

SKRIPSI

**KERAGAMAN GENETIK BERDASARKAN PENANDA BIOKIMIA
PADA JENIS-JENIS PINUS DAN CEMARA**

Disusun dan diajukan oleh:

SYAMSUMARLIN

M011181505



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

KERAGAMAN GENETIK BERDASARKAN PENANDA BIOKIMIA PADA JENII-JENSI PINUS DAN CEMARA

SYAMSUMARLIN
M011181505

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 5 September 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing I,



Ir. Mukrimin, S. Hut., M.P., Ph.D., IPU
NIP. 19780209 200812 1 001

Pembimbing II,



Syahidah, S. Hut., M. Si., Ph.D.
NIP. 19700815 200501 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Siti Nuraeni, M.P.
NIP. 19680410199512 2 001

Tanggal lulus:

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syamsumarlin
Nim : M011181505
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul:

Keragaman Genetik Berdasarkan Penanda Biokimia pada Jenis-jenis Pinus dan Cemara

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alih tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 September 2023
Yang Menyatakan,



Syamsumarlin

ABSTRACT

SYAMSUMARLIN (M011181505) Genetic Diversity Based on Biochemical Markers in Pine and Spruce Species.

Genetic diversity information is important to know the amount of genetic diversity in a population as a reference in supporting plant breeding programs. In this study, biochemical markers were used as a tool to group plant samples based on secondary metabolite prophy namely tannins, flavonoids and polyphenols. The samples used in this study came from four species from two different genera, namely: *Pinaceae* (*Pinus merkusii*, dan *Pinus* sp) and *Casuarinaceae* (*Casuarina equisetifolia* dan *Gymnostoma rumphianum*). The samples used were taken leaf tissue, while supporting data in the form of measurement data on growth parameters and growing places included tree height, diameter, temperature, humidity, elevation, and stand age. Biochemical screening is carried out to determine the presence of secondary metabolite compounds in the sample, then biochemical levels are measured by determining the absorption value using a spectrophotometer Uv-Vis. Tannins were measured at λ 740 nm wavelength, flavonoids at λ 434.2 nm, and polyphenols at λ 756 nm. The data were then analyzed using *the Principal Component Analysis* (PCA) method, calculation of Heterozygosity Value (He) and Genetic Distance, and *Heatmap analysis*. The results showed that the highest tannin levels were in the type of *P. merkusii* and the lowest in *G. rumphianum*, the highest flavonoid levels in the type of *C. equisetifolia* and the lowest in *P. merkusii*, and the highest polyphenol levels in the type of *P. merkusii* and the lowest in *G. rumphianum*. High genetic diversity was obtained in *C. equisetifolia* with a He value of 0.45 and the lowest in *P. merkusii* with a He value of 0.32. The results of the calculation of genetic distance obtained the farthest distance, namely in the type of *Pinus* sp. and *C. equisetifolia*, the closest distance to the species *P. merkusii* and *G. rumphianum*. Biochemical markers are able to distinguish sample types based on biochemical profiles (tannins, flavonoids and polyphenols) depicted by *Principal Component Analysis* (PCA) visualization, genetic distance and *Heatmap*.

Keywords: Biochemical marker, *C. Equisetifolia*, Genetic diversity, *G. Rumphianum*, *Pinus* sp.

ABSTRAK

SYAMSUMARLIN (M011181505) Keragaman Genetik Berdasarkan Penanda Biokimia pada Jenis-jenis Pinus dan Cemara.

Kebutuhan akan informasi keragaman genetik merupakan hal yang penting untuk mengetahui besarnya keragaman genetik dalam suatu populasi sebagai acuan dalam mendukung program pemuliaan tanaman. Dalam penelitian ini, penanda biokimia digunakan sebagai alat untuk mengelompokkan sampel tanaman berdasarkan profil biokimia (metabolit sekunder) yakni tanin, flavonoid dan polifenol. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat spesies dari dua genus berbeda yaitu *Pinaceae* (*Pinus merkusii*, dan *Pinus* sp) dan *Casuarinaceae* (*Casuarina equisetifolia* dan *Gymnostoma rumphianum*). Sampel yang digunakan diambil dari jaringan daun, sedangkan data pendukung berupa data pengukuran parameter pertumbuhan dan tempat tumbuh meliputi tinggi pohon, diameter, suhu, kelembaban, elevasi, dan umur tegakan. Screening biokimia dilakukan untuk menentukan adanya senyawa metabolit sekunder di dalam sampel, selanjutnya kadar biokimia diukur dengan menentukan nilai absorbansi menggunakan spektrofotometer Uv-Vis. Kadar tanin diukur pada panjang gelombang λ 740 nm, flavonoid pada λ 434.2 nm, dan polifenol pada λ 756 nm. Data kemudian dianalisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) perhitungan Nilai Heterozigositas (He) dan Jarak Genetik dan analisis *Heatmap*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar tanin tertinggi yaitu pada jenis *P. merkusii* dan terendah pada *G. rumphianum*, kadar Flavonoid tertinggi pada jenis *C. equisetifolia* dan terendah pada *P. merkusii*, dan kadar Polifenol tertinggi pada jenis *P. merkusii* dan terendah pada *G. rumphianum*. Keragaman genetik yang tergolong tinggi diperoleh pada jenis *C. equisetifolia* dengan nilai He sebesar 0.45 dan terendah pada jenis *P. merkusii* dengan nilai He 0.32. Hasil perhitungan jarak genetik di peroleh jarak terjauh yaitu pada jenis *Pinus* sp. dan *C. equisetifolia*, sedangkan terdekat pada jenis *P. merkusii* dan *G. rumphianum*. Penanda biokimia mampu membedakan jenis sampel berdasarkan profil biokimia (tanin, flavonoid dan polifenol) yang digambarkan dengan visualisasi *Principal Component Analysis* (PCA), perhitungan jarak genetik dan *Heatmap*.

