

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*)

Ulin (*E. zwageri*) merupakan tumbuhan anggota suku Lauraceae yang tumbuh baik di hutan tropis basah pada ketinggian 500–625 mpdl (Sidiyasa et al., 2013). Secara umum, ulin memiliki batang pohon yang besar dengan kanopi yang lebar. Habitus ulin dewasa umumnya memiliki ketinggian 30–35 m (Wardani, 2024). Sebagian besar ulin memiliki morfologi daun dengan kulit bagian dalam yang cenderung keras dan kering serta bentuk daun yang membundar dan menyempit secara bertahap (Gambar 2.1). Kulit batang ulin secara umum sulit dipisahkan dari bagian kayunya karena bersifat kering. Biji ulin memiliki rentang ukuran 5,5–20 cm (Sidiyasa et al., 2013).



Gambar 2.1 Habitus Ulin

(Sumber: mongabay.co.id diakses pada 25 Oktober 2024)

Sebelumnya, ulin atau belian di Kalimantan diketahui memiliki dua spesies, yaitu *Eusideroxylon zwageri* dan *Eusideroxylon melangangai* karena ciri vegetatif yang hampir sama di antara keduanya. Namun, *Eusideroxylon melangangai* lalu diklasifikasikan ke dalam tingkat genus yang berbeda, yaitu *Potoxylon* (Md-Isa, 2020). Karena hal tersebut, taksonomi *Eusideroxylon* menjadi monospesies dengan hanya memiliki

satu jenis, yaitu *E. zwageri* dengan klasifikasi taksonomi berdasarkan *Plant of The World Online* sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Magnoliidae
Ordo	: Laurales
Famili	: Lauraceae
Genus	: <i>Eusideroxylon</i>
Spesies	: <i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn.

Ulin (*E. zwageri*) merupakan tanaman yang tumbuh mendominasi vegetasi di hutan Kalimantan, Borneo. Bersama dengan *Cananga odorata*, *Eusideroxylon zwageri* merupakan spesies kunci pada wilayah Sangkima, Taman Nasional Kutai, Kalimantan Timur (Haryati *et al.*, 2011). Bunga pada *E. zwageri* bersifat biseksual yang terdiri dari 6 tepal, 6 staminodia, 3 stamen, dan pistil yang berisi 4 kantung polen (*tetrasporangiate*) (Kimoto *et al.*, 2006). Habitus tanaman ini berwujud pohon dengan tinggi tumbuhan dewasa sekitar 30 sampai 50 meter dengan diameter batang mencapai 150 cm (Mansur *et al.*, 2018).

Karakterisasi morfologi ulin sangat beragam berdasarkan aspek morfologi batang, ukuran retakan dan sisik kulit batang, warna, tingkat kelembapan kulit bagian dalam, bentuk, serta ukuran daun dan buah (Sidiyasa *et al.*, 2013). Berdasarkan keragaman morfologi tersebut, suatu takson pada ulin dapat dipisahkan secara nyata menjadi takson lain pada tingkat varietas.

2.1.2 Persebaran Ulin (*Eusideroxyon zwageri*) di Kalimantan

Menurut Soerianegara & Lemmens (1993), tumbuhan ulin secara alami hanya tumbuh di Pulau Kalimantan, Pulau Sumatra, serta Kepulauan Sulu dan Pulau Palawan di Filipina. Berdasarkan data

herbarium yang dikumpulkan, sebagian besar ulin di Kalimantan tumbuh pada jangkauan topografi di bawah 100 mdpl dengan titik terendah berada pada ketinggian 5 mdpl (Sunardi *et al.*, 2022). Berdasarkan database gbif.org pada tahun 2024, persebaran ulin di Borneo terbagi menjadi 83 titik dengan 30 titik berada di wilayah Kalimantan, 9 titik berada di Pulau Sumatra, 4 titik di Pulau Jawa, dan 39 titik di wilayah Sabah-Sarawak, dan 1 titik berada di Semenanjung Malaysia (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Persebaran Ulin (*E. zwageri*)

(Sumber: gbif.org diakses pada 20 Oktober 2024)

