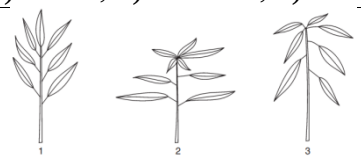
Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).

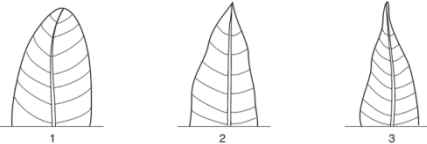
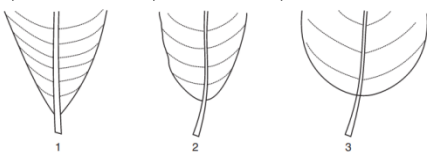
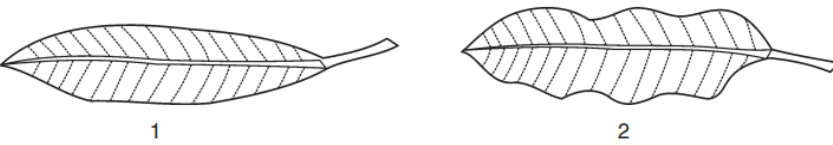


Lampiran 20. Visualisasi DNA whole genome klon mangga.

Keterangan: M) Marker, A) golek 31 (Sebani, Pasuruan), B) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), C) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), D) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), E) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), F) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), G) golek india (Graha Natura, Surabaya), H) golek malaysia (Graha Natura, Surabaya), I) golek lanang (Kediri), J) kuweni laki (Kalimantan Selatan), K) kuweni bini (Kalimantan Selatan) dan L) kuweni 51 (Gunung Gangsir, Pasuruan).

Lampiran 21. Tabel karakterisasi morfologi klon mangga golek

No	Karakter Morfologi	Kode	Keterangan
1	Tipe Pohon	TP	1) Seedling; 2) Grafting
2	Bentuk Kanopi Pohon	BKP	 1) Oblong; 2) Broadly pyramidal; 3) Semi-circular; 4) Spherical
3	Bentuk Pertumbuhan Pohon	BPP	 1) Erect; 2) Spreading; 3) Drooping
4	Bentuk Helaian Daun	BHD	 1) Elliptic; 2) Oblong; 3) Ovate; 4) Obovate; 5) Lanceolate; 6) Oblanceolate
5	Susunan Daun Terhadap Batang	SDTB	 1) Semi-erect; 2) Horizontal; 3) Semi-drooping
6	Panjang Daun	PD	1) Pendek (11-17 cm); 2) Sedang (17-24 cm); 3) Panjang (24-32 cm)
7	Lebar Daun	LD	1) Pendek (3-5 cm); 2) Sedang (5-7 cm); 3) Panjang (7-9 cm)
8	Panjang Tangkai Daun	PTD	1) Pendek (2-3,5 cm) 2) Sedang (3,5-5 cm); 3) Panjang (5-6,5 cm)
9	Tipe Pelvinus	TPv	1) Tipis (Thin); 2) Tebal dan Menyudut (Thick and Tapering)

10	Sudut Antara Tulang Daun primer dan sekunder	SATD	1) Sempit (<45°); 2) Sedang (45-60°); 3) Luas (>60°)
11	Lekukan pada Tulang Daun Sekunder	LTDS	0) Tidak Ada (Absent); 1) Ada (Present)
12	Tekstur Daun	TD	1) Coriaceous; 2) Chartaceous; 3) Membranous
13	Bentuk Ujung Daun	BUD	 1) Obtuse; 2) Acute; 3) Acuminate
14	Bentuk Pangkal Daun	BPD	 1) Acute; 2) Obtuse; 3) Round
15	Bentuk Tepi Daun	BTD	 1) Rata (Entire); 2) Bergelombang (Wavy)
16	Indumentum Daun	ID	0) Tidak Ada (Absent); 1) Ada (Present)
17	Warna permukaan Atas Daun Tua	WADT	1) Hijau Pucat (Pale green); 2) Hijau (Green); 3) Hijau Tua (Dark Green)
18	Warna permukaan Bawah Daun Tua	WBDT	1) Hijau Pucat (Pale green); 2) Hijau (Green); 3) Hijau Tua (Dark Green)
19	Aroma Daun	AD	0) Tidak Ada (Absent); 1) Ringan (Mild); 2) Kuat (Strong)
20	Warna Daun Muda	WDM	1) Hijau Muda (Light green); 2) Hijau Muda dengan Semburat Cokelat (Light green with brownish tinge); 3) Merah Bata Muda (Light brick red); 4) Cokelat Kemerahan (Reddish brown); 5) Cokelat Kehitaman (Deep coppery tan)

