

SKRIPSI

**KERAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN TANAMAN MURBEI
Morus spp. DI PERHUTANAN SOSIAL DAN KEMITRAAN
LINGKUNGAN (PSKL) KABUPATEN WAJO SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN PENANDA RAPD
(RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA)**

Disusun dan diajukan oleh

NURUL AFIA ABD. MAJID

H041171312



**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**KERAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN TANAMAN MURBEI
Morus spp. DI PERHUTANAN SOSIAL DAN KEMITRAAN
LINGKUNGAN (PSKL) KABUPATEN WAJO SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN PENANDA RAPD (*RANDOM AMPLIFIED
POLYMORPHIC DNA*)**

Disusun dan diajukan oleh

NURUL AFIA ABD. MAJID


H041171312


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 28 April 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Pembimbing Pendamping


Dr. Andi Masniawati, M.Si
NIP. 19700213 199603 2 001


Dr. Juhriah, M. Si
NIP. 19631231 198810 2 001

Ketua Program Studi,




Dr. Nur Haedar, S.Si., M.Si.
Nip. 196801291997022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Afia Abd. Majid

NIM : H041171312

Program Studi : Biologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Keragaman Genetik dan Kekerabatan Tanaman Murbei *Morus spp.* di Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan Berdasarkan Penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 28 April 2021

Yang Menyatakan



(Nurul Afia Abd. Majid)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Keragaman Genetik dan Kekerabatan Tanaman Murbei *Morus spp.* di Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan Berdasarkan Penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka menyelesaikan penulisan skripsi ini. Banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, namun berkat kehendak-Nyalah dan juga bantuan dari semua pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga khususnya kedua orang tua penulis, Ayahanda Abd. Majid dan Ibunda Jaweti dan kakak saya Nur Aulia Abd. Majid serta adik saya Muh Aal. Reski atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Kepada Ibunda Dr. A. Masniawati, M.Si sebagai pembimbing utama dan Dr. Juhriah, M.Si sebagai pembimbing pertama penulis ucapkan terima kasih atas waktu, bimbingan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama penulis melakukan penelitian hingga selesainya penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga penulis haturkan kepada:

1. Prof. Dr. Dwia Aries Tina P., M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Eng Amiruddin, M.Sc selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
3. Dr. Andi Ilham Latunra, M.Si., selaku Wakil Dekan III Bidang Kamahasiswaan dan Alumni yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.

4. Dr. Nur Haedar M.Si. selaku ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
5. Dr. A. Masniawati, M.Si selaku dosen Penasehat Akademik yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dan memberikan masukan serta nasihat kepada penulis selama menempuh kuliah di jurusan Biologi Universitas Hasanuddin.
6. Drs. Muh Ruslan Umar, M. Si dan Dr. Ambeng, M. Si selaku dosen penguji. Terima kasih atas saran dan perbaikan pada skripsi ini.
7. Sahabat penulis Nurindah Rezky dan Eka Tri Ana yang telah memotivasi dan membantu penulis selama penyusunan skripsi ini. Terima kasih sudah menjadi sahabat terbaik selama menempuh perkuliahan ini dan selalu mengajarkan banyak hal kepada penulis.
8. Teman-teman peneliti sutra yaitu Renaldi Rhafiq, Miftahul Jannah, Aisyanang Deng Ngai, Islah Madjid, Ayu Anggreni Sujito, Amaliah Fauziah dan Kakak Wahid yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung.
9. Saudari Aspucil Dian Fadillah Amar, Nurhikmatin, Dina Fitriyah Nurin, Reynita Utami Muliadi Putri, Karlina Putri Kadri, Nurul Khafifah Halim, dan Muthmainnah Ananda Putri yang selalu memberikan semangat dan motivasi disaat penulis menemui hambatan serta selalu menjadi pendengar yang baik.
10. Saudara-saudariku Azura 19 dan Biovergent 2017 yang sudah berjuang bersama-sama selama masa perkuliahan dan organisasi.
11. Kakak Is, Kakak Bima, Kakak Fitri dan Kakak Nia serta teman-teman peneliti yang telah membantu dan mengarahkan penulis selama penulis mengerjakan penelitian di Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

12. Kepada kakak Nurul Qolby, S. Si. M. Si dan kakak Nurhikmah Wahid, S. Si., terima kasih penulis ucapkan atas motivasi dan saran yang telah diberikan kepada penulis.

Semoga skripsi ini dapat menjadi acuan yang bermanfaat dikemudian hari bagi kegiatan penelitian yang berkaitan dengan judul penelitian ini.

Makassar, 20 April 2021

Penulis

ABSTRAK

Morus spp merupakan tanaman yang digunakan sebagai pakan ulat sutera yang menentukan kualitas dan kuantitas kokon yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman genetik dan kekerabatan murbei di Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan berdasarkan penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Sebanyak 80 sampel murbei (10 individu tiap jenis) dianalisis dengan menggunakan 7 primer (OPK-20, OPAD-11, OPAE-11, OPG-19, OPP-08, OPD-20 dan OPA-15). Metode yang digunakan adalah isolasi DNA, amplifikasi DNA, elektroforesis, visualisasi dan interpretasi data. Analisis data dilakukan dengan program NTSYSpc versi 2.10e. Parameter yang diukur adalah nilai heterozigositas (H_e), *Polimorphic Information Content* (PIC) dan koefisien kemiripan. Pembobotan ciri dengan menggunakan metode UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic*). Koefisien kemiripan dihitung menggunakan *Simple Matching Coefficient* (SMC) dan analisis pengelompokan dengan menggunakan fungsi SAHN (*Sequential Agglomerative Hierarchical Nested Cluster Analysis*) dan penggabungan antar individu ataupun kelompok dengan menggunakan rumus *average*. Hasil penelitian diperoleh keragaman genetik murbei di PSKL Kabupaten Wajo tergolong tinggi dengan nilai rata-rata $H_e = 0,3134$. Nilai H_e terendah terdapat pada populasi *Morus indica* yaitu 0,254 dan nilai H_e tertinggi terdapat pada populasi *Morus nigra* yaitu 0,3877. Populasi dengan kekerabatan paling dekat yaitu populasi *Morus sp.* (Bangladesh) dengan populasi *Morus cathayana* × *acidosa* dengan koefisien kemiripan sebesar 0,75. Sedangkan populasi yang memiliki hubungan kekerabatan paling jauh yaitu kelompok 1 yang terdiri dari *Morus nigra*, *Morus sp.* (Bangladesh), *Morus cathayana* × *acidosa*, dan *Morus australis* dengan kelompok 2 yang terdiri dari *Morus alba*, *Morus cathayana*, *Morus indica*, dan *Morus multicaulis* dengan koefisien sebesar 0,58.

