

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Jati (*Tectona grandis* L.)

Klasifikasi tanaman jati (Purwanta dkk., 2006):

- Kerajaan : Plantae
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Lamiales
- Famili : Verbenaceae
- Genus : *Tectona*
- Spesies : *Tectona grandis* Linnaeus

Jati (*Tectona grandis* L.) merupakan tanaman tahunan dengan bentuk besar dan memiliki tinggi 30 m pada kondisi yang optimal. Diameter batang jati dapat mencapai 220 cm dengan kulit kayu berwarna coklat hingga abu-abu dan mudah terkelupas. Pangkal batang berakar papan pendek dan bercabang 4. Jati memiliki daun berbentuk opposite (bentuk jantung membulat dengan ujung meruncing. Panjang daun jati sekitar 20-50 cm dan lebar daun 15-40 cm serta berbulu pada permukaan daunnya. Jati secara alami melakukan perbanyakan secara generatif melalui biji (Orwa, 2009). Menurut Sumarna (2006), jati merupakan salah satu tanaman yang menggugurkan daunnya (*decidious*) pada saat musim kemarau antara bulan November-Januari dan daun akan tumbuh kembali pada bulan Januari atau Maret.

Curah hujan minimum yang dibutuhkan tanaman jati yaitu 700 mm/th, optimum 1000-1500 mm/th, dan maksimum 2500 mm/th meskipun demikian

beberapa tanaman jati dapat hidup pada curah hujan hingga 3750 mm/th. Suhu udara minimum untuk tanaman jati adalah 13-17°C dan maksimumnya 39-43°C. Kualitas terbaik jati dapat diperoleh pada suhu optimal yaitu 32-42°C. Kelembaban yang dibutuhkan jati pada fase vegetatif yaitu 80%, sedangkan pada fase generatif 60-70%. Fase generatif jati terjadi pada bulan Juni-Agustus (Sumarna, 2006).

Kayu bulat jati dijumpai di seluruh pulau di Indonesia. Pulau dengan produksi terbesar adalah Pulau Jawa dengan produksi sebesar 0,55 juta m³ (87,08 persen), Pulau Sulawesi sebesar 0,06 juta m³ (9,72 persen), Pulau Sumatera sebesar 0,02 juta m³ (2,58 persen). Pulau Bali dan Nusa Tenggara sebesar 3,38 ribu m³ (0,53 persen), sedangkan sisanya sebesar 357,23 m³ (0,06 persen) dan 228,67 m³ (0,04 persen) dihasilkan di Maluku dan Papua serta Kalimantan (BPS, 2014).

Klon Jati Purwo menghasilkan riap 24,38 m³/ha/tahun dan lebih baik jika dibandingkan dengan klon Jati Perum Perhutani yang menghasilkan 14 m³/ha/tahun, sedangkan hasil jati local hanya 1 m³/ha/tahun. Jati Unggul Purwobinangun (JUP) termasuk tanaman jati yang adaptif karena mempunyai persentase hidup lebih dari 95%, riap tinggi 2,9 m/th, riap diameter 2,96 cm/th dan riap volume 27,25 m³/ha/th pada umur 4 tahun pada lahan berbatu (Priyo, 2016). Perbandingan dengan klon Jati Emas hasil introduksi jati Myanmar yang memiliki umur panen 10-15 tahun, Jati Unggul Purwo mempunyai umur panen 10 tahun dan umur panen jati lokal 15-20 tahun (Priyo, 2014). Jati Emas berumur 5-7 tahun sudah mempunyai batang dengan diameter 27 cm dan tinggi pohon mencapai 16 meter, pada umur yang sama Jati biasa (Konvensional) memiliki diameter batang sekitar 3,5 cm dan tinggi pohonnya sekitar 4 meter (Imanudin, 2016).

