

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Botani Akasia

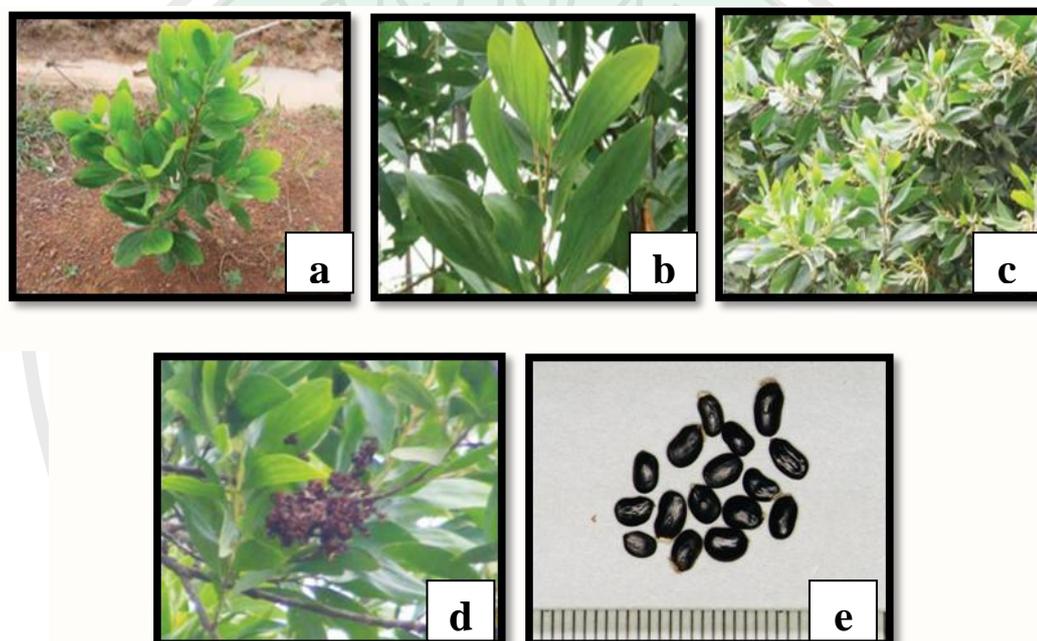
Akasia termasuk dalam sub famili Mimosoideae, famili Leguminose dan ordo Rosales. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) dan mudah tumbuh (*adaptive*) pada kondisi lahan yang rendah tingkat kesuburannya. Penyebaran jenis ini mencakup Australia Timur Laut, Papua Nugini, Maluku dan Irian Jaya (Gunawan 1999, diacu dalam Azizah 2005). Jenis ini merupakan jenis pohon cepat tumbuh yang relatif berumur pendek (30-50 tahun). Akasia tumbuh pada daerah dengan curah hujan tahunan dengan variasi antara 1.000 mm/th sampai lebih dari 4.500 mm/th dan mempunyai suhu rata-rata 12-16°C (Hendrik 2005).

##### 2.1.1 Morfologi Akasia

Akasia termasuk kedalam kelompok pohon yang hijau sepanjang tahun (*evergreen*). Tinggi pohon dapat mencapai 30 meter dengan tinggi bebas cabang mencapai setengah dari tinggi total. Kulit Akasia berwarna abu-abu atau cokelat dengan tekstur yang kasar dan berkerut. Daun berupa philodia (daun palsu) yang berukuran besar berwarna hijau gelap, dengan ukuran panjang mencapai 25 cm dan lebar antara 3-10 cm. Bunga berkelamin ganda dengan warna putih atau kuning (Danida Forest Seed Centre, 2000).

Kayu Akasia memiliki ciri umum antara lain kayu teras berwarna cokelat pucat sampai cokelat tua, kadang-kadang cokelat zaitun sampai cokelat kelabu,

batasnya tegas dengan gubal yang berwarna kuning pucat sampai kuning jerami. Sifat fisik kayu Akasia yaitu berat jenis rata-rata 0,63 (0,43-0,66); termasuk kedalam kelas awet III dan kelas kuat II-III. Kegunaannya antara lain sebagai bahan baku konstruksi ringan sampai berat, rangka pintu dan jendela, perabot rumah tangga, lantai, papan dinding, tiang, tiang pancang, selain itu baik juga untuk kayu bakar dan arang (Mandang dan Pandit, 2002).



Gambar 2.1. a) Daun juvenil Akasia, b) filodia Akasia, c) Pembungaan Akasia, d) Bunga Akasia yang sudah masak berwarna coklat gelap e) Biji Akasia (Krisnawati, dkk. 2011).

### 2.1.2 Sebaran dan Habitat Akasia

Sebaran alami dari tanaman Akasia terdapat di Australia, PNG (Papua Nugini), Maluku (Rokas, Kepulauan Aru dan Seram Bagian Barat), Irian Jaya Bagian Utara (Semenanjung Vogelkop, Manokwari) dan Irian Jaya Bagian Selatan (Merauke, Erambu dan Muting). Tumbuh pada ketinggian 30-130 m di atas

permukaan laut dengan curah hujan yang bervariasi antara 1.000 mm- 4.500 mm/tahun (Leksono, 1996).