Kata Kunci: *C. equisetifolia*, *G. rumphianum*, Keragaman Genetik, Penanda Biokimia, *P. merkusii*, *Pinus* sp.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah S. W. T. tuhan Yang Maha Esa atas limpahan anugerah, rahmat dan karunia-Nya sehingga karya tulis yang berjudul “**Keragaman Genetik Berdasarkan Penanda Biokimia pada Jenis-jenis Pinus dan Cemara**” dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyelesaian karya tulis ini, terutama kepada **Ir. Mukrimin, S. Hut., M.P., Ph.D., IPU.**, dan **Syahidah, S. Hut., M.Si., Ph.D.** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan arahan selama penyusunan karya tulis ini.

Salam hormat dan kasih sayang secara khusus penulis sampaikan kepada orang tua tercinta, Ayahanda **Alimuddin** dan Ibunda **Kasmawati** serta saudari penulis, **Mirdayanti, S. Kel.**, dan **Merianti** yang selalu memberikan dukungan dan doa, sehingga penulis bisa menyelesaikan karya tulis ini dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, tak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada kepada:

1. Ibu **Gusmiaty, S. P., M. P.**, dan Ibu **Dr. Andi Sri Rahayu Diza Lestari A, S. Hut., M.Si.** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang membangun dalam penyusunan karya tulis ini.
2. Kepada **Atisa Muslimin, S. Hut., M. Hut., Muh. Yusril Suryamsyah, S. Hut.**, dan **Nurul Musdalifah, S. Hut.**, yang telah menjadi rekan diskusi dan memberikan masukan dan saran selama penyusunan karya tulis ini.
3. Kepada semua rekan-rekan **Yayasan Lembaga ECOWANA** yang telah memberikan pelajaran, pengalaman dan kerjasama yang membangun serta senantiasa memberikan bermanfaat.
4. Kepada seluruh rekan-rekan **Unit Kegiatan Mahasiswa Keilmuan dan Penalaran Ilmiah (UKM KPI UNHAS)** yang telah memberikan ruang belajar kepada penulis sampai saat ini, teristimewa kepada kakanda **Abdul Masli, S. Sos., dan Adelvia, S.P.** yang telah menjadi guru dan rekan diskusi yang sangat memotivasi.

Selama proses penyusunan karya tulis ini tentu penulis menghadapi banyak tantangan. Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis tentu sangat menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis tentu mengharapkn kritikan, dan saran yang membangun dari berbagai pihak dengan harapan dapat menjadi bahan evaluasi penulis untuk perbaikan dan peningkatan dimasa mendatang.

Akhir kata, melalu karya tulis ini penulis senantiasa mengharapkan dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Makassar, 10 September 2023

Syamsumarlin

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Keragaman Genetik	4
2.2. Mekanisme Pertahanan Tumbuhan.....	5
2.3. Metabolisme Sekunder.....	6
2.3.1. Tanin.....	7
2.3.2. Flavonoid.....	7
2.3.3. Polifenol	8
2.4. Spesies Eksotik	8
2.5. Pinus Merkusi (<i>Pinus meksuui</i> Jungh. et de Vriese.).....	8
2.5.1. Morfologi.....	9
2.5.2. Penyebaran dan Habitat.....	10
2.6. Pinus Rombeng (<i>Pinus</i> sp.).....	10
2.6.1. Morfologi.....	11
2.6.2. Penyebaran dan Habitat.....	11
2.7. Cemara Laut (<i>Casuarina equisetifolia</i> L.).....	12

2.7.1. Morfologi.....	13
2.7.2. Penyebaran dan Habitat.....	14
2.8. Cemara Gunung (<i>Gymnostoma rumphianum</i> (Miq.) L.A.S. Johnson).....	14
2.8.1. Morfologi.....	15
2.8.2. Penyebaran dan Habitat.....	16
III. METODE.....	17
3.1. Waktu dan Tempat.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Prosedur Penelitian	17
3.3.1. Pengambilan Sampel	17
3.3.2. Ekstraksi	18
3.3.3. <i>Screening</i> Biokimia	18
3.3.4. Penentuan Kadar Tanin (Ulfasari, 2021).....	19
3.3.5. Penentuan Kadar Flavonoid (Ahriani, 2021).....	19
3.3.6. Penentuan Kadar Polifenol (Fauzi, 2021).	20
3.4. Variabel Penelitian.....	21
3.5. Analisis Data.....	21
IV. KEADAAN UMUM LOKASI	23
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	23
1. <i>Pinus merkusii</i> dan <i>Pinus</i> sp	23
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
5.1. Parameter Pertumbuhan	25
5.2. <i>Screening</i> Biokimia.....	27
5.3. Penetapan Kadar Biokimia	28
5.3.1. Total Kadar Tanin.....	28
5.3.2. Total Kadar Flavonoid.....	30
5.3.3. Total Kadar Polifenol	32
5.4. Uji <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) dan <i>Person Corelation</i>	33
5.4.1. Penetapan <i>Principal Component</i> (PC).....	33
5.4.2. <i>Score Plot</i> Sebaran Sampel	35