Pengembangan jati secara konvensional (generatif) memiliki kendala yaitu tanaman jati baru dapat berproduksi pada umur 40-60 tahun (Purwanta dkk., 2006). Perbanyak tanaman jati secara vegetatif telah dikembangkan diantaranya melalui stek pucuk dan kultur *in vitro* dengan metode *micro cutting*. Metode *micro cutting* adalah melakukan perbanyak tunas jati melalui kultur *in vitro* untuk mendapatkan bahan tanam stek pucuk (Adinugraha dan Mahfudz, 2014). Keuntungan paling utama metode ini adalah mendapatkan anakan yang memiliki sifat yang sama dengan induknya dan prosesnya cepat dengan hasil perbanyak dalam jumlah banyak (Mariska dkk., 1994). Tingkat keberhasilan perbanyak jati dengan kultur *in vitro* sangat baik dengan rata-rata mencapai 70%, sehingga banyak pihak yang mengembangkannya (Adinugraha dan Mahfudz, 2014).

B. Kultur *In Vitro*

Kultur *in vitro* berasal dari kata *in vitro* yang berarti gelas. Kultur *in vitro* merujuk pada menumbuhkan bagian kecil tanaman dalam lingkungan aseptis atau bebas mikroorganisme dengan media tanam buatan di dalam labu atau petri. Media biasanya mengandung agar yang ditambahkan sukrosa sebagai sumber karbon, mineral esensial, dan hormon (Hopkins, 2007). Menurut Hopkins (2007), pada kondisi ini sel membelah dan tumbuh hingga membentuk gumpalan sel belum terdiferensiasi yang dinamakan kalus. Kultur *in vitro* adalah pengembangan dari teori totipotensi yaitu potensi sel atau jaringan untuk membentuk seluruh jenis sel dan/atau untuk regenerasi tanaman. Beberapa tipe dari kultur *in vitro* menurut Pierik (1987) adalah kultur utuh (biasanya biji), embrio, organ, kalus, sel tunggal, dan kultur protoplas.

Keberhasilan kultur *in vitro* ditentukan oleh beberapa faktor yaitu, sumber eksplan seperti biji, daun, tunas, akar atau bunga, umur tanaman (umumnya tanaman yang telah mencapai fase generatif lambat pertumbuhannya dibandingkan tanaman muda), genotip tanaman, media sebagai penyedia unsur hara yang lengkap dan sesuai untuk pertumbuhan eksplan (Mariska, 1994). Hal yang harus diperhatikan dalam kultur *in vitro* adalah pengaturan suhu, cahaya, genotip, zat pengatur tumbuh, dan gula. Tanaman *in vitro* merupakan tanaman heterotrof. Tanaman dapat tumbuh jika ada auksin dan Sitokinin (Neumann dkk, 2009).

B.1. Media Kultur *In Vitro*

Medium yang dapat digunakan untuk mikropropagasi *in vitro* adalah medium cair, agar, dan setengah agar. Cara penempatan eksplan atau posisi eksplan pada medium dapat mempengaruhi pertumbuhan atau morfogenesis eksplan yang terkait dengan faktor polaritas eksplan dalam penyerapan hara (Lina dkk., 2013). Faktor ini erat kaitannya dengan transportasi hara dan zat pengatur tumbuh (ZPT) ke dalam eksplan (Lina dkk., 2013). Kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan optimal tiap spesies tanaman berbeda, bahkan jaringan yang berbeda membutuhkan nutrisi yang berbeda. Unsur hara yang terkandung dalam media yaitu garam anorganik, ZPT, vitamin, karbohidrat, *hexitol* dan *gelling agent* (Smith, 2013).

Garam anorganik merupakan mineral yang dibutuhkan eksplan untuk tumbuh dan digunakan secara luas pada perkembangbiakan melalui kultur *in vitro*. Mineral sangat diperlukan oleh tanaman seperti unsur nitrogen (N) yang berperan sebagai bahan asam amino dan kalsium yang merupakan bagian dari klorofil tanaman. Media kultur *in vitro* mengandung mineral esensial yang dibutuhkan

tanaman untuk pertumbuhan eksplan. Mineral tersebut yaitu nitrogen, pospor, sulfur, kalsium, kalium, magnesium, besi, mangan, seng, boron, molibdenum dan tembaga (Bhojwani dan Razdan, 1996).