Jenis Akasia tumbuh secara alami di hutan tropis lembap di Australia bagian timur laut, Papua Nugini dan Kepulauan Maluku kawasan timur Indonesia (Krisnawati, dkk. 2010). Setelah berhasil diintroduksi ke Sabah, Malaysia, pada pertengahan tahun 1960-an, Akasia banyak diintroduksi ke berbagai negara, termasuk Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Bangladesh, Cina, India, Filipina, Sri Lanka, Thailand dan Vietnam. Di Indonesia, jenis ini pertama kali diintroduksi ke daerah lain selain Kepulauan Maluku pada akhir tahun 1970-an sebagai jenis pohon untuk program reboisasi (Pinyopusarerk dkk.1993).

### 2.1.3 Sistematika Akasia

Sistematika Akasia menurut Wiekanda (2001) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Subkingdom : Tracheobionta

Superdivisio : Spermatophyta

Divisio : Magnoliophyta

Class : Magnoliopsida

Subclass : Rosidae

Ordo : Fabales

Familia: Fabaceae

Genus : Acacia

Species : *Acacia mangium* Willd.

#### **2.1.4 Perbanyakan Akasia**

Umumnya tanaman Akasia diperbanyak melalui perbanyakan secara generatif, yaitu dengan menggunakan biji, atau diperbanyak melalui perbanyakan secara vegetatif, yaitu dengan mencangkok, stek dan lainnya. Untuk menanggapi permintaan pasar yang semakin meningkat tersebut, perbanyakan dengan cara konvensional tersebut tidaklah efektif untuk mendapatkan bibit yang unggul dan seragam dalam waktu yang relatif singkat. Kendala-kendala yang dihadapi dalam perbanyakan secara konvensional diantaranya membutuhkan waktu yang cukup lama dalam pengadaan bibit dari mulai benih hingga menghasilkan biji kembali, selain itu dari segi genetik, kualitas bibit yang dihasilkan belum diketahui secara pasti dan tidak seragam. Seiring dengan kemajuan teknologi saat ini, teknik *in vitro* merupakan alternatif dalam perbanyakan tanaman Akasia (Lynch, 1991).

#### **2.1.5 Manfaat Kayu Akasia**

Saat ini pohon Akasia telah banyak ditanam, terutama di Benua Asia. Kegunaan utama kayu Akasia adalah sebagai bahan baku pembuatan kertas, fungsi lainnya sebagai kayu bakar, kayu konstruksi dan bahan baku *furniture*. Tegakannya berguna sebagai pengendali erosi, tempat tinggal bagi hewan dan sebagai peneduh. Sifat yang bernilai dari jenis ini adalah kemampuannya untuk berkompetisi dengan rumput sehingga dapat mengurangi jumlah rumput pada tanah yang penutupan lahannya jarang (Buana, 2013).

Pemanfaatan kayu Akasia hingga saat ini telah mengalami spektrum yang luas, terutama untuk kayu serat sebagai bahan baku industri pulp dan

kertas. Jamaludin *et al.* (2008) dalam Sulistyawati (2009) memberikan pendapat bahwa dengan adanya perubahan kondisional baik yang menyangkut kapasitas industri maupun adanya desakan kebutuhan kayu, maka kayu Akasia digunakan pula sebagai kayu pertukangan maupun kayu energi sebagai bahan bakar arang.

Pohon Akasia juga dapat digunakan sebagai pohon penabung, ornamen, penyaring, pembatas dan penahan angin, serta dapat ditanam pada sistem wanatani dan pengendali erosi (National Research Council 1983). Jenis ini banyak dipilih oleh petani untuk tujuan peningkatan kesuburan tanah ladang atau padang rumput. Pohon Akasia mampu berkompetisi dengan gulma yang agresif, seperti alang-alang (*Imperata cylindrica*); jenis ini juga mengatur nitrogen udara dan menghasilkan banyak serasah, yang dapat meningkatkan aktivitas biologis tanah dan merehabilitasi sifat-sifat fisika dan kimia tanah (Otsamo dkk. 1995). Pohon Akasia juga dapat digunakan sebagai penahan api karena pohon berdiameter 7 cm atau lebih biasanya tahan terhadap api (National Research Council 1983)

#### **2.1.6 Tempat Tumbuh Akasia**

Akasia dapat beradaptasi dengan baik pada berbagai jenis tanah dan kondisi lingkungan. Akasia dapat tumbuh cepat di lokasi dengan level nutrisi tanah yang rendah, bahkan pada tanah-tanah asam dan terdegradasi (Krisnawati, dkk. 2010). Jenis ini tumbuh baik pada tanah laterit, yaitu tanah dengan kandungan oksida besi dan aluminium yang tinggi (Otsamo 2002). Meskipun demikian, jenis ini tidak toleran terhadap naungan dan lingkungan salin (asin). Di bawah naungan,

Akasiaakan tumbuh kerdil dan kurus (Krisnawati, dkk. 2010). Jenis ini merupakan jenis pionir yang dapat meregenerasi secara alami di lokasi yang sudah terganggu. Gunn dan Midgley (1991) melaporkan bahwa Akasia tumbuh secara melimpah di hutanpasca terjadinya gangguan, di sepanjang jalan dan bekas-bekas peladangan berpindah di Indonesia dan Papua Nugini.