Lampiran 22. Tabel hasil karakterisasi morfologi klon mangga golek

	TP	BKP	BPP	BHD	SDTB	PD*	LD*	PTD*	TPv	SATD*	LTDS	TD	BUD	BPD	BTD	ID	WADT	WBDT	AD	WDM
G31	2	3	1	5	1	3	2	3	2	3	1	2	3	1	2	0	3	1	1	2
G33	2	1	1	5	1	3	2	3	2	3	1	2	3	1	2	0	3	1	1	2
G35	2	2	1	5	1	3	2	3	2	3	1	2	2	1	2	0	3	1	1	2
G177	2	3	2	5	2	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	0	3	1	1	3
G195	2	1	2	5	2	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	0	3	1	1	2
GA	2	2	2	5	2	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	0	3	1	1	3
GI	2	1	2	5	2	2	2	2	2	3	1	2	2	1	2	0	3	1	2	2
GM	2	1	2	5	2	3	3	2	2	3	1	2	2	1	2	0	3	1	1	3
GL	2	1	1	5	2	1	1	1	2	3	1	2	2	1	2	0	3	1	1	2
KL	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	2	1	1	0	3	1	1	4
KB	2	1	1	1	2	3	3	2	2	3	1	1	1	1	1	0	3	1	2	4
K51	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	3	1	1	0	3	1	1	4

Keterangan: G31) golek 31 (Sebani, Pasuruan), G33) golek 33 (Keboncandi, Pasuruan), G35) golek 35 (Kraksaan, Probolinggo), G177) golek 177 (Sukabumi, Probolinggo), G195) golek 195 (Karang Kepuh, Pasuruan), GA) golek amerika (Graha Natura, Surabaya), GI) golek india (Graha Natura, Surabaya), GM) golek Malaysia (Graha Natura, Surabaya), GL) golek lanang (Kediri), KL) kuweni laki (Kalimantan Selatan), KB) kuweni bini (Kalimantan Selatan), K51) kuweni 51 (Gunung gangsir, Pasuruan), TP) tipe pohon, BKP) bentuk kanopi pohon, BPP) bentuk pertumbuhan pohon, BHD) bentuk helaian daun, SDTB) susunan daun terhadap batang, PD) panjang daun, LD) lebar daun, PTD) panjang tangkai daun, TPv) tipe pelvinus, SATD) sudut antara tulang daun primer dan sekunder, LTDS) lekukan pada tulang daun sekunder, TD) tekstur daun, BUD) bentuk ujung daun, BPD) bentuk pangkal daun, BTD) bentuk tepi daun, ID) indumentum daun, WADT) warna permukaan atas daun tua, WBDT) warna permukaan bawah daun tua, AD) aroma daun, dan WDM) warna daun muda.