Vitamin berperan penting sebagai katalisator dalam reaksi enzim. Thiamin (B₁) berperan dalam sel tanaman. Vitamin lain seperti *nicotinic acid* (B₃) dan *pyridoxine* (B₆) ditambahkan dalam media kultur untuk menambah respon sel (Bhojwani dan Razdan, 1996). Hara esensial lain yaitu mio-inositol merupakan *hexitol* yang berperan dalam biosintesis *cyclitol*, penyimpanan polihidrat sebagai cadangan, transpor gula, nutrisi mineral, perkecambahan biji, pembentukan dinding sel, homeostatis hormon dan mengendalikan stress fisiologis. Sel dalam kultur umumnya tidak berfotosintesis aktif dan membutuhkan sumber karbon. Sukrosa atau glukosa 2-5% (w/v) biasa digunakan untuk kultur *in vitro* (Smith, 2013).

Media kultur *in vitro* dapat berbentuk padat, semi padat dan cair. Penggunaan jenis media tergantung dari tujuan kultur *in vitro* dan spesies tanaman yang dikulturkan. Kultur sel umumnya menggunakan media cair untuk perbanyakan sel tunggal, sedangkan organogenesis akar lebih sering menggunakan media padat. Pematid media atau *gelling agent* digunakan untuk membuat media padat seperti agar-agar, *gelrite*, *agarose* dan *phytagel* yang dihasilkan bakteri (Smith, 2013).

B.2. Zat Pengatur Tumbuh

ZPT berupa hormon alami tanaman dan pengatur tumbuh sintetis merupakan zat yang dapat mempengaruhi atau mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penambahan ZPT ke dalam medium padat dapat mendorong polaritas eksplan dan mendorong regenerasi dari organ yang kurang

responsif. Setiap jenis tanaman memiliki respons yang berbeda terhadap zat pengatur tumbuh yang diberikan. Media kultur jaringan jati secara umum adalah media MS dengan penambahan ZPT untuk merangsang pertumbuhan jati (Lina dkk., 2013).

Setiap ZPT secara luas memiliki pengaruh fisiologis pada tanaman yang berbeda. Perbedaan pengaruh ZPT dipengaruhi oleh tipe ZPT, konsentrasi, keberadaan ZPT, genetik tumbuhan dan status fisiologis jaringan tumbuhan yang ditargetkan (Bonga dan Durzan, 1987). Auksin, sitokinin, giberelin dan brassinosteroid mempunyai posisi sentral dalam pertumbuhan dan perkembangan, sedangkan salisilat, jasmonat dan asam absisat bertindak sebagai sinyal pembantu dalam pertumbuhan dan terlibat pada mekanisme keberadaan tekanan biotik dan abiotik tanaman. Etilen bertindak sebagai inhibitor pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Rose, 2016).

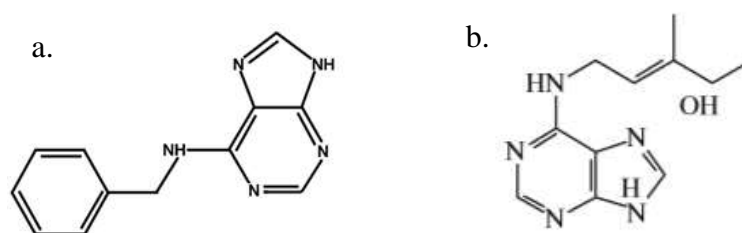
B.2.1. Auksin

Auksin merupakan salah satu ZPT tanaman yang digunakan pada berbagai proses kultur *in vitro* karena peran auksin yang luas. Auksin dapat berperan dalam pembentukan kalus, diferensiasi akar dan pembentukan tunas yang berinteraksi dengan sitokinin (Bhojwani dan Razdan, 1996). Senyawa auksin yang biasa digunakan dalam kultur *in vitro* antara lain *indole-3-acetic acid* (IAA), *indole-3-butyric acid* (IBA), *naphthalene acetic acid* (NAA) dan *naphthoxyacetic acid* (NOA). IBA dan IAA digunakan secara luas untuk pembentukan akar dan pembentukan batang yang diinteraksikan dengan sitokinin. 2,4-D dan 2,4,5-T sangat berperan dalam pertumbuhan kalus. 2,4-D juga sangat berperan dalam embriogenesis

somatik (Bhojwani dan Razdan, 1996). Auksin berperan dalam pembentukan akar pada kotiledon dan hipokotil *Eucalyptus*, namun kombinasi zeatin 1 mg/l + IAA 0,2 mg/l dapat membentuk kalus berwarna merah yang kompak (Conger, 1981). Akar jati terbentuk pada penggunaan IBA dan NAA 0,5-1,00 mg/l tanpa adanya sitokinin (Senthilkumar, 2015).