5.4.3. <i>Loading Plot</i>	37
5.4.4. <i>Person Corelation</i>	39
5.5. <i>Heterozigositas (He) dan Jarak Genetik</i>	40
5.6. Analisis <i>Heatmap</i>	43
VI. PENUTUP.....	48
6.1. Kesimpulan	48
6.2. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel	23
Gambar 2. Hasil Screening Menunjukkan Perubahan Warna Hijau Kehitaman. a) <i>P. merkusii</i> , b) <i>Pinus</i> sp.	28
Gambar 3. Rata-rata Total Kadar Tanin pada Masing-masing Sampel	28
Gambar 4. Rata-rata Total Kadar Flafonoid pada Masing-masing Sampel	30
Gambar 5. Rata-rata Total Kadar Polifenol pada Sampel.....	32
Gambar 6. Hasil Perhitungan Scree Plot Reduksi Data	33
Gambar 7. <i>Score Plot</i> Sebaran Sampel Berdasarkan Total Profil Biokimia dan Parameter Pertumbuhan dan Tempat Tumbuh.....	35
Gambar 8. <i>Loading Plot</i> Korelasi Profil Biokimia Terhadap Faktor Pertumbuha	37
Gambar 9. Perbandingan nilai He antara spesies yang diamati berdasarkan Profil Biokimia.....	41
Gambar 10. Visualisasi <i>Heatmap</i> pada Jenis Pinus dan Cemara	44
Gambar 11. Pengambilan Sampel; a) <i>C. equisetifolia</i> , b) <i>P. Merkusii</i>	63
Gambar 12. Sampel Kering Diekstraksi dengan Pelarut Etanol 96%	64
Gambar 13. Sampel Hasil Ekstraksi.....	64
Gambar 14. Hasil Ekstraksi dipekatkan dengan Rotary evaporator	64
Gambar 15. Screening Metabolit Sekunder	65
Gambar 16. Penentuan Nilai Adsorban dan Penetapan Kadar Biokimia Menggunakan Spectrofotometer Uv-Vis	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rata-rata Hasil Pengukuran Parameter Pertumbuhan dan Tempat Tumbuh	25
Tabel 2. Screening Metabolit Sekunder pada Sampel	27
Tabel 3. Person Corelation Kadar Biokimia, Parameter Pertumbuhan dan Tempat Tumbuh	39
Tabel 4. Tabel Perhitungan Jarak Genetik antara spesies yang diamati berdasarkan Profil Biokimia.....	42
Tabel 5. Rata-rata Kadar Biokimia, Parameter Pertumbuhan dan Tempat Tumbuh pada Empat Jenis Sampel.....	55
Tabel 6. Total Kadar Biokimia <i>P. Merkusii</i>	55
Tabel 7. Total Kadar Biokimia <i>Pinus sp.</i>	56
Tabel 8. Total Kadar Biokimia <i>C. equisetifolia.</i>	56
Tabel 9. Total Kadar Biokimia <i>G. Rumphianum</i>	57
Tabel 10. Eigenanalysis of the Correlation Matrix	57
Tabel 11. Eigenvectors.....	57
Tabel 12. Penentuan Nilai Heterozigositas He Masing-masing Sampel.....	58
Tabel 13. <i>P. merkusii</i> vs <i>Pinus sp.</i>	60
Tabel 14. <i>C. equisetifolia</i> vs <i>G. Rumphianum</i>	60
Tabel 15. <i>P. merkusii</i> vs <i>C. Equisetifolia</i>	61
Tabel 16. <i>P. merkusii</i> vs <i>G. Rumphianum</i>	61
Tabel 17. <i>Pinus sp.</i> vs <i>C. Equisetifolia</i>	62
Tabel 18. <i>Pinus sp.</i> vs <i>G. Rumphianum</i>	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Kadar Biokimia, Parameter Pertumbuhan dan Tempat Tumbuh	55
Lampiran 2. Nilai Analisis <i>Matrix Corelation</i> dan <i>Eigenvectors</i>	57
Lampiran 3. Perhitungan Nilai He	58
Lampiran 4. Perhitungan Jarak Genetik.....	60
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian.....	63

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemuliaan tanaman merupakan salah satu strategi yang digunakan dalam meningkatkan kualitas dan produktivitas komoditas tanaman. Melalui kegiatan pemuliaan tanaman diharapkan akan diperoleh keragaman kultivar unggul, produktivitas tinggi, serta memiliki karakter yang mendukung kualitas dan daya saing (Smith et al., 2015). Informasi keragaman genetik merupakan hal yang penting untuk mengetahui besarnya keragaman genetik dalam suatu populasi sebagai acuan dalam mendukung program pemuliaan tanaman (Restu and Mukrimin, 2007). Sampai sekarang telah banyak dikembangkan teknik atau metode yang digunakan dalam menilai keragaman genetik, salah satunya adalah pendekatan biokimia (*biochemical markers*).

Penanda biokimia dilakukan dengan menganalisis bahan kimia turunan berupa senyawa fitokimia (metabolit sekunder) tanaman. Senyawa ini disintesis khusus sebagai bentuk mekanisme pertahanan tanaman secara alami, seperti fenolik (lignan, tanin, penolat, glikosida fenolik), terpen, terpenoid, serta senyawa lainnya yang mengandung unsur nitrogen (N) (Alkaloid) (Mukrimin, 2019). Keunggulan dari penanda biokimia diantaranya mengurangi ruang dan waktu yang dibutuhkan untuk menginokulasi turunan atau menilai resistensi penyakit, mengidentifikasi biomarker resisten penyakit, mengembangkan serta memvalidasi model prediktif (Mukrimin et al., 2019).

Jenis eksotik dari family *pinaceae* dan *casuarinacea* merupakan jenis pohon perintis (*pionir*) yang memiliki nilai ekologi dan ekonomi tinggi. Jenis pionir digunakan untuk tujuan restorasi lahan yang terdegradasi atau lahan kritis untuk mengembalikan fungsi ekologis suatu lahan karena kemampuan toleran terhadap kondisi tempat tumbuh yang tidak spesifik. (Lu et al., 2017). Salah satu jenis pionir yang tumbuh secara alami di Indonesia berasal dari *family pinaceae* adalah *Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese., jenis ini mulai diidentifikasi sejak tahun 1931 dalam

laporan Cooling (1968). Di Sulawesi Selatan penanaman *P. merkusii* telah dimulai sejak tahun 1932 dan diyakini pembibitannya dimulai sejak 1931 di sekitar lereng gunung *Piek Van Bantaig* (Bantaeng) (Rusli, 2000). Selain *P. merkusii*, di Sulawesi Selatan juga terdapat jenis pinus lain yaitu *Pinus* sp. yang berada di Kabupaten Bantaeng dan diperkirakan juga ditanam sejak pendudukan kolonial Belanda. Pinus tersebut dinamai oleh masyarakat lokal sebagai pinus rombeng (KPHL Unit XV Jeneberang II). Jenis ini termasuk jenis eksotik dan sementara ini hanya ditemukan di Kabupaten Bantaeng (Musdalifah, 2021).

