

**KERAGAMAN GENETIK PISANG (*Musa spp.*) BERDASARKAN
KARAKTER FENOTIP DAN MOLEKULAR MENGGUNAKAN
PENANDA *RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA* (RAPD)
DI KABUPATEN LUMAJANG**

SKRIPSI



Disusun oleh:

**ARIKA WAHYUNINGSIH
H91214028**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Arika Wahyuningsih
NIM : H91214028
Program Studi : Biologi
Angkatan : 2014

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "KERAGAMAN GENETIK PISANG (*Musa* spp.) BERDASARKAN KARAKTER FENOTIP DAN MOLEKULAR MENGGUNAKAN PENANDA *RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA* (RAPD) DI KABUPATEN LUMAJANG". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Juli 2019
Yang menyatakan,



(Arika Wahyuningsih)
NIM H91214028

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : Arika Wahyuningsih

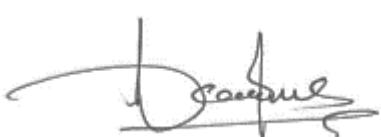
NIM : H91214028

JUDUL : Keragaman Genetik Pisang (*Musa Spp.*) Berdasarkan Karakter Fenotip dan Molekular Menggunakan Penanda *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) Di Kabupaten Lumajang

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 24 Juli 2019

Dosen Pembimbing 1



(Yuanita Rachmawati, M.Sc.)
NIP 198808192019032009

Dosen Pembimbing 2



(Dr. Moch Irfan Hadi, S.KM., M.KL.)
NIP 198604242014031003

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Arika Wahyuningsih ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, (31 Juli 2019)

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



(Yuanita Rachmawati, M.Sc)
NIP 198808192019032009

Penguji II



(Dr. Moch Irfan Hadi, S.KM., M.KL)
NIP 198604242014031003

Penguji III



(Ika Mustika, M.Kes)
NIP 198702212014032004

Penguji IV



(Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si)
NIP 198506252011012010

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya





**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Arika Wahyuningsih
NIM : H91214028
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Biologi
E-mail address : arikatimi@b@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Keragaman Genetik Pisang (Musa spp.) Berdasarkan Karakter fenotip

dan Molekular Menggunakan Penanda Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) di Kabupaten Lumajang

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 07 Agustus 2019

Penulis



(Arika Wahyuningsih)

KERAGAMAN GENETIK PISANG (*Musa* spp.) BERDASARKAN KARAKTER FENOTIP DAN MOLEKULAR MENGGUNAKAN PENANDA RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA (RAPD) DI KABUPATEN LUMAJANG

ABSTRAK

Pisang merupakan salah satu jenis buah yang dapat ditemukan di daerah tropis. Indonesia sebagai salah satu dari 10 negara dengan tingkat produksi tertinggi di dunia, produksi tersebut berasal dari berbagai daerah di Indonesia dengan tingkat produksi tertinggi berada di Jawa Timur termasuk Kabupaten Lumajang. Namun penelitian baik fenotip maupun genetik molekular terhadap kultivar-kultivar pisang yang berada di daerah khususnya Kabupaten Lumajang belum banyak dilakukan. Penelitian fenotipik dan molekular berguna dalam hal konservasi diversitas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kekerabatan kultivar pisang di Kabupaten Lumajang berdasarkan karakter fenotip dan molekular. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode observasi lapangan dengan mengamati karakter fenotip dengan analisis menggunakan software SPSS sementara data molekular menggunakan analisis *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) dengan software NTSys. Sampel penelitian sebanyak 27 kultivar diambil dari tiga kecamatan yaitu Kecamatan Pasrujambe, Senduro dan Candipuro. Reaksi PCR yang digunakan adalah 94°C: 5 m; 94°C: 1 m; 41° & 46°C: 1 m; 72°C: 2 m; 72°C: 7 m; 4°C: ∞. Hasil penelitian menunjukkan 5 kelompok kultivar pisang terbentuk dengan nilai jarak 15 berdasarkan analisis karakter fenotip kuantitatif. Analisis molekular menggunakan RAPD menghasilkan 5 kelompok pada koefisien 0.68. Simpulan pada penelitian ini memberikan informasi bahwa karakter fenotip dan molekular memiliki perbedaan dalam pengelompokan kultivar-kultivar pisang. Analisis keduanya menunjukkan bahwa Kabupaten Lumajang memiliki berbagai kultivar yang memiliki keragaman pisang tinggi baik fenotip maupun molekular.

Kata Kunci: Pisang, Karakter Fenotip, Karakter Molekular, RAPD

GENETIC DIVERSITY OF LUMAJANG DISTRICT BANANA (*Musa* spp.) BASED ON PHENOTYPICAL AND MOLECULAR CHARACTERS BY USING RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA (RAPD) METHODE

ABSTRACT

Banana is a type of fruit that can be found in the tropics. Indonesia as one of the 10 countries with the highest level of production in the world, the production comes from various regions in Indonesia with the highest production level in East Java including Lumajang Regency. However, studies of both phenotypes and molecular genetics of banana cultivars in regions, especially in Lumajang Regency, have not been conducted. Phenotypic and molecular research is useful in terms of diversity conservation. The purpose of this research is to determine the kinship of banana cultivars in Lumajang Regency based on phenotypic and molecular characters. The study was conducted using two methods, observation method by observing phenotype characters with analysis using SPSS software while molecular data using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) analysis with NTSys software. The research sample of 27 cultivars were taken from three districts, Pasrujambe, Senduro and Candipuro Districts. PCR reaction used is 94°C : 5 m; 94°C : 1 m; 41° & 46°C : 1 m; 72°C : 2 m; 72°C : 7 m; and 4°C : ∞ . The results showed 5 groups of banana cultivars formed with a distance of 15 based on the analysis of quantitative phenotypic characters. Molecular analysis using RAPD produced 5 groups at a coefficient of 0.68. Conclusions in this study provide information that phenotypic and molecular characters have differences in the grouping of banana cultivars. The analysis of both shows that Lumajang Regency has a variety of cultivars that have a high diversity of bananas both phenotypic and molecular.

Key Word: Banana, Phenotypic Character, Molecular Character, RAPD

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Persetujuan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah	iv
Pedoman Transliterasi.....	v
Halaman Motto.....	vi
Halaman Persembahan	vii
Abstrak	viii
<i>Abstract</i>	ix
Kata Pengantar	x
Daftar Isi.....	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Lampiran.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1	Taksonomi Pisang	7
2.2	Persebaran Pisang	10
2.3	Morfologi Pisang	11
2.4	Kandungan dan Keunggulan Pisang	15
2.5	Produktivitas dan Produksi Pisang	16
2.6	Karakteristik Molekular	19
2.6.1	Isolasi DNA.....	19
2.6.2	<i>Polymerase Chain Reaction (PCR)</i>	20
2.6.3	Elektroforesis	23
2.7	<i>Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)</i>	24

2.8 Kerangka Konsep	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2.1 Waktu Penelitian	26
3.2.2 Tempat Penelitian.....	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Alat Penelitian.....	27
3.3.2 Bahan Penelitian.....	27
3.4 Prosedur Penelitian	28
3.4.1 Penentuan dan Pengambilan Sampel Pisang	28
3.4.2 Karakterisasi Fenotip	28
3.4.3 Karakterisasi Molekuler	33
3.5 Analisis Data	36
3.5.1 Data Kualitatif	37
3.5.2 Data Kuantitatif	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
BAB V PENUTUP	
5.1 Simpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Waktu Penelitian	26
Tabel 3.2. Karakter Fenotip Kualitatif Pisang	39
Tabel 3.3. Karakter Fenotip Kuantitatif Pisang	32
Tabel 3.4. Primer RAPD	35
Tabel 3.5. Komposisi Amplifikasi	35
Tabel 3.6. Reaksi PCR	35
Tabel 4.1. Data Pengambilan Sampel Pisang.....	38
Tabel 4.2. Karakter Fenotip Kualitatif Perawakan dan Batang	40
Tabel 4.3. Karakter Kualitatif Daun (Lilin pada selubung daun, bercak di luar tangkai daun, bentuk saluran tangkai daun)	41
Tabel 4.4. Karakter Kualitatif Daun (Margin tangkai, tipe sayap, warna margin dan tepi margin)	42
Tabel 4.5. Karakter Kualitatif Daun (Warna dan tampilan permukaan atas dan bawah daun)	43
Tabel 4.6. Karakter Kualitatif Daun (Lilin, titik penyisipan daun dan bentuk dasar pangkal)	44
Tabel 4.7. Karakter Kualitatif Jantung Pisang (Warna dan permukaan tangkai jantung dan tipe rakis)	46
Tabel 4.8. Karakter Kualitatif Jantung Pisang (Bentuk, bentuk dasar dan bentuk ujung tunas).....	47
Tabel 4.9. Karakter Kualitatif Jantung Pisang (Warna permukaan luar dan dalam dan warna ujung).....	48
Tabel 4.10. Karakter Kualitatif Buah (Bentuk, bentuk ujung, sisa bunga pada ujung dan permukaan tangkai buah)	49
Tabel 4.11. Karakter Kuantitatif Batang (Tinggi, jumlah anakan, pertumbuhan anakan dan letak anakan dari induk)	51
Tabel 4.12. Karakter Kuantitatif Daun (Lebar margin, panjang bilah, lebar bilah dan panjang tangkai daun)	52
Tabel 4.13. Karakter Kuantitatif Jantung (Panjang tangkai, jumlah node kosong, lebar tangkai dan ukuran tunas)	53

Tabel 4.14. Karakter Kuantitatif Buah (Jumlah buah per sisir (biji) dan panjang buah)	54
Tabel 4.15. Data hasil Spektrofotometri	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Jalur Perkembangan Pertumbuhan Pisang	9
Gambar 2.2.	Persebaran Pisang.....	11
Gambar 2.3.	Arah Tumbuh Daun Pisang.....	12
Gambar 2.4.	Morfologi Batang Semu	12
Gambar 2.5.	Tangkai, Pelepah dan Daun.....	13
Gambar 2.6.	Tangkai Daun	13
Gambar 2.7.	Bentuk Dasar Pangkal Daun.....	14
Gambar 2.8.	Bentuk Buah Pisang	14
Gambar 2.9.	Bentuk Irisan Melintang Buah Pisang.....	15
Gambar 2.10.	Bentuk Ujung Buah Pisang	15
Gambar 2.11.	Negara Sentra Pisang di Dunia Tahun 2009-2013	17
Gambar 2.12.	Perkembangan Produksi Pisang di Indonesia Tahun 1980-2015 ..	18
Gambar 2.13.	Sentra Produksi Pisang di Jawa Timur.....	18
Gambar 2.14.	Tahapan PCR.....	22
Gambar 2.15.	Skema Elektroforesis dengan Gel Horizontal	24
Gambar 2.16.	Kerangka Konsep Penelitian	25
Gambar 3.1.	Peta Pengambilan Sampel Pisang	28
Gambar 4.1.	Perawakan Arah Tumbuh Daun	41
Gambar 4.2.	Bentuk Dasar Daun	46
Gambar 4.3.	Bentuk Jantung Pisang	48
Gambar 4.4.	Bentuk Buah Pisang	51
Gambar 4.5.	Dendogram Hubungan Kekerabatan	55
Gambar 4.6.	Spektrofotometri Sampel ke 13	60
Gambar 4.7.	Pita DNA Hasil Amplifikasi RAPD Sampel 1-12.....	61
Gambar 4.8.	Pita DNA Hasil Amplifikasi RAPD Sampel 13-24.....	62
Gambar 4.9.	Pita DNA Hasil Amplifikasi RAPD Sampel 25-27	63
Gambar 4.10.	Hasil Analisis Kekerabatan 27 Kultivar Pisang Menggunakan Analisis Kluster	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Indeks Similaritas Amplifikasi RAPD	74
Lampiran 2 Data Biner RAPD Primer 3.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

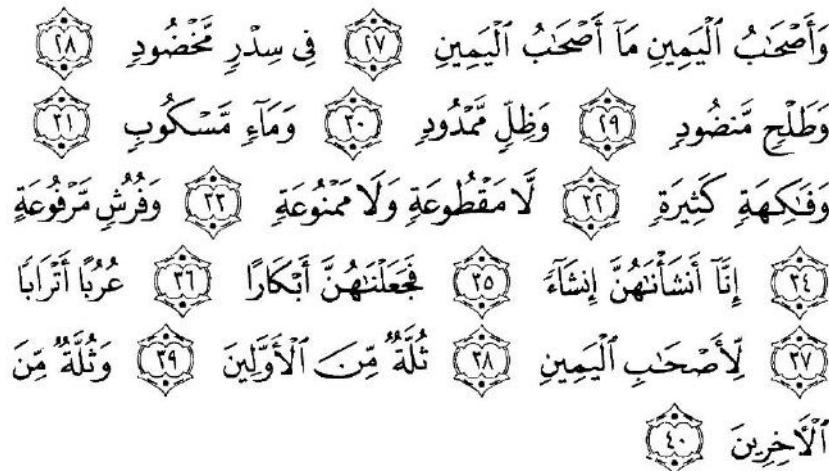
1.1 Latar Belakang

Pisang merupakan salah satu alternatif makanan pokok yang dapat ditemukan di daerah tropis dan sudah dikonsumsi sebelum tercatat dalam sejarah di Asia Tenggara (Deepthi, 2016). Pisang pada dasarnya adalah tanaman herba yang daunnya tersusun atas pseudosterm. Pisang merupakan salah satu buah yang tingkat produksi dan konsumsinya di dunia cukup tinggi. Pisang menjadi salah satu komoditi perekonomian beberapa negara yang berada pada tingkat keempat (Silva, dkk., 2009; Mesquita, dkk., 2016). Pisang sebagai buah dengan nilai produksi cukup tinggi dan terdapat di hampir lebih dari 100 negara. Angka produksi pisang dunia setiap tahunnya dapat mencapai angka 117.9 juta ton. India merupakan negara dengan angka produksi pisang tertinggi di dunia. Indonesia berada pada 10 besar negara penghasil pisang di dunia (FAO, 2015).

Indonesia menjadi salah satu negara penghasil pisang (Musaceae), yang memiliki keanekaragaman spesies dan varietas tanpa biji (Hapsari, 2014). Perkembangan produksi pisang di Indonesia dari tahun ke tahun cukup fluktuatif dengan mencapai tingkat tertingginya pada tahun 2015 yaitu sebesar 7.3 ton. Produksi pisang terbesar rata-rata berada di Jawa Timur sebesar 21.87% pada tahun 2015. Hal tersebut menunjukkan bahwa Jawa Timur merupakan salah satu habitat yang sesuai untuk menanam pisang. Hampir seluruh daerah di Jawa Timur memproduksi pisang. Mengacu pada data Kementerian Pertanian, 3 kabupaten sentra produksi pisang tertinggi di Jawa Timur adalah Kabupaten Malang, Banyuwangi kemudian disusul Lumajang (Oktaviani, 2016; Suwandi, dkk., 2017).

Buah pisang memiliki banyak manfaat bagi tubuh karena pisang mengandung gizi cukup tinggi, kolesterol rendah serta vitamin B6 dan vitamin C, vitamin A, sumber karbohidrat serta serat (Ambarita, dkk., 2015). Pisang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pangan yang mudah dicerna, rendah lemak dan kolesterol. Semua bagian pisang dapat

dimanfaatkan dari buah, daun, jantung pisang hingga batang pisang (Rahmawati dan Hayati, 2013). Allah SWT. keutamaan buah yang bersusun-susun (pisang) dalam Al-Qur'an Surat Al-Waqi'ah: 27-40.



Artinya:

27. Dan golongan kanan, alangkah mulianya golongan kanan itu, 28. (Mereka) berada di antara pohon bidara yang tidak berduri, 29. dan pohon pisang yang bersusun-susun (buahnya), 30. dan naungan yang terbentang luas, 31. dan air yang mengalir terus-menerus, 32. dan buah-buahan yang banyak, 33. yang tidak berhenti (berbuah) dan tidak terlarang mengambilnya, 34. dan kasur-kasur yang tebal lagi empuk, 35. Kami menciptakan mereka (*bidadari-bidadari*) secara langsung, 36. lalu Kami jadikan mereka perawan-perawan, 37. yang penuh cinta dan sebaya umurnya 38. untuk golongan kanan, 39. segolongan besar dari orang-orang yang terdahulu, 40. dan segolongan besar pula dari orang yang kemudian

Majoritas ulama dari kalangan shahabat dan tabi'in berpendapat bahwa kata *الطلع* adalah buah pisang serta para ahli tafsir seperti Ath-Thabari dan Ibnu Katsir menyebutkan demikian pula. Buah pisang merupakan salah satu jenis buah yang berada di surga. Buah pisang disejajarkan dengan buah surga lainnya yaitu kurma, demila dan anggur, khuldi, tin dan zaitun. Buah pisang merupakan salah satu buah yang disediakan untuk dinikmati para penghuni surga. Buah pisang yang berada di surga memiliki keistimewaan rasa dan wangi yang semerbak. Allah telah menciptakan sejenis buah surga di dunia

dengan wujud yang sangat mirip dan menumbuhkannya di atas bumi agar manusia dapat mengambil pelajaran darinya.

Kegiatan eksplorasi, inventarisasi, dan pelestarian plasma nutfah pisang di Indonesia belum banyak dilakukan, terutama pada sampel pisang yang berasal dari daerah. Kebanyakan sampel yang diteliti adalah sampel koleksi dari kebun raya atau balai penelitian lainnya. Penelitian tersebut diantaranya analisis keragaman genetik pisang menggunakan sampel yang ada di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) (Ahmad, 2013), analisis hubungan kekerabatan dengan RAPD aksesi pisang koleksi Balai Penelitian Bioteknologi Bogor (Sukartini, 2008; Wahyuningtyas, dkk., 2009), pengelompokkan 30 aksesi pisang dan hubungan kekerabatannya yang dilakukan di Kebun Koleksi Pisang Kebun Raya Purwodadi (Fitriyah, dkk., 2017), identifikasi morfologi pisang Koleksi Kebun Plasma Nutfah Kotamadya Yogyakarta (Jumari dan Pudjoarinto, 2000), dan di Kebun Percobaan Institut Pertanian Bogor (Sobir, 2006). Padahal komoditi pisang yang dikonsumsi saat ini berasal dari produksi pisang dari daerah-daerah. Selain karena koleksi tanaman yang berasal dari daerah yang terpisah-pisah. Koleksi masih terfokus pada daerah-daerah yang mudah dijangkau. Sehingga belum optimal dan seringkali kekurangan data pada beberapa kultivar yang berada di daerah-daerah (Sukartini, 2007).

Karakterisasi fenotip dan genetik diperlukan untuk melengkapi data dasar pisang. Data tersebut dapat menjadi sumber rujukan untuk meningkatkan produksi pisang baik untuk memperoleh kualitas buah yang lebih baik ataupun meningkatkan daya tahan tubuh buah pisang (Nisa dkk., 2010). Keterbatasan data tersebut akhirnya memunculkan banyak penelitian pisang yang fokus pada daerah tertentu saja. Karakterisasi fenotip lebih umum dilakukan karena mudahnya akses identifikasi baik dari segi analisis maupun biaya. Adapun analisis fenotip telah dilakukan di Kabupaten Malang dan Lumajang tetapi terbatas pada pisang Tanduk saja (Arifin dkk., 2017), Kalimantan Selatan (Nisa, dkk., 2010; Sari dan Badruzsauri, 2013), Jatinangor, Jawa Barat (Ismail, 2015), Ambon (Notanubun dan Karuwi, 2014), Kabupaten Kediri (Nedha, 2017), Aceh Besar (Rahmawati dan

Hayati, 2013), dan Sumatera Utara (Astuti dkk., 2017). Hasil identifikasi fenotip dapat menggambarkan hubungan kekerabatan filogenetik.

Keragaman genetik yang kini diketahui baik di pasaran maupun di balai penelitian merupakan gabungan dari proses adaptasi lingkungan dan domestikasi yang telah berlangsung lama. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil pisang tertinggi di dunia memiliki keragaman genetik yang cukup tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa sumber daya genetik di Indonesia memiliki kualitas yang sangatlah baik untuk memenuhi kebutuhan pangan yang stabil di masa yang akan datang (Ahmad, 2013).

Studi keragaman baik melalui aspek morfologi maupun molekular memiliki hubungan satu dengan yang lain. Perbedaan morfologi belum bisa memastikan adanya perubahan secara genetik, dikarenakan karakter morfologi dipengaruhi faktor lingkungan yang akan memicu adaptasi yang bersifat sementara maupun permanen. Penggunaan marka morfologi harus memperhatikan kondisi lingkungan dari objek yang diamati. Berbeda dengan marka morfologi, marka molekular tidak dapat berubah akibat pengaruh lingkungan. Oleh karena itu, marka molekular bisa digunakan sebagai alat ukur untuk mempelajari perbedaan dan perubahan genetik antar waktu atau lokasi dari suatu tingkat taksa atau populasi (Ahmad, 2013).

Kegiatan koleksi, konservasi dan pemanfaatan sumberdaya genetik tanaman merupakan salah satu komponen penting yang dibutuhkan dalam pengembangan tanaman (Rahmawati dan Hayati, 2013). Penerapan molekular sangat berguna dalam klasifikasi pisang karena penelitian terbaru menunjukkan bahwa DNA kloroplastik diwarisi dari induk betina sementara DNA mitokondria diwarisi dari induk jantan. Sehingga dengan pengembangan taksonomi molekular diharapkan dapat menentukan secara tepat asal induk kultivar pisang (Valmayor, dkk., 2000). Keragaman genetik molekular selain penting untuk melihat evolusi, dapat juga digunakan sebagai instrumen pengamatan di berbagai bidang, seperti verifikasi afinitas dan batasan antar spesies, deteksi bentuk reproduksi dan struktur keluarga, evaluasi tingkat migrasi dan penyebaran dalam populasi, dan untuk mengetahui spesies terancam punah (Walker and Rapley, 2008).

Taksonomi molekular dapat dilakukan dengan analisis *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP), Inter Simple Sequence Repeats (ISSR), *Amplified Fragment Length Plymorphism* (AFLP), *Simple Sequence Repeats* (SSR), *Cleaved Amplified Polymorphic Sequences* (CAPS), *Sequence Characterized Amplified Region* (SCAR), *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) dan masih banyak analisis molekular yang lain (Cristelova, *et al.*, 2011; Zulfahmi, 2013; Hapsari, 2015; Lamare and Rao, 2015). RAPD merupakan analisis molekular yang relatif sering dilakukan. Beberapa diantaranya adalah profiling DNA pisang menggunakan RAPD dan RFLP (Venkataramana, dkk., 1995), analisis hubungan kekerabatan pisang menggunakan metode SRAP (Youssef and Medrano, 2016), identifikasi pisang kepok menggunakan RAPD (Poerba, dkk., 2012; Wijayanto dan Ente, 2013), penggunaan RAPD untuk analisis pisang (Howell, dkk., 1993), analisis variasi pisang menggunakan RAPD juga dilakukan oleh Martin, dkk. (2006), Lamare and Rao (2015) bahkan menggunakan 3 metode yaitu RAPD, ISSR, DAMD untuk mengetahui variasi genetik dan populasi pisang. RAPD sebagai salah satu metode yang banyak dilakukan memiliki kelebihan antara lain mudah dilakukan, cepat, memerlukan sedikit DNA sebagai cetakan, dan tidak memerlukan informasi genom awal (Agisimanto dkk., 2007).

Informasi fenotip dan genetik dapat mendukung kegiatan konservasi dan pemuliaan. Lumajang sebagai salah satu daerah penghasil pisang yang memiliki angka produksi terbesar ketiga di Jawa Timur namun hingga saat ini belum tersedia data konkret tentang keragaman pisang di Kabupaten Lumajang baik melalui analisis fenotip maupun genetik. Diharapkan penelitian ini dapat mendukung secara komprehensif untuk mendukung pertumbuhan produksi pisang khususnya di Kabupaten Lumajang.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimanakah hubungan kekerabatan pisang berdasarkan karakteristik fenotip di Kabupaten Lumajang?