Jenis Akasia biasanya ditemukan di daerah dataran rendah beriklim tropis yang dicirikan oleh periode kering yang pendek selama 4 bulan (Eldoma dan Awang 1999). Jenis ini dapat tumbuh pada ketinggian di atas permukaan laut sampai ketinggian 480 m. Meskipun demikian, Akasia dapat tumbuh pada ketinggian hingga 800 m (Hall dkk. 1980, Atipanumpai 1989). Jumlah curah hujan tahunan di areal tumbuhnya Akasia bervariasi dari 1.000 mm sampai lebih dari 4.500 mm dengan rata-rata curah hujan tahunan antara 1.446 dan 2.970 mm. Di habitat alaminya, suhu minimum rata-rata berkisar 12–16 °C dan suhu maksimum rata-rata sekitar 31–34 °C (National Research Council 1983 dalam Krisnawati, dkk. 2011). Jenis ini tidak tumbuh terus menerus sepanjang tahun; pertumbuhan tampak lambat atau berhenti sebagai respons terhadap kombinasi curah hujan yang rendah dan suhu yang dingin (Turnbull, 1986). Akasia bisa mengalami kematian jika terkena kekeringan yang parah atau musim dingin yang berkepanjangan. Pan dan Yang (1987) melaporkan angka kematian yang tinggi pada Akasia berumur 5 tahun setelah mengalami periode waktu dengan suhu rendah (sekitar 5–6 °C) disertai dengan hujan dingin yang lama.

### **2.1.7 Karakteristik Kayu Akasia**

Kayu gubal Akasia tipis dan berwarna terang. Kayu terasnya berwarna agak coklat, keras, kuat, dan tahan lama pada ruangan yang berventilasi baik, meskipun tidak tahan apabila kontak dengan tanah (National Research Council 1983 dalam Krisnawati, dkk. 2010). Serat kayunya lurus hingga bertautan dangkal; teksturnya agak halus sampai halus dan seragam. Kerapatan kayunya bervariasi dari 450 sampai 690 kg/m dengan kadar air 15%. Tingkat penyusutan cukup rendah sampai moderat sebesar 1,4–6,4% (Abdul-Kader dan Sahri 1993).

## **2.2 Kultur *In Vitro***

### **2.2.1 Pengertian Kultur *In Vitro***

Kultur *in vitro* adalah istilah yang ditunjukkan pada budidaya secara *in vitro* terhadap berbagai bagian tanaman yang meliputi batang, daun, akar, bunga, kalus, sel, protoplas, dan embrio. Bagian-bagian tersebut seperti eksplan, diisolasi dari kondisi *in vivo* dan dikultur pada media buatan yang steril sehingga dapat bergenerasi dan berdeferensiasi menjadi tanaman lengkap (Zulkarnain, 2009). Menurut Gunawan (1998), teknik kultur *in vitro* tumbuhan merupakan suatu metode untuk mengisolasi bagian dari tanaman seperti protoplasma sel, sekelompok sel jaringan dan organ serta menumbuhkannya dalam kondisi aseptik, sehingga bagian-bagian tersebut dapat memperbanyak diri dan bergenerasi menjadi tanaman lengkap.

Menurut Yuliarti (2010), kultur *in vitro* adalah teknik perbanyakan dengan cara memperbanyak jaringan mikro tanaman yang ditumbuhkan secara

*invitro* menjadi tanaman yang sempurna dalam jumlah yang tidak terbatas. Yang menjadi dasar kultur *in vitro* ini adalah *totipotensi* sel, yaitu bahwa setiap sel organ tanaman mampu tumbuh menjadi tanaman yang sempurna bila ditempatkan di lingkungan yang sesuai. Menurut Azriati, dkk (2010), kultur *in vitro* adalah suatu metode untuk mengisolasi potongan jaringan tanaman dari kondisi alami pada media nutrisi dalam kondisi aseptik, dimana potongan jaringan yang diambil mampu mengadakan perbesaran, perpanjangan, dan pembelahan sel dan membentuk suatu massa sel yang belum terdeferensiasi yang disebut kalus serta membentuk *shootlet* (tunas), *rootlet* (akar), atau *plantlet* (tanaman lengkap).

Kultur *in vitro* merupakan salah satu cara perbanyakan tanaman secara vegetatif. Kultur *in vitro* merupakan teknik perbanyakan dengan cara mengisolasi bagian tanaman seperti daun, mata tunas, serta menumbuhkan bagian-bagian tersebut dalam media buatan secara aseptik yang kaya nutrisi dan zat pengatur tumbuh dalam wadah tertutup yang tembus cahaya sehingga bagian tanaman dapat memperbanyak diri dan beregenerasi menjadi tanaman lengkap. Prinsip utama dari teknik kultur *in vitro* adalah perbanyakan tanaman dengan menggunakan bagian vegetatif tanaman menggunakan media buatan yang dilakukan di tempat steril (Zulkarnain, 2009).

Manfaat teknik kultur *in vitro* yang utama adalah perbanyakan klon atau perbanyakan misal dari tanaman yang sifat genetiknya identik satu sama lain. Disamping itu, teknik kultur *in vitro* pun bermanfaat dalam beberapa hal khusus, yaitu perbanyakan klon secara cepat, keragaman genetik, kondisi aseptik, seleksi tanaman, stok tanaman mikro, lingkungan terkendali, pelestarian plasma nutfah,

produksi tanaman sepanjang tahun, dan memperbanyak tanaman yang sulit dibiakkan secara vegetatif konvensional (Zulkarnain, 2009).