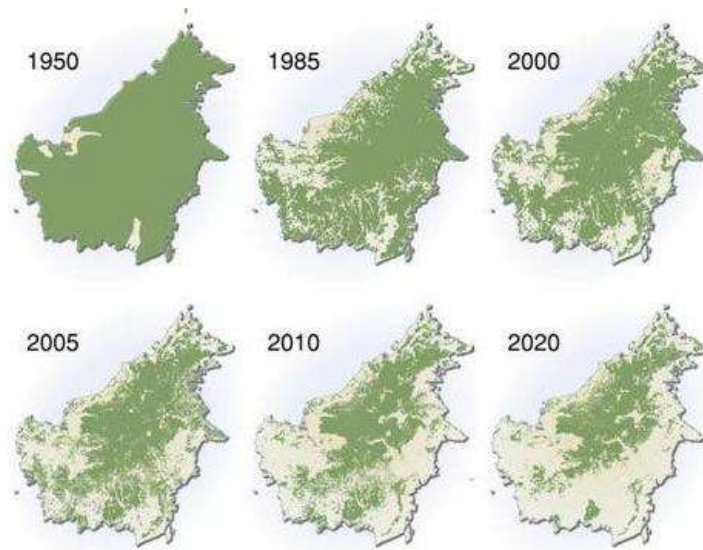
Informasi tentang persebaran populasi ulin telah tercatat pula dalam beberapa publikasi terdahulu. Heyne (1987) mengemukakan empat varietas ulin di wilayah Kalimantan Barat yang dipisahkan berdasarkan kegunaan dan warna batang, yaitu ulin tando dengan warna batang coklat kemerahan, ulin lilin dengan warna batang coklat gelap, ulin tembaga dengan warna batang kekuningan, serta ulin kapur dengan warna batang coklat. Populasi yang masih ditemukan secara melimpah adalah varietas ulin tembaga dan ulin tando (Gusmalawati *et al.*, 2014).

Rimbawato *et al.* (2006) melalui pendekatan molekuler melakukan analisis pada lima populasi ulin di Kalimantan Timur dengan marka 19

primer RAPD dan menghasilkan 48 lokus polimorfik (Rimbawanto *et al.*, 2006). Analisis tersebut menghasilkan 2 (dua) kelompok populasi yang berbeda. Distribusi keragaman genetik dalam populasi menunjukkan persentase sebanyak 96 %, sedangkan jarak genetik antar populasi sebanyak 4 %. Pola distribusi keragaman tersebut dipengaruhi oleh populasi yang berkawin silang (*outcrossing*) (Rimbawanto & Suharyanto, 2005).

2.1.3 Upaya Konservasi Ulin

Laju deforestasi ulin yang semakin cepat mendorong pengkajian upaya konservasi ulin secara efektif (Gambar 2.3). Berbagai informasi mengenai upaya konservasi ulin telah terdokumentasikan dalam publikasi ilmiah baik konservasi *ex situ* ulin dalam bentuk materi genetik biji sebagai bahan pembuatan kebun maupun konservasi *ex situ* (Hakim *et al.*, 2005). Perbanyakan ulin melalui biji adalah salah satu cara yang paling efektif. Biji ulin dapat berkecambah jika memenuhi tiga syarat, yaitu biji harus dalam keadaan hidup, benih tidak sedang dormansi, dan lingkungan tumbuh yang memadai (Dodo & Sudarmono, 2011). Biji ulin memiliki ukuran yang relatif besar dan mampu menghasilkan semai tumbuhan baru apabila dipotong secara melintang karena masih menyisakan embrio yang menempel di kotiledon (Hakim & Fauzi, 2008). Konservasi *in situ* dapat dilakukan dengan sistem putaran, yaitu sistem pembibitan kayu ulin yang dilakukan dengan peremajaan populasi alami dengan penggalian yang mengelilingi akar dan sedalam batas lebar kanopi tumbuhan (Fadjeri & Hasanudin, 2020).