Selain *pinus* spp., jenis eksotik lain yang juga telah banyak ditanam di Indonesia berasal dari *family casuarinaceae* (jenis cemara) terdiri atas empat genus yaitu *Casuarina*, *Allocasuarina*, *Gymnostoma* dan *Ceuthastoma*. Berdasarkan pemeriksaan *Bogoriense Specimen Herbarium* (BO), sebaran jenis cemara di Indonesia meliputi pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku, dan kepulauan Sunda Kecil (Syahbudin et al., 2013). Jenis cemara seperti cemara laut (*Casuarina equisetifolia* L.) tumbuh alami di sekitar pesisir pantai yang dinilai miskin hara, sehingga untuk dapat tumbuh pada daerah tersebut spesies ini bersimbiosis dengan mikroorganisme seperti bakteri *frankia* sehingga akar tanaman ini mampu memfiksasi nitrogen secara langsung (Farma et al., 2019). Di Sulawesi Selatan, jenis *C. equisetifolia* ditemukan tersebar di Kepulauan Selayar dengan kondisi cahaya penuh, jenis ini memiliki fungsi ekologis sebagai pencegah abrasi pantai, menahan angin garam, dan mengendalikan salinitas. Selain cemara laut, jenis cemara gunung (*Gymnostoma. Rumphianum* (Miq.) L.A.S. Johnson) juga ditemukan tumbuh di wilayah Sulawesi Selatan. Jenis ini tumbuh dengan baik pada variasi ketinggian 800-3.100 mdpl (Luechanimitichit et al., 2017). Di Kabupaten Enrekang *G. Rumphianum*, banyak ditemui tumbuh dengan variasi topografi pegunungan dengan ketinggian 47-3.293 mdpl yang menjadi tempat tumbuh ideal untuk jenis ini.

Kebutuhan penggunaan yang tinggi seperti konstruksi, fungsi ekologi dan jasa lingkungan menjadikan jenis eksotik seperti *Pinus* spp. dan *Casuarina* spp. membutuhkan perhatian pemuliaan tanaman maupun upaya konservasi genetik. Penelitian tentang keragaman genetik menggunakan penanda biokimia di Sulawesi

Selatan yang masih minim, menjadikan penelitian ini perlu dilakukan sebagai langkah awal mengumpulkan informasi genetik serta menguji efektivitas penggunaan analisis biokimia dalam studi keragaman genetik untuk menunjang kegiatan pemuliaan tanaman dan konservasi genetik di Sulawesi Selatan.

1.2. Tujuan Penelitian dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui keragaman genetik pada jenis-jenis pinus dan cemara berdasarkan penanda biokimia, serta menguji efektivitas penggunaan analisis biokimia dalam studi keragaman genetik tanaman. Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai sumber informasi dan rujukan untuk mendukung upaya pemuliaan dan konservasi genetik serta pendugaan kesehatan hutan di Sulawesi Selatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Keragaman Genetik

Keragaman genetik adalah suatu variasi di dalam populasi yang terjadi akibat adanya keragaman di antara individu yang menjadi anggota populasi. Keragaman adalah aspek penting yang ada di alam, ini berhubungan langsung dengan keragaman antara spesies melalui evolusi dan seleksi alam (isolasi). Analisis tentang keragaman genetik pada organisme tingkat tinggi diketahui pertama kali dilakukan pada awal 1970an (Ellegren and Galtier, 2016). Keragaman genetik menjadi hal yang penting dalam ekosistem karena suatu organisme membutuhkan keragaman yang besar untuk dapat beradaptasi dengan lingkungannya.

Keragaman genetik merupakan modal dasar dalam pemuliaan tanaman. Acquah (2012) menyebutkan bahwa nilai keragaman genetik dan heritabilitasnya merupakan syarat utama untuk menjamin keberhasilan suatu program pemuliaan tanaman, keragaman genetik ini dapat memperbesar kemungkinan untuk mendapatkan genotipe yang unggul dan berkualitas melalui proses seleksi. Keragaman genotipe selanjutnya akan digunakan untuk mengetahui pola pengelompokan organisme pada populasi tertentu berdasarkan karakter yang diamati serta dapat digunakan untuk dasar kegiatan seleksi (Effendy et al., 2018). Selain itu, keragaman genetik pada suatu populasi dapat digunakan sebagai modal dasar dalam suatu persilangan buatan untuk membentuk populasi persilangan antara dua atau lebih populasi yang berbeda, baik genotipe maupun fenotipenya sebagai materi seleksi (Musdalifah, 2021).

Sampai sekarang, identifikasi keragaman genetik tanaman telah banyak dilakukan menggunakan beberapa pendekatan atau metode seperti penggunaan penanda morfologi, molekuler dan biokimia. Identifikasi keragaman genetik menggunakan penanda biokimia lebih unggul daripada penanda morfologi karena penanda biokimia merupakan penanda yang mampu mengidentifikasi produk turunan DNA (*based DNA Product*). Selain digunakan sebagai penanda untuk mengidentifikasi keragaman genetik, penanda biokimia juga dapat digunakan untuk studi ketahanan

tanaman terhadap penyakit (Afandi, 2018). Penanda biokimia dilakukan dengan menganalisis produk metabolit sekunder tanaman sebagai respon pertahanan alami tanaman terhadap cekaman biotik maupun abiotik seperti senyawa fenolik (lignin, tanin, flavonoid, glikosida fenolik, penolat), terpen, dan terpenoid yang berhubungan dengan pertahanan tanaman (kitin, *defensins*, *polyphenol oxidase* dan peroksidase) serta kelompok senyawa yang mengandung unsur nitrogen (N) (alkaloid) (Mukrimin et al., 2019).