B.2.2. Sitokinin

Sitokinin di dalam kultur *in vitro* digunakan untuk merangsang pertumbuhan dan perkembangan. Sitokinin alami yang biasa digunakan adalah Zeatin dan kinetin. Penyusun Sitokinin alami adalah turunan purin, sehingga Sitokinin sintetik yang kebanyakan dibuat adalah senyawa turunan purin (Pierik, 1987). Sitokinin buatan juga banyak ditemui sebagai perangsang pertumbuhan pada tanaman budidaya seperti 6-benzylaminopurin (BAP) dan 6-benzilamino-9-(2-tetrahidropiranil-9H-purin) (PBA). Pierik (1987) menjelaskan bahwa sitokinin umumnya digunakan untuk mendorong pembelahan sel, terutama jika ditambahkan bersama dengan auksin. Pemberian Sitokinin dengan konsentrasi lebih tinggi (1-10 mg/l) dapat menginduksi pembentukan tunas aksiler dengan cara menurunkan dominansi apikal dan menghambat penuaan. Pembentukan tunas adventif terdorong, namun akan menghambat pertumbuhan akar (Pierik, 1987).



Gambar 1. Struktur kimia 6-benzylaminopurin (BAP) (a) dan struktur kimia Kinetin (b) (Pierik, 1987)

Zat Pengatur Tumbuh BAP memiliki nama lain yaitu *N*6-Benzyladenine; *N*-(phenylmethyl)-1*H*-purin-6-amine. BAP berbentuk serbuk berwarna kuning. Rumus molekul BAP adalah $C_{12}H_{11}N_5$ dan mempunyai berat molekul 225,25. Titik lebur BAP 230-233°C, larut dalam 1M NaOH. Penggunaan BAP untuk kultur *in vitro* dengan cara melarutkan 1 mg/ml BAP dalam 0,1 N KOH (Plantmedia, 2016). Lina dkk (2013) menggunakan eksplan ujung apikal tanaman jati yang diinokulasikan pada media MS secara *in vitro* dengan penambahan BAP 1 mg/l dan Kinetin 1 mg/l dapat mendorong pertumbuhan kalus dan tunas. Konsentrasi 0,5 mg/l BAP yang merupakan konsentrasi terendah pada penelitian Nursyamsyi dkk (2007) memberikan pengaruh terbaik pada pemanjangan tunas eksplan jati muna.

Tinggi tunas dan jumlah tunas sangat dipengaruhi oleh konsentrasi Sitokinin. Konsentrasi Sitokinin rendah menghasilkan tunas lebih panjang, sebaliknya jumlah tunas berkurang. Media MS dengan ZPT Kinetin 0,1 mg/l dan BA 0,15 mg/l merupakan formula yang dapat digunakan untuk tahap elongasi tunas jati. Tunas akan memanjang dan menghasilkan 1-2 pasang daun setelah diinkubasi selama 10-15 hari (Bonga dan Dozan, 1987). Perbanyak *in vitro* tanaman jati yang dilakukan Gyves dkk (2007) menggunakan media MS yang dimodifikasi yaitu mengurangi 50% kandungan NH_4NO_3 dan penambahan 1,5 mg/l BAP; 0,01 mg/l IAA; dan 0,1 mg/l asam giberelit. Inkubasi selama 4 minggu menghasilkan 4 buku eksplan tunas jati.