Kata kunci: Murbei, RAPD, Keragaman genetik, Kekerabatan

ABSTRACT

Morus spp is a plant that is used as silkworm feed which determines the quality and quantity of cocoons produced. The aim of this study was to determine the genetic diversity and relationships of mulberry plants in the Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) of Wajo Regency, South Sulawesi based on RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) markers. 80 mulberry samples (10 individuals of each species) were analyzed using 7 primers (OPK-20, OPAD-11, OPAE-11, OPG-19, OPP- 08, OPD-20 and OPA-15). The methods used were DNA isolation, DNA amplification (PCR) using selected primers, electrophoresis, visualization and data interpretation. Data analysis was performed using the NTSYSpc version 2.10e. Weighting features using the UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic) method. The similarity coefficient is calculated using the Simple Matching Coefficient (SMC) and grouping analysis using the SAHN (Sequential Agglomerative Hierarchical Nested Cluster Analysis) function and merging between individuals or groups using the average formula. The results showed that the genetic diversity of mulberry in the PSKL Wajo Regency was classified as high with an average value of heterozygosity (H_e) = 0.3134. The lowest heterozygosity was found as 0,254 in the *Morus indica* population and the highest heterozygosity was found as 0.3877 in the *Morus nigra* population. The clustering dendrogram shows that the population with the closest relationships is *Morus sp.* (Bangladesh) with a population of *Morus cathayana* × *acidosa* with a similarity coefficient of 0.75. Meanwhile, the population with the most distant relationship was group 1 consisting of *Morus nigra*, *Morus sp.* (Bangladesh), *Morus cathayana* × *acidosa*, and *Morus australis* with group 2 consisting of *Morus alba*, *Morus cathayana*, *Morus indica*, and *Morus multicaulis* with a similarity coefficient 0.58.

Keywords: Mulberry, RAPD, Genetic diversity, Relationships

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Deskripsi Murbei (<i>Morus sp.</i>)	5
III.1.1. Taksonomi Murbei (<i>Morus sp.</i>)	5
III.1.3. Karakteristik Tanaman Murbei	5
III.1.2 Ekologi dan Penyebaran.....	6
II.1.4. Jenis-Jenis Tanaman Murbei	8
II.2. PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>).....	14
II.2.1 Langkah-Langkah PCR	15

II.3 Penanda Genetik.....	17
II.4 RAPD (<i>Random Amplified Polymorphic DNA</i>)	18
II.5 Keragaman Genetik.....	19
II.6 Heterozigositas (He).....	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
III.1. Bahan dan Alat Penelitian	22
III.1.1. Bahan Penelitian	22
III.1.2. Alat Penelitian.....	22
III.2. Prosedur Penelitian	23
III.2.1 Pengambilan Sampel.....	23
III.2.2 Ekstraksi DNA	24
III.2.3 Amplifikasi DNA (PCR) Menggunakan Primer Hasil Seleksi	25
III.2.4 Elektroforesis	26
III.2.5 Skoring Fragmen RAPD	27
III.2.6 Analisis Data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
IV.1.1 Analisis RAPD Populasi Murbei	30
IV.1.2 Analisis Keragaman Genetik	30
IV.1.3 Keragaman Pola Pita <i>Morus spp.</i> berdasarkan Marka RAPD	34
IV.1.4 Analisis Hubungan Kekerabatan pada Seluruh Sampel	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
V.1 Kesimpulan	40
V.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Nama sampel, jumlah dan kode sampel.....	24
2.	Komponen bahan untuk reaksi PCR.....	25
3.	Primer polimorfik dan suhu <i>Annealing</i> hasil seleksi	29
4.	Jumlah pita dan nilai heterozigositas	32
5.	Nilai <i>Polimorphic Information Content</i> (PIC).....	34
6.	Jumlah pola pita DNA murbei hasil amplifikasi 7 Primer.....	34
7.	Nilai kesamaan genetik antar individu.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Variasi morfolgi daun murbei	6
2. Distribusi geografis <i>Morus sp</i>	7
3. Buah murbei hitam (<i>Morus nigra</i>).....	9
4. <i>Morus alba</i>	10
5. <i>Morus australis</i>	11
6. <i>Morus cathayana</i>	12
7. Daun <i>Morus multicaulis</i>	13
8. <i>Morus macraura</i>	14
9. Siklus PCR.....	17
10. Bagan tahapan penelitian	24
11. Cara analisis DNA dengan skoring.....	28
12. Profil DNA <i>Morus alba</i> hasil amplifikasi primer OPP-08	31
13. Dendogram Pengelompokkan 80 Individu murbei berdasarkan koefisien kesamaan genetik DNA dengan 7 marker RAPD	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Proses Isolasi DNA Murbei	47
2. (Lanjutan).....	48
3. PCR dan Elektroforesis Sampel Murbei	49
4. Data Biner Keragaman Genetik Murbei	50
5. (Lanjutan).....	51

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah dan tanah yang subur. Berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan baik di tanah Indonesia, sehingga banyak jenis tanaman yang memberikan manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi yaitu murbei.

Murbei (familia *Moraceae*) yang dikenal dengan nama lokal *tambara merica* dalam bahasa Makassar merupakan tanaman berukuran kecil sampai sedang, dan tumbuh dengan cepat. Murbei tumbuh pada kondisi iklim tropis, subtropis dan sedang yang digunakan sebagai pakan ulat sutera. Daun murbei menjadi satu-satunya sumber makanan ulat sutera (*Bombyx mori* L.), yang kepompongnya digunakan dalam produksi sutra yang memiliki kepentingan ekologis dan ekonomi yang tinggi (Saha *et al.*, 2016). Genus *Morus* terdiri dari sembilan belas spesies, dan yang spesies yang paling umum ditanam adalah murbei putih (*M. alba* L.), murbei hitam (*M. nigra* L.), dan murbei merah (*M. rubra* L.). Diantara ketiga spesies tersebut, *M. alba* adalah spesies yang dominan, yang merupakan tanaman asli Cina yang telah tersebar ke berbagai negara (He *et al.*, 2018).