- b. Bagaimanakah hubungan kekerabatan pisang berdasarkan penanda *Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)* di Kabupaten Lumajang?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui hubungan kekerabatan pisang berdasarkan karakteristik fenotip di Kabupaten Lumajang
 - b. Mengetahui hubungan kekerabatan pisang berdasarkan penanda *Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)* di Kabupaten Lumajang

1.4 Batasan Penelitian

- a. Karakterisasi fenotip dilakukan dengan metode kualitatif dan kuantitatif berdasarkan karakter IPGRI dengan analisis SPSS dari jumlah sampel yang diambil dari 3 kecamatan di Kabupaten Lumajang.
 - b. Karakterisasi genetik dari 10 marka primer RAPD yang digunakan, dipilih satu primer yang memiliki polimorfisme tertinggi yang dianalisis menggunakan software NTSys.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah sumber informasi karakter fenotip pisang di Kabupaten Lumajang.
 - b. Memberikan informasi keanekaragaman pisang dan hubungan kekerabatannya di Kabupaten Lumajang.
 - c. Sumber data yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pengembangan produksi pisang di Lumajang
 - d. Sumber data yang dapat digunakan sebagai penunjang dalam penentuan langkah peningkatan dan konservasi pisang di Kabupaten Lumajang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi Pisang

Pisang merupakan buah tropis dan berbentuk herba yang berasal dari Asia Tenggara. Pisang memiliki peranan penting dalam produksi buah internasional. Pisang telah dikenal luas oleh masyarakat dan sangat potensial untuk dikembangkan (Megia, 2000; Notanubun dan Karuwai, 2014). Pisang merupakan tanaman yang sangat populer di Indonesia, mayoritas masyarakat mengkonsumsi sebagai buah segar atau diolah terlebih dahulu. Selain harganya yang murah pisang juga mudah diproduksi dan memiliki banyak nilai gizi (Setiawan, 2016).

Kelompok tanaman pisang ditempatkan dalam genus *Ensete* dan *Musa* Famili Musaceae dan Ordo Zingiberales. Genus terbagi menjadi 5 pembagian nama yaitu *Callimusa* Cheesman dan *Australimusa* Cheesman, *Eumusa* Cheesman dan *Rhodochlamys* (S. Schauer) Cheesman, dan *Incertae sedis* yang disebut pula *Musa ingens* N.W. Simmonds, yaitu spesies di dataran tinggi Papua Nugini (Singh, dkk., 2015). Diperkirakan terdapat 70 spesies dan lebih dari 1000 kultivar yang ada di dunia (INIBAP, 2006; Hakkinen, 2007). Berdasarkan kode internasional tanaman budidaya, kategori dasar pada tanaman budidaya adalah kultivar. Kategori dasar yang di maksud disini adalah tingkat takson di bawah spesies (Brickell dkk., 2009). Keragaman pisang dapat terjadi apabila antar individu terdapat kedekatan sifat genetik atau evolusi akibat mutasi ataupun persilangan alami (Jumari dan Pudjoarinto, 2000). Hubungan kekerabatan terdiri dari kekerabatan fenetik dan kekerabatan filogenetik.

Klasifikasi dan nomenklatur pisang telah lama menjadi permasalahan di kalangan peneliti. Permasalahan berawal dari pengelompokan pisang oleh Karl Linnaeus, bapak nomenklatur botani modern. Pengelompokan dibedakan menjadi dua yaitu *Musa paradisiaca* Linn. (Pisang olahan) dan *Musa sapientum* Linn. (Pisang segar). Permasalahan lain yang sering muncul pada taksonomi pisang di Asia Tenggara adalah banyaknya nama kultivar dan

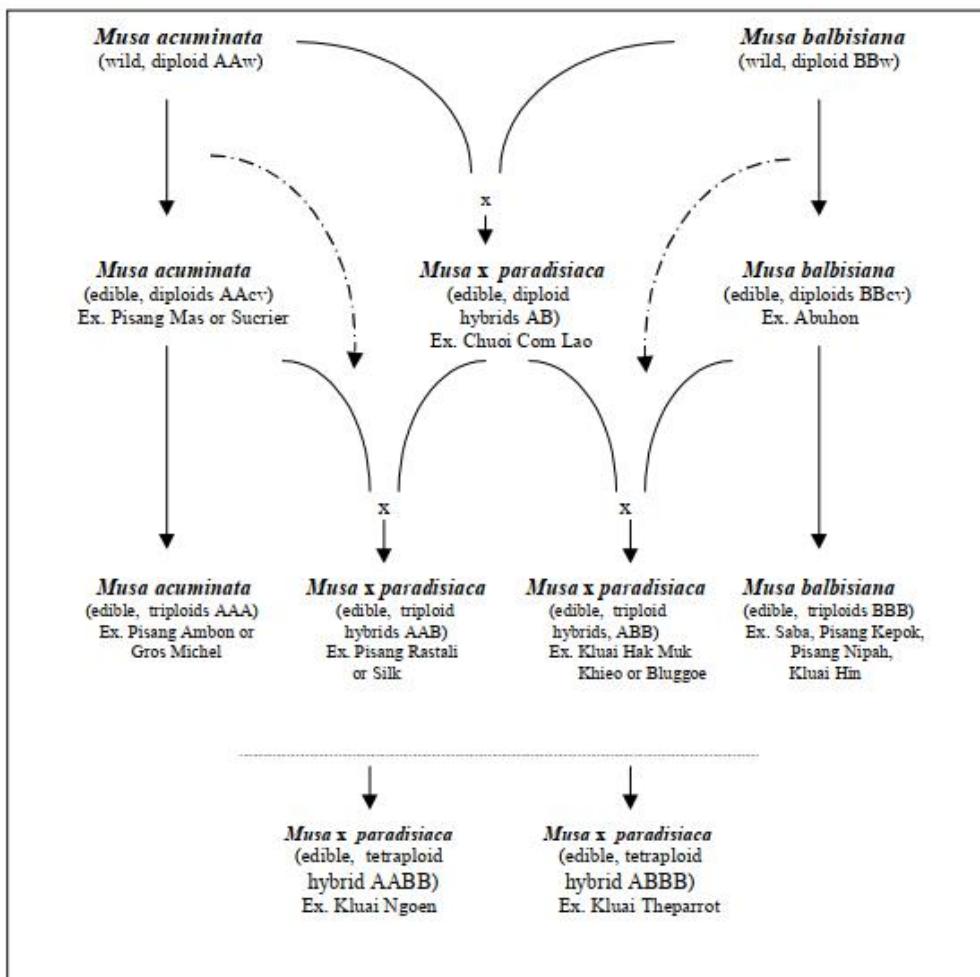
sinonim dari berbagai macam bahasa dan dialok di daerah-daerah. Akhirnya, kultivar yang sama diketahui dengan nama yang berbeda di negara yang berbeda. Sebaliknya, kultivar yang berbeda dapat disebut kultivar yang sama pada beberapa daerah (Valmayor, dkk., 2000; Deepthi, 2016).

Musa paradisiaca Linn. merupakan nama ilmiah pertama buah pisang. Publikasi pada tahun 1753 oleh Linnaeus dalam bukunya *Species Plantarum*, yang merupakan asal usul penamaan dalam botani modern. Klasifikasi *M.paradisiaca* L. didasarkan pada pertumbuhan bantalan pisang yang tumbuh panjang dan ramping yang tetap bertepung meskipun sudah matang. Pisang dalam klasifikasi ini harus dimasak terlebih dahulu untuk mengonsumsinya. Pada tahun 1959, Linnaeus mempublikasikan *Musa sapientum* Linn. dalam *Systema Nature*. Penamaan tersebut menjelaskan pisang yang dapat dikonsumsi meskipun tanpa dimasak/ pisang segar. Kedua klasifikasi diatas dapat diterapkan dengan baik di Amerika Latin dan Afrika Barat. Namun, menimbulkan kebingungan ketika diterapkan di kawasan Asia Tenggara (Valmayor, dkk., 2000).

Banyaknya keanekaragaman pisang menyebabkan klasifikasi Linnaeus tidak dapat diterapkan karena perbedaan morfologi bahkan jauh dari klasifikasi *M.paradisiaa* L. dan *M.sapientum* L. Langkah yang dilakukan para ahli taksonomi untuk mengatasi kekayaan keanekaragaman plasma nutfah, digunakanlah nama deskriptif seperti *M.nana* Lour. untuk pisang Dwarf Cavendish, *M.rubra* Firming. Von Wall. untuk pisang merah, *M.corniculata* Lour. untuk pisang raja tanduk, dan lain sebagainya. Situasi baru bisa diatasi setelah Cheesman (1948) dan Simmonds dan Shepherd (1955) menjelaskan asal usul pisang dan mengusulkan skema klasifikasi (Valmayor, dkk., 2000).

Simmonds dan Sheperd melakukan penelitian sitotaksonomi, dan menemukan bahwa klasifikasi Linneaus berdasarkan pada kultivar hibrida. Simmonds dan Sheperd menjelaskan bahwa pisang yang dapat dikonsumsi berasal dari dua spesies liar yaitu, *M.acuminata* Colla dan *M.balfisiana* Colla yang bersifat endemik di kawasan Asia Tenggara. Cheesman mengusulkan pengelompokan nama dan sinonim pisang menjadi 3 berdasarkan ciri morfologinya. Kelompok pertama menunjukkan karakter dominan

M.acuminata sedangkan kelompok kedua menunjukkan karakter *M.balbisiana*. Kelompok ketiga memiliki karakter kedua nenek moyangnya dan dianggap sebagai hibrid alami (Simmond dan Sepherd, 1955; Valmayor, dkk., 2000; Silva dkk., 2009).



Gambar 2.1. Jalur Perkembangan Pisang
Sumber: Valmayor, dkk., 2000.

Pisang yang dikonsumsi adalah diploid yang mengalami evolusi melalui pengembangan sterilitas dan partenokarpi pada *M.acuminata*. Evolusi pisang dapat melalui seleksi yang dilakukan manusia, berbagai klon yang ditanam di Asia Tenggara. Kemudian melalui penelitian kromosom, kultivar triploid dikembangkan untuk mengembangkan buah tanpa biji. Triploid terbukti lebih kuat dan produktif dibandingkan dengan diploid. Sejak evolusi tersebut, pisang mengalami banyak perubahan karakteristik pada klon baru. Maka nama ilmiah *M.balfisiana* harus tetap dicantumkan pada hasil klon baru baik diploid maupun triploid. *M.balfisiana* dan *M.acuminata* mengalami persilangan dan

hibridisasi menghasilkan beberapa kombinasi baru baik diploid, triploid ataupun tetraploid (Valmayor, dkk., 2000).

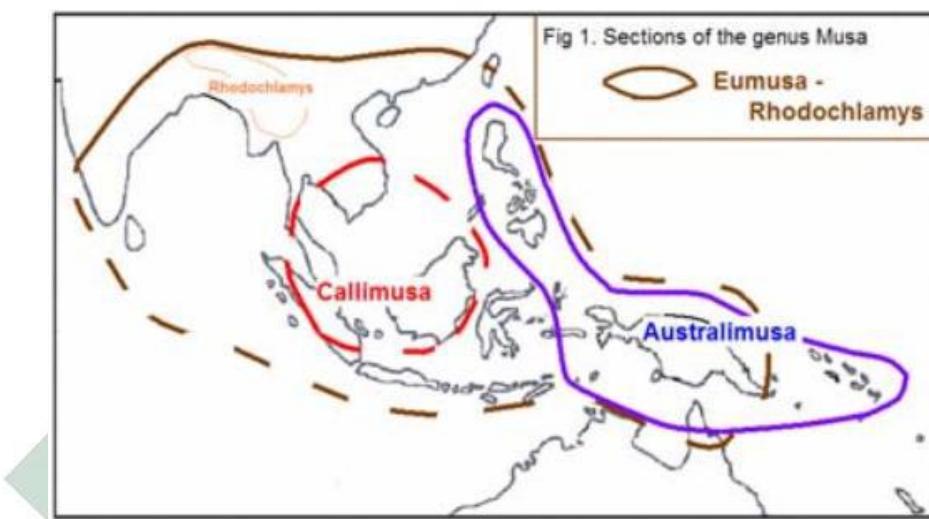
Kekhawatiran utama penggunaan *M.paradisiaca* dan *M.sapientum* adalah sifat hibridanya. Namun, menurut aturan *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants* (ICNCP), hibrid juga dapat diberi nama ilmiah. Namun, penamaan harus membawa awalan x untuk menunjukkan sifat hibrida dari spesies. Misalnya, *Musa x paradisiaca* Linn. harus digunakan karena binomial ini diterbitkan sebelum *M.sapientum* dan penamaan tersebut diakui sebagai jenis spesies pisang. *Musa x paradisiaca* berlaku untuk semua hibrida *M.acuminata* dan *M.balbisiana* tanpa memperhatikan komposisi genom masing-masing. Penamaan tersebut telah diakui oleh ICNCP (Valmayor, dkk., 2000; Deepthi, 2016).

2.2 Persebaran Pisang

Tumbuh di daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia, pisang secara botani diklasifikasikan sebagai buah beri. Jika dilihat dari asal katanya, kata pisang berasal dari kata Arab “Banan”, yang berarti jari (*National Geographic*, 2017). Keragaman genetik pisang memiliki struktur genom kompleks akibat adanya evolusi baik yang berasal dari persilangan sendiri, mutasi, ataupun seleksi manusia (Wahyuningtyas, dkk., 2009). Keragaman pisang dapat ditemukan dari pulau Sumatera hingga pulau Irian jaya. Pisang berkembang biak secara vegetatif namun keragaman pisang yang ada saat ini sangatlah luas. (Sari dan Badruzaufari, 2013; Sembiring, dkk., 2015).

Pisang adalah kekayaan tertinggi yang dimiliki wilayah Asia dan Pasifik. Hampir 25 spesies pisang menghuni hutan dan tersebar mulai dari India dan Pasifik, sepanjang utara Nepal dan meluas hingga Australia (INIBAP, 2006). Asia Tenggara merupakan pusat asal pisang tetapi budidaya telah menyebar ke seluruh daerah tropis dan sub-tropis di dunia (Lamare adn Rao, 2015). Setidaknya 3 tahun yang lalu pisang masuk di kawasan Afrika, kemudian dikembangkan oleh petani hingga mencapai 200 kultivar pisang yang tersebar di Afrika Timur, Afrika Barat, dan Afrika Tengah. Pisang masuk ke Amerika latin dan Caribbean setelah kedatangan Columbus (INIBAP, 2006). Asia

Tenggara sebagai pusat asal spesies *Musa*, yang dibawa pertama kali dari Papua Nugini ke India. Persebaran pisang dari Genus *Musa* berdasarkan section terbagi menjadi 3, yaitu Eumusa tersebar di India, Jepang, dan Samoa; Rhodochalmys terdapat di India dan Indonesia; Callimusa berada di kawasan Idochina dan Indonesia; dan Australimusa berada di kawasan Australia hingga Filipina. Sedangkan Genus *Ensete* terdapat di Papua Nugini dan di Afrika Barat (Deephti, 2016).



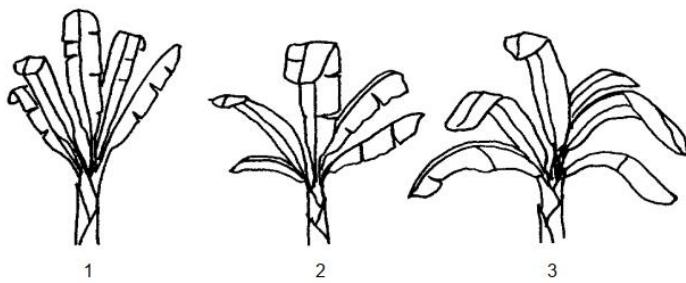
Gambar 2.2. Persebaran Pisang.
Sumber: INIBAP, 2006.

2.3 Morfologi Pisang

Morfologi pisang berdasarkan *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI) (1996) dan Ennos, dkk. (2000), adalah sebagai berikut:

2.3.1 Pertumbuhan Daun Pisang dan Kelainannya

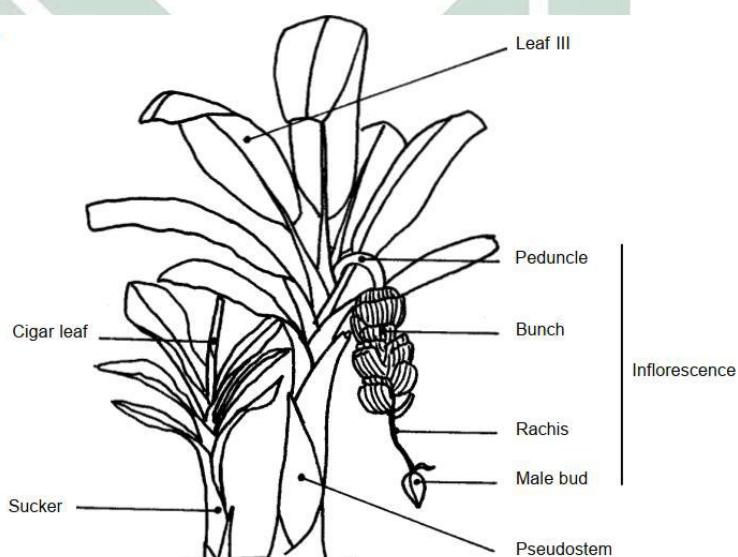
Pertumbuhan daun pisang dapat tegak (1), setengah tegak (2), jatuh/membelok kebawah (3) atau dapat menunjukkan morfologi selain ketiganya misalnya terkulai, dan lain sebagainya. Bentuk daun pada pohon pisang normalnya tidak saling tumpang tindih sedangkan daun yang mengalami kelainan, daun tumbuh dengan tumpang tindih.



Gambar 2.3. Arah tumbuh daun Pisang
Sumber: IPGRI, 1996.

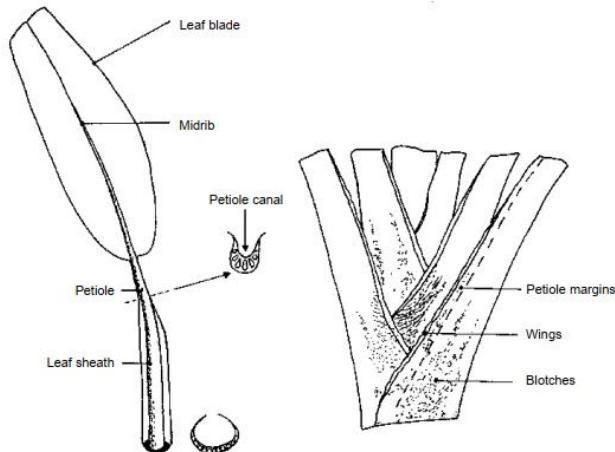
2.3.2 Batang semu

Batang semu pertumbuhan paling rendah kurang dari kurang dari 2 meter, normal pertumbuhan batang semu antara 2.1 sampai 2.9 m, dan pertumbuhan yang melebihi batas normal lebih dari 3 m. Bentuk batang semu terdiri atas 3 yaitu, ramping, normal dan sangat besar. Warna batang semu dan permukaan bawah bervariasi antar hijau-kuning, hijau sedang, hijau, hijau tua, hijau-merah, merah-ungu, biru dan lain sebagainya. Permukaan batang semu biasanya kusam (berlilin) atau tidak berlilin. Warna getah batang semu dapat berwarna bening hingga merah-ungu. Kandungan lilin pada selubung daun bisa sangat sedikit, sedikit, cukup sampai banyak lilin.



Gambar 2.4. Morfologi batang semu
Sumber: IPGRI, 1996.

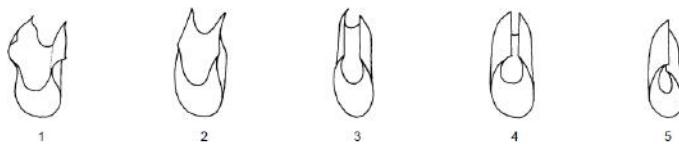
2.3.4 Tangkai daun, pelepah, dan daun



Gambar 2.5. Tangkai daun, pelepas dan daun

Sumber: IPGRI, 1996.

Berdasarkan bercak di dasar tangkai daun terdiri dari bercak jarang, kecil, besar, pigmentasi yang luas, tanpa pigmen, warna bercak beragam mulai coklat, coklat tua, coklat hitam, hitam ungu. Bentuk tangkai daun (Gambar 2.5) dapat berbentuk terbuka (1), lebar dan tegak (2), lurus dan tegak (3), melengkung ke dalam (4), tumpang tindih (5).



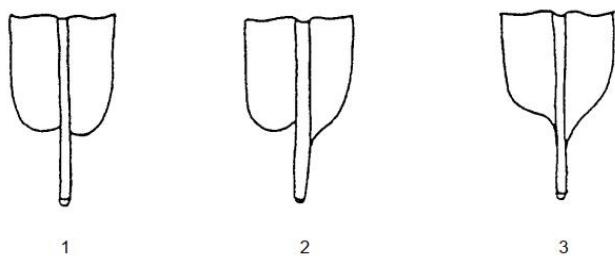
Gambar 2.6. Tangkai daun

Sumber: IPGRI, 1996.

Panjang tangkai daun bisa tumbuh antara 50 sampai dengan 71 cm. Panjang bilah daun pisang bisa mencapai lebih dari 261 cm, lebar bilah daun dapat tumbuh antara kurang dari 70 sampai lebih dari 91 cm dan rasio daun antara 2-3. Warna permukaan atas daun beragam mulai dari hijau-kuning, hijau sedang, hijau, hijau tua, merah-ungu, biru dan lain sebagainya.

Penampilan permukaan atas daun biasanya kusam atau berkilau. Warna permukaan bawah daun antara hijau-kuning, hijau sedang, biru, dan merah-ungu. Penampilan permukaan bawah daun dapat telihat kusam atau berkilat. Pada daun dapat dijumpai lilin dalam jumlah sangat sedikit, sedikit, sedang, hingga sangat banyak. Titik penyisipan daun pada tangkai daun bisa asimetris atau simetris. Bentuk dasar pangkal daun (Gambar 2.6) ada 3 yaitu

kedua sisi membulat (1), satu sisi bulat, satu sisi runcing (2), kedua sisi meruncing (3).

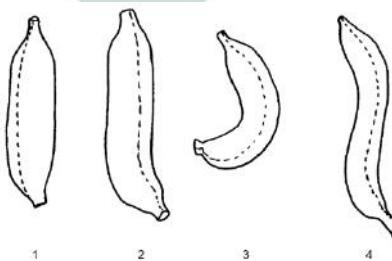


Gambar 2.7. Bentuk dasar pangkal daun
Sumber: IPGRI, 1996

Daun pisang memiliki kerutan di permukaannya yang terlihat halus, bergaris hingga bergelombang. Warna permukaan atas pelepas di antaranya kunig, hijau muda, hijau, meah muda-ungu, merah-ungu, ungu-biru dapat juga ditemukan warna lainnya. Warna permukaan ventral pelepas pada umumnya terlihat merah-ungu, merah muda-ungu, atau ungu-biru.

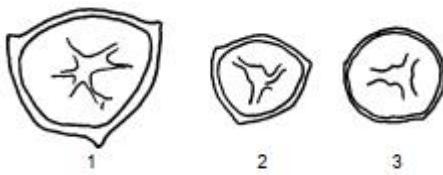
2.3.5 Buah

Buah pisang memiliki arah pertumbuhan yang beragam seperti melengkung ke arah tangkai, pararel dengan tangkai, melengkung ke atas, tegak lurus terhadap tangkai atau berbentuk liontin. Jumlah buah berkisar antara 12-17, panjang buah yang paling pendek 15 cm kebawah sedangkan yang paling panjang bisa lebih dari 31 cm. Bentuk buah pisang (Gambar 2.7.) beragam mulai dari lurus atau sedikit melengkung (1), lurus di bagian distal (2), hingga melengkung membentuk huruf S (3).



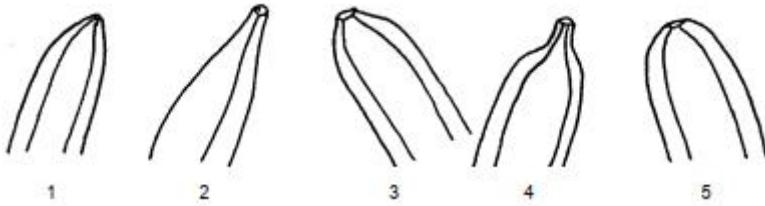
Gambar 2.8 Bentuk buah pisang
Sumber: IPGRI, 1996.

Bentuk buah melintang (Gambar 2.8.) dapat berbentuk bulat dengan ujung runcing (1), sedikit bergerigi (2), dan bulat (3).



Gambar 2.9. Bentuk irisan melintang buah pisang
Sumber: IPGRI, 1996.

Bentuk ujung buah pisang dapat dilihat pada gambar 2.10. Bentuk ujung buah seperti *pointer* (1), pointer sedikit panjang (2), tumpul (3), leher-botol (4), dan bulat (5). Ujung buah pisang bisa terdapat sisa-sisa bunga atau tidak tersisa.



Gambar 2.10. Bentuk ujung buah pisang
Sumber: IPGRI, 1996.

Panjang tangkai buah berukuran antara 10 sampai 21 mm, lebar tangkai daun berukuran <5 - >10 mm. Warna kulit buah sebelum matang sangat beragam antara lain kuning, hijau terang, hijau, hijau dan merah muda, merah atau ungu, silver, hijau tua, coklat, hitam atau bisa menunjukkan warna lainnya. Warna kulit saat masak yaitu, kuning, kuning cerah, orange, bintik abu-abu, coklat/coklat karat, orange-merah, merah atau merah muda/merah muda ungu, merah-ungu sampai hitam.