B.2.3. Giberelin

Giberelin adalah ZPT dengan senyawa tetrasiklik di-terpenoid yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Giberelin mempunyai

fungsi merangsang pembentukan bunga (*flowering*) dan pembentukan biji (*germination*). Proses pertumbuhan yang dipengaruhi oleh Giberelin yaitu pemanjangan batang dan pertumbuhan jaringan. Giberelin merangsang pembelahan sel dan perkembangan sel dalam merespon cahaya dan gelap. Peran Giberelin dalam kultur *in vitro* adalah pada proses pertumbuhan dan perkembangan organ eksplan saat proses organogenesis (Gupta dan Chakrabarty, 2013).

Penambahan NAA 0,1 mg/l, GA₃ 0,1 mg/l atau Kinetin 0,05 mg/l pada media yang diberikan 0,1 BAP mg/l dapat membantu pemanjangan batang. Kalus pada eksplan terbentuk mulai dari kecil hingga sedang pada media yang digunakan. Penambahan Giberelin dapat memberikan respon pemanjangan batang dan pembentukan kalus secara bersamaan (Gupta dan Chakrabarty, 2013). Penambahan GA₃ 0,2% dapat memicu perkecambahan biji jati pada perkecambahan biji kultur *in vitro* jati hingga 92,59% setelah 1 bulan inkubasi (Mishra dkk, 2018).

Tanaman jati merupakan tanaman komersial, dengan demikian perlu upaya untuk memperbanyak tanaman jati secara maksimal baik melalui memperbanyak generatif (biji) dan vegetatif (kombinasi kultur *in vitro* dan *micro cutting*). Metode kultur *in vitro* merupakan salah satu cara untuk memperbanyak bibit tanaman jati. Keuntungannya adalah (1) faktor memperbanyak tinggi, (2) tidak tergantung pada musim karena lingkungan tumbuh *in vitro* terkendali, (3) bahan tanaman yang digunakan sedikit sehingga tidak merusak pohon induk, (4) tanaman yang dihasilkan bebas dari penyakit meskipun dari induk yang mengandung patogen internal, (5) tidak membutuhkan tempat yang sangat luas untuk menghasilkan tanaman dalam jumlah banyak (Sari dkk., 2013).

GA₄ dibandingkan dengan asam giberelat lainnya merupakan salah satu asam giberelat yang memiliki aktivitas biologi tertinggi dan sudah banyak dikarakterisasi selain GA₁, GA₃ dan GA₇. Penambahan GA₄ pada tanaman *Eucalyptus* dengan formula ½ MS basal media + 0,1µM zeatin + 0,5µM GA₄ dapat memanjangkan batang eksplan sekaligus menginisiasi pembentukan daun pada tunas eksplan (Bunn dkk., 2006). GA_{4/7} mempercepat siklus hidup tanaman dengan mempercepat proses pembentukan bunga karena GA_{4/7} mempunyai peran dalam diferensiasi dan morfogenesis jaringan. Komposisi GA₄ + GA₇ yang digunakan adalah dengan proporsi 65:35 pada ZPT GA_{4/7}. GA_{4/7} yang diberikan pada mawar putih tidak memacu laju pertumbuhan daun/hari, tetapi perlakuan yang diberikan mampu meningkatkan tinggi tanaman dengan menghasilkan daun lebih sedikit dan memacu mawar putih untuk proses pembentukan bunga lebih cepat. Tinggi tanaman secara signifikan meningkat karena adanya hormon GA_{4/7} yang ditambahkan pada tanaman (Giagnola dan Merritt, 1998).

Hasil penelitian Fernandez dkk. (2003) mengenai kuantitas berbagai macam asam giberelat pada tanaman pinus (*Pinus radiata*) fase juvenil dan fase dewasa menjelaskan bahwa kuantitas asam giberelat endogen GA₄, GA₇ dan GA₉ pada tanaman pinus pada fase juvenil relatif tinggi, sedangkan kuantitas GA₁, GA₃ dan GA₂₀ tidak mempunyai perbedaan pada fase juvenil maupun fase dewasa. GA₄, GA₇ dan GA₉ mempunyai peran dalam pertumbuhan dan perkembangan pada fase juvenil dibandingkan asam giberelat lain karena GA₄, GA₇ dan GA₉ lebih banyak ditemukan pada fase juvenil dan pada fase dewasa hanya ditemukan pada pucuk serbuk sari.