

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Tanaman gaharu

Tanaman gaharu (*Aquilaria malaccensis* L.) yang memiliki nama lain seperti *agarwood*, *eaglewood* atau *aleowood* merupakan tanaman yang terkenal akan resin aromatiknya. Tanaman ini tersebar secara alami di beberapa negara seperti Cina (Hongkong, Hainan), Pakistan, Iran, India, Nepal, Bhutan, Bangladesh, Sri-Lanka, Kamboja, Vietnam, Laos, Thailand, Indonesia, Myanmar, Malaysia, Singapura dan Filipina (Kamonwannasit dkk., 2013).

Menurut Siran dan Turjaman (2010), tanaman gaharu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Tracheophyta
Class	: Magnoliopsida
Order	: Malvales
Genus	: Aquilaria
Species	: <i>Aquilaria malaccensis</i> L.



Gambar 1. Pohon gaharu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Secara umum, morfologi pohon penghasil gaharu dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat tumbuhnya, meski memiliki karakteristik yang serupa. Daun gaharu berbentuk lonjong memanjang dengan ujung meruncing, berwarna hijau muda hingga hijau mengkilap, dan memiliki tepi rata. Ukurannya berkisar antara 5–8 cm panjang dan 3–5 cm lebar. Daun berseling dengan bentuk simetris, tanpa kelenjar minyak, dan permukaannya halus. Tulang daun tampak jelas, tanpa pertulangan tepi, serta tangkai daun yang pendek dan tidak bersayap (Suharti dkk., 2017). Bunga gaharu tumbuh di ujung ranting atau ketiak daun, tersusun dalam kelompok yang bercabang. Bunga ini berkelamin dua dengan kelopak sebanyak 4–6 buah dan mahkota berjumlah 8–12 buah yang tipis dan mudah rontok. Benang sari melekat pada perhiasan bunga dengan jumlah yang sama seperti mahkota, sementara kepala sari berbentuk dorsal. Putiknya biasanya tidak bertangkai dan memiliki satu cuping dengan ukuran khas (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).



Gambar 2. Bunga (A), daun dan buah gaharu (B)
(Sumber: Hoon, 2014)

Buah gaharu berbentuk kapsul, tidak berdaging, terpecah, dan memiliki panjang sekitar 5 cm serta lebar 3 cm. Biji buah berbentuk bulat atau bulat telur, ditutupi bulu halus berwarna kemerahan, dengan 1–2 biji per buah yang tidak memiliki sayap, garis dalam, maupun endosperma. Batang pohon gaharu keras, berwarna abu-abu kecokelatan hingga keputih-putihan, dengan kulit yang licin dan bercabang banyak. Pohon ini dapat tumbuh hingga ketinggian 30–40 meter dengan diameter batang mencapai 50–60 cm (Setyaningrum dan Saparinto, 2014). Bibit gaharu memiliki masa dormansi yang pendek, di mana biji yang jatuh di bawah

pohon induk biasanya tumbuh dalam 3–4 bulan. Namun, populasi anakan ini dapat menurun hingga 60–70% setelah 6–8 bulan. Oleh karena itu, anakan yang tumbuh secara alami dapat dimanfaatkan sebagai sumber bibit (Satria dkk., 2008).

Pohon gaharu dapat tumbuh di berbagai kondisi, termasuk daerah ekstrem, meskipun pertumbuhannya tidak seoptimal di lokasi ideal. Di wilayah yang ideal, tanaman akan berkembang lebih baik dan waktu tumbuhnya lebih singkat dibandingkan di lingkungan yang kurang cocok. Masa berbunga tanaman dipengaruhi oleh iklim, musim, dan kondisi tanah, seperti keasaman, salinitas, serta unsur hara tertentu (Siran dan Turjaman, 2010). Tanaman gaharu memerlukan suhu 24–32°C, kelembapan 80–90%, dan curah hujan 1.500–2.000 mm per tahun (iklim tipe C). Gaharu dapat tumbuh di dataran rendah hingga tinggi, antara 10–1.600 mdpl. Khusus untuk jenis *Aquilaria malaccensis*, tanaman ini tumbuh optimal pada ketinggian 10–900 mdpl di daerah beriklim kering. Habitat tanaman ini meliputi hutan dataran rendah, pegunungan, hingga rawa gambut, namun tidak cocok di lahan yang tergenang air permanen (Khalil dkk., 2013).