2.4 Kandungan dan Keunggulan Pisang

Pisang merupakan tanaman yang mudah ditanam pada kondisi lingkungan yang subur dan cerah. Pisang tumbuh subur pada kondisi hangat, pertumbuhan akan melambat jika suhu berada di bawah 60 derajat fahrenheit. Faktor cuaca juga mempengaruhi pertumbuhan pisang seperti angin kencang dan hujan lebat dapat menyebabkan kerusakan pada daun dan menumbangkan tanaman. Pertumbuhan pisang membutuhkan air yang banyak, jika kekurangan air maka pisang akan kekeringan dan tidak bisa tumbuh. Pisang tidak termasuk dalam buah musiman sehingga dapat menghasilkan buah sepanjang tahun.

Namun dalam pertumbuhannya, satu tanaman pisang hanya bisa berbunga dan berbuah satu kali. Berdasarkan intensitas tumbuhnya tersebut, pisang dapat dijadikan sumber pangan dalam setiap tahunnya terutama saat masa paceklik (Megia, 2000; FAO, 2002; Rahmawati dan Hayati, 2013).

Pisang merupakan sumber karbohidrat dan vitamin A, vitamin B, vitamin C, vitamin D, selain itu pisang juga mengandung natrium, kalsium, potassium, kalium dan magnesium. Buah pisang mudah dicerna, bebas dari lemak dan kolesterol (Kumar dkk., 2012; Lamare and Rao, 2015; Soorianathasundaram, dkk., 2016). Adanya karbohidrat yang tinggi tersebut, maka pisang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti beras khususnya di daerah rawan pangan (Nehda, dkk., 2017). Dalam satu buah pisang terkandung sekitar 22.84 g karbohidrat, 74.91 g air, 89 kcal, 1.09 g protein, total lemak 0.33 g, total serat makanan sebanyak 2,60 g. Vitamin yang terkandung di dalam buah pisang diantaranya vitamin C dalam jumlah yang paling besar, kemudian ada thiamin, riboflavin, niasin, asam pantotenat, vitamin B₆, folat, beta karoten, vitamin A, dan vitamin D. Sedangkan kandungan mineral dalam buah pisang di dominasi oleh potassium, selain itu terdapat pula kalsium, besi, magnesium, fosfor, sodium, seng, mangan selenium, fluorida, dan tembaga (Soorianathasundaram, dkk., 2016; Kookal dan Thimmaiah, 2018).

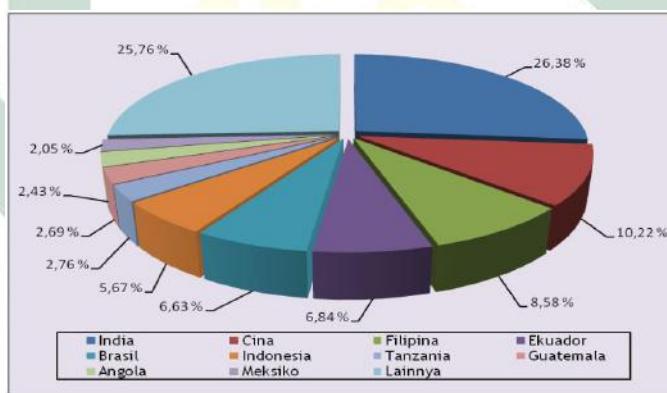
Pisang memiliki rasa yang enak, selain itu juga pisang mengandung gizi, vitamin, dan kalori yang bermanfaat untuk kesehatan (Notanubun dan Karuwai, 2014). Manfaat mengkonsumsi pisang bagi kesehatan diantaranya adalah menjaga usus yang sehat, memelihara kesehatan jantung, perlindungan terhadap stroke, perlindungan dari bisu, dapat meningkatkan mood, meningkatkan energi, mengurangi retensi air dan masih banyak lagi (kumar dkk., 2012). Pisang bernilai ekonomis yang tinggi di Indonesia dan merupakan tanaman serbaguna, mulai dari akar, batang, daun, bunga, buah hingga kulitnya dapat dimanfaatkan (Kasrina dan Anis, 2013).

2.5 Produksi dan Produktivitas Pisang

Pisang merupakan tanaman yang dibudidayakan lebih dari 150 negara dengan total produksi pada tahun 2012 sebanyak 140 ton dengan lebih dari

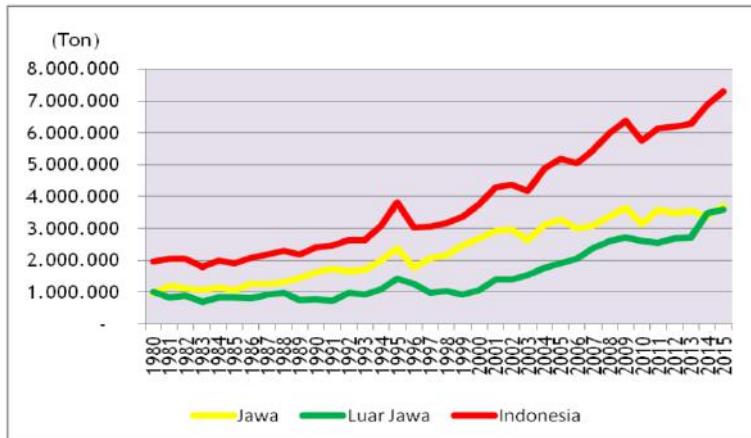
1000 varietas. Pisang merupakan komoditi terbesar keempat di negara berkembang sebagai pendukung makanan pokok (Ekasari, dkk., 2012; National; Sardos, dkk., 2016; Geographic, 2017). Pertumbuhan produksi pisang di dunia mengalami peningkatan yang cukup stabil setiap tahunnya yaitu sebesar 3,36% per tahun. Pertumbuhan produksi tersebut didukung oleh pertambahan luasnya panen yang meningkat pula setiap tahunnya.

Produksi pisang tertinggi terjadi pada tahun 2013 yang mencapai lebih dari 100.000.000 ton/tahun (Rohmah dkk., 2016). Angka tersebut diperkirakan akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya pula nilai permintaan dunia terhadap buah pisang. Seiring meningkatnya luas panen dan produksi pisang di dunia, perkembangan produktivitas pisang pun semakin meningkat. Berdasarkan data Kementerian Pertanian pada tahun 2016 tentang negara sentra produksi pisang di dunia, Indonesia menempati urutan ke enam dengan nilai produksi mencapai 5,67 % per tahun (Gambar 2.11.).



Gambar 2.11. Negara Sentra Pisang di Dunia Tahun 2009-2013
Sumber: Rohmah dkk., 2016.

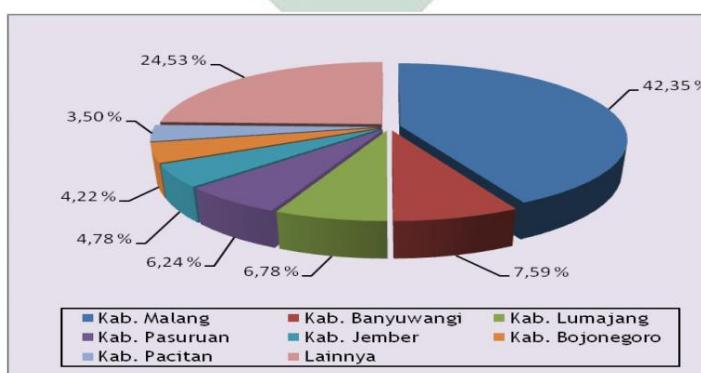
Pisang merupakan komoditas unggulan yang memberikan kontribusi besar terhadap produksi buah nasional (Notanubun dan Karuwai, 2014; Arifin, dkk., 2017). Produktivitas pisang di Indonesia cukup tinggi jika dibandingkan dengan sumber karbohidrat lain (Nehda, dkk., 2017). Perkembangan produksi pisang di Indonesia pada periode 1980-2015 mengalami fluktuasi. Rata-rata pertumbuhan pisang setiap tahunnya sebesar 4,04% dan terus meningkat hingga mencapai 4,92% dari tahun 2011-2015. Total produksi pisang di Indonesia pada tahun 2015 sebesar 7,3 ton/tahun (Rohmah, 2016).



Gambar 2.12. Perkembangan Produksi Pisang di Indonesia Tahun 1980-2015
Sumber: Rohmah dkk., 2016.

Produksi pisang di Indonesia mengalami penurunan pada tahun 2016 sebesar 0,3 % dari tahun 2015 (Suwandi, 2017).

Komoditas pisang di Indonesia cenderung mengalami fluktuasi produktivitas. Rata-rata pertumbuhan sebesar 6,58% per tahun. Pulau Jawa menempati urutan pertama sebagai daerah penghasil pisang dibandingkan di Luar Jawa. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa hal perbedaan diantaranya perbedaan kesuburan tanah dan ketersediaan sarana produksi. Sarana produksi yang dimaksud berupa teknologi dan informasi budidaya pisang yang relatif mudah dijangkau di Pulau Jawa (Setiawan, 2016). Rata-rata produksi pisang selama tahun 2011-2015 menunjukkan ada 11 provinsi sentra produksi pisang di Indonesia yang memberikan kontribusi mencapai 88,07 %. Provinsi Jawa Timur memberikan kontribusi tertinggi yaitu 21,87% yang berasal dari 7 Kabupaten (Gambar 2.13.) (Rohmah, 2016).



Gambar 2.13. Sentra Produksi Pisang di Jawa Timur
Sumber: Direktorat Jenderal Hortikultura, diolah Pusdatin.

Kabupaten Lumajang sebagai salah satu sentra produksi pisang di Jawa Timur menempati urutan ketiga dan menyumbang nilai produksi sebesar

6,78% setiap tahunnya. Lumajang dikenal sebagai salah satu lumbung pangan/padi di Propinsi Jawa Timur. Salah satu produk unggulan Lumajang ada hasil produksi buahnya seperti buah pisang. Angka produksi pisang di Kabupaten Lumajang sendiri pada tahun 2015 sebesar 1.106.506 Kw dan nilai produktivitas sebesar 233.43 Kw/Ha. Nilai produksi tersebut mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya yaitu sebesar 0,17 % (Setiawan dkk., 2016).

2.6 Karakterisasi Molekular

Karakterisasi molekular merupakan salah satu langkah untuk melakukan analisis molekular terhadap sampel target. Karakter molekular memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan karakter morfologi. Karakter molekular lebih bersifat stabil terhadap perubahan lingkungan. Berbeda dengan karakter morfologi yang terkadang bersifat plastis karena faktor lingkungan (Ahmad, 2013). Adapun langkah-langkah karakterisasi molekular adalah sebagai berikut:

2.6.1 Isolasi DNA

Isolasi DNA tumbuhan dapat menggunakan beberapa metode. Metode pertama, sel-sel tanaman dilisiskan dengan detergen ionik, diolah dengan protease dan dimurikan dengan sentrifugasi. Metode kedua menggunakan deterjen nonionik *cetyltrimethylammonium bromide* (CTAB) untuk melisiskan sel dan memurnikan asam nukleat. Asam nukleat diperoleh dari presipitasi isopropanol atau etanol. Metode pertama melalui proses yang cukup panjang dan menghasilkan asam nukleat yang sangat murni. Metode kedua membutuhkan beberapa optimasi tetapi tetap cocok digunakan dalam isolasi dan lebih banyak digunakan karena bersifat fleksibel. Sampel baiknya diletakkan di tempat gelap selama 1 sampai 2 hari untuk mengurangi kandungan pati dalam jaringan. Sampel diambil dari tumbuhan yang lebih muda karena memiliki kandungan polisakarida yang lebih rendah sehingga memberikan kualitas dan hasil DNA yang lebih baik daripada tumbuhan tua (Ausubel, dkk., 2003; Saravanaperumal and Terza, 2012).

Prinsip dasar isolasi DNA yaitu dengan memecah dan mengekstraksi jaringan sehingga akan terbentuk sel yang terdiri dari sel-sel jaringan, DNA, dan RNA. Eksrak tersebut kemudian dipurifikasi dan menghasilkan pelet sel yang mengandung DNA/RNA. Tahapan Isolasi DNA terdiri dari Isolasi sel, lisis dinding dan membran sel, ekstraksi dalam larutan, purifikasi, dan presipitasi. Tahapan penting isolasi DNA ada 2, yaitu sentrifugasi dan presipitasi. Sentrifugasi merupakan pemisahan substansi berdasarkan berat jenis molekul, pada tahap ini akan menghasilkan dua fase, yaitu molekul yang lebih berat akan berada di dasar dan molekul yang lebih ringan berada di bawah (Faatih, 2009).

2.6.2 Polymerase Chain Reaction (PCR)

PCR adalah metode enzimatik *in vitro* untuk menghasilkan fragmen DNA spesifik dalam jumlah besar dengan panjang dan sekuens yang telah ditentukan. PCR adalah prosedur cepat untuk amplifikasi enzimatik *in vitro* dari sekuen spesifik. PCR merupakan satu metode yang kuat dan sensitif dalam berbagai analisis molekular seperti biologi molekular, diagnostik, genetika populasi dan analisis forensik (Anggereini, 2008; Joshi dan Deshpande, 2010; Atawodi, dkk., 2010).

Komponen utama Amplifikasi DNA adalah templat DNA, sepasang primer dan DNA *polymerase*. Selain itu terdapat komponen pendukung yaitu *deoxynucleotida Triposphat* (dNTP), kofaktor MgCl₂, larutan buffer dan air (Handoyo dan Rudiretna, 2000; Nicholl, 2008).

a. Template DNA

Template DNA merupakan target cetakan untuk pembentukan molekul DNA baru. Template DNA dapat berupa DNA kromosom, DNA plasmid atau fragmen DNA (Handoyo dan Rudiretna, 2000).

b. Primer

Primer memiliki peran yang sangat penting karena proses PCR bergantung pada primer yang digunakan. Konsentrasi primer bervariasi mulai dari 1.0 hingga 25 pmoles untuk setiap reaksi PCR, sesuai dengan kebutuhan (Walker and Rapley, 2008).

c. DNA *polymerase*

DNA polymerase adalah enzim monomer dengan berat molekul 94 kDa yang diisolasi dari bakteri *Thermus aquatus*. Suhu optimumnya adalah rentang 72 - 74° C dengan aktivitas eksonuklease 5' ke 3' tetapi tidak sebaliknya. Oleh sebab itu, jika basa yang dimasukkan tidak sesuai maka target DNA yang diharapkan tidak akan muncul. Setiap satu reaksi PCR rata-rata mengandung 0,8 – 1,0 unit DNA polimerase (Reece, 2004; Walker and Rapley, 2008).

d. Deoxynucleotida Trifosfat (dNTP)

dNTP tersusun atas beberapa campuran yaitu, deoksiadenosin trifosfat (dATP), deoksitimidin trifosfat (dTTP), deoksisitidin trifosfat (dCTP), dan deoxiguanosin trifosfat (dGTP). dNTP berfungsi sebagai *building block* DNA yang diperlukan dalam proses *extention*. dNTP menempel pada gugus –OH ujung 3' dari primer membentuk untai baru yang komplementer dengan untai templat DNA (Handoyo dan Rudiretna, 2000).

e. Larutan Buffer dan MgCl₂

Larutan buffer berfungsi untuk menstabilkan pH saat PCR berlangsung (pH medium). Ion Mg berperan sebagai kofaktor yang menstimulasi aktivitas DNA polimerse. Konsentrasi MgCl₂ yang berbeda dapat mempengaruhi jumlah dan intensitas untai DNA. Optimasi keduanya dibutuhkan untuk spesifitas hasil PCR (Handoyo dan Rudiretna, 2000; Walker and Rapley, 2008).

Dalam aplikasinya, PCR memiliki 3 tahapan utama (Gambar 2.14.) yaitu *denaturation*, *annealing*, dan *extension* (Joshi dan Deshpande, 2010).

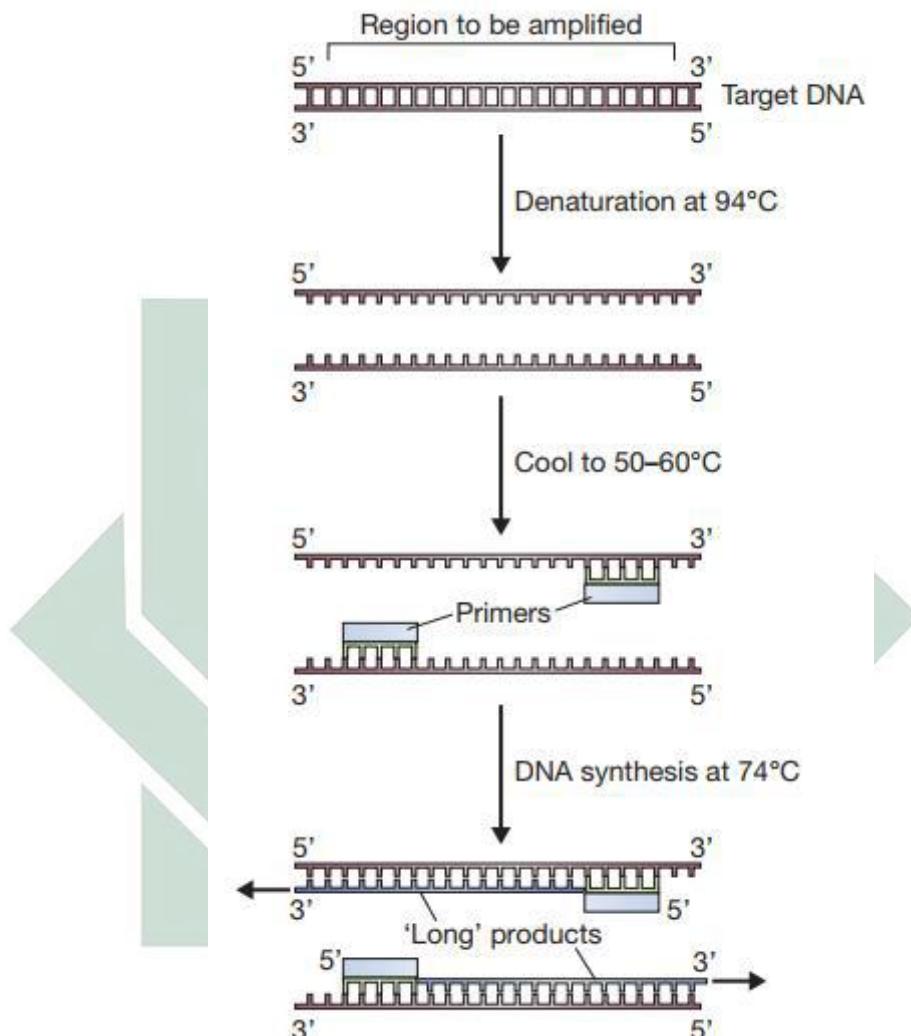
a. Denaturation

Amplifikasi dimulai dengan untaian ganda DNA yang dipisahkan menjadi untai tunggal dengan pemanasan suhu sekitar 92-95° C selama 5 menit (Hartwell, dkk., 2008; Snustad and Simmons, 2012).

b. *Annealing*

Tahap kedua suhu akan turun hingga 30-60° C selama 30 detik untuk penempelan primer oligonukleotida terhadap pasangan basa

komplementernya pada untaian tunggal DNA. Setiap sampel memiliki suhu dan waktu yang berbeda-beda yang bergantung pada panjang dan rasio sekuen primer (Hartwell, dkk., 2008; Pierce, 2012; Snustad and Simmons, 2012).



Gambar 2.14. Tahapan PCR
Sumber: Brown, 2010.

c. Extension

Tahap ini merupakan tahap pemanjangan ikatan yang telah dibentuk oleh primer dan untai DNA tunggal dengan bantuan enzim *Taq polymerase*. Enzim ini akan bekerja dengan baik pada suhu 72° C untuk 1-5 menit (bergantung pada target panjang sekuen) (Hartwell, dkk., 2008; Snustad and Simmons, 2012).

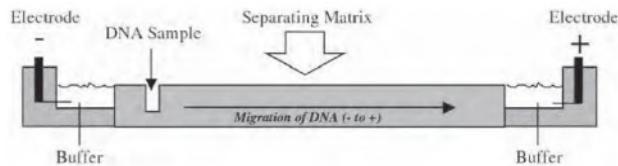
Penggunaan PCR yang sangat luas memunculkan variasi metode yang baru. Diantaranya *Allele-Specific* PCR (AS-PCR), Assembly (*Polymerase Cycling Assembly of PCA*) PCR, Asimetric PCR, *Co-Amplification at Lower Denaturation Temperature* (COLD)-PCR, Colony PCR, Digital PCR (dPCR), High Fidelity PCR, Hot Start/cold finish PCR, Inverse PCR, Multiplex PCR, dan masih banyak variasi PCR yang lain (Patel, dkk., 2015).

2.6.3 Elektroforesis

Elektroforesis gel agaros adalah metode sederhana dan sangat efektif untuk memisahkan, mengidentifikasi, dan memurnikan fragment DNA. Elektroforesis dapat digunakan untuk analisis atau preparasi dan juga bisa digunakan untuk analisis kualitatif atau kuantitatif. Metode yang mudah dan paling banyak digunakan adalah elektroforesis dalam gel agarose horizontal. Pewarnaan DNA saat visualisasi menggunakan ethidium bromida alternatif pewarna lain seperti SYBRGreen atau Gelstar, yang memiliki sensitivitas yang serupa dan tidak telalu berbahaya digunakan. Zat warna ini nantinya akan berikatan dengan DNA dengan memasukkan antara pasangan basa dan akan membiasakan warna orange/ merah yang kuat ketika disinari sinar UV (Sambrook and Russel, 2001; Ausubel, dkk., 2003; Walker and Rapley, 2008).

Protokol elektroforesis dibagi menjadi 3 tahap: (1) pembuatan gel agarose sesuai ukuran fragmen yang diharapkan. Gel agaros dapat digunakan untuk memisahkan molekul lebih dari 100 pasang basa. Gel agaros dimasukkan ke dalam tangki elektroforesis dengan menambahkan buffer; (2) Gel diletakkan diantara dua elektroda dalam tangki. Sampel DNA dimasukkan ke dalam sumur dan dijalankan dengan tegangan dan waktu tertentu. Loading dye ditambahkan dalam sampel sebelum dimasukkan kedalam sumur. Buffer tersebut bertujuan untuk meningkatkan kepadatan sampel, memastikan dengan baik bahwa DNA sudah tenggelam di dasar sumur, dan menambah warna pada sampel (Sambrook and Russel, 2001). Aliran arus listrik antara elektroda menyebabkan DNA bermigrasi keluar dari sumuran gel, tetapi tetap bergerak lurus sesuai dengan sumurannya masing-masing; dan (3) gel diwarnai dengan ethidium bromida atau jika

sudah, divisualisasikan langsung dibawah sinar UV. (Walker and Rapley, 2008; Ausubel, dkk., 2003).



Gambar 2.15. Skema elektroforesis dengan gel horizontal
Sumber: Walker and Rapley, 2008.