Karakter bertanda (*) merupakan karakter kuantitatif dengan kriteria sebagai berikut:

Kriteria Skoring	PD	LD	PTD	SDPS
1	11-17 cm	3-5 cm	2-3,5 cm	<45°
2	17-24 cm	5-7 cm	3,5-5 cm	45-60°
3	24-32 cm	7-9 cm	5-6,5 cm	>60°

Lampiran 23. Tabel analisis PCA

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8
Tipe pohon	0	0	0	0	0	0	0	0
Bentuk kanopi	0,160	0,389	0,569	0,309	-0,602	0,087	0,050	-0,168
Bentuk pertumbuhan pohon	0,104	-0,183	-0,0145	0,546	0,24	0,328	-0,486	-0,205
Bentuk helaian daun	0,839	-0,099	-0,0141	0,151	-0,007	-0,211	0,038	0,272
Susunan daun terhadap batang	-0,084	-0,345	0,027	0,328	0,024	0,069	0,050	-0,217
Panjang daun	0,003	0,581	-0,334	0,134	0,150	-0,130	0,246	-0,066
Lebar daun	-0,081	0,236	-0,306	0,462	0,174	-0,060	0,296	-0,283
Panjang tangkai daun	0,064	0,531	-0,034	-0,147	0,192	0,241	-0,597	0,161
Tipe pelvinus	2,5E-2	-1,931	7,5E-2	5,6E-1	-8,2E-1	-6,4E-1	5,7E-1	7,6E-1
Sudut antara daun primer dan sekunder	9,9E-4	-3,4E-3	1,9E-3	2,0E-3	-4,8E-3	-9,6E-3	3,0E-3	4,6E-3
Lekukan pada tulang daun sekunder	0	0	0	0	0	0	0	0

Tekstur daun	0,209	-0,024	-0,035	0,037	-0,001	-0,052	0,009	0,067
Bentuk ujung daun	0,136	0,073	0,577	-0,049	0,651	0,246	0,387	0,072
Bentuk pangkal daun	0	0	0	0	0	0	0	0
Bentuk tepi daun	0,209	-0,024	-0,035	0,037	-0,001	-0,052	0,009	0,067
Indumentum daun	0	0	0	0	0	0	0	0
Warna permukaan atas daun tua	0	0	0	0	0	0	0	0
Warna permukaan bawah daun tua	0	0	0	0	0	0	0	0
Aroma daun	-0,053	-0,03	-0,275	0,107	-0,241	0,730	0,301	0,475
Warna daun muda	-0,361	0,018	0,190	0,452	0,072	-0,395	-0,099	0,676
Eigen value	4,582	0,978	0,664	0,490	0,291	0,108	0,023	0,019
% variance	64,006	13,67	9,288	6,85	4,067	1,517	0,332	0,268

Lampiran 24. Nilai koefisien similaritas 9 klon mangga golek berdasarkan penanda molekuler RAPD

	G31	G33	G35	G177	G195	GA	GI	GM	GL	KL	KB	K51
G31	1											
G33	0,607	1										
G35	0,586	0,708	1									
G177	0,733	0,566	0,655	1								
G195	0,7	0,642	0,566	0,827	1							
GA	0,620	0,448	0,433	0,633	0,6	1						
GI	0,620	0,615	0,535	0,689	0,655	0,517	1					
GM	0,655	0,592	0,571	0,562	0,633	0,5	0,5	1				
GL	0,607	0,538	0,576	0,468	0,533	0,448	0,448	0,72	1			
KL	0,459	0,4	0,388	0,513	0,571	0,378	0,5	0,529	0,4	1		
KB	0,472	0,411	0,4	0,527	0,588	0,388	0,562	0,457	0,333	0,9	1	
K51	0,527	0,470	0,457	0,540	0,6	0,368	0,529	0,514	0,428	0,903	0,870	1

Keterangan: G31) golek 31 (Pasuruan), G33) golek 33 (Pasuruan), G35) golek 35 (Probolinggo), G177) golek 177 (Probolinggo), G195) golek 195 (Pasuruan), GA) golek amerika (Surabaya), GI) golek india (Surabaya), GM) golek Malaysia (Surabaya), GL) golek lanang (Kediri), KL) kuweni laki (Kalimantan Selatan), KB) kuweni bini (Kalimantan Selatan), K51) kuweni 51 (Pasuruan).