Gambar 2.3 Peta Laju Deforestasi Kalimantan

(Sumber : kompas.com diakses pada 2 Juli 2025)

2.1.4 Genetika Populasi

Genetika populasi merupakan bagian dari disiplin ilmu genetika yang mempelajari variasi genetik dalam suatu populasi. Teori genetika populasi memiliki peran penting dalam memahami struktur populasi beserta evolusinya. Studi ini berhubungan dengan komposisi kelompok, praktik perkawinan, dan pergeseran genetik (Cabana *et al.*, 2013). Genetika populasi mengeksplorasi analisis genetik pada tingkat kelompok individu pada populasi tertentu dengan tujuan untuk mempelajari variasi yang ada dalam suatu populasi (Kulkarni & Louis, 2015). Oleh karena itu, cabang disiplin ilmu ini banyak diaplikasikan ke dalam berbagai bidang, khususnya pada bidang konservasi dan pemuliaan.

2.1.5 Marka Molekuler ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*)

Karakterisasi kekerabatan suatu organisme perlu ditunjang dengan aspek molekuler di samping aspek morfologi karena terdapat plastisitas dalam suatu spesies sehingga terdapat adanya variasi secara kualitatif ataupun kuantitatif sebagai akibat adaptasi dari berbagai kondisi lingkungan (Noorani *et al.*, 2013). Marka molekuler

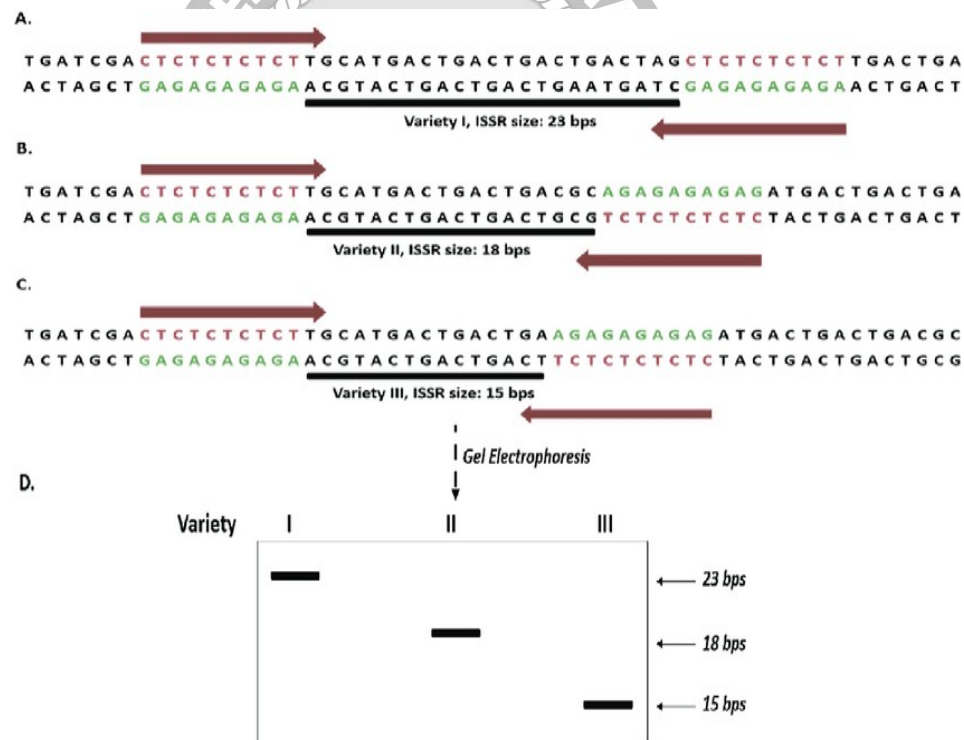
digunakan sebagai penanda genetik untuk mengevaluasi perbedaan genetik antara dua atau lebih individu. Penggunaan marka molekuler memberikan kemudahan dalam upaya karakterisasi individu berdasarkan genetiknya dalam jumlah yang besar secara sederhana (Ouborg *et al.*, 1999). Penggunaan marka molekuler ini juga merupakan hal yang fundamental dalam peningkatan analisis genetik, filogeografi, dan analisis jarak genetik, serta mendukung studi taksonomi (Nguyen & Wu, 2005).