2.7 Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)

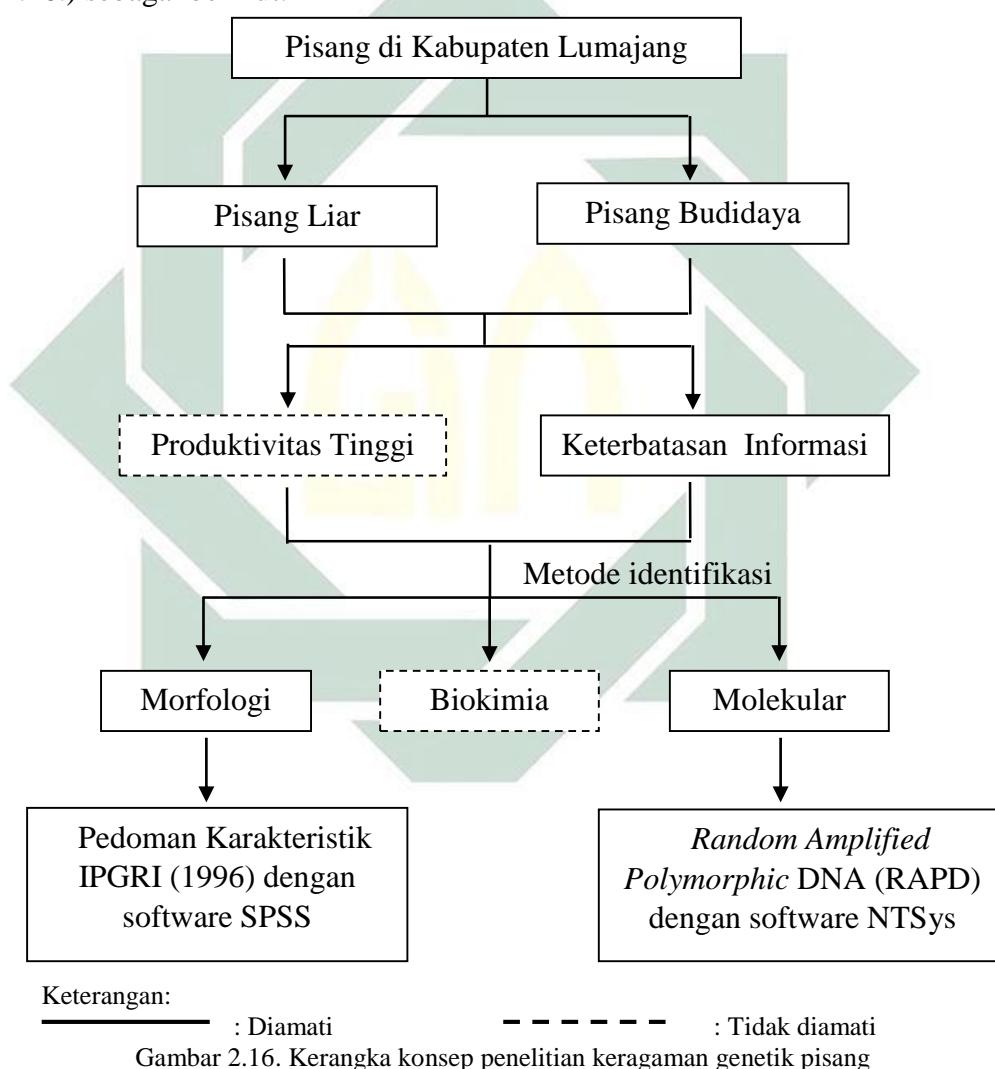
Keanekaragaman genetik terjadi jika ada perubahan nukleotida penyusun DNA. Perubahan tersebut dapat terjadi akibat adanya mutasi, rekombinasi, atau migrasi gen. RAPD berguna dalam analisis perbedaan genotip normal dan abnormal, berdasarkan perbedaan pada pita DNA yang dapat teramplifikasi dengan random primer (Sembiring, dkk., 2015). *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) atau *arbitrary primed PCR* (AP-PCR) atau *Amplification Fingerprinting* (DAF) adalah metode PCR yang relatif cepat, mudah dilakukan, murah dan sensitif yang memungkinkan identifikasi dalam jumlah besar tanpa mengetahui DNA target terlebih dahulu. RAPD adalah salah satu teknik PCR yang menggunakan primer komplementer untuk menempel pada random target pada genom, metode ini juga disebut dengan arbitrary PCR. RAPD digunakan untuk menganalisis variasi genetik. RAPD dapat digunakan pada banyak organisme karena memiliki set primer universal yang dapat digunakan tanpa mengetahui informasi sekuen diawal analisis. (Randriani, dkk., 2012; Guasmi dkk., 2012; Bharti dan Vijaya, 2013; Petrovicova dkk., 2014).

RAPD telah berhasil digunakan untuk mendeteksi similaritas atau disimilaritas genetik pada material sedikit dari berbagai macam tumbuhan. Teknik ini dikembangkan untuk pemetaan genetik, sidik jari, dan secara luas digunakan dalam analisis polimorfisme antar populasi baik interspesifik maupun intraspesifik, pemetaan pada tipe populasi yang berbeda, hubungan kekerabatan antar genotip, identifikasi varietas dan aplikasi pada beberapa identifikasi dan analisis garis keturunan. RAPD merupakan salah satu metode yang efektif digunakan dalam analisis genetik hubungan filogenetik antar

spesies (Walker and Rapley, 2008; Randriani, dkk., 2012; Petrovicova dkk., 2014). RAPD menggunakan oligonukleotida dengan ukuran yang pendek, biasanya berukuran 10 bp dengan bantuan PCR. Hasil amplifikasinya bisa ditemukan pada kisaran ukuran DNA 0,1 dan 3 kb (Agisimanto, dkk., 2007; Anggereini, 2008; Guasmi *et al.*, 2012; Bharti dan Vijaya, 2013).

2.8 Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini digambarkan pada bagan (Gambar 2.16.) sebagai berikut:



Gambar 2.16. Kerangka konsep penelitian keragaman genetik pisang

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian observasional analitik dengan menyajikan data kualitatif dan kuantitatif. Observasi yang dilakukan bersifat eksploratif dan melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif. Rancangan pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap. Melakukan uji pada hasil observasi lapangan di laboratorium untuk mengetahui keragaman genetik. Penelitian ini menggunakan sampel pisang dari Kabupaten Lumajang untuk mengetahui keragaman genetik dengan teknik *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu

Penelitian ini berlangsung selama 7 bulan yaitu bulan Januari 2019 hingga Juli 2019 yang tersaji pada tabel 3.1. dibawah ini:

Tabel 3.1. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Pengajuan Judul dan Penyusunan Proposal Penelitian							
2	Seminar Proposal Penelitian							
3	Penelitian di Lapangan							
4	Penelitian di Laboratorium							
5	Analisis Data							
6	Penyusunan Draft Skripsi							
7	Seminar Hasil Penelitian							

3.2.2 Tempat

Penelitian dilakukan dengan dua tahap yaitu yang pertama adalah pengamatan fenotip dan pengambilan sampel dilakukan di Kabupaten Lumajang (Kecamatan Pasrujambe, Senduro dan Candipuro). Kemudian

yang kedua adalah analisis molekular dilakukan di Laboratorium Genetika, Laboratorium Terintegrasi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alat untuk observasi lapangan dan analisis di dalam laboratorium. Alat yang digunakan saat observasi lapangan adalah *Global Positioning System* (GPS), penggaris, gunting, pisau, tabel skoring (tabel karakter), rafia, *Colour chart*/penentuan warna RGB (*Red-Green-Blue Index*), alat tulis dan kamera. Alat yang digunakan dalam analisis di dalam laboratorium adalah neraca analitik METTLER TOLEDO, mortar dan alu, spatula, erlenmeyer AGC IWAKI, gelas beker AGC IWAKI, gelas ukur GCS IWAKI, mikropippet BioPette^{PLUS}, tube 1.5 ml Thermo Scientific, minitube Thermo Scientific, rak tube, *disposable tips* dan rak tips, autoklaf HIRAYAMA, *waterbath* Clifton, vortex Thermo SCIENTIFIC, *magnetic stirrer* Thermo SCIENTIFIC, *centrifuge* Thermo SCIENTIFIC, freezer Thermo SCIENTIFIC, kulkas Thermo SCIENTIFIC, spektrofotometer BioDrop, thermocycler MULTIGENE OPTIMAX, elektroforesis *Mupid®-2plus*, *laminar Air flow* Thermo SCIENTIFIC, UV *Transluminator* ENDURO™ GDS, spatula kaca, lateks, kamera dan alat tulis.

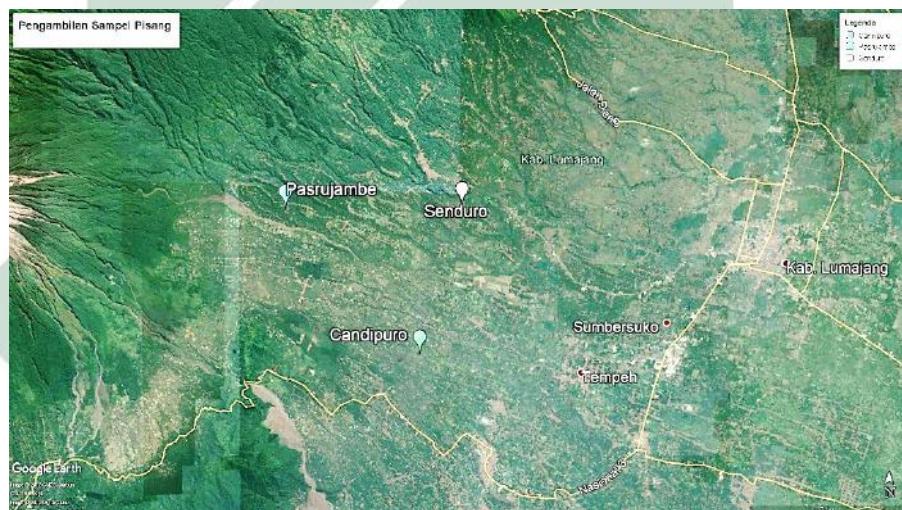
3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kertas label, kantong plastik, anti jamur, daun pisang muda, kertas aluminum foil, *lysis Buffer A*, *lysis Buffer B*, RNase A, *precipitation Solution*, gDNA *Binding Solution*, etanol 96%, *wash Buffer I*, *wash Buffer II*, *elution Buffer*, green taq, *Nuclease Free Water* (NFW), pimer RAPD, agarose, *Tris Acetat EDTA* (TAE), cyber green, loading dye, DNA Marker 1000bp Ladder, aquades, alkohol 70% dan tissue.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan dan Pengambilan Sampel Pisang

Pengambilan data fenotip diambil di 3 kecamatan yaitu: Kecamatan Pasrujambe, Senduro dan Candipuro. Pada penelitian ini menggunakan sampel daun pisang muda untuk dilakukan analisis molekular. Daun pisang diambil dan dimasukkan kedalam kantong plastik. Keterangan pengambilan seperti posisi pengambilan, tanggal dan kode sampel dimasukkan ke dalam plastik. Sampel penelitian setiap kecamatan diamati setiap kultivar pisang dan diambil sampel daun untuk dianalisis di laboratorium Genetika, Laboratorium Terintegrasi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.



Gambar 3.1. Peta Pengambilan Sampel Pisang
Sumber: Google Earth, 2019

3.4.2 Karakterisasi Fenotip

Identifikasi karakter fenotip dengan menggunakan metode eksplorasi berdasarkan panduan pedoman karakteristik dari IPGRI (*International Plant Genetic Resources Institute*) (IPGRI, 1996; Notanubun dan Karuwai, 2014). Sampel pisang yang digunakan berada di 3 lokasi. Pengamatan dilakukan ketika tanaman telah dewasa atau berbuah. Sedikitnya harus ada tiga tanaman yang tumbuh berdekatan dalam pengamatan (INIBAP, 2000). Pengamatan fenotip dapat dilakukan di lapangan tempat sampel tumbuh. Adapun karakter yang diamati terbagi menjadi 2 yaitu karakter kualitatif dan karakter kuantitatif yang tersaji pada tabel 3.2. dan 3.3. di bawah ini:

Tabel 3.2. Karakter Fenotip Kualitatif Berdasarkan IPGRI

Bagian Tubuh	Karakter	Keterangan
Perawakan	Ketegakan daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tegak 2. Sedang 3. Merunduk 4. Lain-lain
	Kecacatan tumbuh	<ol style="list-style-type: none"> 1. Normal 2. Cacat
Batang	Warna batang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hijau-kuning 2. Hijau sedang 3. Hijau 4. Hijau gelap 5. Hijau-merah 6. Merah 7. Merah-ungu 8. Biru 9. <i>Chimerical</i> 10. Lain-lain
	Permukaan batang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kusam (berlilin) 2. licin (tidak berlilin)
	Warna getah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seperti air 2. Seperti susu 3. Merah-ungu 4. Lain-lain
	Lilin pada selubung daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sangat sedikit atau hampir tidak terlihat 2. Sangat sedikit 3. Sedang 4. Banyak
Daun	Bercak di luar tangkai daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jarang 2. Kecil 3. Pigmentasi luas 4. Tanpa pigmentasi
	Warna bercak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coklat 2. Coklat tua 3. Coklat-hitam 4. Hitam-ungu 5. Lain-lain
	Bentuk saluran tangkai daun III	<ol style="list-style-type: none"> 1. Margin terbuka 2. Lebar dan tegak 3. Lurus dan tegak 4. Melengkung ke dalam 5. Tumpang tindih
	Margin tangkai daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ada 2. Sedikit 3. Tidak ada
	Tipe sayap daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kering 2. Tidak kering
	Warna margin tangkai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hijau 2. Pink-ungu hingga merah 3. Ungu to biru 4. Lainnya
	Tepi margin daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tanpa warna 2. Berwarna

Bagian Tubuh	Karakter	Keterangan
Daun	Warna permukaan atas daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hijau-kuning 2. Hijau sedang 3. Hijau 4. Hijau tua 5. Hijau tua dengan bercak/bintik merah ungu 6. Biru 7. Lainnya
	Tampilan permukaan atas daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kusam / 2. Berkilau (licin)
	Warna permukaan bawah daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hijau-kuning 2. Hijau sedang 3. Hijau 4. Hijau tua 5. Biru 6. Merah-ungu 7. Lainnya
	Tampilan permukaan bawah daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kusam 2. Berkilat
	Lilin pada daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sangat sedikit hampir tidak ada 2. Sedikit 3. Sedang 4. Banyak
	Titik penyisipan bilah daun pada tangkai daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Simetris / 2. Asimetris 2. Asimetris
	Bentuk dasar pangkal daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kedua sisi membulat 2. Satu sisi membulat, satu sisi meruncing 3. Kedua sisi meruncing
Jantung Pisang	Warna tangkai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hijau cerah 2. Hijau 3. Hijau tua 4. Merah atau pink/ungu 5. Bercak/bintik ungu-coklat sampai biru 6. Lainnya
	Tangkai berambut	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak berambut 2. Sedikit berambut 3. Berambut pendek 4. Berambut (>2 mm)
	Tipe rakis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pendek 2. Ada dan tetap panjang
	Posisi rakis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vertikal ke bawah 2. Berdempatan dengan batang 3. Melengkung 4. Horizontal 5. Tegak lurus
	Tipe ujung tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Normal 2. Degenerasi sebelum dewasa 3. Tidak ada
	Bentuk ujung tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Like a top</i> 2. Lanset 3. Sedang 4. Bujur telur 5. Membulat

Bagian Tubuh	Karakter	Keterangan
Jantung pisang	Bentuk dasar tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tepi sempit 2. Sedang 3. Tepi lebar
	Bentuk ujung tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meruncing 2. Sedikit meruncing 3. Sedang 4. Tumpul 5. Tumpul dan membelah
	Warna permukaan luar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kuning 2. Hijau 3. Merah 4. Merah-ungu 5. Ungu-coklat 6. Ungu 7. Biru 8. Pink-ungu 9. Orange-merah 10. Lainnya
	Warna permukaan dalam	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hampir putih 2. Kuning or hijau 3. Orange merah 4. Merah 5. Ungu 6. Ungu-coklat 7. Pink-ungu 8. Lainnya
	Warna ujung tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ada bercak kuning 2. Tidak ada bercak kuning
	Warna <i>stripes</i> pada ujung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak berubah 2. Berubah
	Bekas braktea pada rakis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sangat terlihat 2. Tidak terlihat
	Pudarnya warna pada dasar tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Warna tidak sampai pada ujung tunas 2. Warna Homogen (tetap ada hingga ujung tunas)
Buah	Bentuk buah (longitudinal)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lurus 2. Lurus di bagian tengah 3. Seperti kurva 4. Seperti kurva seperti huruf S 5. Lain-lain
	Bentuk ujung buah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meruncing 2. Panjang meruncing 3. Berujung tumpul 4. Seperti leher botol 5. Membulat
	Sisa bunga di ujung buah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak ada 2. Ada 3. Sedikit pada dasar ujung buah
	Permukaan tangkai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tanpa rambut 2. Berambut

Tabel 3.3. Karakter Fenotip Kuantitatif Berdasarkan IPGRI

Bagian Tubuh	Karakter	Keterangan
Batang	Tinggi batang semu	<ol style="list-style-type: none"> 1. < 2 m 2. 2.1 – 2.9 m 3. > 3 m
	Jumlah Anakan	Dihitung apabila tinggi > 30 cm
	Pertumbuhan anakan	<ol style="list-style-type: none"> 1. lebih tinggi dari induk 2. lebih dari $\frac{3}{4}$ tinggi induk 3. ntara $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ dari tinggi induk 4. tidak tumbuh
	Letak anakan dari induk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jauh dari induk (> 50 cm dari induk) 2. Dekat dengan induk 3. Dekat dengan induk (berdempatan)
Daun	Lebar margin tangkai	<ol style="list-style-type: none"> 1. <1.1 cm 2. > 1 cm 3. Tidak terdefinisi
	Panjang bilah daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. <171 cm 2. 171-220 cm 3. 221-260 4. >260
	Lebar bilah daun	<ol style="list-style-type: none"> 1. <71 cm 2. 71-80 3. 81-90 4. >90
	Panjang tangkai	<ol style="list-style-type: none"> 1. <51 cm 2. 51-70 cm 3. >70 cm
Jantung	Panjang gagang bunga	<ol style="list-style-type: none"> 1. <31 cm 2. 31-60 cm 3. >60 cm
	Jumlah node kosong pada tangkai bunga	
	Lebar tangkai	<ol style="list-style-type: none"> 1. <7 cm 2. 7-12 cm 3. >12 cm
	Panjang tunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. < 21 cm 2. 21-30 cm 3. >30 cm
Buah	Jumlah buah	<ol style="list-style-type: none"> 1. <13 2. 13-16 3. >16
	Panjang buah	<ol style="list-style-type: none"> 1. <16 2. 16-20 3. 21-25 4. 26-30 5. >30

3.4.3 Karakterisasi Molekular

Prosedur kerja karakterisasi genetik dapat dilakukan dengan melakukan sterilisasi pada ruangan kerja terlebih dahulu. Meja kerja di sterilisasi menggunakan alkohol 70% sedangkan alat-alat yang digunakan disterilisasi dengan autoklaf.

a. Isolasi DNA

Isolasi DNA merupakan prosedur kunci untuk menghasilkan analisis molekular. Pada penelitian ini digunakan daun muda dikarenakan mengandung sedikit sumber kontaminan dibandingkan dengan bagian lain dari pisang. Tahapan isolasi dilakukan berdasarkan Thermo Scientific GeneJET Plant Genomic DNA Purification mini kit dengan modifikasi. Berikut merupakan tahapan isolasi pada penelitian ini:

- 1) Daun muda ditimbang sebanyak 200 mg dan dihaluskan menggunakan mortar. Setelah halus, daun halus dimasukkan kedalam tube 1.5 ml dan ditambahkan 350 μ l *Lysis Buffer A* kemudian di vortex hingga homogen.
- 2) Ditambahkan 50 μ l *Lysis Buffer B* dan 20 μ l RNase A, kemudian di vortex hingga homogen lalu di inkubasi pada suhu 65° C selama \pm 1 jam.
- 3) Ditambahkan 130 μ l *Precipitation Solution*, vortex hingga homogen kemudian diinkubasi pada suhu -20 selama 5 menit. Setelah itu, disentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 20.000 gravitasi.
- 4) Supernatan hasil dari sentrifugasi diambil \pm 500 μ l dan dipindahkan ke dalam tube 1,5 ml. Kemudian ditambahkan 400 μ l *PlantgDNA solution*, 400 μ l etanol 96% dan divortex selama \pm 10 detik.
- 5) Mixture sebanyak 650 μ l dipindahkan ke dalam *spin column* dan disentrifugasi selama 1 m dengan kecepatan 6.000 g, lalu filtrat dalam tube dibuang. Sisa mixture dipindahkan ke dalam *spin column* kemudian di sentrifugasi lagi selama 1 m 6.000 g.
- 6) Ditambahkan 500 μ l *Wash Buffer I* kemudian di sentrifugasi selama 1 m dengan kecepatan 8.000 g lalu filtrat dibuang.

- 7) Ditambahkan 500 μ l *Wash Buffer II*, setelah itu sentrifugasi selama 3 menit dengan kecepatan 20.000 g lalu filtrat dibuang. Kemudian di sentrifugasi lagi selama 1 menit dengan kecepatan 20.000 g dan *spin column* dipindahkan ke dalam tube 1.5 ml baru.
 - 8) Ditambahkan 100 μ l *Elution Buffer* pada bagian tengah *column* kemudian di inkubasi pada suhu ruangan. Setelah 5 menit dilakukan sentrifugasi selama 1 menit dengan kecepatan 8.000 g. (Tahapan ini diulang untuk mendapatkan 2 tube isolat DNA).

b. Pengukuran Konsentrasi dan Kemurnian DNA

Pengukuran DNA dilakukan menggunakan spektrofotometer. Tahapan ini diawali dengan pelarut akhir yang digunakan saat isolasi sebagai blanko pada *Bio-Drop*. Pada penelitian ini pelarut akhir yang digunakan adalah *Elution Buffer*. Pelarut sebanyak 2 µl diteteskan di bagian tengah *Bio-Drop*. Setelah itu dibersihkan dengan menggunakan tissue sebelum memulai pada sampel DNA hasil isolasi. Isolat DNA diambil 2 µl dan diteteskan di bagian tengah *Bio-Drop* dan didapatkan hasil pengukuran konsentrasi dan kemurnian DNA. Setiap pergantian isolat, dilakukan pembersihan pada *Bio-Drop* terlebih dahulu menggunakan pelarut akhir.

c. Amplifikasi DNA

Amplifikasi DNA dimulai dengan sterilisasi terlebih dahulu *Laminar air flow* (LAF) menggunakan alkohol 70%. LAF beserta semua alat yang dibutuhkan disterilisasi menggunakan sinar Ultaviolet selama 15 menit. Waktu tunggu sterilisasi digunakan untuk mempersiapkan bahan yang dibutuhkan seperti *Buffer mix* PCR, primer RAPD, *Nuclease Free Water* (NFW), dan sampel DNA. Prosedur kerja amplifikasi PCR dilakukan di dalam *laminar air flow* untuk menghindari kontaminasi. Amplifikasi pada penelitian ini menggunakan 10 primer RAPD (Tabel 3.4.).

Tabel 3.4. Primer RAPD

Primer	Sequence (5'-3')
OPA 1	CAGGCCCTTC
OPA 2	TGCCGAGCTG
OPA 3	AGTCAGGCCAC
OPA 4	AATCGGGCTG
OPA 5	AGGGGTCTTG
OPA 6	GGTCCCTGAC
OPA 7	GAAACGGGTG
OPA 8	GTGACGTAGG
OPA 9	GGGTAAACGCC
OPA 10	GTGATCGCAG

Komposisi amplifikasi DNA yang digunakan pada penelitian ini dengan total volume 12 µl berdasarkan pada penelitian Lamare dan Rao (2015) dengan modifikasi yang tertera pada tabel 3.5. di bawah ini.

Tabel 3.5. Komposisi amplifikasi

No	Bahan	Jumlah dalam μl
1	<i>Nuclease Free Water</i>	3,5
2	<i>Buffer mix PCR</i>	6,5
3	Primer	1
4	Sampel DNA	2
Total Volume		13

Sumber: Lamare dan Rao, 2015

Amplifikasi PCR menggunakan *Thermocycler* dengan reaksi sebanyak 1 dan 35 siklus sebagaimana tersaji pada tabel 3.6. berikut:

Tabel 3.6. Reaksi PCR

No	Tahap	Suhu	Waktu
1	<i>Pre denaturation</i>	94°C	5 m
2	<i>Denaturation</i>	94°C	1 m
3	<i>Annealing</i>	41°C	
		46°C	1 m
4	<i>Extention</i>	72°C	2 m
5	<i>Post Extention</i>	72°C	7 m
6	<i>Cooler</i>	4°C	∞

Sumber: Lamare dan Rao, 2015; Youssef dan Merdano, 2016

d. Elektroforesis

Elektroforesis merupakan rangkaian uji kualitatif bersama dengan visualisasi produk PCR. Elektroforesis diawali dengan persiapan gel agarose 2% terlebih dahulu, dilanjutkan dengan mix produk PCR untuk elektroforesis.

1) Pembuatan *gel agarose* 2%

Agarose sebanyak 2 g (Lamare dan Rao, 2015) ditimbang menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer. *Buffer TAE 1X* sebanyak 100 ml ditambahkan kedalam erlenmeyer. Kemudian dipanaskan pada suhu 100°C sampai mendidih dengan diaduk. *Agarose* yang telah mendidih diangkat dan didiamkan hingga hangat-hangat kuku, lalu ditambahkan *Cyber Green* sebagai pewarna sebanyak 10 μ l dan dihomogenisasi. *Agarose* dituang ke dalam cetakan dan ditunggu hingga memadat.

2) Mix PCR

Agarose yang sudah memadat dipindah kedalam elektroforesis. Kemudian ditambahkan *TAE 1X* hingga larutan merendam agarose. Ladder sebanyak 2 μ l dimasukkan kedalam sumuran. 3 μ l sampel DNA diambil dan ditambahkan 1 μ l *loading dye*. Kemudian di resuspensi menggunakan pipet. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam sumuran disebelah ladder. Begitu seterusnya hingga sampel DNA yang terakhir. Setelah semua sampel dimasukkan kedalam sumuran, elektroforesis ditutup dan dimulai *running* dengan kecepatan 130 volt selama 30 menit. Hasil elektroforesis diamati menggunakan *gel documentation* dibawah sinar ultraviolet (UV).

e. Visualisasi Produk PCR

Visualisasi produk PCR menggunakan *gel documentation system*. Sistem tersebut disambungkan dengan *software EnduroGDSTouch* untuk melihat hasil visualisasi. Hasil elektroforesis berupa gel agarose dimasukkan kedalam *gel documentation system*. UV transluminator dinyalakan melalui *software* di layar komputer menunjukkan pita DNA yang berpendar. Hasil visualisasi disimpan dan diberi keterangan.