Pada prinsipnya metode kultur *in vitro* merupakan cara untuk memperbanyak sel atau organ dalam media tumbuh aseptik yang mengandung formulasi hara buatan dengan lingkungan yang terkendali. Teknik kultur *in vitro* juga merupakan suatu pembuktian dari teori-teori *totipotensi* sel.

Berbeda dengan teknik perbanyakan vegetatif secara konvensional, teknik kultur *in vitro* melibatkan pemisahan sejumlah komponen biologis dan tingkat pengendalian yang tinggi untuk memacu proses regenerasi dan perkembangan eksplan. Setiap tahapan dari proses-proses tersebut dapat dimanipulasi melalui seleksi bahan eksplan, medium kultur dan faktor-faktor lingkungan termasuk eliminasi mikroorganisme, seperti cendawan dan bakteri. Semua faktor-faktor tersebut dimanipulasi untuk memaksimalkan hasil yang dicapai dalam bentuk jumlah dan mutu propagul yang didapatkan (Zulkarnain, 2009).

Penerapan kultur *in vitro* tumbuhan mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan penggunaan konvensional. Keuntungan-keuntungan tersebut, antara lain (Isda, 2009):

- a. Dapat dibentuk senyawa bioaktif dalam kondisi terkontrol dan waktu yang relatif lebih singkat.
- b. Kultur bebas dari kontaminasi mikroba.
- c. Setiap sel dapat dihasilkan untuk memperbanyak senyawa metabolit sekunder tertentu.

- d. Pertumbuhan sel terawasi proses metabolismenya dapat diatur secara rasional.
- e. Kultur *in vitro* tidak bergantung pada kondisi lingkungan seperti keadaan geografi, iklim, musim.

### 2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kultur *In Vitro* Tumbuhan

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan *in vitro* adalah eksplan, media tanaman, kondisi fisik media, zat pengatur tumbuh (ZPT) dan lingkungan tumbuh (Alitalia, 2008):

#### 1. Eksplan

Eksplan merupakan sebutan bagi bahan yang dikulturkan. Harjadi (1989), menjelaskan bahwa bagian tanaman yang digunakan sebagai eksplan mencakup ujung pucuk, irisan-irisan batang, daun, daun bunga, daun keping biji, akar, buah, embrio, meristem pucuk apikal (yang benar-benar merupakan titik tumbuh) dan jaringan nuselar (Alitalia, 2008).

Eksplan harus diusahakan agar dalam keadaan aseptik melalui prosedur sterilisasi dengan berbagai bahan kimia. Melalui eksplan yang aseptik kemudian diperoleh kultur yang aksenik yaitu kultur dengan hanya satu macam organisme yang diinginkan (Gunawan, 1998).

#### 2. Media

Keberhasilan dalam penggunaan metode kultur *in vitro* sangat bergantung pada media yang digunakan. Media ini tidak hanya menyediakan unsur hara (mikro dan makro) tetapi juga karbohidrat (gula) untuk menggantikan karbon

yang biasanya didapat dari atmosfer melalui fotosintesis. Hasil yang lebih baik akan diperoleh, bila ke dalam media tersebut ditambahkan vitamin, asam amino dan zat pengatur tumbuh (Gunawan, 1998).

Banyak formulasi media yang ada, masing-masing berbeda dalam hal kuantitas maupun kualitas komponennya. Salah satu formulasi yang banyak digunakan adalah Murashige dan Skoog (MS) yang telah ditemukan dan dipublikasikan oleh Toshio Murashige dan Skoog pada tahun 1962. Formulasi dasar mineral dari MS ternyata dapat digunakan untuk sejumlah spesies tanaman dalam perbanyakan *in vitro*.

Umumnya media kultur *in vitro* tersusun atas komposisi hara makro, hara mikro, vitamin, gula, asam amino dan N-organik, persenyawaan kompleks alamiah (air kelapa, ekstrak ragi, jus tomat, dan sebagainya), *buffer*, arang aktif, zat pengatur tumbuh (terutama auksin dan sitokinin) dan bahan pemat. Faktor lain yang tidak kalah penting dalam kultur *in vitro* adalah pengaturam pH media. Tingkat keasaman media harus diatur supaya tidak mengganggu fungsi membrane sel dan pH sitoplasma. Sel-sel tanaman membutuhkan pH yang sedikit asam berkisar antara 5,5-5,8 (Alitalia, 2008).

### 3. Zat Pengatur Tumbuh

Zat pengatur tumbuh (ZPT) didefinisikan sebagai senyawa organik bukan nutrisi yang aktif dalam jumlah kecil ( $10^{-6}$ - $10^{-5}$  mM) yang disintesis pada bagian tertentu tanaman dan pada umumnya diangkut ke bagian yang lain tanaman dimana zat tersebut menimbulkan tanggapan serta biokimia, fisiologis dan morfologis (Wattimena). Dua golongan zat pengatur tumbuh

yang penting dalam kultur *in vitro* yaitu auksin dan sitokinin. Zat pengatur tumbuh ini mempengaruhi pertumbuhan dan morfogenesis dalam kultur sel dan organ. Interaksi dan perimbangan antara zat pengatur tumbuh yang diberikan dalam media dan yang diproduksi oleh sel secara endogen menentukan arah perkembangan suatu kultur (Gunawan, 1998).