Di Indonesia terdapat beberapa jenis tanaman murbei yang banyak dikembangkan oleh masyarakat yaitu *Morus alba*, *M. nigra*, *M. cathayana*, *M. australis* dan *M. macraura*. Pada beberapa wilayah sentra pengembangan persuteraan alam di Sulawesi Selatan, seperti Kabupaten Wajo umumnya masyarakat menanam jenis *M. nigra* (Isnain dan Muin, 2015). Menurut data

Departemen Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Wajo, luas tanaman murbei di Kabupaten Wajo pada tahun 2011/ 2012 tercatat 388,20 ha yang sebagian besar arealnya dikembangkan di Kecamatan Sabbang Paru dengan jenis tanaman *Morus Nigra* sekitar 80% sedangkan selebihnya menanam jenis *Morus cathayana*, *Morus Alba* dan *Morus muliticaulis* yang dikembangkan di kecamatan lainnya. Tujuan petani menanam murbei tidak lain adalah sebagai pakan ulat sutera. Ulat sutera (*Bombyx mori* L.) merupakan salah satu jenis serangga dari Ordo Lepidoptera. Serangga ini bernilai ekonomis sangat tinggi bagi manusia, karena di akhir fase larvanya dapat membentuk kokon dari serat sutera. Menurut Harbi *et al.*, 2016 jumlah produksi kokon di Kabupaten Wajo mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data BPA, tahun 2006 produksi kokon di Kabupaten Wajo mencapai 45.843 kg dan pada tahun 2016 mengalami penurunan hingga mencapai 21.748 kg (Nuraeni, 2019).

Menurunnya produktivitas ulat sutera dapat diakibatkan oleh berbagai faktor salah satunya adalah kualitas pakan yang diberikan yaitu murbei. Menurut Andadari *et al.* (2017) jenis murbei merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kualitas dan kuantitas kokon yang dihasilkan. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas daun murbei, salah satunya yaitu melalui seleksi jenis dan varietas serta usaha persilangannya, sehingga diharapkan daun murbei jenis baru sebagai pakan ulat sutera dapat meningkatkan kualitas kokon dan benang sutera. Dalam hal ini jenis murbei unggul dapat dihasilkan dari program pemuliaan. Untuk melaksanakan program pemuliaan, dibutuhkan data keragaman genetik dari tanaman murbei. Keragaman genetik yang dihasilkan dari analisis DNA juga berguna dalam penentuan hubungan kekerabatan antar individu atau populasi yang diteliti.

Pada proses pemuliaan maupun studi genetik tanaman, dibutuhkan suatu penanda genetik. Penanda genetik adalah gen atau urutan DNA dengan lokasi yang diketahui pada kromosom dan terkait dengan gen atau sifat tertentu. Saat ini telah berkembang berbagai jenis penanda molekuler diantaranya yaitu RFLP, SSR, AFLP, dan RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) (Samarai dan Kazaz, 2015). Salah satu penanda yang paling umum digunakan yaitu RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Teknik RAPD merupakan teknik yang bergantung pada penggunaan primer *polymerase chain reaction* (PCR) rantai pendek yang dapat mengikat beberapa situs dalam genom tanaman. Teknik RAPD memiliki keunggulan diantaranya dapat dengan cepat mendeteksi polimorfisme fragmen DNA, relatif mudah dilakukan dan hanya memerlukan sejumlah kecil DNA (Sheet *et al.*, 2018). Selain itu teknik RAPD tidak memerlukan pra-sekuensing DNA (Kumari dan Thakur, 2014). Penggunaan RAPD dalam identifikasi keragaman genetik murbei telah dilakukan pada banyak penelitian (Orhan dan Ercisli, 2010; Ipek *et al.*, 2012; Saha *et al.*, 2016). Berdasarkan hal tersebut maka dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui keragaman genetik murbei di Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan berdasarkan Penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*).

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui keragaman genetik tanaman murbei di Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan.
2. Untuk menganalisis hubungan kekerabatan tanaman murbei di murbei di Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan.

I.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi dasar tentang keragaman genetik murbei untuk kegiatan konservasi sumberdaya genetik dan pemuliaan tanaman murbei.

I.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pusat Penelitian Bioteknologi Universitas Hasanuddin dan analisis DNA dilakukan di Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Pengambilan sampel dilakukan di kebun Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (PSKL) Kabupaten Wajo. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan Januari 2021.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Deskripsi Murbei (*Morus sp.*)

III.1.1. Taksonomi Murbei (*Morus sp.*)

Taksonomi dari murbei adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Classis	: Magnoliopsida
Subclassis	: Hamamelididae
Ordo	: Urticales
Familia	: Moraceae
Genus	: <i>Morus</i>
Species	: <i>Morus sp.</i>
Sumber	: USDA, <i>The PLANTS Database</i> (2019)

III.1.2 Karakteristik Tanaman Murbei

Tanaman murbei merupakan tanaman perdu dan bila dibiarkan tumbuh tanpa pemangkasan akan menjadi pohon yang besar dan tinggi. Tinggi tanaman murbai dapat mencapai 6 meter dengan percabangan yang banyak dan tajuknya yang sangat jarang. Murbei memiliki sistem perakaran yang dalam (Vijayan *et al.*, 2011). Memiliki bentuk daun yang bermacam-macam menurut jenisnya; ada yang bulat, lonjong, berlekuk bergerigi dan ada pula yang bergelombang (Andadari *et al.*, 2013).