Lampiran 25. Skoring data biner RAPD klon mangga golek

OPA 3	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
600 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
350 bp	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
OPA 5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
700 bp	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
600 bp	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
500 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
400 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300 bp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
OPA 7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1300 bp	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
1000 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
900 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
800 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
700 bp	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1
600 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
500 bp	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
350 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA 11	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
600 bp	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
400 bp	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
300 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
250 bp	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
200 bp	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
OPA 12	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1000 bp	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

800 bp	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
500 bp	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
350 bp	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
OPA 15	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
900 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700 bp	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
600 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
250 bp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPA 17	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1000 bp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
800 bp	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
600 bp	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
500 bp	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300 bp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
OPA 18	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
800 bp	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
700 bp	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1
600 bp	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
500 bp	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
400 bp	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
300 bp	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
250 bp	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Keterangan: **A)** golek 31 (Pasuruan), **B)** golek 33 (Pasuruan), **C)** golek 35 (Probolinggo), **D)** golek 177 (Probolinggo), **E)** golek 195 (Pasuruan), **F)** golek amerika (Surabaya), **G)** golek india (Surabaya), **H)** golek malaysia (Surabaya), **I)** golek lanang (Kediri), **J)** kuweni laki (Kalimantan Selatan), **K)** kuweni bini (Kalimantan Selatan), **L)** kuweni 51 (Pasuruan).



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Novita Estiningtiyas
NIM : 17620054
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2021/2022
Pembimbing : Didik Wahyudi, M.Si
Judul Skripsi : Analisis Variasi Genetik Klon Mangga Golek (*Mangifera indica* L. cv. Golek) Berdasarkan Karakter Morfologi dan Penanda Molekuler RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	13/02/2021	Pengajuan proposal skripsi	
2.	26/02/2021	Simulasi presentasi sempro	
3.	27/02/2021	Revisi proposal skripsi	
4.	12/03/2021	Simulasi presentasi sempro	
5.	16/03/2021	Revisi proposal kedua	
6.	04/09/2021	Progress report bab IV	
7.	21/10/2021	Pengajuan naskah skripsi	
8.	03/11/2021	Revisi naskah skripsi	
9.	04/11/2021	Revisi naskah skripsi	
10.	04/11/2021	Acc naskah skripsi	

Pembimbing Skripsi,

Didik Wahyudi, M.Si
NIP. 19860102 201801 1 001



Malang, 4 November 2021
Kepada Program Studi,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Novita Estiningtiyas
NIM : 17620054
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2021/2022
Pembimbing : Oky Bagas Prasetyo, M.PdI
Judul Skripsi : Analisis Variasi Genetik Klon Mangga Golek (*Mangifera indica* L. cv. Golek) Berdasarkan Karakter Morfologi dan Penanda Molekuler RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	16 / 2 / 2021	Pengajuan integrasi BAB I dan BAB II	
2.	13 / 3 / 2021	Revisi integrasi BAB I dan BAB II	
3.	31 / 3 / 2021	Acc proposal	
4.	21 / 10 / 2021	Pengajuan integrasi BAB IV	
5.	25 / 10 / 2021	Revisi integrasi BAB IV	
6.	27 / 10 / 2021	Acc naskah skripsi	

Pembimbing Skripsi,

Oky Bagas Prasetyo, M.PdI
NIP. 19890113 20180201 1 244



Malang, 5 Novermver 2021
Ketua Program Studi,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

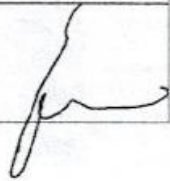


**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI**

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

Form Checklist Plagiasi

Nama : Novita Estiningtiyas
NIM : 17620054
Judul : Analisis Variasi Genetik Klon Mangga Golek (*Mangifera indica* L. cv. Golek) Berdasarkan Karakter Morfologi dan Penanda Molekuler RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*).

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	Tanggal	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc			
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc			
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si			
4	Maharani Retna Duhita; M.Sc., PhD.Med.Sc	16%	5 Nov 2021	



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M. P
NIP. 19741018 200312 2 002