Secara fisiologis, gaharu pada fase awal pertumbuhan bersifat semitoleran terhadap cahaya, sehingga membutuhkan naungan hingga usia tiga tahun. Penaung, seperti paranet atau tanaman lain, memberikan keteduhan sekitar 50% dan menjaga kelembapan serta mengurangi intensitas sinar matahari. Jarak tanam penaung disesuaikan dengan tingkat kerimbunan, yaitu 3–6 meter. Naungan ini meningkatkan pertumbuhan gaharu, menghasilkan tanaman dengan vigor sehat, batang kokoh, serta daun yang hijau dan lebat. Sebaliknya, tanaman tanpa naungan menunjukkan pertumbuhan yang lambat (Setyaningrum dan Saporinto, 2014).

2.1.2 Kultur jaringan

Kultur jaringan merupakan metode perbanyakan tanaman dengan cara membudidayakan jaringan atau bagian-bagian tanaman, seperti batang, akar, daun, bunga, kalus, sel, protoplas, atau embrio, hingga menjadi tanaman kecil yang memiliki sifat identik dengan tanaman induknya. Bagian tanaman yang digunakan dalam proses ini disebut eksplan, yang diambil dari tanaman induk dan ditempatkan dalam kondisi steril di media kultur. Dalam media tersebut, eksplan mengalami

proses regenerasi dan diferensiasi hingga tumbuh menjadi tanaman utuh (Aini, 2015).

Kultur jaringan tanaman *in vitro* didasarkan pada prinsip "totipotensi" atau kemampuan total sel. Secara teori, setiap sel dapat tumbuh menjadi tanaman utuh jika diberi kondisi yang sesuai. Totipotensi ini berarti bagian tanaman yang masih berfungsi dapat mengalami perubahan dan kembali membentuk jaringan, struktur, hingga menjadi organisme lengkap (Su dkk., 2021). Fenomena ini menunjukkan tanaman utuh berkembang ketika sel atau jaringan tanaman diberi nutrisi yang tepat dan kondisi pertumbuhan optimal dalam lingkungan steril *in vitro*. Selain itu, metode ini dapat menghasilkan tanaman bebas virus melalui teknik *meristem tip culture*, yang memiliki potensi besar untuk melestarikan plasma nutfah dan mencegah kehilangan keanekaragaman genetik. Dengan teknik ini, bibit unggul dan seragam dapat diperoleh yang kemudian dapat digunakan untuk memperbanyak lebih lanjut (Lestari, 2010).

Menurut Zulkarnain (2011), teknik kultur jaringan dilakukan dengan menumbuhkan bagian tanaman, seperti sel, jaringan, atau organ, di media steril dengan kondisi yang terkendali. Proses ini menunjukkan bahwa bagian tanaman dapat berkembang menjadi tanaman lengkap. Teknik ini memiliki banyak keuntungan, seperti menghasilkan bibit yang sehat, seragam, dan bebas dari kontaminasi dalam waktu singkat, tidak memerlukan lahan luas, serta dapat dilakukan kapan saja tanpa bergantung pada musim. Keberhasilan kultur jaringan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti media tanam, zat pengatur tumbuh (ZPT), hormon, vitamin dan asam amino yang digunakan (Mayura, 2020).

Proses kultur jaringan terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu inisiasi, pertumbuhan, perpanjangan dan induksi akar (pengakaran), serta aklimatisasi. Tahap inisiasi mencakup persiapan eksplan, sterilisasi eksplan, hingga mendapatkan eksplan yang bebas dari kontaminasi mikroorganisme. Pada tahap pertumbuhan, eksplan diperbanyak melalui subkultur, yaitu pemindahan eksplan ke media baru dilakukan secara berulang untuk menjaga ketersediaan stok eksplan. Tahap pengakaran merupakan langkah terakhir sebelum planlet dipindahkan ke

lingkungan luar. Sementara itu, aklimatisasi adalah proses adaptasi planlet dari kondisi *in vitro* ke lingkungan luar atau lapangan (Basri, 2016).