3.5 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini disajikan secara deskriptif yang terdiri atas 2 data yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut:

3.5.1 Data Fenotip

Data kualitatif dan kuantitatif karakterisasi fenotip seperti pada panduan deskriptor pisang berdasarkan IPGRI tahun 1996. Data fenotip hasil pengamatan dianalisis menggunakan *hierarchical cluster* untuk mengetahui kekerabatan antar kultivar pisang menggunakan software SPSS.

3.5.2 Data Molekular

Pada karakterisasi genetik, data kuantitatif diperoleh dengan melakukan pengukuran konsentrasi dan kemurnian DNA. Data kekerabatan diperoleh dari penerjemahan adanya pita DNA. Panjang pita DNA dibaca dengan menggunakan bantuan DNA standar (Ladder) 100 bp dan 1 kb. Keragaman genetik dihitung berdasarkan kemunculan pita DNA. Pita yang muncul pada gel diasumsikan sebagai alel RAPD (Sembiring dkk., 2015). Munculnya pita dianggap 1 dan tidak ada pita DNA (0) untuk mengetahui derajat kemiripan. Analisis kluster berupa data dendogram menggunakan metoda SHAN pada program NTSys-PC (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan judul Analisis Keragaman Genetik Pisang (*Musa* spp.) Berdasarkan Karakter Fenotip dan Molekular Menggunakan Penanda Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) di Kabupaten Lumajang dilakukan dengan dua metode yaitu observasi di lapangan dan analisis molekular di laboratorium. Observasi lapangan dilakukan di Kabupaten Lumajang yang meliputi 3 kecamatan yaitu Pasrujambe, Senduro dan Candipuro. Observasi bertujuan untuk mendapatkan data fenotip kultivar pisang. Sedangkan analisis molekular dilakukan di laboratorium terintegrasi UIN Sunan Ampel Surabaya yang bertujuan untuk mendapatkan informasi molekular kultivar pisang.

4.1 Pengambilan Sampel

Sampel dikoleksi dari 3 Kecamatan di Kabupaten Lumajang yaitu, Kecamatan Pasrujambe, Senduro dan Candipuro. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di 3 lokasi tersebut, didapatkan 27 kultivar pisang yang tersaji pada tabel 4.1. di bawah ini.

Tabel 4.1. Data Pengambilan Sampel Pisang

Kode Sampel	Nama Lokal	Posisi	Elevasi	Keterangan
1	Pisang Barlian	S8 05.523 E113 01.196	891 m	Pasrujambe
2	Pisang Agung Talun	S8 05.528 E113 01.194	891 m	Pasrujambe
3	Pisang Raja Nangka	S8 05.518 E113 01.184	893 m	Pasrujambe
4	Pisang Agung Jawa	S8 05.559 E113 01.249	877 m	Pasrujambe
5	Pisang Kongkong	S8 06.218 E113 06.103	370 m	Senduro
6	Pisang Kayu	S8 05.546 E113 01.219	876 m	Pasrujambe
7	Pisang Ambon	S8 06.000 E113 01.989	728 m	Pasrujambe
8	Pisang Mas	S8 05.996 E113 01.998	728 m	Pasrujambe
9	Pisang Susu	S8 05.843 E113 01.893	740 m	Pasrujambe
10	Pisang Barlin	S8 05.592 E113 01.240	888 m	Pasrujambe
11	Pisang Embog	S8 05.774 E113 01.827	748 m	Pasrujambe
12	Pisang Cavendish	S8 05.902 E113 01.997	747 m	Pasrujambe
13	Pisang Sobo Gajih	S8 05.994 E113 01.996	728 m	Pasrujambe
14	Pisang Embog Abang	S8 05.699 E113 01.787	754 m	Pasrujambe
15	Pisang Raja Sajen/ Raja Lumut	S8 05.685 E113 01.894	771 m	Pasrujambe
16	Pisang Candi	S8 09.448 E113 06.588	265 m	Candi
17	Pisang Gajih Bali/ Raja Bali	S8 06.217 E113 06.101	371 m	Candi
18	Pisang Santen	S8 05.788 E113 01.828	746 m	Pasrujambe
19	Pisang Bruntel	S8 05.837 E113 01.929	750 m	Pasrujambe
20	Pisang Wangi	S8 05.793 E113 01.840	739 m	Pasrujambe
21	Pisang Jaran	S8 05.540 T113 05.399	410 m	Senduro

Kode Sampel	Nama Lokal	Posisi	Elevasi	Keterangan
22	Pisang Raja Awak	S8 06.467 T113 03.108	572 M	Sendro
23	Pisang Sringin	S8 06.218 E113 06.103	370 m	Candi
24	Pisang Kopyok	S8 09.720 E113 06.913	250 m	Candi
25	Pisang Astrali	S8 05.797 E113 01.849	732 m	Pasrujambe
26	Pisang Klutuk	S8 05.699 E113 01.797	740 m	Pasrujambe
27	Pisang Cici	S8 05.197 T113 01.299	831 m	Pasrujambe

Sumber: Dokumen pribadi

Pisang dikenal sebagai buah yang relatif mudah tumbuh pada kondisi lingkungan yang mendukung kebutuhan nutrisinya untuk tumbuh. Adapun syarat tumbuh pisang adalah ketersediaan nutrisi (Nitrogen, Fosfor, Pottassium, Kalsium, Magnesium), humus tanah dan ketersediaan air. Adapun faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan pisang adalah faktor cuaca dan pengaruh pemakaian bahan-bahan kimia (FAO, 2002).

Koleksi sampel dilakukan bersamaan dengan observasi di lapangan. Sampel yang dibawa ke laboratorium diambil dari daun muda yang masih menggulung. Pengambilan sampel tersebut mempertimbangkan banyak sedikitnya kontaminan yang terkandung di dalam daun muda. Daun muda relatif lebih sedikit mengandung kontaminan yang bisa menghambat proses isolasi DNA seperti protein, polifenol dan lain-lain. Sampel yang telah dikoleksi disimpan pada suhu dingin untuk meminimalisir adanya kontaminan pada sampel, khususnya sampel yang dianalisis di dalam laboratorium

4.2 Karakter Fenotip Pisang

Beragamnya karakter fenotip pisang menjadi penting untuk diketahui hubungan kekerabatan antar kultivarnya sehingga data awal tersebut dapat digunakan dalam upaya memperbaiki sifat genetik di kemudian hari (Notanubun dan Ritha, 2014). Berdasarkan hasil analisis fenotip dilakukan didapatkan hasil keragaman pada karakter batang, daun, jantung dan buah pisang yang memiliki persamaan dan perbedaan.

4.2.1 Karakter Kualitatif

Perawakan pisang berupa arah tumbuh daun cenderung mengalami arah pertumbuhan tegak hingga sedang dengan pertumbuhan normal (tidak kerdil). Hasil pengamatan fenotip pisang dapat dilihat pada tabel 4.2. di bawah ini.

Tabel 4.2. Karakter fenotip kualitatif perawakan dan batang

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Perawakan	Warna batang	Permukaan Batang	Warna getah
1	Pisang Barlian	Tegak	Merah-Ungu	Kusam	Seperti air
2	Pisang Agung Talun	Sedang	Hijau-Merah	Licin	Seperti air
3	Pisang Raja Nangka	Tegak	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air
4	Pisang Agung Jawa	Tegak	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air
5	Pisang Kongkong	Sedang	Merah-Ungu	Kusam	Seperti air
6	Pisang Kayu	Sedang	Merah-Ungu	Kusam	Seperti air
7	Pisang Ambon	Tegak	Hijau-Merah	Licin	Seperti air
8	Pisang Mas	Sedang	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air
9	Pisang Susu	Merunduk	Hijau gelap	Kusam	Seperti susu
10	Pisang Barlin	Sedang	Hijau Merah	Licin	Seperti air
11	Pisang Embog	Sedang	Hijau	Kusam	Seperti air
12	Pisang Cavendish	Tegak	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air
13	Pisang Sobo Gajih	Tegak	Hijau	Licin	Seperti air
14	Pisang Embog Abang	Merunduk	Merah-Ungu	Kusam	Seperti air
15	Pisang Raja Sajen	Sedang	Hijau	Kusam	Seperti air
16	Pisang Candi	Tegak	Hijau-Merah	Licin	Seperti air
17	Pisang Gajih Bali	Sedang	Hijau	Licin	Seperti air
18	Pisang Santen	Sedang	Merah-Ungu	Kusam	Seperti air
19	Pisang Bruntel	Tegak	Merah-Ungu	Kusam	Seperti air
20	Pisang Wangi	Tegak	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air
21	Pisang Jaran	Sedang	Hijau-Merah	Licin	Seperti air
22	Pisang Raja Awak	Sedang	Hijau	Kusam	Seperti air
23	Pisang Sringin	Sedang	Hijau-merah	Licin	Seperti air
24	Pisang Kopyok	Tegak	Hijau-Merah		Seperti air
25	Pisang Astrali	Tegak	Hijau-Merah	Licin	Seperti air
26	Pisang Klutuk	Tegak	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air
27	Pisang Cici	Tegak	Hijau-Merah	Kusam	Seperti air

Sumber: Dokumen pribadi

Tabel diatas menunjukkan bahwa pisang memiliki perawakan yang beragam mulai dari tegak, sedang hingga merunduk. Dua kultivar pisang memiliki pola pertumbuhan tegakan merunduk yaitu pisang susu dan embog abang. Sedangkan pisang yang lain memiliki pola pertumbuhan relatif tegak sebanyak 13 kultivar hingga sedang sebanyak 12 kultivar. Batang semu memiliki beragam warna yaitu merah ungu, hijau merah, hijau gelap dan hijau. Batang semu dengan warna hijau ditemukan pada pisang embog, pisang sobo gajih, pisang raja sajen, pisang gajih bali, pisang raja awak. Warna hijau gelap dimiliki oleh kultivar pisang susu. Sedangkan warna hijau merah dimiliki oleh 15 kultivar pisang dan 6 kultivar lainnya berwarna merah ungu. Permukaan Batang semu didominasi oleh permukaan kusam dan berlilin. Warna getah pada batang semu relatif berair dan lilin pada selubung daun ditemukan dalam intensitas sedikit sampa tidak terlihat.



Gambar 4.1. Perawakan arah tumbuh daun, A. Tegak, B. Sedang
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pengamatan pada perawakan dan batang semu pisang menunjukkan hasil yang cukup beragam. Hal ini sesuai dengan penelitian Wijayanto, dkk. (2013) yang menyebutkan bahwa karakter kualitatif pisang seperti pada batang, daun, jantung dan buah memiliki keragaman yang lebih signifikan dibandingkan karakter kuantitatif. Karakter kuantitatif relatif lebih rentan terhadap pengaruh faktor lingkungan diantaranya adalah kondisi fisiologis tanaman seperti kemampuan menyerap unsur hara, serangan hama dan penyakit.

Keragaman kualitatif juga terlihat pada karakter daun pisang seperti warna, bercak dan lilin pada daun. Karakter kualitatif daun pisang tersaji pada tabel 4.3. berikut ini.

Tabel 4.3. Karakter Kualitatif Daun (Lilin pada selubung daun, bercak di luar tangkai daun, bentuk saluran tangkai daun)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Lilin pada Selubung Daun	Bercak di Luar Tangkai Daun	Bentuk saluran tangkai daun
1	Pisang Barlian	Hampir tidak terlihat	Pigmentasi luas	Melengkung ke dalam
2	Pisang Agung Talun	Sangat Sedikit	Kecil	Margin terbuka
3	Pisang Raja Nangka	Sedang	Kecil	Margin terbuka
4	Pisang Agung Jawa	Sedang	Kecil	Margin terbuka
5	Pisang Kongkong	Sangat Sedikit	Pigmentasi luas	Lebar dan tegak
6	Pisang Kayu	Sangat Sedikit	Kecil	Lurus dan tegak
7	Pisang Ambon	Sangat Sedikit	Jarang	Melengkung ke dalam
8	Pisang Mas	Hampir tidak terlihat	Pigmentasi luas	Lurus dan tegak
9	Pisang Susu	Sangat Sedikit	Pigmentasi luas	Melengkung ke dalam
10	Pisang Barlin	Hampir tidak terlihat	Tanpa pigmentasi	Lebar dan tegak

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Lilin pada Selubung Daun	Bercak di Luar Tangkai Daun	Bentuk saluran tangkai daun
11	Pisang Embog	Sangat sedikit	Kecil	Lebar dan tegak
12	Pisang Cavendish	Sangat sedikit	Pigmentasi luas	Lebar dan tegak
13	Pisang Sobo Gajih	Sedang	Kecil	Melengkung ke dalam
14	Pisang Embog Abang	Hampir tidak terlihat	Kecil	Lurus dan tegak
15	Pisang Raja Sajen	Sedang	Jarang	Margin terbuka
16	Pisang Candi	Sangat sedikit	Kecil	Melengkung ke dalam
17	Pisang Gajih Bali	Sedang	Jarang	Margin terbuka
18	Pisang Santen	Sedang	Pigmentasi luas	Lurus dan tegak
19	Pisang Bruntel	Sangat sedikit	Jarang	Lebar dan tegak
20	Pisang Wangi	Sangat sedikit	Kecil	Melengkung ke dalam
21	Pisang Jaran	Sangat sedikit	Jarang	Margin terbuka
22	Pisang Raja Awak	Sangat sedikit	Jarang	Lurus dan tegak
23	Pisang Sringin	Sangat sedikit	Kecil	Margin terbuka
24	Pisang Kopyok	Sangat sedikit	Kecil	Margin terbuka
25	Pisang Astrali	Sangat sedikit	Kecil	Margin terbuka
26	Pisang Klutuk	Sedang	Kecil	Margin terbuka
27	Pisang Cici	Sedang	Tanpa pigmentasi	Tumpang tindih

Sumber: Dokumen pribadi

Karakter lilin pada selubung daun pisang didominasi oleh lilin dengan intensitas sangat sedikit hingga sedang. Warna bercak daun lebih banyak ditemukan berwarna coklat dengan pigmentasi kecil hingga luas. Berdasarkan bentuk saluran tangkai daun ditemukan keragaman bentuk mulai dari margin terbuka dengan intensitas tinggi dibandingkan dengan lurus ataupun melengkung ke dalam.

Tabel 4.4. Karakter Kualitatif Daun (Margin tangkai, tipe sayap, warna margin dan tepi margin)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Margin Tangkai Daun	Tipe Sayap Daun	Warna Margin tangka	Tepi Margin daun
1	Pisang Barlian	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Tanpa warna
2	Pisang Agung Talun	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Tanpa warna
3	Pisang Raja Nangka	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Tanpa warna
4	Pisang Agung Jawa	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Tanpa warna
5	Pisang Kongkong	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Berwarna
6	Pisang Kayu	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Berwarna

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Margin Tangkai Daun	Tipe Sayap Daun	Warna Margin tangka	Tepi Margin daun
7	Pisang Ambon	Ada	Kering	Lainnya	Tanpa warna
8	Pisang Mas	Sedikit	Kering	Lainnya	Tanpa warna
9	Pisang Susu	Ada	Kering	Hijau	Tanpa warna
10	Pisang Barlin	Sedikit	Kering	Hijau	Tanpa warna
11	Pisang Embog	Sedikit	Kering	Pink-Ungu-merah	Berwarna
12	Pisang Cavendish	Sedikit	Kering	Pink-Ungu-merah	Berwarna
13	Pisang Sobo Gajih	Ada	Kering	Hijau	Tanpa warna
14	Pisang Embog Abang	Ada	Kering	Pink-Ungu-merah	Tanpa warna
15	Pisang Raja Sajen	Ada	Kering	Hijau	Berwarna
16	Pisang Candi	Ada	Kering	Hijau	Tanpa warna
17	Pisang Gajih Bali	Ada	Kering	Hijau	Berwarna
18	Pisang Santen	Tidak ada	Kering	Hijau	Berwarna
19	Pisang Bruntel	Sedikit	Kering	Hijau	Berwarna
20	Pisang Wangi	Ada	Kering	Lainnya	Tanpa warna
21	Pisang Jaran	Sedikit	Kering	Lainnya	Berwarna
22	Pisang Raja Awak	Ada	Kering	Lainnya	Berwarna
23	Pisang Sringin	Ada	Kering	Lainnya	Berwarna
24	Pisang Kopyok	Ada	Kering	Lainnya	Berwarna
25	Pisang Astrali	Ada	Kering	Hijau	Berwarna
26	Pisang Klutuk	Sedikit	Kering	Pink-ungu-merah	Berwarna
27	Pisang Cici	Ada	Kering	Lainnya	Tanpa warna

Sumber: Dokumen pribadi

Tabel 4.4. diatas menunjukkan bahwa daun memiliki margin tangkai yang memiliki warna hijau, pink-ungu-merah. Semua sampel pada penelitian ini memiliki tipe sayap daun yang kering.

Tabel 4.5. Karakter kualitatif daun (Warna dan tampilan permukaan atas dan bawah daun)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Warna Permukaan atas daun	Tampilan permukaan atas daun	Tampilan permukaan bawah daun
1	Pisang Barlian	Hijau kuning	Berkilau	Kusam
2	Pisang Agung Talun	Hijau	Kusam	Kusam
3	Pisang Raja Nangka	Hijau	Kusam	Berkilau
4	Pisang Agung Jawa	Hijau	Kusam	Kusam
5	Pisang Kongkong	Hijau tua	Kusam	Berkilau

Kode Sampel	Nama Lokal	Warna Permukaan atas daun	Karakter	Tampilan permukaan atas daun	Tampilan permukaan bawah daun
6	Pisang Kayu	Hijau	Berkilau	Kusam	
7	Pisang Ambon	Hijau	Kusam	Kusam	
8	Pisang Mas	Hijau sedang	Berkilau	Kusam	
9	Pisang Susu	Hijau sedang	Berkilau	Kusam	
10	Pisang Barlin	Hijau tua	Kusam	Berkilau	
11	Pisang Embog	Hijau sedang	Berkilau	Kusam	
12	Pisang Cavendish	Hijau sedang	Berkilau	Kusam	
13	Pisang Sobo Gajih	Hijau	Berkilau	Kusam	
14	Pisang Embog Abang	Hijau kuning	Kusam	Kusam	
15	Pisang Raja Sajen	Hijau	Kusam	Kusam	
16	Pisang Candi	Hijau tua	Berkilau	Berkilau	
17	Pisang Gajih Bali	Hijau	Kusam	Kusam	
18	Pisang Santen	Hijau tua	Kusam	Kusam	
19	Pisang Bruntel	Hijau sedang	Berkilau	Kusam	
20	Pisang Wangi	Hijau tua	Berkilau	Kusam	
21	Pisang Jaran	Hijau	Berkilau	Kusam	
22	Pisang Raja Awak	Hijau	Kusam	Kusam	
23	Pisang Sringin	Hijau sedang	Kusam	Kusam	
24	Pisang Kopyok	Hijau	Berkilau	Kusam	
25	Pisang Astrali	Hijau	Berkilau	Kusam	
26	Pisang Klutuk	Hijau tua	Kusam	Kusam	
27	Pisang Cici	Hijau-kuning	Kusam	Kusam	

Sumber: Dokumen pribadi

Berdasarkan warna permukaan atas daun, daun pisang memiliki warna dasar hijau, hijau sedang hingga tua sedangkan warna permukaan bawah daun memiliki warna yang relatif lebih muda dibandingkan dengan warna permukaan atas daun. Tampilan permukaan atas daun ditemukan kusam dan berkilau dalam intensitas yang sama dan tampilan permukaan bawah didominasi oleh permukaan yang kusam.

Tabel 4.6. Karakter Kualitatif Daun (lilin, titik penyisipan daun dan bentuk dasar pangkal)

Kode Sampe	Nama Lokal	Karakter		
		Lilin pada daun	Titik penyisipan bilah daun	Bentuk dasar pangkal daun
1	Pisang Barlian	Hampir tidak ada	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
2	Pisang Agung Talun	Sedang	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
3	Pisang Raja Nangka	Sedikit	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
4	Pisang Agung Jawa	Sedang	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
5	Pisang Kongkong	Sedang	Asimetris	Kedua sisi meruncing

Kode Sampe	Nama Lokal	Lilin pada daun	Titik penyisipan bilah daun	Bentuk dasar pangkal daun
6	Pisang Kayu	Sedang	Asimetris	Kedua sisi membulat
7	Pisang Ambon	Banyak	Simetris	Kedua sisi membulat
8	Pisang Mas	Hampir tidak ada	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
9	Pisang Susu	Hampir tidak ada	Simetris	Kedua sisi membulat
10	Pisang Barlin	Sedikit	Simetris	Kedua sisi membulat
11	Pisang Embog	Sedikit	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
12	Pisang Cavendish	Banyak	Simetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
13	Pisang Sobo Gajih	Sedang	Asimetris	Kedua sisi membulat
14	Pisang Embog Abang	Sedang	Asimetris	Kedua sisi meruncing
15	Pisang Raja Sajen	Sedang	Simetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
16	Pisang Candi	Sedang	Simetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
17	Pisang Gajih Bali	Sedang	Simetris	Kedua sisi membulat
18	Pisang Santen	Hampir tidak ada	Simetris	Kedua sisi membulat
19	Pisang Bruntel	Sedikit	Asimetris	Kedua sisi membulat
20	Pisang Wangi	Sedang	Asmetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
21	Pisang Jaran	Sedikit	Simetris	Kedua sisi membulat
22	Pisang Raja Awak	Sedikit	Simetris	Kedua sisi membulat
23	Pisang Sringin	Sedikit	Simetris	Kedua sisi membulat
24	Pisang Kopyok	Sedikit	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
25	Pisang Astrali	Sedikit	Asimetris	1 sisi membulat, 1 sisi meruncing
26	Pisang Klutuk	Sedang	Simetris	Kedua sisi membulat
27	Pisang Cici	Sedikit	Simetris	Kedua sisi meruncing

Sumber: Dokumen pribadi

Tabel 4.6 di atas menunjukkan banyaknya lilin yang terdapat pada daun ditemukan dalam intensitas sangat sedikit atau hampir tidak ada hingga sedang. Titik penyisipan daun pada tangkai daun ditemukan bervariasi antara asimetris dan simetris dengan bentuk dasar pangkal daun kedua sisi

meruncing, satu sisi meruncing dan satu sisi membulat dan kedua sisi membulat (Gambar 4.2.)



Gambar 4.2. Bentuk Dasar Daun, A. Kedua sisi meruncing (simetris), B. Satu sisi membula dan satu sisi meruncing (Asimetris), C. Kedua sisi membulat (simetris).

Sumber: Dokumentasi pribadi

Tabel 4.7. Karakter Kualitatif Jantung pisang (Warna dan permukaan tangkai dan tipe rakis)

Kode Sampel	Nama Lokal	Warna tangkai	Karakter Permukaan tangkai	Tipe rakis
1	Pisang Barlian	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Panjang
2	Pisang Agung Talun	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Pendek
3	Pisang Raja Nangka	Merah/pink-ungu	Sedikit berambut	Panjang
4	Pisang Agung Jawa	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Pendek
5	Pisang Kongkong	Merah/pink-ungu	Sedikit berambut	Panjang
6	Pisang Kayu	Merah/pink-ungu	Sedikit berambut	Panjang
7	Pisang Ambon	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Panjang
8	Pisang Mas	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Panjang
9	Pisang Susu	Bintik ungu coklat	Tidak berambut	Panjang
10	Pisang Barlin	Bintik ungu coklat	Sedikit berambut	Panjang
11	Pisang Embog	Bintik ungu coklat	Tidak berambut	Panjang
12	Pisang Cavendish	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Panjang
13	Pisang Sobo Gajih	Merah/pink-ungu	Berambut pendek	Panjang
14	Pisang Embog Abang	Merah/pink-ungu	Tidak berambut	Panjang
15	Pisang Raja Sajen/ Raja Lumut	Merah/pink-ungu	Sedikit berambut	Panjang
16	Pisang Candi	Merah/pink-ungu	Tidak bermabut	Panjang
17	Pisang Gajih Bali/ Raja Bali	Merah/pink-ungu	Tidak bermabut	Panjang
18	Pisang Santen	Merah/pink-ungu	Berambut pendek	Panjang

Kode Sampel	Nama Lokal	Warna tangkai	Karakter Permukaan tangkai	Tipe rakis
19	Pisang Bruntel	Merah/pink ungu	Sedikit berambut	Panjang
20	Pisang Wangi	Bintik ungu coklat	Tidak berambut	Panjang
21	Pisang Jaran	Merah/pink ungu	Tidak berambut	Panjang
22	Pisang Raja Awak	Merah/pink ungu	Tidak berambut	Panjang
23	Pisang Sringin	Merah/pink ungu	Tidak berambut	Panjang
24	Pisang Kopyok	Merah/pink ungu	Sedikit berambut	Panjang
25	Pisang Astrali	Merah/pink ungu	Sedikit bermabut	Panjang
26	Pisang Klutuk	Merah/pink ungu	Sedikit berambut	Panjang
27	Pisang Cici	Bintik ungu coklat	Tidak berambut	Panjang

Jantung pisang memiliki warna yang didominasi oleh warna merah/pink-ungu namun ada pula sebagian jantung pisang yang berwarna ungu-coklat. Warna tangkai jantung pisang didominasi oleh warna merah atau pink/ungu sebanyak 22 kultivar pisang, bercak/bintik ungu-coklat sebanyak 5 kultivar pisang. Jantung pisang tidak hanya memiliki keragaman pada warna tetapi pada permukaan tangkai yang memiliki struktur halus seperti rambut.