2.2. Mekanisme Pertahanan Tumbuhan

Tumbuhan memiliki mekanisme pertahanan alami yang memberikan perlindungan sehingga tanaman mampu mentolerir terjadinya kerusakan baik yang disebabkan oleh faktor biotik maupun abiotik. Resistensi dan toleransi menjadi sifat alamiah tanaman dalam mengatur dan menghadapi stres. Kemampuan ini terjadi ketika tanaman mampu menghalangi cekaman dari lingkungan, dengan demikian kerusakan yang terjadi dapat lebih kecil (Mitchell et al., 2016). Resistensi adalah sifat tanaman yang diwariskan secara genetik yang dapat membatasi invasi hama dan patogen, sedangkan toleransi mengacu pada kemampuan tanaman untuk tetap tumbuh secara normal dan produktif meskipun berada dalam cekaman (Mukrimin, 2019).

Pohon adalah tumbuhan yang sangat rentan terserang oleh stres biotik dan abiotik. Sebagai mekanisme pertahanan alami, pohon memiliki dua strategi pertahanan yaitu pertahanan fisik dan kimiawi. Pertahanan fisik (*physical defenses*) adalah mekanisme pertahanan pertama tanaman dapat berupa kulit luar, duri, rambut halus, lilin dan sel lignifikasi yang dapat menghambat cekaman biotik maupun abiotik. Selain pertahanan fisik, pohon juga memiliki sistem pertahanan kimiawi atau senyawa fitokimia yang berfungsi menghalangi serangan hama dan patogen (Dhaniaputri, 2015; Wang et al., 2023). Sampai sekarang ilmu pengetahuan telah mempelajari sifat pertahanan alami tanaman untuk beberapa tujuan termasuk metode prediktif sifat resistensi dan toleransi tanaman terhadap cekaman biotik maupun abiotik.

2.3. Metabolisme Sekunder

Dalam proses pertumbuhannya, tanaman memproduksi dua jenis metabolisme yaitu metabolit primer dan sekunder. Senyawa metabolit primer memiliki fungsi esensial untuk kelangsungan hidup, selalu ada dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti karbohidrat, protein, lemak dan asam nukleat (Prawira et al., 2019). Berbeda dengan metabolit primer, metabolit sekunder merupakan produk turunan dari metabolit primer. Senyawa ini tidak selalu diproduksi oleh tanaman serta tidak terlibat langsung dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, tetapi bukan berarti metabolisme sekunder tidak penting. Metabolit sekunder diproduksi oleh tanaman dalam jumlah tertentu, dan dalam kondisi tercekam senyawa ini memiliki fungsi penting sebagai pertahanan (Setyorini and Yusnawan, 2016). Metabolit sekunder merupakan penghalang kedua (pertahanan kimiawi) yang dapat menghalangi serangan herbivora, perlindungan dari hama dan penyakit (*phytoalexin*), perlindungan dari sinar ultraviolet, mengurangi kerusakan jaringan, menarik penyerbuk dan alelopati (Mukrimin, 2019).

Tumbuhan telah berevolusi dan bertahan dari cekaman salah satunya dengan menghasilkan produk metabolit sekunder yang bersifat sangat spesifik dalam hal fungsi sebagai mekanisme pertahanan tanaman. Terdapat beberapa kelompok utama metabolit sekunder pada tanaman yaitu fenolik, terpen dan terpenoid serta senyawa yang mengandung nitrogen (Alkaloid). Senyawa metabolit sekunder dapat dihasilkan pada berbagai jaringan tanaman mulai dari batang, kulit dan daun dengan jumlah yang berbeda-beda (Mukrimin et al., 2019). Senyawa ini biasanya terakumulasi dalam vakuola, rongga ekstraseluler trikoma atau disekresikan dalam sel. Dalam proses sintesis, metabolit sekunder dipengaruhi oleh nutrisi peningkatan dan penurunan laju pertumbuhan, kontrol umpan balik, inaktivasi serta induksi enzim (Perangin-angin et al., 2019).

2.3.1. Tanin

Tanin adalah kelompok senyawa fenolik yang disintesis pada jaringan tanaman sebagai pelindung terhadap bakteri, patogen, tumbuhan kompetitor, atraktan (bau, warna dan rasa), perlindungan dari sinar UV-B dan kematian sel (Hanin and Pratiwi, 2017). Tanin merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder yang ditemukan melimpah kedua pada jaringan tumbuhan tingkat tinggi setelah alkaloid termasuk pada daun (Anggraito et al., 2018). Tanin terbagi menjadi dua kelompok utama yaitu tanin terhidrolisis dan terkondensasi. Tanin terhidrolisis terjadi karena reaksi polimerisasi (kondensasi) antara flavonoid, sedangkan tanin terkondensasi terbentuk dari reaksi esterifikasi asam fenolat dan glukosa. Tanin memiliki kemampuan mengendapkan protein dan menghasilkan ikatan silang kompleks yaitu protein tanin. Kandungan tanin yang tinggi dalam tanaman tercatat berkisar 20% dari berat kering, ini merupakan produk metabolisme paling banyak ke empat yang disintesis oleh tumbuhan tingkat tinggi setelah selulosa, hemiselulosa dan lignin (Fraga-Corral et al., 2020).

2.3.2. Flavonoid

Kelompok senyawa metabolit sekunder yang juga ditemukan melimpah pada jaringan tanaman adalah flavonoid. Flavonoid juga merupakan kelompok senyawa fenolik yang lebih banyak berperan sebagai antioksidan, pelindung dari sinar ultraviolet-B (UV-B), pigmen yang menarik penyerbuk, fitoaleksin, molekul pensinyalan, dan pengatur transportasi auksin yang membantu pertumbuhan pada tanaman (Anggraito et al., 2018; Yonekura-Sakakibara et al., 2019). Flavonoid adalah senyawa dengan kerangka karbon $C_6-C_3-C_6$ yang menunjukkan struktur *chromane* atau *chromene* seperti flavan, flavon, flavonol, dan antosianidin. Laporan terbaru tahun 2019 menunjukkan perkiraan lebih dari 9,000 senyawa flavonoid yang ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi (Yonekura-Sakakibara et al., 2019).