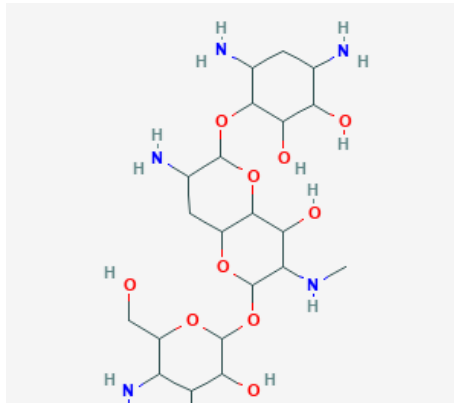
2.1.4 Hidrolisat Kasein

Hidrolisat kasein adalah campuran zat organik yang terdiri dari asam amino, peptida dan vitamin yang dapat berfungsi sebagai sumber nitrogen organik yang mudah diserap tanaman sehingga dapat mendukung proses sintesis protein pada sel tanaman (Samiei dkk., 2021). Wang dkk., (2013) menemukan bahwa kandungan asam amino bebas pada hidrolisat kasein yaitu 25,6 mg/100 ml. Asam amino merupakan komponen dasar penyusun protein yang berperan penting dalam berbagai proses fisiologis pada tumbuhan. Selain menjadi bahan pembentuk struktur sel, asam amino juga berfungsi dalam transport molekul, mendukung aktivitas metabolik, serta berperan dalam mekanisme pertahanan dan pengaturan reaksi biokimia (Rasullah dkk., 2013).

Selain asam amino, hidrolisat kasein juga mengandung peptida atau oligopeptida. Peptida atau oligopeptida merupakan rantai pendek asam amino yang terbentuk dari pemecahan protein kasein melalui proses hidrolisis enzimatis atau kimiawi (Rao dkk., 2020). Fungsi peptida terkait dengan pembentukan enzim, sementara peranannya dalam struktur sel berkaitan dengan sintesis protein di dalam sel tanaman. Struktur kimia hidrolisat kasein tercantum pada Gambar 3.

Nitrogen organik dalam bentuk asam amino dan peptida dapat langsung dimanfaatkan oleh sel tanpa melalui proses reduksi seperti pada nitrogen anorganik sehingga metabolisme awal berjalan lebih efisien dan mendukung percepatan pertumbuhan jaringan (Samiei dkk., 2021). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa hidrolisat kasein mampu meningkatkan respon morfogenesis eksplan pada fase awal kultur. Istiningdyah dkk., (2013) mengemukakan bahwa penambahan hidrolisat kasein pada media dapat merangsang pertumbuhan eksplan. Saklani dkk., (2015) menjelaskan kemampuan hidrolisat kasein sebagai penyedia berbagai asam amino yang berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Penambahan hidrolisat kasein 100 mg/L ke dalam media kultur *in vitro* diketahui mampu meningkatkan jumlah tunas jenitri (*Elaeocarpus sphaericus*) (Saklani dkk., 2015). Asharo dkk.,

(2013) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pertumbuhan dan perkembangan tunas dapat dipacu melalui penambahan asam amino pada media MS.



Gambar 3. Struktur kimia Hidrolisat kasein
(Sumber: National Center for Biotechnology Information, 2025)

2.1.5 Air Kelapa

Air kelapa merupakan endosperma cair yang berperan sebagai sumber energi sekaligus cadangan makanan bagi embrio, serta diketahui mengandung berbagai zat pengatur tumbuh. Jenis air kelapa yang paling sesuai untuk digunakan dalam media kultur jaringan adalah air kelapa muda, yaitu yang memiliki daging buah berwarna putih, bertekstur lunak, dan masih mudah diambil dengan sendok (Surachman, 2011). Kandungan air kelapa meliputi karbohidrat, vitamin, mineral, protein, serta senyawa pengatur tumbuh seperti sitokinin, auksin, dan giberelin (Rosniawaty dkk., 2020). Senyawa-senyawa tersebut berfungsi dalam merangsang proliferasi jaringan, serta mendukung kelancaran proses metabolisme dan respirasi sel.