Tabel 4.8. Karakter Kualitatif Jantung Pisang (Bentuk, bentuk dasar dan bentuk ujung tunas)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Bentuk tunas	Bentuk dasar tunas	Bentuk ujung tunas
1	Pisang Barlian	Seperti telur	Tepi sempit	Meruncing
2	Pisang Agung Talun	Sedang	Tepi sempit	Meruncing
3	Pisang Raja Nangka	Meruncing	Sedang	Meruncing
4	Pisang Agung Jawa	Sedang	Tepi sempit	Meruncing
5	Pisang Kongkong	Sedang	Sedang	Sedikit meruncing
6	Pisang Kayu	Meruncing	Sedang	Meruncing
7	Pisang Ambon	Meruncing	Tepi sempit	Meruncing
8	Pisang Mas	Sepertitelur	Tepi sempit	Sedang
9	Pisang Susu	Lanset	Tepi lebar	Meruncing
10	Pisang Barlin	Sedang	Sedang	Sedang
11	Pisang Embog	Seperti telur	Tepi sempit	Sedang
12	Pisang Cavendish	Seperti telur	Sedang	Meruncing
13	Pisang Sobo Gajih	Meruncing	Sedang	Tumpul dan membelah
14	Pisang Embog Abang	Sedang	Sedang	Meruncing
15	Pisang Raja Sajen		Sedang	Sedang

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Bentuk tunas	Bentuk dasar tunas	Bentuk ujung tunas
16	Pisang Candi	Sedang	Sedang	Sedang
17	Pisang Gajih Bali	Sedang	Sedang	Sedang
18	Pisang Santen	Meruncing	Tepi sempit	Sedang
19	Pisang Bruntel	Sedang	Sedang	Tumpul
20	Pisang Wangi	Sedang	Tepi sempit	Sedang
21	Pisang Jaran	Sedang	Sedang	Meruncing
22	Pisang Raja Awak	Sedang	Sedang	Tumpul
23	Pisang Sringin	Sedang	Tepi sempit	Sedang
24	Pisang Kopyok	Sedang	Sedang	Sedang
25	Pisang Astrali	Sedang	Sedang	Sedang
26	Pisang Klutuk	Meruncing	Tepi sempit	Sedikit meruncing
27	Pisang Cici	Meruncing	Sedang	Sedikit meruncing

Sumber: Dokumen pribadi

Pada penelitian ini ditemukan bahwa jantung pisang memiliki bentuk tunas meruncing dan sedang dengan intensitas terbanyak. Bentuk dasar daun terdiri atas bentuk dengan tepi sempit dan bentuk dengan tepi sedang. Bentuk ujung tunas ditemukan lebih beragam yakni meruncing, sedang hingga tumpul yang ditemukan pada sampel penelitian.

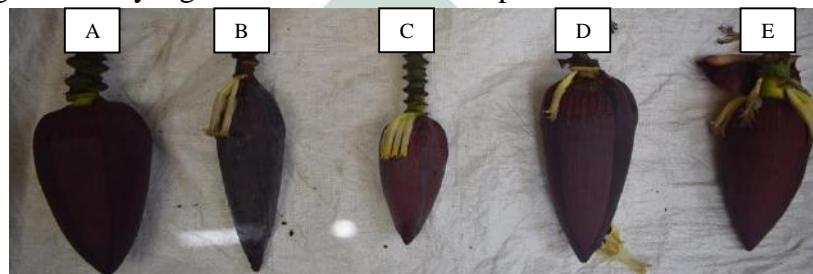
Tabel 4.9. Karakter Kualitatif Jantung pisang (Warna permukaan luar dan dalam dan warna ujung)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Warna permukaan luar	Warna permukaan dalam	Warna ujung tunas
1	Pisang Barlian	Merah	Orange merah	Ada bercak
2	Pisang Agung Talun	Merah-ungu	Orange merah	Tidak ada
3	Pisang Raja Nangka	Merah-ungu	Merah	Tidak ada
4	Pisang Agung Jawa	Merah-ungu	Orange merah	Tidak ada
5	Pisang Kongkong	Merah	Merah	Ada bercak
6	Pisang Kayu	Merah-ungu	Orange merah	Ada bercak
7	Pisang Ambon	Merah-ungu	Merah	Ada bercak
8	Pisang Mas	Merah	Pink-ungu	Ada bercak
9	Pisang Susu	Ungu	Merah	Ada bercak
10	Pisang Barlin	Ungu	Merah	Ada bercak
11	Pisang Embog	Merah	Ungu	Tidak ada
12	Pisang Cavendish	Merah-ungu	Lainnya	Ada bercak
13	Pisang Sobo Gajih	Merah-ungu	Merah	Tidak ada
14	Pisang Embog Abang	Merah-ungu	Merah	Ada bercak
15	Pisang Raja Sajen	Ungu	Merah	Ada bercak
16	Pisang Candi	Merah-ungu	Merah	Ada bercak
17	Pisang Gajih Bali	Merah	Merah	Ada bercak
18	Pisang Santen	Merah-ungu	Orange merah	Ada bercak
19	Pisang Bruntel	Merah	Merah	Tidak ada
20	Pisang Wangi	Merah-ungu	Orange merah	Ada bercak
21	Pisang Jaran	Merah-ungu	Merah	Ada bercak
22	Pisang Raja Awak	Ungu	Merah	Tidak ada
23	Pisang Sringin	Merah-ungu	Kuning/hijau	Ada bercak
24	Pisang Kopyok	Merah	Merah	Ada bercak
25	Pisang Astrali	Ungu	Merah	Ada bercak

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter		
		Warna permukaan luar	Warna permukaan dalam	Warna ujung tunas
26	Pisang Klutuk	Ungu	Merah	Ada bercak
27	Pisang Cici	Merah	Merah	Tidak ada

Sumber: Dokumen pribadi

Warna tunas didominasi oleh warna merah sebanyak 8 kultivar pisang, merah ungu sebanyak 12 kultivar hingga ungu sebanyak 6 kultivar pisang. Sedangkan permukaan dalam memiliki warna yang sama ataupun berbeda dengan warna yang lebih muda dari warna permukaan luar.



Gambar 4.3. Bentuk Jantung Pisang, A. Bujur telur, B. Lanset, C. Seperti jempol, D. dan E. sedang.

Sumber: Dokumentasi pribadi

Pertumbuhan buah pisang sedikit banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar seperti kandungan nutrisi tanah, penggunaan bahan-bahan kimia dan penggunaan lahan multikultur (penggunaan lahan dengan berbagai macam jenis tumbuhan yang dibudidayakan) (Rahmawati dan Hayati, 2013). Kondisi tersebut dapat memberikan karakter berbeda pada pohon, buah, daun dan komponen pisang lainnya yang sama di lokasi yang berbeda. Karakter 27 kultivar pisang yang ditemukan di 3 lokasi pengamatan tersaji pada tabel 4.10. di bawah ini.

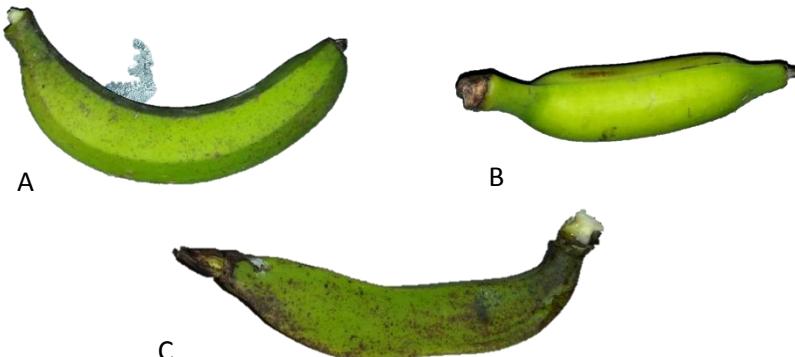
Tabel 4.10. Karakter Kualitatif Buah (Bentuk, bentuk ujung, sisa bunga pada ujung dan permukaan tangkai buah)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Bentuk buah	Bentuk ujung buah	Sisa bunga pada ujung buah	Permukaan tangkai
1	Pisang Barlian	Lurus	Panjang meruncing	Sedikit	Berambut
2	Pisang Agung Talun	Seperti kurva	Merucnking	Sedikit	Tidak berambut
3	Pisang Raja Nangka	Seperti kurva	Seperti leher botol	Sedikit	Berambut
4	Pisang Agung Jawa	Seperti kurva	Seperti leher botol	Sedikit	Tidak berambut
5	Pisang Kongkong	Seperti kurva	Tumpul	Ada	Berambut
6	Pisang Kayu	Seperti kurva	Meruncing	Sedikit	Berambut

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Bentuk buah	Bentuk ujung buah	Sisa bunga pada ujung buah	Permukaan tangkai
7	Pisang Ambon	Seperti kurva	Seperti leher botol	Sedikit	Berambut
8	Pisang Mas	Lurus	Tumpul	Sedikit	Berambut
9	Pisang Susu	Seperti kurva	Meruncing	Sedikit	Tidak berambut
10	Pisang Barlin	Seperti kurva	Meruncing	Sedikit	Tidak berambut
11	Pisang Embog	Seperti kurva	Panjang meruncing	Sedikit	Berambut
12	Pisang Cavendish	Lurus di tengah	Tumpul	Sedikit	Berambut
13	Pisang Sobo Gajih	Seperti kurva	Tumpul	Tidak ada	Berambut
14	Pisang Embog Abang	Lurus	Tumpul	Sedikit	Tidak berambut
15	Pisang Raja Sajen	Seperti huruf S	Lain-lain	Sedikit	Berambut
16	Pisang Candi	Seperti huruf S	Seperti leher botol	Ada	Tidak berambut
17	Pisang Gajih Bali	Lurus di tengah	Tumpul	Tidak ada	Tidak berambut
18	Pisang Santen	Lurus di tengah	Meruncing	Tidak ada	Berambut
19	Pisang Bruntel	Seperti kurva	Panjang meruncing	Sedikit	Berambut
20	Pisang Wangi	Seperti kurva	Seperti leher botol	Tidak ada	Tidak berambut
21	Pisang Jaran	Seperti kurva	Seperti leher botol	Sedikit	Berambut
22	Pisang Raja Awak	Seperti kurva	Panjang meruncing	Tidak ada	Berambut
23	Pisang Sringin	Seperti kurva	Panjang meruncing	Sedikit	Tidak berambut
24	Pisang Kopyok	Seperti kurva	Lain-lain	Sedikit	Tidak berambut
25	Pisang Astrali	Seperti kurva	Tumpul	Sedikit	Tidak berambut
26	Pisang Klutuk	Lurus	Panjang meruncing	Sedikit	Tidak berambut
27	Pisang Cici	Seperti kurva	Seperti leher botol	Tidak ada	Berambut

Sumber: Dokumen pribadi

Karakter buah pisang yang didapatkan adalah pisang berbentuk lurus dan seperti kurva (Gambar 4.4.). Bentuk ujung buah berdasarkan IPGRI yaitu meruncing, panjang meruncing, tumpul, seperti leher botol dan membulat ditemukan pada pengamatan ini.



Gambar 4.4. Bentuk buah pisang, A. Kurva dan memiliki ujung tumpul, B. Lurus dan berujung seperti leher botol, C. Lurus di bagian tengah dan memiliki ujung meruncing.

Sumber: Dokumentasi pribadi

4.2.2 Karater Kuantitatif

Karakter kuantitatif pisang terdiri atas karakter batang, daun, jantung dan buah pisang yang tersaji pada tabel 4.11 sampai 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.11. Karakter Kuantitatif Batang (Tinggi, jumlah anakan, pertumbuhan anakan dan letak anakan dari induk)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			Letak anak dari induk
		Tinggi Batang	Jumlah Anakan	Pertumbuhan Anakan	
1	Pisang Barlian	462 cm	2	3	2
2	Pisang Agung Talun	340 cm	4	2	2
3	Pisang Raja Nangka	388 cm	2	3	2
4	Pisang Agung Jawa	325 cm	1	3	2
5	Pisang Kongkong	320 cm	1	3	3
6	Pisang Kayu	420 cm	1	3	2
7	Pisang Ambon	450 cm	1	3	2
8	Pisang Mas	340 cm	4	3	2
9	Pisang Susu	233 cm	-	4	-
10	Pisang Barlin	235 cm	1	3	2
11	Pisang Embog	332 cm	1	3	2
12	Pisang Cavendish	330 cm	1	3	2
13	Pisang Sobo Gajih	450 cm	1	3	2
14	Pisang Embog Abang	300 cm	1	3	2
15	Pisang Raja Sajen	250 cm	-	4	-
16	Pisang Candi	310 cm	2	3	2
17	Pisang Gajih Bali	450 cm	1	3	2
18	Pisang Santen	235 cm	-	4	-
19	Pisang Bruntel	240 cm	-	4	-
20	Pisang Wangi	300 cm	-	4	-
21	Pisang Jaran	380 cm	-	4	-
22	Pisang Raja Awak	400 cm	-	4	-
23	Pisang Sringin	390 cm	-	4	-
24	Pisang Kopyok	320 cm	-	4	-
25	Pisang Astrali	300 cm	-	4	-
26	Pisang Klutuk	410 cm	2	2	3
27	Pisang Cici	470 cm	-	4	-

Sumber: Dokumen pribadi

Pertumbuhan batang semu pisang dapat dikategorikan sebagai pertumbuhan batang normal dengan tinggi antara 2.1 sampai dengan 2.9 m dan pertumbuhan yang melewati batas normal yaitu lebih dari 3 m. Pada penelitian ini tidak semua individu kultivar pisang memiliki anakan pada masa dewasanya. Jumlah anakan pisang berjumlah 1 hingga 4 anakan yang tumbuh antara $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ dari tinggi indukan. Anakan ini ditemukan lebih banyak tumbuh dekat dengan induk yaitu kurang dari 50 cm.

Tabel 4.12. Karakter Kuantitatif Daun (Lebar margin, panjang bilah, lebar bilah dan panjang tangkai daun)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Lebar margin	Panjang bilah daun	Lebar bilah daun	Panjang tangkai
1	Pisang Barlian	1 cm	186 cm	19 cm	50 cm
2	Pisang Agung Talun	1 cm	175 cm	17 cm	35 cm
3	Pisang Raja Nangka	1 cm	200 cm	18 cm	20 cm
4	Pisang Agung Jawa	1 cm	230 cm	17 cm	30 cm
5	Pisang Kongkong	1.3 cm	298 cm	37 cm	34 cm
6	Pisang Kayu	1.5 cm	170 cm	32 cm	23 cm
7	Pisang Ambon	0.5 cm	173 cm	17 cm	43 cm
8	Pisang Mas	1 cm	278 cm	31 cm	39 cm
9	Pisang Susu	0.3 cm	168 cm	16 cm	41 cm
10	Pisang Barlin	0.5 cm	150 cm	21 cm	21 cm
11	Pisang Embog	1 cm	240 cm	18 cm	35 cm
12	Pisang Cavendish	1 cm	250 cm	17 cm	40 cm
13	Pisang Sobo Gajih	0.2 cm	233 cm	20 cm	46 cm
14	Pisang Embog Abang	1.5 cm	217 cm	31 cm	25 cm
15	Pisang Raja Sajen	0.5 cm	225 cm	20 cm	35 cm
16	Pisang Candi	0.5 cm	120 cm	14 cm	25 cm
17	Pisang Gajih Bali	1 cm	270 cm	36 cm	35 cm
18	Pisang Santen	1 cm	190 cm	28 cm	37 cm
19	Pisang Bruntel	1 cm	180 cm	16 cm	30 cm
20	Pisang Wangi	1 cm	231 cm	28 cm	33 cm
21	Pisang Jaran	1 cm	250 cm	18 cm	40 cm
22	Pisang Raja Awak	1 cm	230 cm	17 cm	35 cm
23	Pisang Sringin	1 cm	260 cm	19 cm	40 cm
24	Pisang Kopyok	1 cm	240 cm	18 cm	38 cm
25	Pisang Astrali	1 cm	220 cm	18 cm	30 cm
26	Pisang Klutuk	0.5 cm	210 cm	30 cm	40 cm
27	Pisang Cici	1 cm	280 cm	35 cm	35 cm

Sumber: Dokumen pribadi

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa pisang sobo gajih memiliki lebar margin daun terkecil sedangkan pisang kayu memiliki lebar daun terbesar. Pisang candi memiliki ukuran panjang bilah daun dan lebar bilah daun terkecil dibandingkan dengan kultivar pisang lain. Pisang candi memiliki panjang bilah daun 120 cm dan lebar bilah daun sebesar 14 cm.

Pisang konkong memiliki panjang dan lebar bilah daun terbesar yaitu 298 cm dan 37 cm.

Tabel 4.13. Karakter Kuantitatif Jantung Pisang (Panjang tangkai, jumlah node kosong, lebar tangkai dan ukuran tunas)

Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter			
		Panjang tangkai	Jumlah node kosong	Lebar tangkai	Ukuran tunas
1	Pisang Barlian	19 cm	19	4 cm	20 cm
2	Pisang Agung Talun	-	25	-	-
3	Pisang Raja Nangka	13 cm	34	3 cm	17 cm
4	Pisang Agung Jawa	-	25	-	-
5	Pisang Kongkong	31 cm	30	3 cm	16 cm
6	Pisang Kayu	26 cm	43	3 cm	16 cm
7	Pisang Ambon	20 cm	34	4 cm	17 cm
8	Pisang Mas	8 cm	18	4 cm	22 cm
9	Pisang Susu	8 cm	20	3 cm	24 cm
10	Pisang Barlin	8 cm	20	3 cm	20 cm
11	Pisang Embog	40 cm	34	4 cm	22 cm
12	Pisang Cavendish	18 cm	20	4 cm	24 cm
13	Pisang Sobo Gajih	20 cm	30	3 cm	20 cm
14	Pisang Embog Abang	17 cm	17	4 cm	26 cm
15	Pisang Raja Sajen	28 cm	27	3 cm	22 cm
16	Pisang Candi	25 cm	18	4 cm	25 cm
17	Pisang Gajih Bali	28 cm	19	4 cm	20 cm
18	Pisang Santen	30 cm	47	3 cm	11 cm
19	Pisang Bruntel	32 cm	30	3 cm	15 cm
20	Pisang Wangi	29 cm	33	3 cm	19 cm
21	Pisang Jaran	20 cm	33	3 cm	19 cm
22	Pisang Raja Awak	28 cm	35	3 cm	19 cm
23	Pisang Sringin	22 cm	31	3 cm	18 cm
24	Pisang Kopyok	38 cm	35	4 cm	20 cm
25	Pisang Astrali	35 cm	35	3 cm	22 cm
26	Pisang Klutuk	40 cm	50	3 cm	24 cm
27	Pisang Cici	40 cm	40	4 cm	30 cm

Sumber: Dokumen pribadi

Panjang tangkai jantung pisang berada antara 8 hingga 40 cm. Jumlah node kosong paling sedikit dimiliki oleh pisang embog abang sebanyak 17 node sedangkan node kosong terbanyak dapat ditemui pada pisang santen sebanyak 47 node kosong. Lebar tangkai berada di bawah 5 cm dan memiliki tunas di bawah 31 cm.

Tabel 4.14. Karakter kuantitatif Buah (Jumlah buah pers sisir (biji) dan panjang buah)

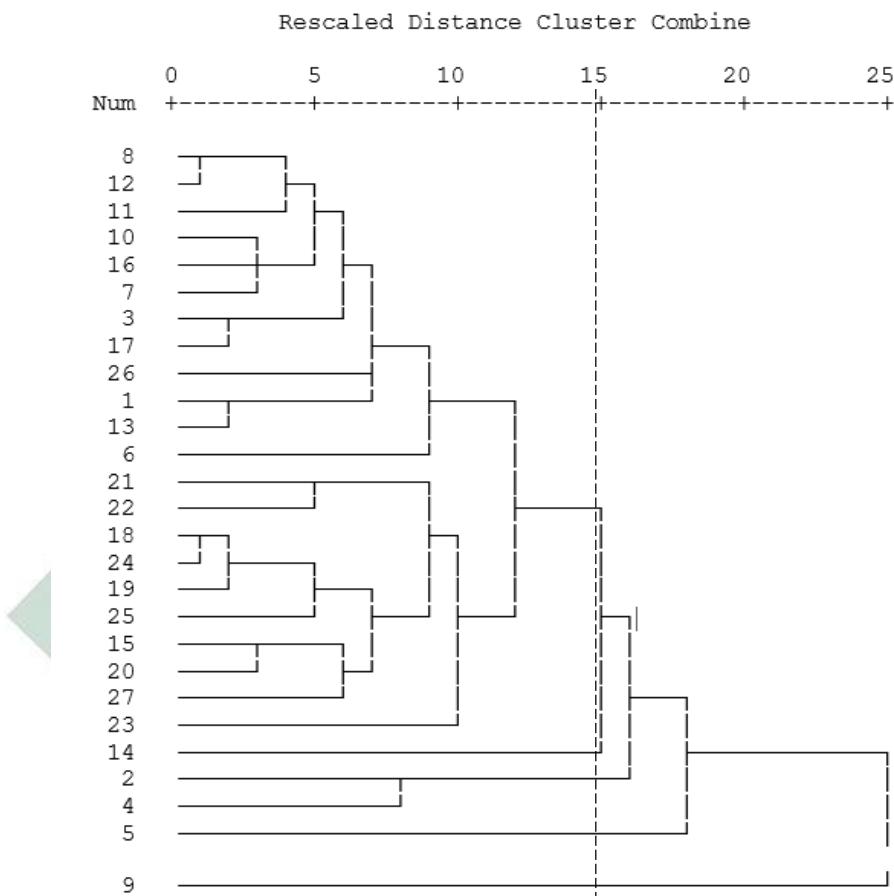
Kode Sampel	Nama Lokal	Karakter	
		Jumlah buah per sisir (biji)	Panjang buah
1	Pisang Barlian	17	10
2	Pisang Agung Talun	16	27
3	Pisang Raja Nangka	21	83
4	Pisang Agung Jawa	9	25
5	Pisang Kongkong	16	16
6	Pisang Kayu	20	13
7	Pisang Ambon	16	19
8	Pisang Mas	22	10
9	Pisang Susu	9	12
10	Pisang Barlin	17	10
11	Pisang Embog	18	16
12	Pisang Cavendish	23	18
13	Pisang Sobo Gajih	24	14
14	Pisang Embog Abang	14	10
15	Pisang Raja Sajen/ Raja Lumut	15	13
16	Pisang Candi	14	21
17	Pisang Gajih Bali/ Raja Bali	20	12
18	Pisang Santen	15	13
19	Pisang Bruntel	15	14
20	Pisang Wangi	30	14
21	Pisang Jaran	25	15
22	Pisang Raja Awak	18	15
23	Pisang Sringin	16	22
24	Pisang Kopyok	15	18
25	Pisang Astrali	18	17
26	Pisang Klutuk	15	8
27	Pisang Cici	18	16

Sumber: Dokumen pribadi

Karakter-karakter diatas menunjukkan persamaan dan perbedaan antara kultivar pisang yang ditemukan di Kabupaten Lumajang. Pengelompokkan 27 kultivar pisang berdasarkan karakter kuantitatif disajikan pada gambar 4.5. di bawah ini. Nilai jarak genetik menunjukkan hubungan kekerabatan karakter antar kultivar pisang (Sukartini, 2007). Jarak genetik merupakan selisih genetik antar spesies atau populasi tertentu. Semakin besar jarak genetik maka hubungan kemiripan semakin jauh dan semakin kecil jarak genetik yang ditunjukkan maka hubungan genetiknya semakin dekat (Nedha, dkk., 2017).

Pengelompokan kultivar pisang melalui pendekatan indeks similaritas diperoleh dendogram dengan jarak skala 15 diperoleh 5 kelompok kultivar pisang Kelompok pertama terdiri atas 22 kultivar, kelompok kedua 1 kultivar,

kelompok ketiga 2 kultivar, kelompok keempat 1 kultivar, dan kelompok kelima 1 kultivar. Pada jarak 15 terbagi menjadi 3 subkelompok dengan jarak skala 10, yaitu 12 kultivar pisang pada subpertama, 10 kultivar pada subkedua dan 1 kultivar pada subketiga.



Gambar 4.5. Dendogram hubungan kekerabatan berdasarkan 15 karakter kuantitatif fenotip dari 27 aksesi pisang di 3 Kabupaten Lumajang.