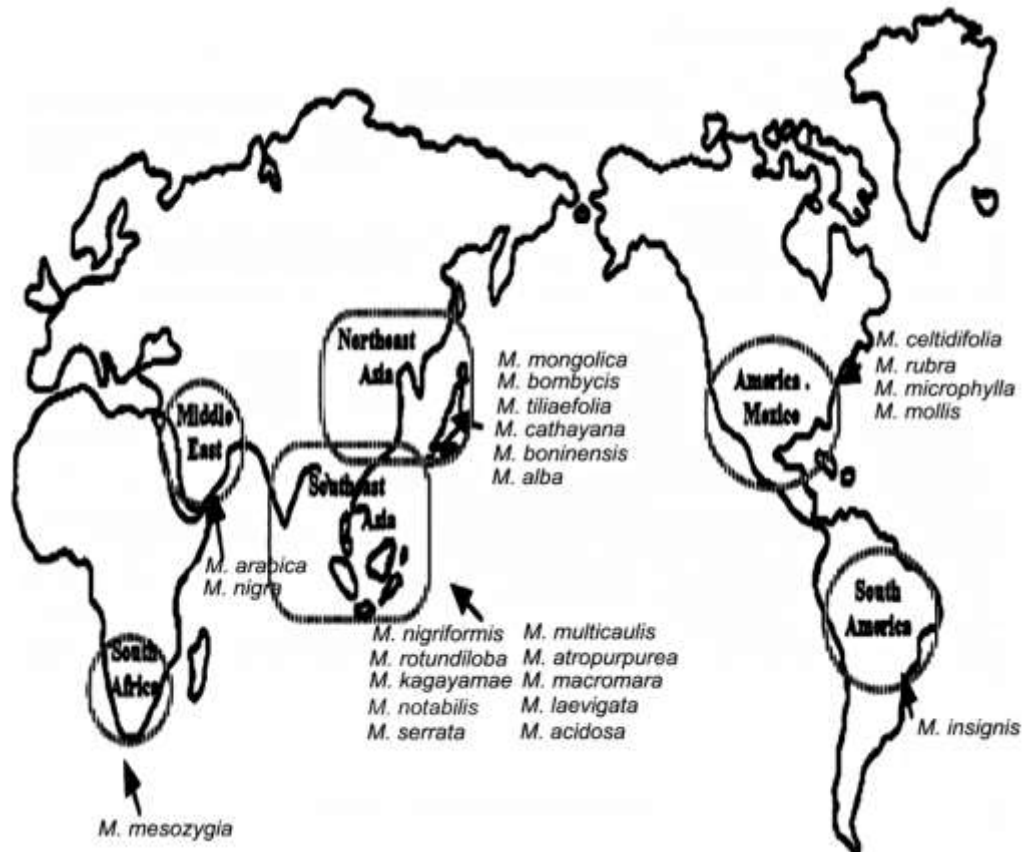
Gambar 1. Variasi morfologi daun murbei (Sumber: Andadari *et al.*, 2013).

Tanaman murbei dapat bertunas ± 7 hari setelah pemangkasan dan selanjutnya pertumbuhannya berjalan dengan cepat selama 30–60 hari setelah pemangkasan. Pada bagian batang akan tumbuh cabang setelah 90 hari kemudian, dan pada saat yang sama daun bagian bawah akan rontok. Saat yang paling baik untuk memulai panen adalah antara 60–90 hari setelah mulai bertunas. Buah tanaman murbei pada waktu muda berwarna putih kehijau-hijauan kemudian berubah menjadi merah muda dan rasanya asam. Pada saat buah telah matang, warna buah murbei menjadi merah tua agak kehitaman dan rasanya manis (Balai Persuteraan Alam, 2010).

III.1.3 Ekologi dan Penyebaran

Murbei (*Morus sp.*) merupakan tanaman asli dari Cina yang telah tersebar luas hampir di seluruh tempat baik di daerah dengan iklim tropis maupun sub tropis. Murbei (*Morus sp.*) terdistribusikan secara luas ke wilayah subtropis Asia (termasuk Korea, Jepang, Cina, dan India), Amerika Utara, dan Afrika (Lim dan Choi, 2019). Penanaman murbei di berbagai negara terutama dimanfaatkan sebagai pakan ulat sutera. Daun murbei telah digunakan sebagai pakan ulat sutera

untuk produksi sutera selama 5.000 tahun (Jia *et al.*, 2014). Sentra pengembangan tanaman murbei sebagai pakan ulat sutera di Indonesia terdapat di berbagai daerah salah satunya adalah Sulawesi selatan. Daerah pengembangan tanaman murbei di Sulawesi Selatan terletak di Kabupaten Enrekang, Soppeng, Sidrap dan Wajo (Muin *et al.*, 2015).



Gambar 2. Distribusi geografis *Morus sp.* yang menunjukkan keragaman yang tinggi di wilayah Asia Tenggara dan Asia Timur Laut (Sumber: Vijayan *et al.*, 2011).

Murbei tumbuh subur pada rentang iklim yang bervariasi dari kondisi sedang hingga tropis. Pertanaman murbei yang besar yaitu pada daerah utara garis khatulistiwa antara 28 ° LU dan 55 ° LU. Suhu ideal untuk pertumbuhan murbei yaitu 24 hingga 28 ° C. Murbei tumbuh dengan baik di tempat-tempat dengan curah hujan tahunan mulai dari 600 hingga 2500 mm. Di daerah dengan curah hujan rendah, pertanaman murbei dibatasi oleh stres kelembapan sehingga akan

menghasilkan hasil yang rendah. Kisaran kelembapan yang ideal untuk pertumbuhan murbei yaitu 65-80%. Sinar matahari adalah salah satu faktor yang penting. Di daerah tropis, murbei tumbuh dengan kisaran sinar matahari 9 hingga 13 jam sehari. Murbei idealnya dibudidayakan hingga ketinggian 1000 m di atas permukaan laut (Lavanya *et al.*, 2017). Tanaman murbei dapat tumbuh baik jika aerasi dan drainase tanahnya baik, solum minimal 50 cm, unsur hara tercukupi, tanah tidak asam (pH optimal 6,5) dan kelembapan udara cukup menunjang yaitu sekitar 65-85% (Dinas Kehutanan Sulawesi Selatan, 2011).