2.3.3. Polifenol

Polifenol adalah senyawa yang tersusun dari kumpulan fenolik, senyawa siklik, dan aromatik pengganti satu atau lebih gugus hidroksil dengan gugus aktif –OH. Polifenol pada tumbuhan disintesis melalui jalur sikimat dan jalur asam malonat (Anggraito et al., 2018). Polifenol memegang peranan penting dalam fungsi fisiologis dan morfologis pertumbuhan tanaman, senyawa ini dapat berperan sebagai *phytoalexins*, *antefeedant*, penarik penyerbuk, kontributor pigmentasi tanaman, anti oksidan dan agen pelindung terhadap sinar UV (Ignat et al., 2011).

2.4. Spesies Eksotik

Jenis eksotik (*non-native species*) adalah spesies yang didatangkan dari luar habitat asli dengan tujuan tertentu. Sejauh ini spesies eksotik dinilai memiliki sifat invasif yang dapat menyebabkan perubahan ekosistem, dan merupakan ancaman bagi keanekaragaman spesies asli (Junaedi, 2014). Akan tetapi belum ada informasi, dan pemahaman yang lebih dalam tentang dampak yang diberikan oleh spesies ini (Jeschke et al., 2014; Schlaepfer, 2018). Untuk beberapa keperluan, spesies eksotik sengaja dikembangkan seperti untuk produksi, industri, serta restorasi dan reklamasi lahan. Sebagai contoh, negara Cina dan India telah menanam lebih dari 2 juta hektar hutan tanaman dari jenis eksotik untuk tujuan produksi kayu, reklamasi dan rehabilitasi lahan (Lu et al., 2017).

2.5. Pinus Merkusi (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese.)

Pinus tusam (*P. merkusii*) merupakan jenis tanaman toleran yang dapat tumbuh tanpa persyaratan yang spesifik, baik pada lahan yang tidak subur atau lahan terbuka. Jenis ini mampu tumbuh pada ketinggian 200-2.000 mdpl, dengan ketinggian tumbuh paling optimal pada 400-1.500 mdpl dengan curah hujan diatas 1600 mm/tahun. *P. merkusi* merupakan jenis yang tumbuh alami di Indonesia yang diketahui berasal dari dataran tinggi Sumatera.

Adapun kalsifikasi taksonomi *P. merkusii* berdasarkan *The Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) yaitu:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridiplantae
Division	: Tracheophyta
Subdivision	: Spermatophytina
Class	: Pinopsida
Subclas	: Pinidae
Ordo	: Pinales
Family	: Pinaceae
Genus	: <i>Pinus</i>
Species	: <i>Pinus merkusii</i> Jungh. & et de Vriese

2.5.1. Morfologi

P. merkusii memiliki ciri khas batang utama berkayu, berbentuk silindris dan arsitektur percabangan (monopodial) dengan permukaan batang beralur (sulcatus). Sistem perakaran yaitu akar tunggang (radial primary). Tinggi bebas cabang dapat mencapai 10-25 meter, memiliki daun berbentuk jarum dengan jumlah 2 helai. Daun menjadi bagian dari tajuk yang menjadi tempat terjadinya fotosintesis dengan bentuk duduk daun tersebar (folia sparsa). *P. merkusii* memiliki bunga berbentuk stobili jantan dan betina, berkelamin satu (unisexual) berumah satu (monoecus). Bunga jantan berbentuk strobilus (silindris), sedangkan strobilus betina berbentuk kerucut tumbuh diujung daun. Menghasilkan buah bersisik berwarna coklat, biji pada buah pinus terletak pada dasar setiap sisik buah, pada tiap bakal biji terdapat dua sayap. Setiap sisik akan menghasilkan dua biji berbentuk bulat telur dan pipih. *P. merkusii* memiliki sifat khusus diantaranya kanopi yang berbentuk kerucut. Batang berbentuk langsing, lurus dan silindris pada tegakan yang rapat, sedangkan pada tegakan terbuka batang akan sering bengkok (Restu and Gusmiaty, 2015).

2.5.2. Penyebaran dan Habitat

P. merkusii merupakan jenis toleran yang tidak memiliki syarat tumbuh yang khusus. *P. merkusii* merupakan spesies yang unik dengan sebaran alami yang hanya melintasi wilayah ekuator (tropis) ke belahan bumi selatan (*southeast Asia*) yang meliputi wilayah timur laut India, Thailand, Laos, Kamboja, Vietnam, Indonesia dan Filipina (kepulauan Luzon dan Mindoro) dengan ketinggian tempat tumbuh sampai 2.000 mdpl. *P. merkusii* ditemukan tumbuh pada keragaman tanah dari bahan induk yang berbeda, iklim yang bervariasi mulai dari kemarau (hampir enam bulan tanpa hujan) sampai iklim tropis yang lembap dengan sedikit atau tanpa mengalami defisit kelembaban. Di Indonesia, *P. merkusii* pertama kali diidentifikasi sejak tahun 1931 berasal dari dataran tinggi Sumatera meliputi kawasan gunung Geureudong, wilayah Tapanuli, kawasan danau Toba sampai ke kawasan gunung Kerinci (Cooling, 1968). Kemampuan tumbuh yang baik menjadikan jenis ini dapat tersebar cepat ke wilayah-wilayah nusantara seperti Jawa dan Sulawesi.

Di Sulawesi Selatan penanam pinus *P. merkusii* telah dimulai sejak pendudukan kolonial Belanda pada tahun 1932 dan pembibitannya telah dilakukan sejak tahun 1931 di sekitar lereng gunung Piek Van Bantaig (Bantaeng) yang kemudian menyebar ke beberapa wilayah seperti kabupaten Gowa, Enrekang, Tana Toraja, dan Luwu (Rusli, 2000). Penyebaran yang cepat tentunya dipengaruhi oleh kebutuhan akan pemanfaatan jenis ini yang tinggi, didukung dengan kemampuan tumbuh yang baik tanpa persyaratan tempat tumbuh yang khusus.