Auksin merupakan salah satu zat pengatur tumbuh tanaman yang aktivasinya dapat merangsang atau mendorong pengembangan sel. Di alam IAA (*Indole Asetic Acid*) dan NAA (*Naphtalene Asetic Acid*) merupakan auksin sintetik (Hoesen, 2000).

Auksin banyak digunakan secara luas pada kultur *in vitro* dalam merangsang pertumbuhan kalus, suspensi sel dan organ (Gunawan, 1998). Bentuk-bentuk auksin yang biasa ditambahkan ke dalam media kultur adalah 2,4 D ( *2,4 Dichlorophenoxy Acetic Acid*), IBA (*Indolebutyric Acid*), NAA (*Naphtalene Acetic Acid*) dan IAA (*Indole-3-Acetic Acid*). Auksin yang secara alami terdapat dalam tumbuhan adalah IAA.

Sitokinin merupakan ZPT yang penting dalam pengaturan pembelahan sel dan morfogenesis. Beberapa macam sitokinin merupakan sitokinin alami (misal kinetin dan zeatin) ada beberapa lainnya merupakan sitokinin sintetik. Sitokinin alami dihasilkan pada jaringan yang tumbuh aktif terutama pada akar, embrio dan buah. Sitokinin yang diproduksi di akar selanjutnya diangkut oleh xylem menuju sel-sel target pada batang.

#### 4. Lingkungan Tumbuh

Cahaya dalam kultur *in vitro* berguna untuk mengatur proses-proses morfogenik tertentu seperti pembentukan pucuk dan akar, dan tidak untuk fotosintesis karena sumber energi bagi eksplan telah disediakan oleh sukrosa. Cahaya juga penting dalam pengendalian perkembangan eksplan dan unsur-unsur cahaya perlu diperhatikan adalah kualitas cahaya, panjang penyinaran dan intensitas cahaya. Temperatur ruang kultur juga menentukan respon fisiologi kultur dan kecepatan pertumbuhannya. Dari hasil penelitian juga dijelaskan bahwa fotosintesis jaringan sebagian besar tergantung pada suplai sukrosa dari luar (medium kultur). Dalam hal ini cahaya sangat penting untuk fotomorfogenesis. Fotomorfogenesis merupakan proses menginduksi perkembangan tanaman dan tidak melibatkan energi cahaya dalam jumlah besar. Reaksi morfogenesis dibagi menurut tipe bagian spectrum yang menghasilkan respon. Respon yang utama adalah yang diinduksi oleh spectrum cahaya merah atau biru (Alitalia, 2008).

Intensitas cahaya yang rendah dapat mempertinggi embryogenesis dan organogenesis. Intensitas cahaya optimum pada kultur 0-1000 ux (inisiasi), 1000-10000 lux (multiplikasi), 10000-30000 lux (pengakaran), dan < 30000 lux untuk aklimatisasi (Santoso, 2004).

Temperatur yang umum digunakan untuk kultur berbagai tanaman adalah  $\pm 20^{\circ}$  C. suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan suhu yang terlalu tinggi dapat mematikan tanaman. Temperatur optimum

tergantung jenis tanaman, sedangkan temperatur normal berkisar antara 22°C sampai 28°C (Santoso, 2004).

### 2.2.3 Masalah dalam Kultur *In Vitro*

Pada kegiatan kultur *in vitro*, tidak sedikit masalah yang dapat terjadi sebagai penyebab kegagalan. Masalah yang biasa timbul dalam kegiatan kultur *in vitro* antara lain (Mariska, 2003):

#### a) Kontaminasi

Kontaminasi adalah gangguan yang sering terjadi pada kultur. Kontaminasi dapat dilihat dari jenis kontaminan bakteri, jamur, dan virus. Selain itu dapat berdasarkan waktunya yaitu hitungan jam, hitungan hari dan minggu, serta berdasarkan sumber kontaminasi dari media atau eksplan.

#### b) *Browning*

*Browning*/pencoklatan adalah karakter yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Menyebabkan perubahan warna eksplan (hitam/coklat). Terjadi perubahan aditif eksplan disebabkan pengaruh fisik maupun biokimia (memar, luka, atau serangan penyakit).

#### c) Vitrifikasi

Vitrifikasi umumnya terjadi akibat kegagalan pada proses pembentukan daging sel dan hambatan pada proses pembentukan lignin. Hal ini dapat diatasi dengan cara menaikkan sukrosa, menambah pectin, memindahkan eksplan pada suhu 40°C selama 15 hari.

#### d) Pemeliharaan

Kendala yang sering ditemukan sebagai penghambat antara lain, adanya mutasi pada bibit yang dihasilkan sehingga berbeda dengan induknya, keberhasilan induksi perakaran dari tunas yang telah dibentuk secara *in vitro* sedikit, aklimatisasi sering gagal, tingkat keanekaragamannya di setiap generasi turun terutama apabila sering dilakukan subkultur.

### 2.3 Zat Pengatur Tumbuh (ZPT)

Hormon berasal dari bahasa Yunani yaitu hormaein yang mempunyai arti merangsang atau mendorong timbulnya suatu aktivitas biokimia. Fitohormon dapat didefinisikan sebagai senyawa organik yang bekerja aktif dalam jumlah sedikit, ditransportasikan ke seluruh bagian tanaman sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan atau proses fisiologi tanaman (Sumiasri, 2006).