Beberapa marka molekuler berbasis *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang secara umum digunakan pada karakterisasi organisme, termasuk tumbuhan, adalah *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD), *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP), mikrosatelit atau *Simple Sequence Repeats* (SSRs), dan *Inter Simple Sequence Repeats* (ISSR). Penggunaan marka molekuler AFLP mampu mengidentifikasi tanaman yang sulit diidentifikasi secara morfologi (Irawan *et al.*, 2016). Namun, persentase polimorfisme yang dimiliki oleh marka AFLP rata-rata lebih rendah daripada marka ISSR. Marka ISSR menghasilkan jumlah pita DNA yang lebih sedikit daripada AFLP, tetapi menghasilkan persentase polimorfik yang lebih tinggi (Ci *et al.*, 2008). Berdasarkan studi pengujian kekuatan primer, marka ISSR lebih kuat dibandingkan marka SRAP karena memiliki *resolution power* (RP) dan *marker index* (MI) yang lebih tinggi (Rini *et al.*, 2023).

Marka molekuler lain yang umum digunakan adalah mikrosatelit atau dikenal juga sebagai SSR. Mikrosatelit (1 sampai 10 nukleotida) serta minisatelit (lebih dari 10 nukleotida) merupakan subkategori pengulangan tandem (*tandem repeats*), yaitu urutan DNA pendek yang diulang-ulang dan tersebar secara dominan (atau berupa sisa-sisa elemen transposabel) membentuk wilayah pengulangan genomik (Vieira *et al.*, 2016). SSR mengamplifikasi daerah sekuens berulang dengan primer *forward* dan *reverse* yang menempel di antara sekuens berulang (Amiteye, S., 2021). Berbeda dengan SSR, ISSR dapat

mengamplifikasi sekuens acak genom dengan sekuens berulang sebagai primer tunggal yang berperan sebagai *forward* sekaligus *reverse* sehingga lebih mudah dan murah.

Marka ISSR melibatkan amplifikasi segmen DNA yang berada pada jarak di antara dua daerah pengulangan mikrosatelit identik berulang yang berorientasi pada arah yang berlawanan (Gambar 2.4). Teknik ini biasanya menggunakan mikrosatelit dengan panjang 16–25 bp sebagai primer yang menargetkan beberapa lokus genom, terutama sekuens inter-SSR dengan ukuran yang berbeda.



Gambar 2.4 Mekanisme Amplifikasi ISSR

(Sumber: Amiteye, 2021)

Marka ISSR merupakan salah satu marka molekuler yang sering digunakan dalam penelitian keanekaragaman genetik antar-aksesi ataupun kultivar beberapa spesies. Marka ISSR mengamplifikasi situs mikrosatelit gen, yaitu urutan basa N pada DNA yang terdiri dari 3 sampai 7 basa N di antara sekuens berulang. Gambar 2.3 merupakan

Representasi skematis dari primer tunggal (AG)_n yang menargetkan pengulangan (TC)_n yang digunakan untuk mengamplifikasi daerah pengulangan urutan sederhana yang diapit oleh (TC)_n, (A), (B), dan (C) menunjukkan panjang pita polimorfik yang terbentuk pada varietas I, II, dan III yang digambarkan oleh (D) pita yang terbentuk pada gel elektroforesis. Polimorfisme berulang biasanya terjadi akibat penambahan atau penghapusan seluruh unit atau motif berulang sehingga individu yang berbeda menunjukkan variasi yang berbeda (Vieira *et al.*, 2016). Marka ini diketahui memiliki keuntungan dibandingkan dengan marka molekuler dominan lainnya dengan menghasilkan polimorfisme fragmen DNA yang lebih tinggi serta memiliki keterulangan atau *reproducibility* yang lebih tinggi daripada marka molekuler RAPD (Almeida-Pereira, 2017).