Dendogram diatas menampilkan satu kultivar *outgroup* dengan kode 9 yaitu pisang susu. Pisang susu memiliki perawakan dengan tinggi 233 cm berada pada urutan terbawah dari semua kultiar. Jika dilihat dari lebar margin yaitu 0.3 cm, panjang bilah daun 168 cm, lebar bilah daun 17 cm dan panjang tangkai daun 21 cm yang berada pada nilai terkecil dari semua kultivar. Produktivitas pisang susu per sisirnya menunjukkan angka terkecil dari semua kultivar yaitu 9 biji setiap sisirnya. Hal ini menunjukkan bahwa pisang susu memiliki keunikan pada ukuran tubuhnya yaitu relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan kultivar lainnya.

Beragamnya karakter yang teramati pada penelitian ini menunjukkan bahwa Kabupaten Lumajang memiliki keragaman kultivar pisang yang tinggi. Keragaman tumbuhan sendiri telah Allah SWT. sebutkan di dalam Al-Qur'an surat Thaha Ayat 53:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُّلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَرْوَاحًا مِنْ بَتَّاتٍ شَيْئٌ

Artinya: “Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuhan-tumbuhan yang bermacam-macam.”

“وَسَلَّكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُّلًا” memiliki makna Allah menciptakan bumi untuk memenuhi kebutuhan manusia baik untuk memenuhi kebutuhan pangan ataupun ilmu pengetahuan Berdasarkan Hidayatul Insan bi Tafsiril Qur'an, kata أَرْوَاجًا berarti berjenis-jenis tumbuhan yaitu sesuatu yang berkembang dan tumbuh di tanah baik yang berbatang ataupun tidak. Kata شَتَّى menjelaskan adanya berjenis-jenis tumbuhan dengan beragam bentuk, rasa, bau dan kegunaan (Kementerian Agama RI, 2019).

4.3 Karakter Molekular Pisang

4.3.1 Isolasi Pisang

Analisis di dalam laboratorium diawali dengan isolasi sampel. Isolasi merupakan proses yang bertujuan untuk mendapatkan isolat DNA yang akan dianalisis menggunakan teknik RAPD. Prinsip dasar isolasi DNA adalah penghancuran dinding sel (lisis), pemisahan DNA dari bahan padat seperti protein dan selulosa serta pemurnian DNA (Langga, dkk., 2012). Sampel pisang yang diambil untuk diisolasi adalah daun muda yang masih menggulung (sampel muda).

Tahapan isolasi mengacu pada petunjuk penggunaan GeneJET™ Plant Genomic DNA Purification Mini Kit di desain untuk cepat dan efisien dalam proses pemurnian dengan sedikit modifikasi. Thermo Scientific GeneJET Plant Genomic DNA Purification mini kit adalah kit isolasi DNA yang di

desain untuk mengisolasi 100 mg jaringan tumbuhan dengan mengikuti protokol. Genom DNA yang dihasilkan memiliki rasio absorbansi A260/A280 antara 1.7 sampai 1.9. Kit ini dikembangkan untuk menghasilkan genom DNA yang memiliki kualitas tinggi yang berasal dari berbagai macam spesies tumbuhan dan tipe jaringan. Kit ini menggunakan teknologi membran berbasis silika dalam bentuk *spin column*. Standar sesuai prosedur membutuhkan waktu selama 30 menit meliputi lisis sel dan menghasilkan DNA murni dengan ukuran lebih dari 30 kb. DNA murni bergantung pada spesies dan jaringan pada ukuran genom, ploidi, jumlah sel dan usia sampel. Isolat murni dari sumber yang baik seperti daun muda gandum misalnya, dari jumlah sampel yang diisolasi sebanyak 100 mg akan menghasilkan isolat murni sebanyak 20 - 30 µg (Thermo scientific, 2012; Thermo Scientific, 2014).

Prosedur isolasi DNA merupakan langkah yang cukup sulit untuk dilakukan, dikarenakan setiap tanaman mengandung senyawa fenol yang berbeda-beda. Senyawa tersebut dapat menghambat isolasi DNA untuk mendapatkan isolat DNA yang murni. Senyawa polifenol merupakan sumber kontaminan dan sering menjadi penghambat berhasilnya isolasi dan *purifikasi* DNA (Randriani dkk., 2012: Devi, dkk., 2013). DNA yang di isolasi dapat berasal dari sampel segar ataupun sampel kering. Namun berdasarkan penelitian yang dilakukan Saravanaprumal dan Terza (2012), menunjukkan bahwa sampel segar lebih mudah diisolasi dibandingkan dengan sampel kering. Pengambilan sampel muda pada fase awal pertumbuhan tidak merusak spesies karena hanya membutuhkan sampel yang sedikit (Gusmiaty dkk., 2016).

Daun tumbuhan mengandung banyak senyawa metabolit sekunder, polisakarida dan polifenol yang menjadi permasalahan selama isolasi genomic DNA. Devi dkk.(2013) dan Siddique (2014), menyatakan Ordo Zingiberales yang di dalamnya termasuk pisang mengandung banyak polisakarida, fenol, alkaloid, dan falvonoid. Ekstraksi DNA pisang ketika digunakan untuk analisis PCR banyak mengalami kendala, khususnya ketika menggunakan ekstraksi DNA dari jaringan yang dewasa. Kualitas DNA yang

baik saat isolasi merupakan hal penting dalam penelitian molekular. Ekstraksi DNA dari tanaman lebih disarankan menggunakan jaringan muda yang memiliki kandungan polisakarida, polifenol dan metabolit sekunder lain relatif lebih rendah dari jaringan tua. Sumber kontaminan tersebut dapat menghambat proses ekstraksi, perusakan DNA dan PCR (Das dkk., 2009; Siddique, 2014; Tiwari dkk., 2017).

4.3.2 Pengujian Kuantitatif DNA Pisang

Pengujian kuantitatif terhadap DNA pisang yang dihasilkan dari tahap isolasi menggunakan spektrofotometri *Bio-Drop*. *Bio-Drop* merupakan salah satu alternatif untuk mengukur konsentrasi suatu isolat DNA yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat menganalisis isolat dengan minimum isolat 0.5 μl dengan hasil yang cukup akurat. Selain itu, relatif lebih mudah dalam membersihkan sehingga mencegah tercampurnya DNA seperti pada penggunaan pembersihan berulang dengan air (BioDrop, 2019). Tahap awal pengukuran adalah menggunakan *elution buffer* 2 μl sebagai larutan blanko, kemudian dilanjutkan dengan 2 μl sampel DNA hasil isolasi. Hasil pengukuran menggunakan spektrofotometri yang tersaji pada tabel 4.15. berikut:

Tabel 4.15. Data hasil sprektrum fotometri

Kode Sampel	Nama sampel	Hasil Spektrofotometri	
		Konsentrasi ($\mu\text{l}/\text{mg}$)	$\text{A}260/\text{A}280$
1	Pisang Barlian	5.363	1.780
2	Pisang Agung Talun	3.502	1.891
3	Pisang Raja Nangka	1.260	1.910
4	Pisang Agung Jawa	2.672	1.815
5	Pisang Kongkong	3.619	1.793
6	Pisang Kayu	0.492	1.685
7	Pisang Ambon	3.762	1.713
8	Pisang Mas	3.215	1.871
9	Pisang Susu	3.253	1.804
10	Pisang Barlin	5.613	1.774
11	Pisang Embog	1.828	1.696
12	Pisang Cavendish	2.687	1.807
13	Pisang Sobo Gajih	1.685	1.710
14	Pisang Embog Abang	2.957	1.840
15	Pisang Raja Sajen	3.809	1.806
16	Pisang Candi	5.089	1.793

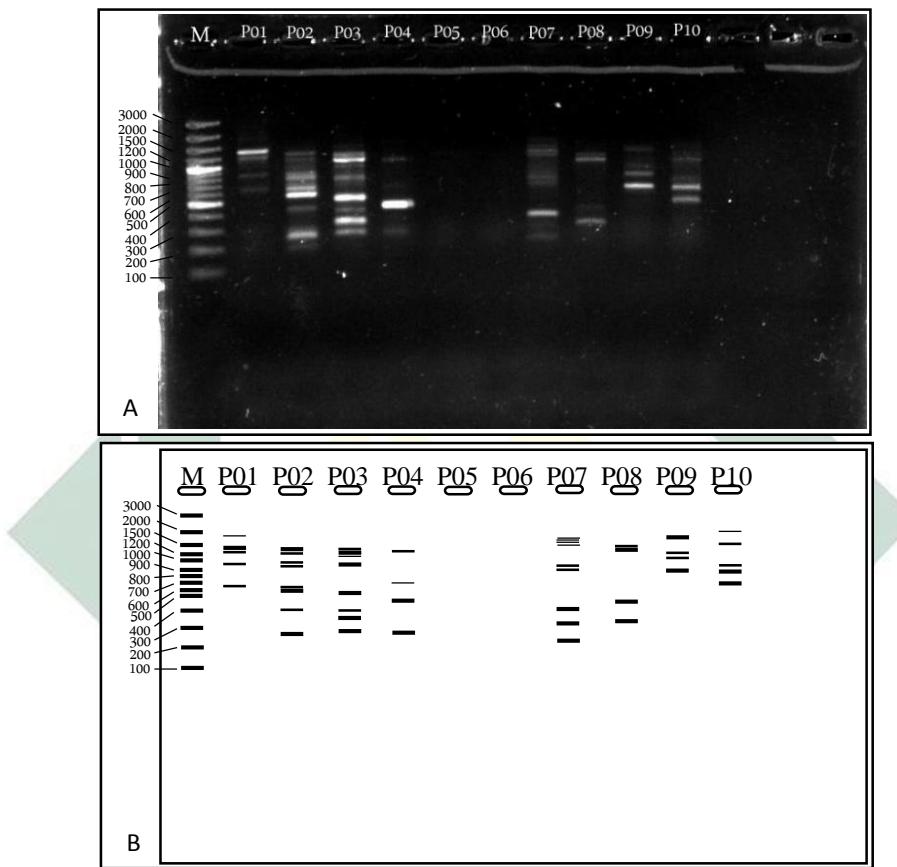
Kode Sampel	Nama sampel	Hasil Spektrofotometri	
		Konsentrasi ($\mu\text{l}/\text{mg}$)	$\text{A}260/\text{A}280$
17	Pisang Gajih Bali/ Raja Bali	0.766	1.840
18	Pisang Santen	4.570	1.850
19	Pisang Bruntel	0.909	2.223
20	Pisang Wangi	3.169	1.843
21	Pisang Jaran	4.146	1.767
22	Pisang Raja Awak	5.203	1.762
23	Pisang Sringin	6.279	1.779
24	Pisang Kopyok	3.084	1.779
25	Pisang Astrali	2.388	1.785
26	Pisang Klutuk	3.228	1.766
27	Pisang Cici	6.828	1.784

Tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran isolat DNA dengan konsentrasi tertinggi berada pada sampel 27 yaitu pisang cici sebesar 6.828 mg/ μl dan konsentrasi terendah diperoleh sampel 06 yaitu pisang kayu sebesar 0.492 mg/ μl . Rasio absorbansi 260 nm dan 280 nm memberikan estimasi kemurnian isolat. Berdasarkan penggunaan kit thermo scientific nilai absorbansi sampel berada pada kemurnian 1.7-1.9. Hal ini berbeda dengan penelitian Tiwari dkk. (2017) yang menyatakan bahwa isolat murni memiliki nilai absorbansi 260/280 antara 1.8-2. Perbedaan tersebut dapat ditimbulkan oleh perbedaan kit yang digunakan, pada penelitian tersebut menggunakan kit CTAB (*Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide*). Sampel pada penelitian ini memiliki absorbansi pada rentang 1.685 sampai 2.223. Kemurnian dengan rasio kurang dari 1,7 menunjukkan isolat terkontaminasi oleh protein atau fenol (Tiwari dkk., 2017) sedangkan kemurnian dengan rasio lebih dari 2 atau 1.9 dalam thermo scientific dimungkinkan isolat terkontaminasi oleh RNA.

4.3.3 Pengujian Kualitatif DNA Pisang

Data kualitatif DNA pisang didapatkan dari elektroforesis gel. Elektroforesis gel merupakan salah satu teknik/proses yang digunakan untuk memisahkan molekul DNA, RNA, atau protein berdasarkan ukuran dengan dipicu oleh muatan listrik. Elektroforesis terdiri dari beberapa komponen yaitu gel agarose, larutan buffer dan aliran listrik. Pada penelitian ini digunakan 10 primer RAPD yang dilakukan *screening* terlebih dahulu. *Screening* merupakan suatu uji awal pada primer untuk menentukan primer

yang akan digunakan dalam analisis. Hasil seleksi terhadap 10 primer menunjukkan bahwa 8 primer berhasil mengamplifikasi pita polimorfik DNA kultivar pisang. Sedangkan 2 primer lainnya yakni primer OPA 5 dan OPA 6 tidak menghasilkan pita. Panjang pita yang dihasilkan oleh 8 primer diatas berkisar antara \pm 200 bp hingga \pm 1500 bp. Gambar 4.6. di bawah ini menunjukkan hasil seleksi 10 primer.



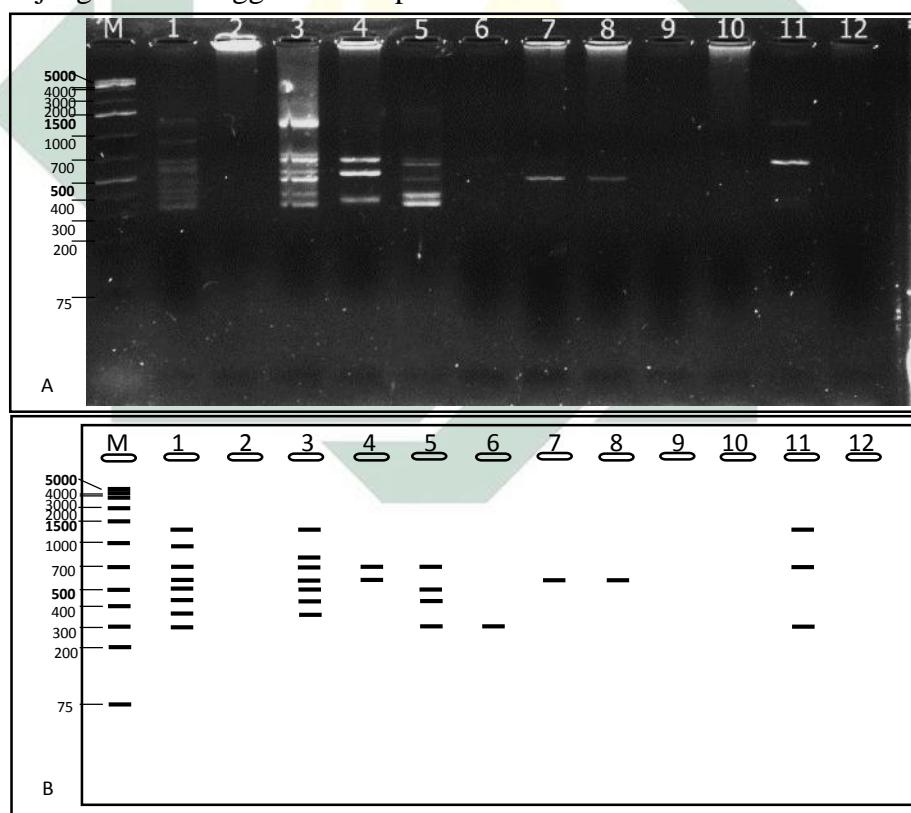
Gambar 4.6. A. Spektrofotometri sampel ke 13 dengan primer OPA 1 (P1) – OPA 10 (P10), B. Sketsa Spektrofotometri sampel ke 13 dengan primer OPA 1-10.

Sumber: A. UV Transluminator, B. Dokumen Pribadi.

Gambar diatas menunjukkan bahwa sampel nomer 13 yang digunakan dalam seleksi primer menghasilkan 8 primer dengan pita DNA polimorfik sebanyak 4-10 pita DNA yaitu OPA 1, OPA 2, OPA 3, OPA 4, OPA 7, OPA 8, OPA 9 dan OPA 10. Panjang pita DNA yang dihasilkan oleh 8 primer diatas berkisar antara ± 200 bp hingga ± 1500 bp. Sedangkan 2 primer yang tidak menghasilkan pita DNA adalah OPA 5 dan OPA 6. Menurut Wahyuningtyas dkk. (2009), tidak terbentuknya alel pada lokus dapat disebabkan lokus kurang polimorfik atau terbatasnya kultivar yang dianalisis.

Tidak terbentuknya alel dapat pula disebabkan oleh tidak adanya sekuen komplementer pada DNA genom. Alel tidak akan terbentuk apabila komplementer urutan basa nukleotida DNA cetakan terdapat pada jarak yang jauh melebihi 5.000 bp (Randriani, dkk., 2012). Delapan primer diatas dapat digunakan sebagai analisis keragaman kultivar pisang dikarenakan menunjukkan adanya pita DNA yang cukup jelas sehingga dapat mendukung proses analisis.

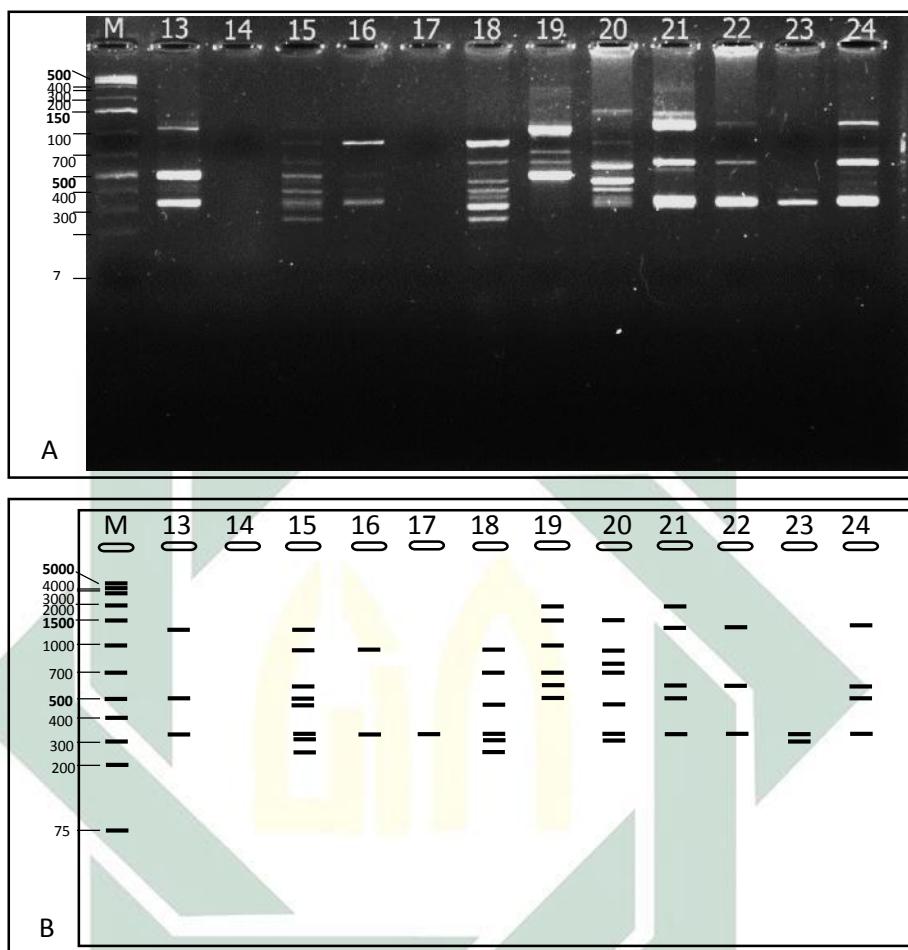
Delapan primer terpilih kemudian digunakan untuk amplifikasi 27 sampel kultivar pisang. Hasil amplifikasi menunjukkan bahwa primer 3 merupakan primer yang menghasilkan pita polimorfik tinggi dibandingkan 7 primer lainnya. Analisis dengan software NTSys menggunakan primer 3 sebagai acuan untuk mendapatkan data biner. Berdasarkan data biner yang telah diolah, didapatkan panjang basa terendah berada pada \pm 267 bp hingga panjang basa tertinggi \pm 2000 bp.



Gambar 4.7. A. Pita DNA hasil amplifikasi RAPD sampel 1-12, B. Sketsa pita DNA hasil amplifikasi RAPD sampel 1-12.

Sumber: A. UV Transluminator, B. Dokumen Pribadi.

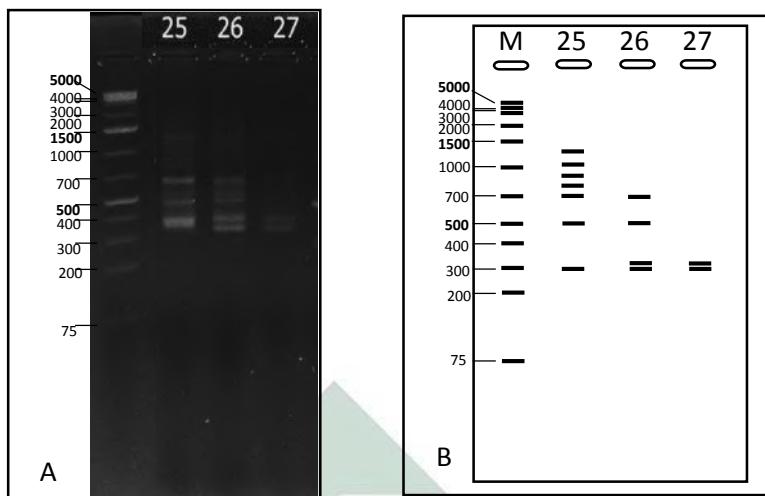
Pita DNA yang terbentuk pada gambar diatas mulai dari pita DNA terkecil yaitu \pm 300 bp sedangkan pita DNA terbesar mencapai \pm 1375 bp.



Gambar 4.8. A. Pita DNA hasil amplifikasi RAPD sampel 13-24, B. Pita DNA hasil amplifikasi RAPD sampel 13-24.

Sumber: A. UV Transluminator, B. Dokumen Pribadi.

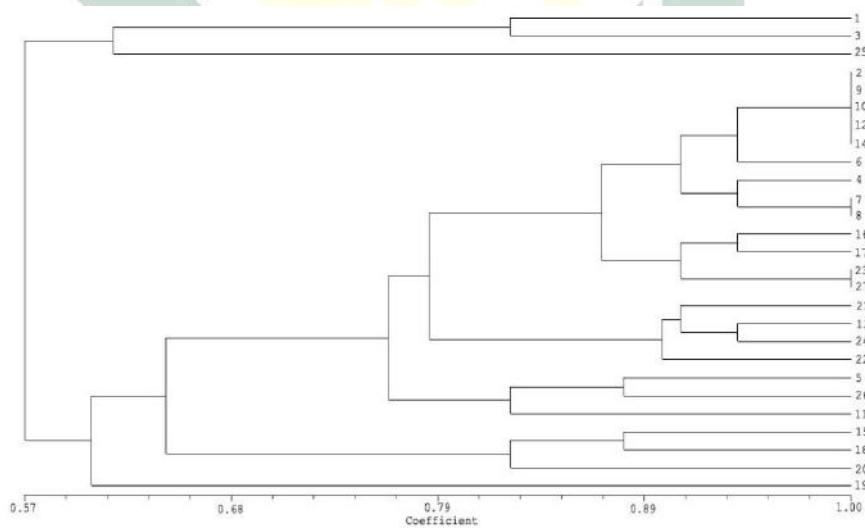
Pita DNA pada sampel 13 sampai 24 menunjukkan polimorfisme yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 1 sampai 12. Pita DNA terbesar terdapat pada sampel 19 dan 21 yaitu sebesar \pm 2000 bp sedangkan pita DNA terkecil terdapat pada sampel nomer 15 dan 18 yaitu sebesar 267 bp.



Gambar 4.9. A. Pita DNA hasil amplifikasi RAPD sampel 25-27, B. Pita DNA hasil amplifikasi RAPD sampel 25-27.

Sumber: A. UV Transluminator, B. Dokumen Pribadi.

Penanda RAPD merupakan penanda yang bersifat dominan. Sifat ini tidak dapat membedakan individu yang memiliki genotipe homozigot (AA) dan heterozigot (Aa) sedangkan untuk pita yang tidak terlihat atau muncul menunjukkan genotip resesif (Zulfahmi, 2013). Mengacu pada data biner tersebut, maka didapatkan dendogram pengelompokan pisang pada gambar 4.10. sebagai berikut.



Gambar 4.10. Hasil Analisis hubungan kekerabatan 27 kultivar pisang menggunakan analisis kluster

Sumber: Software NTsys.