II.1.4. Jenis-Jenis Tanaman Murbei

Di Indonesia terdapat sekitar 100 jenis murbei, tetapi yang umum dikenal oleh masyarakat ada 6 jenis yaitu: *Morus cathayana*, *M. alba*, *M. multicaulis*, *M. nigra*, *M. australis* dan *M. macroura*. Jenis murbei yang saat ini banyak dikembangkan adalah *M. alba*, *Var. Kanva-11*, *M. cathayana*, *M. multicaulis*, *M. nigra*, *M. khumpay* dan *M. lembang* (Andadari *et al.*, 2013).

1. Murbei Hitam (*Morus nigra*)

Murbei hitam merupakan tanaman yang berukuran kecil hingga sedang. Murbei hitam memiliki ukuran lingkaran batang 1-2 m dengan kulit kasar dan pecah-pecah. Kulit batangnya berwarna hitam kecoklatan. Rantingnya berwarna merah kecoklatan dan tidak kasar (Zhekun dan Gilbert, 2003). Daunnya memiliki panjang 4,5-11,7 cm dan lebar 4,2-8,1 cm, berbentuk hati dan bulat memanjang, berwarna hijau dengan permukaan yang berbulu. Tepi daun beringgit (*crenate*), bergigi dan berbulu (Abbasi *et al.*, 2014). Permukaan bawah daun berwarna hijau pucat, dan permukaan atas daunnya berwarna hijau tua. Tangkai daun (*petiole*) berukuran 1.5-2.5 cm (Zhekun dan Gilbert, 2003). Bunga jantan memiliki panjang 25-35 mm. Bunga jantan tidak memiliki kelopak bunga (*sepal*), umumnya berbentuk oval

dengan panjang 2,5-3 mm dan lebar 23 mm, berbulu di luar, benang sari lonjong dan ada antera. Bunga betina berbentuk oval dengan panjang 15-28 mm. Bunga betina memiliki kelopak bunga (*sepal*) yang berbentuk elips, ovarium putih dan berbulu banyak (Abbasi *et al.*, 2014). Buahnya merupakan buah semu (*syncarps*) yang berbentuk bulat telur (Khalid *et al.*, 2011). Memiliki buah dengan panjang 2-3 cm, berat 5-6 gram dan warnanya yang berwarna ungu kehitaman. Tanaman ini berbunga pada April hingga Mei dan buahnya matang pada Juli hingga September (Koyuncu *et al.*, 2014).



Gambar 3. Buah murbei hitam (*Morus nigra*) (Sumber: Abbasi *et al.*, 2014).

2. Murbei Putih (*Morus alba*)

M. alba adalah tanaman *monoecious* yang berukuran sedang hingga besar (10-20 meter) (Zafar *et al.*, 2013). Memiliki kulit kayu berkerut dan berwarna abu-abu (Zhekun dan Gilbert, 2003). Memiliki daun tunggal, letak berseling, panjang tangkai daun 1-4 cm. Helaian daun berbentuk bulat telur sampai berbentuk jantung, ujung runcing, pangkal daun tumpul, tepi bergerigi, pertulangan daun menyirip agak menonjol, permukaan atas dan bawah kasar, berwarna hijau dan memiliki panjang 2,5 - 20 cm, lebar 1,5 - 12 cm. Dalam satu pohon tanaman murbei terdapat bunga jantan, bunga betina, dan bunga sempurna yang terpisah. Murbei akan

berbunga sepanjang tahun. Bunganya merupakan bunga majemuk bentuk tandan, keluar dari ketiak daun, mahkota berbentuk tajuk, dan berwarna putih (Dalimartha, 2002). Bunga jantan terjumbai dengan ukuran 2- 3.5 cm, berbulu putih. Bunga betina berukuran 1-2 cm, dengan kelopak yang berbentuk bulat telur (Zhekun dan Gilbert, 2003). Memiliki buah berupa buah buni, berair, dan rasanya enak, buah mudanya berwarna hijau, dan setelah matang berwarna hitam (Dalimartha, 2002).



Gambar 4. *Morus alba* (Sumber: Dalimartha, 2002).

3. *Morus australis*

Tanaman ini dikenal pula dengan nama murbei pagar atau murbei kecil karena murbei ini sering ditanam sebagai pagar dan daunnya berukuran kecil. Sifat hidupnya hampir sama dengan *Morus nigra*, hanya batangnya berwarna coklat kekuning-kuningan dan dapat mencapai ketinggian sampai 3 – 5 meter, berupa pohon. Apabila telah berumur 10 tahun lebih, dari satu batang dapat tumbuh sampai 50 cabang dengan daun yang lebat (BPA, 2010). Lobus daun membulat linear, pangkal daun berbentuk segitiga sungsang (*cuneate*) hingga *cordate* dan tepi daun bergerigi (*serrate*) (Zeng *et al.*, 2015). Tangkai daun berukuran 1-1.5 cm.

Permukaan atas daun berbulu pendek. Bunga jantan berukuran 1-1,5 cm. Kelopak bunga jantan berwarna hijau berbentuk bulat telur dan antera berwarna kuning. Bunga betina memiliki kelopak berwarna hijau tua, berbentuk lonjong. Memiliki tangkai putik (*stilus*) yang panjang, kepala putik (*stigma*) terbelah 2. Buahnya berbentuk silinder pendek dan berwarna merah hingga ungu tua ketika matang (Zhekun dan Gilbert, 2003). Murbei jenis ini banyak ditanam sebagai batang bawah, yang bagian atasnya disambung dengan okulasi, dengan jenis *Morus nigra* atau *Morus multicaulis*. Hal ini disebabkan oleh daya tumbuhnya, yang besar dan kuat dan tahan terhadap pergantian musim atau cuaca dan penyakit (BPA, 2010).



Gambar 5. *Morus australis* (Sumber: Hyde et al., 2002).