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Kajian pustaka pada penelitian ini meliputi hasil dari berbagai penelitian terdahulu yang mengkaji tumbuhan ulin (*E. zwageri*). Hasil penelitian tersebut dirangkum ke dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
1.	Bambang Irawan, Franz Gruber, Reiner Finkelbey, Oliver Gailing	Linking Indigenous Knowledge, Plant Morphology, and Molecular Differentiation: The Case of Ironwood (<i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. et Binn.)	Variasi genetik berbasis marka molekuler AFLP.	Berdasarkan penelitian ini, AFLP dinyatakan mampu mengidentifikasi pohon-pohon individual yang sulit diidentifikasi secara morfologi.
2.	Zhao Weiguo, Zhou Zhihua, Miao Xuexia, Zhang Yong, Wang Sibao, Huang Jianhua, Xiang Hui, Pan Yile, Huang Yongping	A Comparison of Genetic Variation Among Wild and Cultivated Morus Species (Moraceae: Morus) as Revealed by ISSR and SSR Markers	Perbandingan marka molekuler ISSR dan SSR dalam studi genetik <i>Morus</i> sp.	Kesamaan genetik rata-rata yang diamati antara spesies budidaya dan spesies liar dari data penanda ISSR lebih tinggi daripada yang diamati dari data penanda SSR.
3.	Xiuqin Ci, Junqiu Chen, Qiaoming Li, Jie Li	AFLP and ISSR Analysis Reveals High Genetic Variation and Inter-population Differentiation in	Variasi genetik berbasis marka molekuler AFLP dan ISSR.	Primer ISSR menghasilkan jumlah pita yang lebih sedikit, tetapi menunjukkan persentase polimorfik yang tinggi.

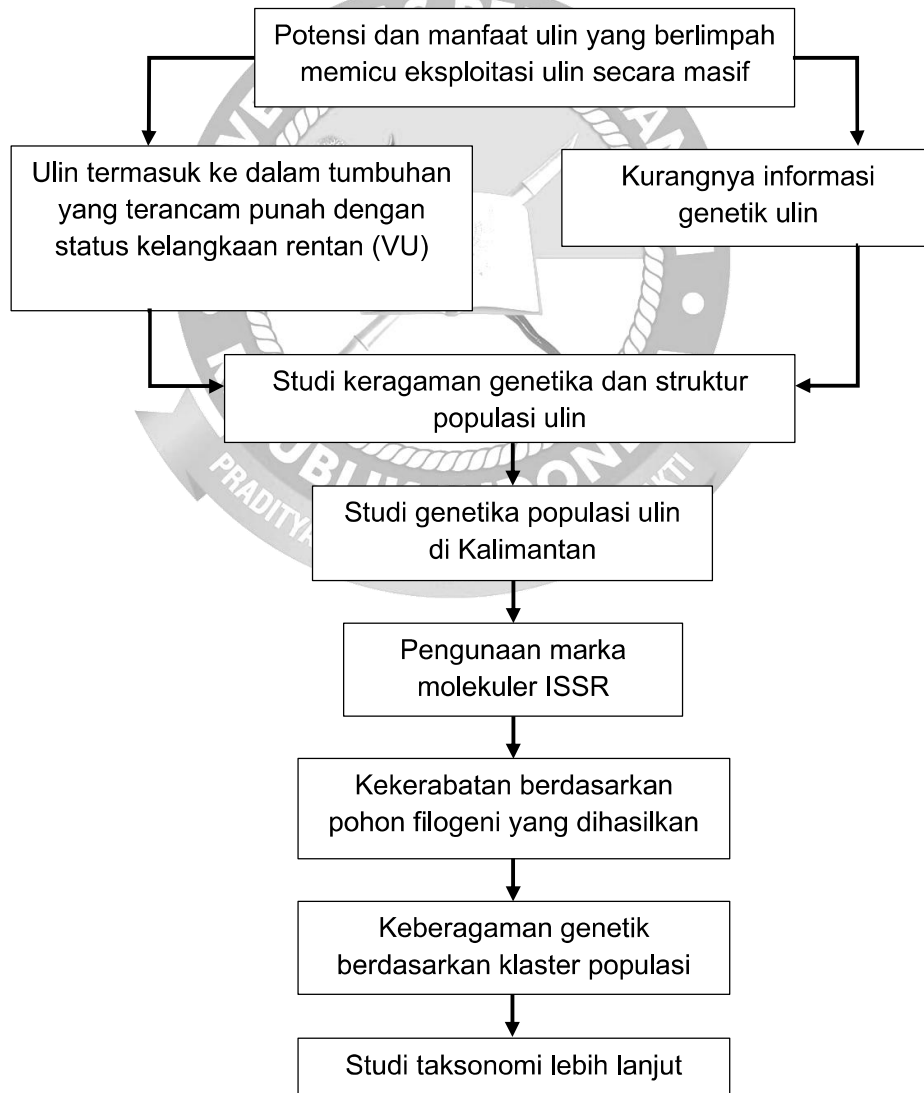
		Fragmented Populations of The Endangered <i>Litsea szemaois</i> (Lauraceae) from Southwest China		
4.	Anto Rimbawanto, AYPBC Widyatmoko, Harkingto	Keragaman Populasi Ulin (<i>Eusideroxylon zwageri</i>) Kalimantan Timur Berdasarkan Penanda RAPD	Variasi genetik berbasis marka molekuler RAPD.	Berdasarkan studi genetik <i>Eusideroxylon zwageri</i> menggunakan marka molekuler RAPD, hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman genetik populasi ulin di Kalimantan masih cukup tinggi.
5.	Agisimanto, D. C. Martasari,A. Supriyanto	Perbedaan Primer RAPD dan ISSR dalam Identifikasi Hubungan Kekerabatan Genetik Jeruk Siam (<i>Citrus suhuniensis</i> L. Tan.) Indonesia	Perbandingan variasi genetik berbasis marka molekuler RAPD dan ISSR.	Berdasarkan statistik pita yang dihasilkan dalam penelitian ini, marka molekuler ISSR mengevaluasi lebih banyak lokus pita daripada marka molekuler RAPD.
6.	Mehtap Yildiz, Ercan Ekbic, Davut Keles, Suat Sensoy, Kazim Abak	Use of ISSR, SRAP, and RAPD Markers to Assess Genetic Diversity in Turkish Melons	Perbandingan variasi genetik berbasis marka molekuler RAPD , SRAP, dan ISSR.	Berdasarkan penelitian ini, didapatkan distribusi pohon filogenik dengan basis RAPD dengan dukungan ISSR dan SRAP untuk mendefinisikan kesamaan genetik di antara genotipe sampel.