Kehadiran zat pengatur tumbuh ini, dalam kultur *in vitro* sangatlah nyata pengaruhnya. Sangat sulit untuk menerapkan teknik kultur *in vitro* pada upaya perbanyakan tanaman tanpa melibatkan zat pengatur tumbuhnya.

Zat pengatur tumbuh (ZPT) pada tanaman adalah senyawa organik yang bukan termasuk unsur hara (nutrisi), yang dalam jumlah sedikit dapat mendukung (*promote*), menghambat (*inhibit*) dan merubah proses fisiologis tumbuhan. Zat pengatur tumbuh pada tanaman terdiri dari lima kelompok yaitu auksin, sitokinin, giberelin, etilen dan inhibitor dengan ciri khas dan pengaruh yang berlainan terhadap proses fisiologi. Pada kultur kalus zat pengatur tumbuh yang biasanya

dipakai adalah dari golongan auksin dan sitokinin (Abidin, 1983). Jadi zat pengatur tumbuh merupakan suatu senyawa organik yang dalam jumlah sedikit (1 mM) dapat merangsang, menghambat atau mengubah pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Menurut Santoso dan Nursandi (2004), konsep zat pengatur tumbuh diawali dengan konsep hormon tanaman. Proses fisiologi diantaranya seperti pembukaan stomata, translokasi serta penyerapan hara. ZPT dibutuhkan sebagai komponen media bagi pertumbuhan dan differensiasi. Tanpa penambahan ZPT dalam medium biasanya pertumbuhan tanaman akan lambat. Pembentukan kalus dan organ tanaman ditentukan oleh penggunaan yang tepat dari ZPT tersebut.

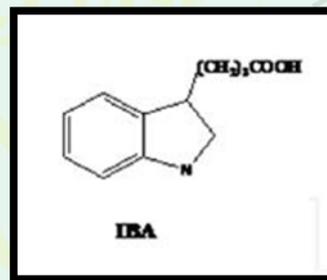
Beberapa hormon yang sering digunakan dalam kegiatan kulturin *vitro* adalah hormon auksin dan sitokinin. Berikut adalah deskripsi beberapa zat pengatur tumbuh tiruan hormon auksin dan sitokinin, yaitu IBA (*Indole Butyric Acid*) dan BAP (*Benzylamino Purin*).

### **2.3.1 IBA (*Indole Butyric Acid*)**

IBA (*Indole Butyric Acid*) adalah hormon yang tidak larut dalam air, biasanya dilarutkan dalam alkohol 75% atau lebih dan alkohol murni. Larutan alkohol ini kemudian diencerkan menggunakan air suling dengan konsentrasi yang diinginkan. IBA juga tersedia sebagai garam yang larut dalam air. Larutan harus disimpan di tempat yang sejuk dan gelap untuk hasil terbaik (Hartmann, 2002).

1H-Indole-3-asa butanoic (IBA) adalah padatan kristal putih bercahaya kuning, dengan rumus molekul  $C_{12}H_{13}NO_2$ . Senyawa ini dapat meleleh dengan suhu  $125^{\circ}C$  pada tekanan atmosfer dan terurai sebelum direbus. IBA adalah hormon jenis auksin dan merupakan bahan produk perakaran tanaman hortikultura komersial (William, 1999).

Zat pengatur tumbuh IBA adalah salah satu hormon yang termasuk dalam kelompok auksin yang berfungsi untuk merangsang perakaran, menambah daya perkecambahan, merangsang perkembangan buah, mencegah kerontokan atau pengguguran daun dan lain-lainnya.



Gambar 2.2 Struktur Kimia IBA (Gardner et al., 1991).

Wudianto (1993), menyatakan bahwa IBA mempunyai sifat yang lebih baik dan efektif dari pada NAA dan IAA. Dengan demikian IBA paling cocok untuk merangsang aktivitas perakaran, karena kandungan kimianya lebih stabil dan daya kerjanya lebih lama. IBA yang diberikan pada stek berada di tempat pemberiannya, tetapi IAA biasanya mudah menyebar ke bagian lain sehingga menghambat perkembangan pertumbuhan pucuk, sedangkan NAA mempunyai kisaran (*range*) kepekatan yang sempit sehingga batas kepekatan yang meracuni dari zat ini sangat mendekati kepekatan optimum.

Pemakaian IBA biasanya di gunakan dalam jumlah kecil dan dalam waktu yang singkat, antara 2-4 minggu karena merupakan auksin kuat, artinya auksin ini tidak dapat diuraikan di dalam tubuh tanaman (Hendaryono, 1994).Sebab pada suatu dosis tertentu IBA sanggup membuat mutasi-mutasi (Suryowinoto, 1996).Menurut Wattimena (1988) asam IBA mempunyai sifat fitotoksitas yang tinggi sehingga dapat bersifat herbisida.

Konsentrasi IBA yang diperlukan oleh tiap tanaman berbeda-beda. Cara pemberian hormon dapat dilakukan dengan cara pemberian dengan perendaman, pencelupan dan tepung. Untuk metode perendaman, konsentrasi zat pengatur tumbuh bervariasi antara 20 ppm sampai 200 ppm tergantung kemampuan jenis tanaman. ZPT seperti IBA, NAA dan IAA biasanya digunakan dengan konsentrasi yang sangat rendah pada media tanam yaitu 0.01 mg/l. Untuk percobaan eksplorasi, biasanya konsentrasi yang digunakan 0.01 mg/l, 0.1 mg/l, 1 mg/l dan 10 mg/l (Hartmann, 2002).