4. *Morus cathayana*

M. cathayana adalah tumbuhan *monoecious* yang dapat mencapai tinggi hingga 5 meter. Habitatnya di hutan, tepi sungai, lereng atau lembah, pada ketinggian 900 meter hingga 1300 meter di atas permukaan laut (Sasmita et al., 2019). Batangnya berwarna coklat-keputihan, pertumbuhan batang lurus. Ujung ranting yang masih muda dan tangkai daunnya berwarna sedikit merah (Guntoro, 1994). Ujung daun meruncing, bentuk daun menjari dengan torehan daun bercangap menjari, berwarna hijau muda, pinggirannya beronggah, tulang-tulang

cabang mencapai tepi daun, pangkal helai daun berlekuk, dan permukaan daun licin, berwarna hijau muda dan tidak mengkilap (Atmosoedarjo *et al.*, 2000). Tanaman murbei ini berbunga dari Mei hingga Juni. Bunga jantan berukuran 3-5 cm dengan kelopak berwarna hijau kekuningan dan berbentuk bulat telur. Bunga betina berukuran 1-3 cm dengan kelopak berbentuk lonjong, memiliki *stilus* yang pendek. Buahnya berwarna putih, merah atau ungu kehitaman ketika matang, berukuran 2-3 cm (Zeng *et al.*, 2015).



Gambar 6. *Morus cathayana* (Sumber: Kesl, 2012).

5. *Morus multicaulis*

Murbei jenis ini dikenal dengan nama murbei multi atau murbei besar. Tumbuhan ini merupakan perdu yang cepat besar dan tinggi. Memiliki batang yang berwarna coklat, atau coklat kehijau-hijauan. Cabang tidak banyak, jumlah cabang 2–4 cabang. Setiap cabang cepat memanjang dan membesar. Daunnya sangat besar, membulat dan permukaannya bergelombang, sedangkan penggiran daun bergerigi. Buahnya berwarna merah, yang keluar pada waktu stek ditanam atau batang baru dipangkas. Buah jarang didapat pada cabang atas. Murbei jenis ini banyak ditanam sebagai pakan ulat sutra karena bentuk daunnya yang besar dan kecepatan tumbuhnya (BPA, 2010).



Gambar 7. Daun *Morus multicaulis* (BPA, 2010).

6. *Morus macraura*

Tumbuhan ini termasuk pohon, dengan tinggi 15-60 m, batang bergetah putih. Memiliki percabangan tegak lurus dengan jumlah cabang yang tidak terlalu banyak. Cabang berwarna putih kehijauan dan ujung melengkung ke atas (BPA, 2010). Bentuk daun bulat telur (*ovatus*) sampai jantung (*cordatus*), panjang helaian daun 5–22,1 cm dan lebar daun berukuran 3,2-20,6 cm, pangkal daun membulat (*obtusus*), rata (*truncatus*), jantung (*cordatus*), ujung daun meruncing (*acuminatus*). Permukaan daun bagian atas kasar (*scabrous*) dan berambut rebah (*strigose*), pinggir daun bergerigi (*serrulatus-serratus*), jumlah pertulangan daun sekunder berjumlah 4-7 pasang, panjang petiolus 1,4 - 4,1 cm. Bunga tersusun atas bunga majemuk berbentuk bulir atau untai berwarna hijau. Tumbuhan *dioceous*; bunga betina mempunyai 4 sepal dan 1 pistil (putik) yang terdiri dari 1 tangkai putik, 1 kepala putik (*stigma*) yang terbelah 2 dan 1 bakal buah. Bunga jantan mempunyai 4 sepal yang membungkus 4 stamen. Jumlah bunga dalam satu rangkaian bunga majemuk 0,3 – 1,5 cm dengan ditutupi bulu-bulu halus putih (*pubescent*) (Syamsuardi, 2015). Buahnya berwarna putih kekuningan saat matang, berukuran 6-12 cm (Zeng *et al.*, 2015).



Gambar 8. Buah *Morus macraura* (Sumber: Dewi, 2017).

II.2. PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

PCR adalah salah satu teknik dalam biologi molekuler untuk mengamplifikasi atau menggandakan fragmen DNA spesifik yang akan menghasilkan ribuan hingga jutaan salinan dari urutan DNA. Metode ini dikembangkan oleh Kary B. Mullis pada tahun 1985 di Amerika Serikat. PCR merupakan teknik umum dan sangat diperlukan dalam laboratorium penelitian medis dan biologi untuk berbagai aplikasi (Yu *et al.*, 2017). Prinsip dasar PCR cukup sederhana, sesuai dengan namanya PCR adalah suatu reaksi berantai, satu molekul DNA digunakan untuk menghasilkan dua salinan, lalu empat, lalu delapan dan seterusnya. Penggandaan terus menerus ini dapat tercapai karena penggunaan protein spesifik yang dikenal sebagai polimerase. Polimerase adalah suatu enzim yang mampu merangkai bangunan DNA untuk membentuk untaian molekul panjang. Untuk dapat melakukan tugasnya polimerase membutuhkan pasokan dari blok pembangun DNA, yaitu nukleotida terdiri dari empat basa adenin (A), timin (T), sitosin (C) dan guanine (G). Proses PCR juga membutuhkan suatu fragmen DNA yang disebut dengan primer (Joshi dan Deshpande, 2011). Primer adalah nukleotida pendek berukuran 12-20 basa yang diperlukan sebagai titik pelekatan

enzim polimerase DNA pada proses pembentukan atau pemanjangan DNA (Sasmito *et al.*, 2014).

II.2.1 Langkah-Langkah PCR

Ada tiga langkah utama yang terlibat dalam teknik PCR yaitu denaturasi, annealing, dan ekstensi. Secara teknis perbanyak DNA dengan PCR memerlukan tujuh komponen yaitu DNA *template* atau cetakan DNA yang akan diperbanyak, enzim DNA polimerase tahan panas, satu pasang primer, dNTP, kofaktor MgCl₂, larutan penyangga dan air (Budiarto, 2015). Berikut ini tahapan dalam reaksi PCR:

1. Denaturasi

Tahap denaturasi adalah tahap penguraian utas ganda DNA menjadi utas tunggal pada suhu tinggi, yaitu 94°C sampai 98°C. Pemanasan pada suhu 94°C sampai 98°C dilakukan selama 20–30 detik. Pemanasan dengan suhu tinggi akan mengganggu ikatan hidrogen antara basa komplementer. Suhu denaturasi yang terlalu tinggi akan menurunkan aktivitas polimerase DNA yang akan berdampak pada efisiensi PCR. Selain itu juga dapat merusak DNA *template*, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan proses denaturasi DNA *template* tidak sempurna. Pada umumnya suhu denaturasi yang digunakan adalah 94°C (Herman *et al.*, 2018). *Template* DNA yang mengandung G + C dalam jumlah yang lebih tinggi memerlukan suhu yang lebih tinggi. Jika suhu denaturasi terlalu rendah atau jika waktu terlalu pendek, hanya daerah A–T dari DNA cetakan yang akan didenaturasi (Ehtisham *et al.*, 2016).