Air kelapa merupakan senyawa organik yang sering digunakan dalam aplikasi teknik kultur jaringan. Air kelapa mengandung hormon seperti sitokinin dan auksin yang membantu pertumbuhan dan perkembangan tunas tanaman (Dewanti, 2023). Selain hormon tersebut, air kelapa juga mengandung nitrogen, fosfor, kalium, kalsium (Ca), magnesium (Mg), klorin (Cl), besi (Fe), sulfur (S), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), vitamin, serta berbagai mineral lainnya (Astuti, 2016). Kandungan vitamin dalam air kelapa muda cukup beragam, diantaranya thiamin dan piridoksin. Kandungan dalam air kelapa bervariasi tergantung pada umur buah. Hasil penelitian Lazim dkk., (2015) menunjukkan

bahwa kandungan ZPT seperti sitokinin pada air kelapa muda lebih tinggi dibandingkan dengan air kelapa tua. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan ZPT untuk lebih banyak diproduksi pada jaringan muda yang masih aktif membelah (Zuhro dkk., 2017).

Kandungan hormon dan nutrisi yang terkandung dalam air kelapa mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Beberapa penelitian telah dilakukan dan menunjukkan keberhasilan yang berbeda. Berdasarkan penelitian Yustisia dkk., (2019), konsentrasi pemberian air kelapa 50 ml/L pada planlet kentang menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun planlet tanaman, dan jumlah akar tanaman dengan rata-rata tertinggi. Prando, et al. (2014) menggunakan air kelapa 20% untuk mendukung proliferasi sel dan tunas tanaman kacang hasel secara *in vitro*.

2.2 Kerangka berpikir

Keberhasilan dalam tahap pertumbuhan pada rangkaian kegiatan kultur jaringan ditentukan salah satunya oleh media yang digunakan. Media yang sering digunakan dalam kultur jaringan adalah media Murashige dan Skoog (MS), telah terbukti efektif untuk berbagai jenis tanaman (Fatana dkk., 2024). Media MS ini juga dapat dimodifikasi untuk mendapatkan hasil kultur *in vitro* yang lebih baik. Contoh modifikasi media MS dapat dilakukan dengan penambahan asam amino dan bahan alami. Pada konsentrasi yang tepat, asam amino dan hormon alami dapat meningkatkan aktivitas metabolisme serta mempercepat proses organogenesis. Sebaliknya, apabila konsentrasi terlalu rendah, jaringan tidak memperoleh suplai nitrogen organik yang memadai sehingga pertumbuhan menjadi lambat atau stagnan. Pada kondisi konsentrasi yang terlalu tinggi, jaringan dapat mengalami ketidakseimbangan osmotik, akumulasi metabolit, atau bahkan toksisitas fisiologis yang berakibat pada terhambatnya pertumbuhan seperti browning (Hassanpour, 2024).

Asam amino berperan sebagai sumber nitrogen organik yang penting dalam pembentukan protein, sehingga menjadi komponen esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan sel tanaman. Selain sebagai sumber nutrisi, asam amino juga dapat bertindak sebagai aktivator fitohormon yang mempercepat proses pembelahan dan