Jumlah total marka yang teramplifikasi pada primer 3 berjumlah 86 lokus dengan panjang basa yang bervariasi antara \pm 267 bp sampai \pm 2000 bp. Pada tanaman lain seperti amplifikasi pada jambu mete menghasilkan

panjang basa 100-2000 bp (Randriani, dkk., 2012), pada tumbuhan pinus menghasilkan panjang basa 80-900 bp (Gusmiaty, dk., 2016) dan tumbuhan iles-iles menghasilkan panjang basa 300-1.500 bp (Poerba, 2008). Pengelompokan 27 kultivar pisang menggunakan RAPD menghasilkan dendogram dengan nilai koefisien antara 0.57 – 1.00. Nilai koefisien yang tinggi menunjukkan semakin dekat hubungan kekerabatan antar kultivar pisang. Pada koefisien 1.00 menunjukkan bahwa individu-individu tersebut memiliki kemiripan 100% (Wahyuningtyas, dkk., 2009). Hasil pengelompokan menggunakan program NTSys 2.02 diperoleh 2 kelompok besar pada koefisien 0.60. Pada nilai koefisien tersebut terdapat satu kultivar *outgroup* dengan kode sampel 19 yaitu pisang bruntel.

Pada koefisien 0.62 di dalam dendogram similaritas terbentuk 2 kelompok besar. Kelompok pertama terdiri atas 3 kultivar yaitu sampel 1 (Pisang barlian), sampel 3 (Pisang Raja nangka) dan sampel 25 (Pisang Astrali) dan kelompok 2 terdiri atas 24 kultivar yaitu sampel 2 (Pisang Agung Talun), 9 (Pisang susu), 10 (Pisang Barlin), 12 (Pisang Cavendish), 14 (Pisang Embog Abang), 6 (Pisang Kayu), 4 (pisang Agung Jawa), 7 (Pisang Ambon), 8 (Pisang Mas), 16 (Pisang Candi), 17 (Pisang Gajih Bali/Raja Bali), 23 (pisang Sringin), 27 (Pisang cici), 21 (Pisang Jaran), 13 (Pisang Sobo Gajih), 24 (Pisang Kopyok), 22 (pisang Raja Awak), 5 (Pisang Kongkong), 26 (Pisang Klutuk), 11 (Pisang Embog), 15 (Pisang Raja Sajen), 18 (Pisang Santen), 20 (Pisang Wangi) dan 19 (Pisang Bruntel).

Pada koefisien 0.68 terbentuk 5 kelompok, kelompok pertama terdiri atas dua individu (pisang barlian dan raja nangka), kelompok kedua terdiri atas 1 individu (pisang astrali), kelompok tiga terdiri atas 20 individu (pisang agung talun, susu, barlin, cavendish, embog abang, kayu, agung jawa, ambon, mas, candi, gajih bali/raja bali, sringin, cici, jaran, sobo gajih, kopyok, raja awak, kongkong, klutuk dan embog), kelompok empat terdiri atas 3 individu (pisang raja sajen, santen dan wangi) dan kelompok kelima terdiri atas satu individu yaitu pisang bruntel.

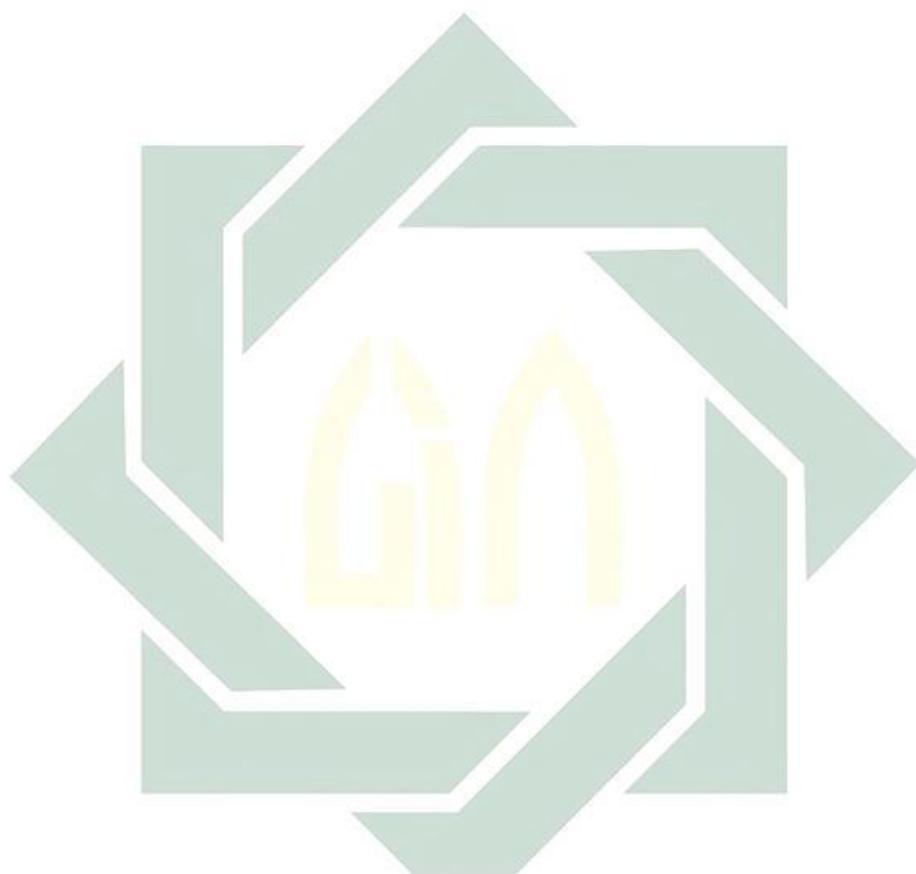
Kelompok pertama pada nilai koefisien 0.68 yang terdiri atas 2 individu (barlin dan raja nangka) didapatkan 15 alel RAPD. Pada kedua individu

tersebut terdapat 2 pita pembeda, yaitu satu pita yang hanya dimiliki oleh sampel barlian yang berada pada panjang basa \pm 925 bp dan satu pita yang hanya dimiliki oleh pisang raja nangka yaitu \pm 800 bp. Kelompok kedua hanya satu individu, yang artinya individu ini memiliki ragam genetik yang berbeda dengan individu lainnya. kelompok dua memiliki jumlah alel yang teramplifikasi sebanyak 7 alel. Kelompok ketiga memiliki banyak pita yang cukup variatif sejumlah 36 alel dengan pembentukan sub kelompok individu lagi di dalamnya. Pada kelompok empat terdiri atas 3 individu dengan 20 alel. Pita penciri dari 2 sampel diantaranya adalah sampel nomor 15 (pisang raja sajen) memiliki satu alel yang tidak dimiliki oleh individu lain yaitu \pm 1375 bp dan sampel nomor 18 (Pisang Santen) memilliki satu alel unik yang berukuran \pm 700 bp. Kelompok terakhir terdiri hanya atas satu individu yaitu sampel nomor 19 (pisang bruntel) yang memiliki satu alel unik dengan panjang basa \pm 1000 bp.

Pisang bruntel merupakan individu *outgroup* berdasarkan analisis molekular tetapi jika dilihat dari analisis fenotip, pisang bruntel tidak berada pada *outgroup*. Pisang bruntel berkerabat dengan pisang santen dan pisang sringin yang memiliki panjang basa yang sama yaitu \pm 630 bp. Pada panjang basa lain ketiganya menunjukkan perbedaan. Sembiring, dkk. (2015) menyatakan perbedaan pola pita berdasarkan jumlah dan ukuran pita menggambarkan adanya genom tanaman yang sangat kompleks. Berdasarkan karakter fenotip pisang bruntel dan pisang santen memiliki tinggi batang yang berdekatan yaitu 135 cm dan 140 cm sedangkan tinggi batang pisang sringin 390. Ketiganya memiliki jumlah buah per sisir 15 – 16 biji. Berdasarkan analisisi molekular, ketiganya berada dalam grup yang sama dan pada koefisien 0.60 pisang bruntel membentuk *outgroup* sedangkan pisang santen dan pisang sringin berada pada sub-grup yang sama. Pada koefisien 0.77 pisang santen dan pisang sringin terpisah menjadi sub-grup lagi.

Pada penelitian ini terdapat perbedaan hasil analisis terhadap 27 sampel pisang berdasarkan karakter fenotip dan molekular. Kultivar-kultivar pisang dapat masuk dalam satu grup yang sama berdasarkan karakter fenotip tetapi tidak dapat berada pada satu grup berdasarkan karakter molekular. Menurut

Susantidiana, dkk. (2009) perbedaan yang terjadi antara penanda morfologi dan RAPD menunjukkan bahwa pita-pita DNA yang dihasilkan tidak berhubungan dengan karakter morfologi.



BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Kekerabatan 27 kultivar pisang berdasarkan karakter fenotip menunjukkan adanya persamaan dan perbedaan. hasil analisis *hierarchical cluster* SPSS didapatkan 5 kelompok kultivar yang terbagi pada jarak skala 15, yaitu kelompok satu sebanyak 22 kultivar, kelompok dua sebanyak 1 kultivar, kelompok tiga dengan dua kultivar, kelompok 4 dengan 1 kultivar. Analisis molekular menggunakan teknik RAPD menunjukkan bahwa primer 3 (OPA 3) merupakan primer dengan polimorfisme paling tinggi dibandingkan dengan primer lain sehingga primer ini digunakan dalam analisis Hasil analisis menunjukkan keragaman genetik yang tinggi, pada koefisien 68% terdapat 5 kelompok, kelompok pertama dengan 2 individu, kelompok kedua dengan 1 individu, kelompok ketiga dengan 20 individu yang membentuk sub kelompok lagi, kelompok keempat dengan 3 individu, dan kelompok kelima dengan 1 individu. Berdasarkan analisis keduanya maka dapat disimpulkan bahwa karakter fenotip dan molekular tidak berhubungan secara signifikan dalam pengelompokan kultivar pisang. Karakter molekular relatif lebih stabil dari perubahan dibandingkan karakter fenotip.

5.2 Saran

- a. Penelitian lanjutan perlu dilakukan guna mendapatkan informasi akurat dan komprehensif terkait data fenotip pisang yang cenderung cepat berubah.
 - b. Meningkatkan proses isolasi agar mendapatkan konsentrasi DNA yang lebih tinggi lagi, penambahan jumlah kultivar agar mendapatkan informasi genetik yang lebih komprehensif lagi, peningkatan optimasi PCR untuk mendapatkan suhu konsisten bagi jenis primer RAPD
 - c. Penelitian lanjutan menggunakan penanda molekular yang spesifik untuk konfirmasi kelompok kultivar yang ada di Kabupaten Lumajang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agisimanto, D., Martasari, C. dan A. Supriyanto. 2007. Perbedaan Primer RAPD dan ISSR dalam Identifikasi Hubungan Kekerabatan Genetik Jeruk Siam (*Citrus suhuniensis* L. Tan) Indonesia. *Jurnal Hortikultura*. 17(2).

Ahmad, Fajarudin. 2013. Keragaman Genetik Pisang *Musa balbisiana* Colla di Indonesia Menggunakan Penanda *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP). *Tesis*. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Ambarita, M.D.Y., Bayu, E.S. dan H. Setiado. 2015. Identifikasi Karakter Morfologis Pisang (*Musa* spp.) di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Agroteknologi*. 4(1).

Anggereini, Evita. 2008. *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD), Suatu Metode Analisis DNA dalam Menjelaskan Berbagai Fenomena Biologi. *Biospecies*. 1(2).

Arifin, M.F., Purnamaningsih, A.L. dan Respatijarti. 2017. Identifikasi Morfologi Pisang Tanduk di Kabupaten Malang dan Lumajang. *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(10).

Astuti, R.D, Aspahami, F. dan T. Gultom. 2017. Keragaman Genetik Pisang (*Musa* sp.) Berdasarkan Morfologi di Kecamatan Percuit Sei Tuan Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional III Biologi dan Pembelajarannya*, Universitas Negeri Medan.

Atawodi, SE., Atawodi, JC. dan AA. Dzikwi. 2010. Polymerase Chain Reaction: Theory, Practice and Application: A review. *Sahel Medical Journal*. 13(2).

Auseubel, F.M., Brent, R., Kingston, R.E., Moore, D.D., Seidman J.G., Smith, J.A., and K. Struhl. *Current Protocols in Molecular Biology*. John Wiley and Sons.

BioDrop. 2019. *Using a BioDrop µLITE Spektrofotometer to Measure the Concentration of Low Volume Samples of dsDNA*. BioDrop™ µLITE dsDNA Application Note. Diakses pada 13 Juli 2019. <www.pacificlab.com.au>

Brown, A., Tumuhimbisa, R., Amah, D., Uwimama, B., Nyine, M., Mduma, H., Talengera, D., Karamura, D., Kuriba, J., and R. Swennen. 2017. Bananas and Plantains (*Musa* spp.). *Genetic Improvement of Tropical Crops*. Springer International Publishing AG.

Brown, T.A. 2010. *Gene Clonings & DNA Analysis, An Introduction*, Sixth Edition. University of Manchester, Manchester: Ajohn Wiley & Sons, Ltd, Publication.

- Cheesman, E.E. 1948. Classification of the Bananas. *Kew Bulletin*. 3(2).
- Christelova, P., Valarik, M., Hibrova, E., Houwe, I.V.D., Channeliere, S., Roux, N., dan J. Dolezel. 2011. A Platform for Efficient Genotyping in *Musa* Using Microsatellite Markers. *AoB Plant*.
- Deepthi, V. Phani. 2016. Taxonomic Scoring and Genomic Grouping in Bananas. *Flora and Fauna*. 22(2).
- Ekasari, T.W.D., Retnoningsih, A. dan T. Widiani. 2012. Analisis Keanekargaman Kultivar Pisang Menggunakan Penanda PCR-RFLP pada Internal Transcribed Spacer (ITS) DNA Ribosom. *Jurnal MIPA* 35(1).
- Ennos, A.R., Spatz, H-CH. and T. Speck. 2000. The Functional Morphology of the Petioles of the Banana, *Musa textilis*. *Journal of Experimental Botany*. 51(353).
- Faatih, Mukhlissul. 2009. Isolasi dan Digesti DNA Kromosom. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 10(1).
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). 2015. *Banana Fact adn Figure (Banana Cultivar)*. Diakses pada 11 Januari 2019. <www.fao.org>
- Gusmiaty, Restu, M., Asrianny dan S.H. Larekeng. 2016. Polimorfisme Penanda RAPD untuk Analisis Keragaman Genetikk *Pinusmerkusii* di Hutan Pendidikan UnHas. *Jurnal Natur Indonesia*. 16(2).
- Hakkinen, M. and W. Hong. 2007. New Species and Variety of *Musa* (Musaceae) from Yunnan, China. *NOVON*. 17(4).
- Handoyo, D. dan A. Rudiretna. 2000. Prinsip Umum dan Pelaksanaan *Polymerase Chain Reaction (PCR)*. *Unitas*. 9(1).
- Hapsari, Lia. 2014. Wild Musa Species Collection of Purwodadi Botanic Garden: Inventory and Its Morpho-taxonomic Review. *The Journal of Tropical Life Science*. 4(1).
- Hartwell, L.H., Hood, L., Goldberg, M.L., Reynolds, A.E., and L.M Silver. 2008. *Genetics, From Genes to Genomes*, Fourth Edition. United State : The McGraw Hill Companies.
- Howell, E.C., Newbury, H.J., Swennen, R.L., Withers, L.A., and B.V.F. Lloyd. The Use of RAPD for Identifying and Classifying *Musa* Germplasm. *Genome Information*.
- Ismail, A., Wicaksana, N. dan A. Daulati. 2015. Heritabilitas, Variabilitas dan Analisis Kekerabatan Genetik Pada 15 Genotip Pisang (*Musa paradisiaca*)

- Varietas Ambon Asal Jawa Barat Berdasarkan Karakter Morfologi di Jatinangor. *Jurnal Kultivasi*. 14(1).
- International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP)*. 2006. Global Conservatioon Strategy for *Musa* (Banana and Plantain).
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)*. 1996. Descriptor for Banana (*Musa* spp.)
- Joshi, M. and J.D Dreshpande. 2010 Polymerase Chain reaction: Methods, Principles and Application. *IJBR*. 1(5).
- Jumari dan A. Pudjoarinto. 2000. Kekerabatan Fenetik Kultivar Pisang di Jawa. *Biologi*. 2(9).
- Kasrina dan A. Zulaikha Q. 2013. Pisang Buah (*Musa* spp.): Keragaman dan Etnobotaninya Pada Masyarakat di Desa Sri Kuncoro Kecamatan Pondok Kelapa Kabupaten Bengkulu Tengah. *Prosiding Seminar FMIPA Universitas Lampung*.
- Lamare, A. and S.R. Rao. 2015. Efficacy of RAPD, ISSR and DAMD Markers in Assessment of Genentic Variability and Population Structure of Wild *Musa acuminata colla*. *Physiol Mol Biol Plant*. 21(3).
- Martin, K.P., Pachathundikandi, S.L., Zhang, C.-L., Slater, A., and J. Madassery. 2006. RAPD Analysis of a Variant of Banana (*Musa* sp.) cv. Grande Naine and Its Propagation via Shoot Tip Culture. *In Vitro Cellular & Development Biology*. 42(2).
- Megia, Rita. 2005. *Musa* sebagai Model Genom. *Hayati*. 12(4).
- Mesquita C. De B., Leonel M., Franco, C.M.L., Leonel, S., Garcia, E.L. and T.P.R. dos Santos. 2016. Characterization of Banana Starches Obtained from Cultivar Grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules*. 8(9).
- Nationat Geograpic. 2017. *The Surprising Science Behind the World's Most Popular Fruit*. Diakses pada 09 Januari 2019. <www.nationalgeographic.com>
- Nehda, Purnamaningsih, Sri L., dan Damanhuri. 2017. Observasi dan Karakterisasi Morfologi Tanaman Pisang (*Musa* spp.) di Kecamatan Ngancar Kabupaten Kediri. *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(5).
- Nicholl, D.S.T. 2008. *An Introduction to Genetic Engineering*, Third Edition. University of the West of Scotland, United Kingdom: Cambridge University Press.

- Nisa, C., Badruzsauri, dan E. Wijaya. 2010. Penentuan Genom Fenetik Kultivar Pisang Yang Tumbuh di Kalimantan Selatan. *Zira'ah* Volume 29 Nomor 3.
- Notanubun. R. dan R. L. Karuwai. 2014. Hubungan Kekerabtan Fenetik Varietas Pisang (*Musa* sp.) di Pulau Ambon. *Biopendix*. 1(1).
- Oktaviani, Nella. 2017. *Statistik Pertanian 2017*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian – Republik Indonesia.
- Patel, S.V., Bosmania, T.C., Bhalani, H.N., Singh, P. and A. Kumar. 2015. Polymerase Chain Reaction (PCR). *Agrobisnis Newsletter*. 13(9).
- Pierce, B.A. 2012. *Genetic, A Conceptual Approach*, Fourth Edition. New York: W.H. Freeman and Company.
- Poerba, Y.S. dan D. Martanti. 2008. Keragaman Genetik Berdasarkan Marka Random Amplified Polymorphic DNA pada *Amorphophallus muelleri* Blume di Jawa. *BIODIVERSITAS*. 9(4).
- Poerba, Y.S. Imelda, M. dan D. Martanti. 2012. Analisa Kestabilan genetik Pisang Kepok ‘Unti Sayang’ Hasil Mikroprogiasi dengan Marka RAPD dan ISSR. *Berita Biologi*. 11(2).
- Rahmawati M. dan E. Hayati. 2013. Pengelompokan Berdasarkan Karakter Morfologi Vegetatif Pada Plasma Nutfah Pisang Asal Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Agrista*. 17(3).
- Randriani, E., Tresniawatim C., dan Syafaruddin. 2012. Pemanfaatan Teknik Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) untuk Pengelompokan Secara Genetik Plasma Nutfah Jambut Mete. *Buletin RISTRI*. 3(1).
- Reece, R.J. 2004. *Analysis of Genes and Genomes*. University of Manchester, United Kingdom.
- Sambrook, J. and D.W. Russel. 2001. *Molecular Cloning, A Laboratory Manual*, Volume 1. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Saravanaperumal, S.A. and A. La Terza. 2012. Polyphenolic free DNA Isolation and Optimization of PCR-RAPD for Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) from Mature and Young Leaves. *African Journal of Biotechnology*. 11(35).
- Sardos J., Rouard M., Hueber Y., Cenci A., Hyma KE., van den Houwe I., Hribova E., Courtois B., and zRoux N. 2016. A Genome-Wide Association Study on the Seedless Phenotype in Banana (*Musa* spp.) Reveals the Potential of a Selected Panel to Detect Candidate Genes in a Vegetatively Propagated Crop. *Plos One*. 11(5).

- Sari, Sasi G. dan Badruzsaufari. 2013. Hubungan Kekerabatan Fenetik Beberapa Varietas Pisang Lokal Kalimantan Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 16(1).
- Sembiring, I.M.S., Putri, L.A.P dan H. Setiado. 2015. Aplikasi Penanda Lima Primer RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) untuk Analisis Keragaman Genetik Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi*. 4(1).
- Setiawan, Agus. 2016. *Buku Data Ekonomi Daerah Kabupaten Lumajang Tahun 2016*. Bagian Ekonomi Sekretariat Daerah, Kabupaten Lumajang.
- Silva, T.A., Schnell, R.J., Meerow, A.W., Brown, J.S. and G. Gordon. 2009. A Study on the Morphological and Pysicochemical Characteristics of Five Cooking Banana. *Journal of Agronomy*. 8(1).
- Simmonds, N.W. and K. Shepherd. 1995. The Taxonomy and Origins of the Cultivated Banana. *Journ. Linn. SOC. – Botany*. Vol. 50.
- Singh, W.A., Singh, N.S., Handique, P.J., and H.S. Devi. 2015. Morphotaxonomical and Molecular Assessment of *Musa* Genotypes from North-East India by Morphological and Inter-retrotransposon Amplified Polymorphism Markers. *Plant Syst Evol*. 301.
- Snutad, D.P. and M.J. Simmons. 2012. *Principles of Genetics*, Sixth Edition. United State : John Wiley and Sons Company
- Sobir. 2006. Studi Keragaman Morfologi Aksesi Pisang Koleksi dari Kabupaten Lampung Selatan. *Floribunda*. 3(1).
- Soorianathasundaram, K., Narayana., CK. And G. Paliyath. 2016. Bananas and Plantains. *Encyclopedia of Food and Health*.
- Sukartini. 2007. Pengelompokan Aksesi Pisang Menggunakan Karakter Morfologi IPGRI. *Jurnal Hortikultura*. 17(1).
- Susantidiana, Wijaya, A., Lakitan, B. dan M. Surahman. 2009. Identifikasi Beberapa Aksesi Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Melalui Analisis RAPD dan Morfologi. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 37(2).
- Suwandi, Nuryati, L., Waryanto, B., Rohmah, Y. dan Victor. 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Hortikultura*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian - Republik Indonesia.
- Suwandi, Susanti, A.A., Waryanto, B., Muliany, P.H., Sholikhah, S.N., Widaningsih, R., Heni, T., Suryani, R., Suyati, Indra, B., Tarmat, Bonavia, V.S. 2016. *Statistik Daerah Kabupaten Lumajang Tahun 2016*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lumajang.

- ThermoScientific. 2012. GeneJET Plant Genomic DNA Purification Mini Kit #K0791, #K0792. Thermo Fisher Scientific Inc.
- ThermoScientific. 2014. High Yields of Pure DNA & RNA from Different Sources. Thermo Fisher Scientific Inc.
- Valmayor, R.V., Jamaluddin, S.H., Silayoi, B., Kusumo, B., Danh, L.D., Pascua, O.C. and R.R.C. Espino. 2000. Banana Cultivar Names and Synonyms in Southeast Asia. *International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP)- Asia and the Pacific Office*, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Venkataramana K., Jarret, R.K., and R.S. Rana. 1995. DNA Profiling of Banana and Plantain Cultivars Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) and Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) Markers. *Electrophoresis*. 16.
- Wahyuningtyas, W., Retnoningsih, A., dan Enni S. R. 2009. Keanekaragaman Genetika Pisang Bergenom B Berdasarkan Penanda Mikrosatelit. *Biosaintifika*. 1(1).
- Walker, J.M. and R. Rapley. 2008. *Molecular Biomechanics Handbook*, Second Edition. United Kingdom: Humana Press, LLC.
- Wijayanto, T., Boer, D., dan L. Ente. 2013. Hubungan Kekerabatan Aksesi Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Formatyca) di Kabupaten Munda Berdasarkan Karakter Morfologi dan Penanda RAPD. *Jurnal Agroteknos*. 3(3).
- Youssef, M and R.M.E-G. Medrano. 2015. Genetic Relationship Among *Musa balbisiana* Accessions and Identification of SRAP Markers Linked to *Musa* B Genome. *Journal Agriculturl Chemistry and Biotechnology*. 7(2).
- Zulfahmi. 2013. Penanda DNA untuk Analisis Genetik Tanaman. *Jurnal Agroteknologi*. 3(2).