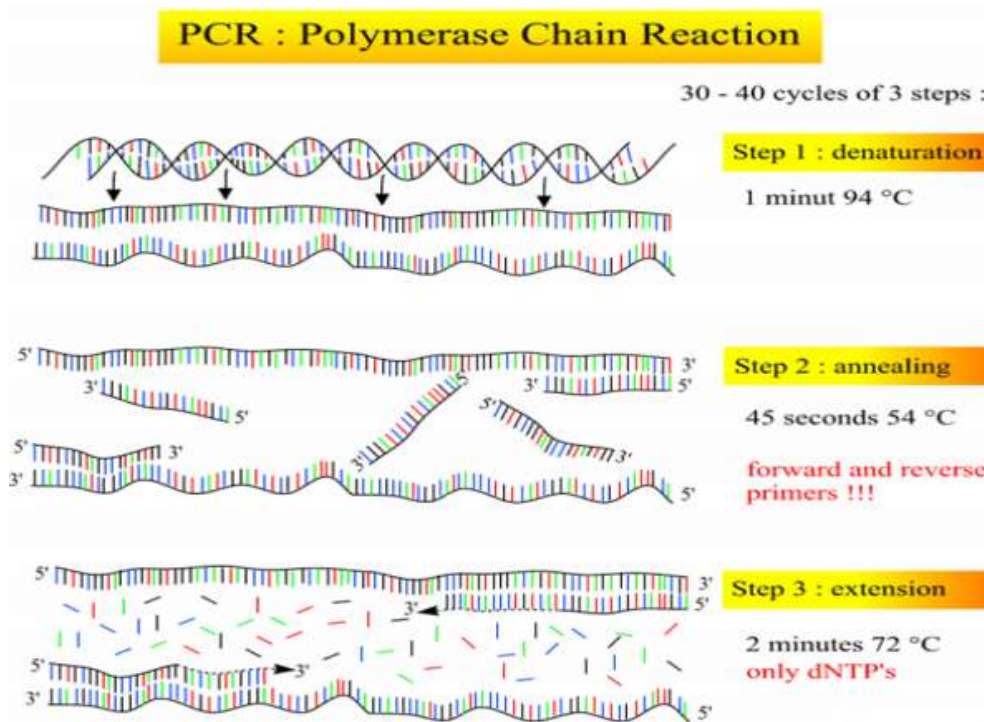
2. Penempelan primer (*Annealing*)

Annealing adalah tahap penempelan primer pada gen target. *Annealing* sangat tergantung pada suhu yang optimum (55-60°C, dan komposisi primer), apabila suhu terlalu tinggi, primer tidak dapat menempel pada gen target, jika suhu terlalu rendah

maka primer akan menempel pada gen bukan target (Nakamura *et al.*, 2014). Kriteria yang umum digunakan untuk merancang primer yang baik adalah bahwa primer sebaiknya berukuran 18 – 25 basa, mengandung 50 – 60 % G+C dan untuk kedua primer tersebut sebaiknya sama. Sekuens DNA dalam masing-masing primer itu sendiri juga sebaiknya tidak saling berkomplemen, karena hal ini akan mengakibatkan terbentuknya struktur sekunder pada primer tersebut dan mengurangi efisiensi PCR. Waktu annealing yang biasa digunakan dalam PCR adalah 30 – 45 detik. Semakin panjang ukuran primer, semakin tinggi temperturnya. Kisaran temperatur penempelan yang digunakan adalah antara 36°C sampai dengan 72°C, namun suhu yang biasa dilakukan itu adalah antara 50 – 60°C (Yusuf, 2010).

3. Pemanjangan Primer (*Extention*)

Selama tahap ini Taq polymerase memulai aktivitasnya memperpanjang DNA primer dari ujung 3'. Kecepatan penyusunan nukleotida oleh enzim tersebut pada suhu 72°C diperkirakan 35 – 100 nukleotida/detik, bergantung pada buffer, pH, konsentrasi garam dan molekul DNA target. Dengan demikian untuk produk PCR dengan panjang 2000 pasang basa, waktu 1 menit sudah lebih dari cukup untuk tahap perpanjangan primer ini. Biasanya di akhir siklus PCR waktu yang digunakan untuk tahap ini diperpanjang sampai 5 menit sehingga seluruh produk PCR diharapkan terbentuk DNA untai ganda (Yusuf, 2010).



Gambar 9. Siklus PCR (Sumber: Kavya, 2015)

II.3 Penanda Genetik

Penanda genetik didefinisikan sebagai fragmen DNA yang mengungkapkan mutasi/variasi, yang dapat digunakan untuk mendeteksi polimorfisme antara berbagai genotipe atau alel gen untuk urutan DNA tertentu dalam populasi atau kumpulan gen. Fragmen semacam itu dikaitkan dengan lokasi tertentu dalam genom dan dapat dideteksi melalui teknologi molekuler tertentu. Penanda DNA menunjukkan polimorfisme (penghapusan basa, penyisipan dan substitusi) antara individu yang berbeda (Jiang, 2015).

Penanda molekuler DNA yang ideal memiliki kriteria sebagai berikut: a) memiliki tingkat polimorfisme yang sedang sampai tinggi, b) terdistribusi merata diseluruh genom, c) memberikan resolusi perbedaan genetik yang cukup, d) pewarisan bersifat kodominan (dapat membedakan kondisi homozigot dan heterozigot dalam organisme diploid), e) berperilaku netral, f) secara teknik sederhana, cepat dan murah, g) butuh sedikit jaringan dan DNA sampel, h)

berkaitan erat dengan fenotipe, i) tidak memerlukan informasi tentang genom organisme. j) data mudah dipertukarkan antar laboratorium (Zulfahmi, 2013; Jiang, 2013). Tidak ada satu jenis penanda yang dapat memenuhi semua kriteria tersebut, bagaimana pun juga kita dapat memilih diantara berbagai penanda yang ada dan saling dikombinasikan untuk mencapai semua kriteria tersebut. Penanda molekuler DNA tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu, penanda DNA tanpa PCR (*non-PCR based techniques*) seperti RFLP dan penanda DNA berdasarkan PCR yang meliputi RAPD, AFLP, SSR, CAPS, SCAR, SSCP dan DNA Barkoding.