diferensiasi sel (Maysyaroh dan Ermawati, 2018). Hidrolisat kasein tidak hanya menyediakan nitrogen organik sebagai sumber nutrisi penting untuk mendukung pembentukan protein dalam sel tanaman, tetapi juga mengandung oligopeptida yang meningkatkan aktivitas metabolik sel (Dehestani-Ardakani dkk., 2017).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa hidrolisat kasein dapat mempengaruhi parameter pertumbuhan tanaman secara signifikan, seperti jumlah tunas dan tinggi tunas. Penambahan 600 mg/L hidrolisat kasein mampu meningkatkan regenerasi tunas *Rosa canina* hingga 2,5 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol (Samiei dkk., 2021). Konsentrasi 100 mg/L juga terbukti meningkatkan jumlah tunas pada kultur jenitri (*Eleacarpus sphaericus*) (Saklani dkk., 2015). Kartini dan Karyanti (2017) melaporkan bahwa konsentrasi 150 mg/L menghasilkan rata-rata 6,9 tunas per eksplan pada tanaman talas satoimo. Penelitian lain oleh Salehi dkk. (2017) juga menunjukkan peningkatan berat dan laju pertumbuhan kalus yang signifikan pada media dengan penambahan hidrolisat kasein 1000 mg/L pada tanaman hazel (*Corylus avellana L.*).

Dalam penelitian Arif, (2025), penambahan hidrolisat kasein pada media kultur *Dendrobium sp.* menunjukkan bahwa konsentrasi 100–150 mg/L menghasilkan hasil terbaik dalam hal tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat segar tanaman. Namun, peningkatan konsentrasi hidrolisat kasein hingga 200 mg/L tidak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan 100 mg/L. Konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan stres metabolik dan penurunan kualitas tanaman, seperti penurunan berat segar dan panjang akar. Pada penelitian Sridhar dan Aswath (2014) menunjukkan bahwa konsentrasi hidrolisat kasein yang lebih tinggi 0,1% dalam media pertumbuhan tidak mendukung pertumbuhan tunas stevia, sehingga tunas kerdil. Pada dosis 0,075% dan 0,1% hidrolisat kasein terbentuk kalus basal pada ujung potongan yang mengurangi penyerapan nutrisi dan menyebabkan pertumbuhan tunas terhambat. Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan sel-sel tanaman beradaptasi terhadap kelebihan nitrogen organik dalam media.

Selain hidrolisat kasein, bahan organik alami lain yang biasa digunakan dalam kultur *in vitro* adalah air kelapa. Air kelapa merupakan bahan alami yang mengandung sitokinin sebesar 5,8 mg/L, auksin 0,07 mg/L, dan giberelin dalam

jumlah sangat kecil, serta senyawa lain yang dapat menstimulasi perkecambahan dan pertumbuhan (Renvillia dkk., 2016). Penelitian oleh Musmar dkk., (2025) menunjukkan bahwa penambahan air kelapa pada media MS dapat meningkatkan persentase hidup eksplan, jumlah tunas, jumlah daun, dan tinggi planlet pada tanaman krisan. Konsentrasi air kelapa 100 ml/L menghasilkan pertumbuhan terbaik dengan persentase hidup eksplan mencapai 100% dan rata-rata jumlah tunas, jumlah daun, serta tinggi planlet tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya.

Prawestri dkk., (2021) membuktikan bahwa pemberian air kelapa 50 ml/L memberikan pengaruh pada pembentukan tunas dan cabang pada kultur *in vitro* peppermint dibandingkan media lainnya. Jumlah tunas tertinggi terdapat pada media dengan penambahan air kelapa walaupun tidak berbeda signifikan dengan media kontrol MS. Hasil serupa dilaporkan oleh Yustisia dkk. (2019), di mana konsentrasi 50 ml/L menghasilkan tinggi planlet dan jumlah daun tertinggi pada kultur kentang. Pengaruh ini berkaitan dengan kandungan nutrisi dan fitohormon alami dalam air kelapa yang mendukung diferensiasi dan metabolisme sel (Widiastoety dan Nurmalinda, 2010).

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran maka dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. Penambahan kombinasi hidrolisat kasein dan air kelapa pada media tanam berpengaruh terhadap pertumbuhan gaharu.
2. Diperoleh kombinasi hidrolisat kasein dan air kelapa yang memberikan pengaruh paling baik terhadap pertumbuhan gaharu.