### **2.3.2 BAP (*Benzyl Amino Purin*).**

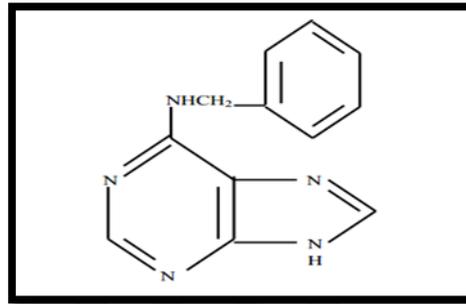
Salah satu komponen media yang menentukan keberhasilan pertumbuhan tunas adalah jenis dan konsentrasi ZPT yang digunakan. Jenis ZPT tergantung pada tujuan yang kita harapkan. Untuk mendorong atau merangsang tumbuhnya tunas-tunas adventif, ZPT yang digunakan adalah sitokinin. Sitokinin adalah hormon tumbuhan turunan adenin yang berfungsi untuk merangsang pembelahan sel dan differensiasi mitosis, disintesis pada ujung akar dan ditranslokasikan melalui pembuluh xilem. Golongan sitokinin yang sering ditambahkan dalam

medium antara lain : kinetin, zeatin, dan BAP (*Benzyl Amino Purin*)(Hendaryono dan Wijayani, 1994).

Sitokinin biasa diaplikasikan untuk merangsang tumbuhnya tunas pada kultur *in vitro* atau pada tanaman induk, namun sering tidak optimal untuk tanaman dewasa. Menurut Yusnita (2003) jenis sitokinin yang digunakan adalah BAP (*Benzylamino Purin*). BAP merupakan golongan sitokinin aktif yang bila diberikan pada tunas pucuk akan mendorong proliferasi tunas yaitu keluarnya tunas lebih dari satu.

BAP (*Benzyl Amino Purin*) adalah generasi pertama sintetik sitokinin yang memunculkan tanaman dan tanggapan pertumbuhan, pengaturan bunga dan merangsang kekayaan buah dengan merangsang pembelahan sel. Menurut Franklin dan Dixon (1993) dalam Andriana (2005), menyatakan bahwa BAP dalam konsentrasi 1-20  $\mu\text{m}$  dapat menginduksi morfogenesis, dan bila konsentrasi ditingkatkan menjadi 20-50  $\mu\text{m}$  dapat meningkatkan kecepatan multiplikasi tunas.

BAP mempunyai struktur yang sama dengan kinetin, akan tetapi lebih efektif bila dibandingkan dengan kinetin karena memiliki gugus benzil (Winarsih, 2002). Umumnya tanaman memiliki respon yang lebih baik terhadap BAP di bandingkan kinetin sehingga BAP lebih efektif untuk produksi tunas *in vitro* pada banyak tanaman. Contohnya tanaman kehutanan *Acacia sp.*, *Eucalyptus ficifolia*, *Santalum album* (Humami dan Lestari, 2005).



Gambar 3. Struktur Kimia BAP (Gardner et al., 1991).

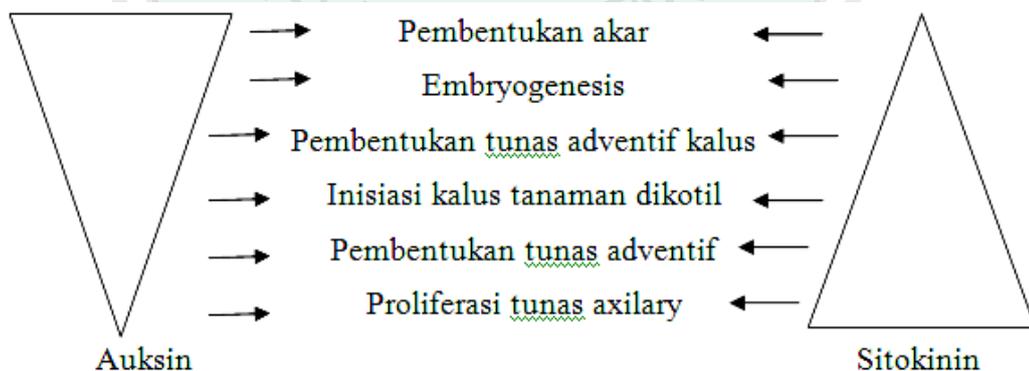
Menurut penelitian Sukmadjaja (2005) secara umum media dasar MS yang diperkaya dengan BAP menunjukkan respon yang baik dalam membentuk embrio somatik. Persentase pembentukan embrio somatik dari eksplan embrio zigotik muda tanaman cendana pada media MS dan BAP 2 mg/l menunjukkan nilai tertinggi yaitu 71,4 %. Penelitian Trisnahati (2007) pemberian BAP 2 ppm memberikan tinggi tunas tanaman buah naga yang baik, Herawan (2000) hasil kulturpucuk cendana dengan konsentrasi BAP 1 mg/l menghasilkan tunas yang baik, sedangkan Isharyati (1999) pemberian BAP 2 ppm dan 4 ppm memberikan pertumbuhan eksplan ginseng jawa yang relatif baik.