2.6. Pinus Rombeng (*Pinus* sp.)

Pinus rombeng (*Pinus* sp.) merupakan spesies unik yang tumbuh di Indonesia selain *P. merkusii*. Jenis ini belum diketahui spesiesnya dan sampai sekarang dapat ditemui tumbuh di Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Jenis ini memiliki ciri khas yang mencolok pada kulit batang yang berwarna keabu-abuan dan kemerahan serta sangat mudah terkelupas, jenis ini dinamakan pinus rombeng oleh masyarakat lokal. Pinus rombeng diperkirakan telah berusia antara 90-an tahun yang diyakini

masyarakat setempat telah ditanaman sejak tahun 30-an pada zaman pendudukan kolonial Belanda (Mukrimin et al., 2021). Pinus rombeng merupakan aset sumber daya hutan penting di Kabupaten Bantaeng yang dapat memberikan manfaat seperti memberikan jasa lingkungan (pengembangan ekowisata) menjaga wilayah resapan air hujan dan mencegah erosi dan tanah longsor. Pinus rombeng dapat dikatakan sebagai jenis yang eksotik di Indonesia yang hanya ditemukan tumbuh di Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan, sehingga sangat menarik untuk dilakukan penelitian (Musdalifah, 2021).

2.6.1. Morfologi

Pinus sp. memiliki bentuk batang utama berkayu, berbentuk silindris dengan permukaan batang beralur. Jenis ini memiliki ciri khas pada kulit batang yang berwarna keabu-abuan dan kemerahan serta mudah terkelupas. *Pinus* sp. memiliki tinggi rata-rata yaitu 7-8 meter dengan diameter rata-rata 0,5 meter. Sama seperti jenis pinus lainnya, *Pinus* sp. memiliki daun jarum yang berpasangan (2 dalam 1 ikatan), berwarna hijau muda dan hijau tua pada daun muda namun akan berupa menjadi hijau kekuningan pada daun tua. Panjang daun pinus rombeng antara 17-20 cm. *Pinus* sp. berbunga dan menghasilkan buah berbentuk kerucut bersisik berwarna coklat dengan panjang rata-rata 5-8 cm. Pada ketiak sisik buah terdapat biji pipih dengan panjang 67 mm. Biji pinus memiliki kulit kering kecokelatan, bentuk biji bulat, padat dan tidak berkerut (Musdalifah, 2021).

2.6.2. Penyebaran dan Habitat

Pinus sp. ditemukan tumbuh di sekitar Desa Bontolojong, Kecamatan Ulu Era Kabupaten Bantaeng pada ketinggian antara 1.200-1700 mdpl, dengan iklim tropis lembap antara 69-80 °C dengan sedikit atau tanpa mengalami defisit kelembaban (Musdalifah, 2021). *Pinus* sp. tumbuh pada kondisi fisik dan tekstur tanah yang berbeda diantaranya tanah berpasir antara 30-50%, debu antara 30-45% dan liat antara 15-37% dengan tekstur tanah lempung liat dan lempung. Kondisi tempat tumbuh

memiliki nilai pH antara 5.1-5.94 nilai ini termasuk asam (*moderately acidic*) (Horneck et al., 2011), sedangkan bahan organik pada tempat tumbuh berkisar antara 2.82-3.99%. Kandungan kimia tanah seperti N, P, dan K memiliki nilai rendah sampai sedang ini tentunya dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi tutupan lahan, bahan organik dan bahan induk (Mukrimin et al., 2021).

2.7. Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia* L.)

Cemara laut (*C. equisetifolia*) atau yang umum disebut sebagai *Australian pine* merupakan tanaman *fast growing species* asli tumbuh di wilayah Australia, Asia Tenggara, India, Banglades dan Kepulauan Pasifik tropis dan telah disebarkan ke seluruh dunia dengan tujuan penanaman tertentu. *C. equisetifolia* dimanfaatkan secara khusus sebagai tanaman pelindung angin (angin garam di wilayah pesisir), tanaman hias (hutan kota) dan untuk kegiatan reboisasi pada wilayah reklamasi karena kemampuan tumbuh yang baik pada wilayah yang miskin hara (Parnas et al., 2013).

Adapun klasifikasi taksonomi *C. equisetifolia* berdasarkan *The Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) yaitu:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridiplantae
Division	: Tracheophyta
Subdivision	: Spermatophytina
Class	: Magnoliopsida
Superorder	: Rosanae
Ordo	: Fagales
Family	: Casuarinaceae
Genus	: <i>Casuarina</i> L.
Species	: <i>Casuarina equisetifolia</i> L.

2.7.1. Morfologi

C. equisetifolia berasal dari famili Casuarinaceae atau *She-oak family* dengan genus Casuarina. Meskipun dinamakan pinus Australia, *C. equisetifolia* sama sekali tidak memiliki kekerabatan dengan jenis pinus atau familiy Pinaceae. Family ini memiliki 96 spesies yang berasal dari wilayah tropis dan subtropis (Zhang et al., 2016), genus Casuarina sendiri terdiri dari 17 spesies salah satunya adalah *C. equisetifolia*. Spesies ini berasal dari Asia tenggara, kepulauan Pasifik Selatan di wilayah Tahiti, Samoa dan Australia. Nama *equisetifolia* berasal dari kemiripan daun jarum dengan rambut kuda. *C. equisetifolia* memiliki dua subspecies yaitu *C. equisetifolia equisetifolia* dan *C. equisetifolia incana*, namun hanya jenis pertama yang memiliki distribusi yang luas (Parnas et al., 2013).