II.4 RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*)

RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) adalah suatu metode yang menggunakan sekuen primer pendek untuk mengamplifikasi sekuen-sekuen DNA genom secara acak. Panjang primer yang digunakan biasanya 10 basa dan tersedia dalam Kit yang dijual secara komersial dari berbagai perusahaan. Amplifikasi fragmen DNA dilakukan dengan menggunakan mesin PCR pada suhu *annealing* rendah (35-40°C). Dalam proses amplifikasi dengan PCR, jika suhu *annealing*nya tepat, primer akan menempel pada beberapa tempat dimana sekuennya berkomplemen dengan sekuen DNA cetakan dan menghasilkan fragmen DNA secara acak. Produk amplifikasi biasanya berukuran 0.5-5 kb, dipisahkan dengan gel agarose dan pola pitanya dideteksi melalui pewarnaan dengan etidium bromide di bawah sinar ultraviolet dan ada atau tidaknya pita akan diamati (Balasubramanian *et al.*, 2015). Dalam teknik RAPD, perlu dilakukan seleksi terhadap primer-primer yang akan digunakan. Seleksi primer dimaksudkan untuk mencari primer acak yang menghasilkan penanda polimorfik, karena tidak semua primer nukleotida dapat menghasilkan produk amplifikasi (primer positif) dan dari primer positif tidak semuanya menghasilkan fragmen DNA polimorfik (Siregar *et al.*, 2008).

Penanda RAPD memiliki kelebihan, yaitu lebih sederhana, DNA yang dibutuhkan sedikit, mampu menghasilkan polimorfisme lebih cepat dan biaya yang lebih dibutuhkan lebih murah serta tidak memerlukan informasi awal dari genom tanaman (Kumari dan Thakur, 2014). Menurut Babu *et al.* (2014) kelebihan lain dari penanda RAPD yaitu primer yang digunakan tersedia secara komersial dan tidak menggunakan senyawa radioaktif. Penggunaan penanda RAPD juga mempunyai keterbatasan. Menurut Kumari dan Thakur (2014) keterbatasan dari penanda RAPD adalah tidak dapat membedakan individu homozigot dan heterozigot karena bersifat sebagai penanda dominan. Selain itu, adanya perubahan sekecil apapun dalam reaksi dapat mengubah jumlah dan intensitas produk amplifikasi.

Penelitian keragaman genetik dengan menggunakan penanda RAPD telah dilakukan pada beberapa jenis tanaman, seperti kelapa (Novarianto *et al.*, 2001), padi *Oryza sativa* L (Tahir, 2014), *Amaranthus* (Stefunova *et al.*, 2015), Kedelai *Glycine max* (L.) Merrill (Mundewadikar *et al.*, 2014), dan berbagai jenis murbei (Awasthi *et al.*, 2004; Orhan dan Ercisli, 2010; Ipek *et al.*, 2012; Saha *et al.*, 2016). Menurut hasil penelitian Saha *et al.* (2016) penanda RAPD mampu untuk menilai keragaman dan hubungan kekerabatan murbei, berdasarkan penelitian ini diketahui 6 jenis murbei yang diteliti terbagi menjadi 5 kluster.

II.5. Keragaman Genetik

Keragaman genetik adalah suatu besaran yang mengukur variasi fenotipe yang disebabkan oleh faktor-faktor genetik (Olivia, 2012). Keragaman tingkat genetik merupakan tingkat keragaman yang paling rendah dalam organisasi biologi. Keragaman genetik yang sangat penting bagi tanaman untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan yang terjadi disekitarnya. Informasi keragaman genetik

tanaman pada tingkat, individu, spesies maupun populasi perlu diketahui, sebagai dasar pertimbangan dalam menyusun strategi konservasi, pemuliaan, pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya genetik tanaman secara berkelanjutan. Penilaian keragaman genetik tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan penanda morfologi, biokimia dan molekuler DNA (Zulfahmi, 2013). Menurut Rahman dan Islam (2020) keanekaragaman genetik adalah salah satu elemen kunci dalam melakukan program pemuliaan tanaman. Keberhasilan proses hibridisasi tanaman sangat bergantung pada seleksi dan pemilihan induk dengan variabilitas yang tinggi. Pemuliaan murbei membutuhkan keragaman genetik sebanyak mungkin untuk dipilih dan digabungkan kembali untuk memperoleh sifat yang menguntungkan melalui perkawinan silang.

II.6 Heterozigositas (He)

Heterozigositas merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat keragaman genetik dalam populasi berdasarkan frekuensi alel pada setiap lokus (Iza, 2017). Menurut Nei (1973) dalam Luo (2019) heterozigositas (H_e) adalah ukuran fundamental keragaman genetik dalam suatu populasi yang menjelaskan proporsi dari genotipe heterozigot di bawah kesetimbangan Hardy-Weinberg. Heterozigositas tinggi dalam suatu populasi berarti variabilitas genetik di dalam populasi tersebut tinggi sebaliknya heterozigositas yang rendah artinya variabilitas genetiknya juga rendah (Zhao *et al.*, 2019). Heterozigositas merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam program pemuliaan karena dikaitkan dengan adanya variabilitas genetik (Melo *et al.*, 2017). Menurut Weising *et al.* (2005) penanda dominan seperti RAPD hanya dapat menghasilkan dua alel pada setiap lokus, oleh karena itu nilai maksimumnya

heterosigositas yang diperoleh adalah 0,5, sedangkan penanda multiallel seperti mikrosatelit (SSR) dapat menghasilkan nilai hingga 1. Menurut Siregar *et al.* (2012) nilai keragaman genetik (H_e) $0.2349 \leq$ dikategorikan tinggi.