7.	I. L. G. Nurtjahjaningsih, Sukartiningsih, Anna Puspa Amarta Saranti, Purnamila Sulistyawati, Anto Rimbawanto	Kekerabatan Genetik Anakan Alam Ulin (<i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn.) Menggunakan Penanda <i>Random Amplified Polymorphism DNA</i>	Variasi genetik ulin berbasis marka molekuler RAPD	Berdasarkan penelitian ini, didapatkan nilai keragaman genetik yang rendah. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya aliran gen (<i>gene flow</i>) pada populasi yang terfragmentasi, yang salah satunya disebabkan oleh campur tangan manusia.
8.	Siti Fatimah Md- Isa, Christina Seok YienYong, Mohd Nazre Saleh, Rusea Go	An assessment of genetic variation in vulnerable Borneo Ironwood <i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn. in Sarawak using SSR markers	Penelitian ini dilakukan dengan amplifikasi PCR dari sampel DNA dilakukan dengan menggunakan 4 mikrosatelit polimorfik yang tinggi dikembangkan untuk <i>E. zwageri</i> dengan pemberian tanda berbasis fluoresens	Analisis genetik dari dua populasi <i>E. zwageri</i> di Bintulu, Sarawak menunjukkan bahwa 20,1% dari total variasi genetik berhubungan dengan perbedaan antar populasi. Namun, pembentukan populasi dari sejumlah kecil individu memiliki tingkat variasi genetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi liar. Hal ini dapat menyebabkan merusak dan menurunkan variasi genetik populasi. Oleh karena itu, penelitian ini menyarankan untuk melakukan upaya konservasi lebih lanjut yang fokus

				terhadap habitat yang sesuai untuk pemulihan spesies secara berkelanjutan.
9.	Emre Sevindik	Molecular Genetic Diversity of Some <i>Laurus nobilis</i> L. (Lauraceae) Populations Grown in The Aegean Region/Turkey	Variasi berbasis molekuler ISSR.	genetik marka Dalam analisis ISSR dengan PCR, total 46 pita terdeteksi. 22 pita bersifat polimorfik dengan tingkat polimorfisme 48%. Rasio polimorfik tertinggi terdapat pada primer UBC-836 (75%).

2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dari penelitian penulis ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Secara garis besar, penelitian dilakukan sebagai langkah konservasi genetik ulin dengan melihat keragaman genetik dan struktur populasi ulin yang diambil dari wilayah Kalimantan Utara, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Timur. Analisis molekuler dilakukan dengan menggunakan marka molekuler ISSR.



Gambar 2.5 Kerangka Berpikir