C. equisetifolia mampu tumbuh sampai 40 meter, dengan arsitektur percabangan yang melebar. Memiliki daun yang ramping tersusun atas segmen pendek dan bersendi. Panjang daun berkisar antara 10-25 cm dengan panjang setiap segmen yaitu 5-8 mm dan diameter daun 0.5-0.7 mm. Pada daun muda memiliki warna hijau cerah dan hijau tua pada daun dewasa dan secara bertahap menjadi lebih putih kekuningan ke arah ujung dan tepi. Sistem reproduksi *C. equisetifolia* sebagian besar melalui buah. Jenis ini mengalami dua kali musim berbunga setiap tahunnya, dengan puncak pembungaan pada April sampai Juni. Bunga yang dihasilkan berkelamin tunggal jantan dan betina, bunga jantan ditumbuhi duri silindris yang tumbuh diujung ranting, dibatasi oleh 3 atau 4 bark dan terdiri dari satu benang sari. Bunga betina terletak pada ketiak daun, berbentuk kerucut dan sedikit lebih panjang antara 12-24 mm. Buah *C. equisetifolia* berbentuk bulat agak lonjong berwarna hijau keabu-abuan dan berubah menjadi coklat kemerahan saat mulai matang dan melepaskan satu biji saat buah telah matang sempurna. Biji memiliki sayap membran pipih tipis berwarna coklat pucat dengan panjang antara 6-8 mm. Satu pohon *C. equisetifolia* mampu menghasilkan ribuan biji setiap tahunnya (Parnas et al., 2013).

2.7.2. Penyebaran dan Habitat

C. equisetifolia merupakan jenis toleran yang tidak memiliki syarat tumbuh khusus. Jenis ini mampu tumbuh dan beradaptasi pada kondisi tanah dengan tingkat salinitas yang tinggi, kering dan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Memiliki perakaran tunggang yang dalam dan lateral dangkal yang luas, jenis ini juga merupakan pengikat nitrogen pada tanah yang penting (Zhang et al., 2016). Penyebaran alami jenis ini meliputi wilayah Australia, Asia Tenggara, India, Bangladesh dan kepulauan pasifik tropis dan subtropis. Di Indonesia sendiri, sebaran jenis ini meliputi pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku, dan kepulauan Sunda Kecil (Syahbudin et al., 2013). Di Sulawesi selatan *C. equisetifolia* dapat ditemukan tumbuh alami di sepanjang pesisir Kepulauan Selayar, Bulukumba dan Takalar. Jenis ini memiliki fungsi ekologis yang penting seperti pelindung angin dan mencegah abrasi air laut, menjaga wilayah resapan air hujan, dan salinitas serta sebagai tanaman hias.

2.8. Cemara Gunung (*Gymnostoma rumphianum* (Miq.) L.A.S. Johnson)

Cemara gunung (*G. rumphianum*) atau (*mountain she-oak*) atau umum disebut sebagai cemara angin, juga merupakan salah satu spesies dari family Casuarinaceae dari genera *Gymnostoma* (20 *species*) yang tumbuh di wilayah tropis dan subtropis dengan distribusi alami di Indonesia dan Filipina. Jenis ini memiliki nilai ekologi dan ekonomi yang tinggi seperti melindungi wilayah resapan air hujan, menstabilkan kondisi kimia dan fisika tanah karena kemampuannya yang mampu mengikat nitrogen dalam tanah dan bersimbiosis dengan berbagai mikroorganisme, dimanfaatkan sebagai tanaman hias (hutan kota), digunakan untuk budidaya agroforestri, penggunaan sebagai bahan konstruksi ringan dan sedang, serta untuk industri kayu lainnya seperti pulp dan kertas (“PROSEA : Plant Resources of South-East Asia 11, Auxiliary Plants - Google Books,” n.d.).

Berdasarkan koleksi dari *Museum National D'Historie Naturelle, Francis* adapun klasifikasi taksonomi *G. rumphianum* yaitu:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Subdivision	: Spermatophytina
Class	: Magnoliopsida
Subclass	: Hemamelidae
Ordo	: Casuarinales
Family	: Casuarinaceae
Genus	: <i>Gymnostoma</i>
Species	: <i>Gymnostoma rumphianum</i> (Miq.) L. A. S. Jonson

2.8.1. Morfologi

G. rumphianum memiliki ciri morfologi yang sekilas tampak sama dengan cemara laut. Kedua spesies ini berasal dari family yang sama namun dengan genera yang berbeda, ketika diamati dengan seksama akan tampak perbedaan sebagai ciri khas dari masing-masing spesies. *G. rumphianum* memiliki batang berkayu yang dapat tumbuh lebih dari 20 m. Jenis ini memiliki daun semu yang tipis dan lembut dengan panjang 15-20 cm setiap daun tersusun atas segmen-segmen pendek antara 10-15 mm dan diameter 0.6-0.9 mm, daun berwarna hijau keabu-abuan. Bunga kecil muncul pada ketiak daun. Menghasilkan buah berbentuk bulat, lonjong atau bulat telur berwarna hijau dan berubah menjadi coklat pada buah yang matang dengan diameter 3 cm. Saat mulai matang dan melepaskan satu biji yang memiliki sayap membran pipih tipis berwarna coklat pucat dengan panjang antara 6-8 mm. (“PROSEA : Plant Resources of South-East Asia 11, Auxiliary Plants - Google Books,” n.d.).

2.8.2. Penyebaran dan Habitat

G. rumphianum merupakan jenis pionir yang dapat digunakan dalam revegetasi lahan-lahan yang terdegradasi seperti lahan terbuka, tebing sungai berkerikil dan lereng berbatu. Spesies ini dapat tumbuh pada ketinggian 100-1000 mdpl tanpa persyaratan tempat tumbuh yang khusus. Sebaran alami spesies ini meliputi wilayah tropis dan subtropis wilayah Asia Tenggara mulai dari Indonesia (Sulawesi dan Maluku), dan Filipina. Di Sulawesi Selatan spesies ini ditemukan di wilayah dataran rendah sampai dataran tinggi seperti Kabupaten Enrekang, Tana Toraja, dan Kabupaten Luwu.