Interaksi antagonis antara auksin dan sitokinin juga merupakan salah satu cara tumbuhan dalam mengatur derajat pertumbuhan akar dan tunas, misalnya jumlah akar yang banyak akan menghasilkan sitokinin dalam jumlah banyak. Peningkatan konsentrasi sitokinin ini akan menyebabkan sistem tunas membentuk cabang dalam jumlah yang lebih banyak. Interaksi antagonis ini umumnya juga terjadi di antara ZPT tumbuhan lainnya.

## 2.4 Pengaruh Kombinasi Auksin dan Sitokinin terhadap Pertumbuhan Tunas

George dan Sherrington (1984) menuliskan bahwa fungsi umum auksin pada kultur *in vitro* adalah untuk menginduksi kalus dari eksplan. Selain itu auksin juga sangat dikenal sebagai hormon yang mampu menghambat kerja sitokinin dalam membentuk klorofil dalam kalus, mendorong proses morfogenesis kalus, membentuk akar atau tunas, mendorong proses embriogenesis serta dapat mempengaruhi kestabilan genetik suatu sel tanaman (Santoso dan Nursandi, 2002).

Sitokinin merupakan senyawa yang membentuk substansi kelas lain dari zat pengatur tumbuh dari suatu tanaman yang sangat penting bagi pertumbuhan dan morfogenesis di dalam kultur *in vitro*. Kegunaan sitokinin dalam kultur *in vitro* terbukti dapat menstimulir terjadinya pembelahan sel, proliferasi kalus, pembentukan tunas, mendorong proliferasi meristem ujung atau dome, menghambat pembentukan akar, dan mendorong pembentukan klorofil pada kalus (George dan Sherrington, 1984).



Gambar 2.4 Jumlah relatif auksin dan sitokinin yang biasa diperlukan untuk bermacam-macam morfogenesis (George dan Sherrington, 1984).

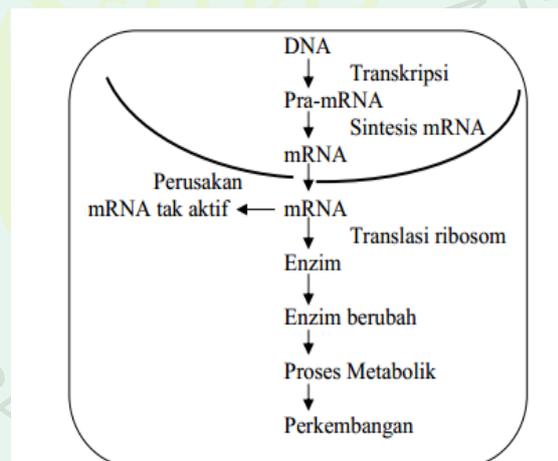
Menurut Karjadi dan Buchory (2007), ada 2 golongan ZPT penting, yaitu sitokinin dan auksin. Perimbangan konsentrasi dan interaksi antar ZPT yang diberikan dalam media dan yang diproduksi oleh sel secara endogen akan menentukan arah perkembangan suatu kultur. Pemberian sitokinin dan auksin, dalam bentuk BAP dan NAA ke dalam media menyebabkan diferensiasi sel kearah pembentukan organ dan jaringan menjadi lebih terarah (Marlin, 2005).

Menurut Mariani (2003) zat pengatur tumbuh sitokinin berperan dalam pembelahan sel dan morfogenesis, sedang auksin berperan dalam mengatur pertumbuhan dan pemanjangan sel. Pemanjangan sel, pembelahan sel, morfogenesis dan pengaturan pertumbuhan merupakan proses yang sangat penting dalam pembentukan kalus dan selanjutnya diikuti pembentukan tunas. Menurut Suyadi (2003) apabila kondisi auksin dan sitokinin endogen berada pada kondisi sub optimal, maka diperlukan penambahan auksin dan sitokinin secara eksogen, sehingga diperoleh perimbangan auksin dan sitokinin optimal.

Proses mekanisme pengaruh BAP sebagai ZPT yang dapat membantu hormon endogen dipaparkan oleh Nursandi dan Santoso (2001), hormone mula-mula bekerja di membran plasma dan bukan di inti sel, proses kehadiran hormon (sebagai isyarat atau sinyal) akan ditanggapi sel sasaran yang peka untuk mengaktifkan protein penerima di membran plasma hingga mampu mengikat hormon dengan mengaktifkan enzim membran yang berdekatan disebut dengan *phospholipid-C* (PLC).

PLC tersebut kemudian menghidrolisi salah satu gugus phospholipid membrane yang jumlahnya tidak banyak disebut dengan *phosphoinositida* (PI)

yaitu lipid yang mengandung inositol. PI yang di hidrolisis adalah jenis yang terakhir yaitu *phosphatidilinositol 4,5 biphosphat* ( $PIP_2$ ) dan menghasilkan *diagliserol* (DAG) dan *inositol-1,4,5-triphosphat* ( $IP_3$ ). DAG dan  $IP_3$  mempunyai aktifitas lanjutan. DAG berfungsi dalam membrane plasma, yaitu mengaktifkan enzim yang disebut *protein kinase C* (PKC) pada membran.  $IP_3$  menyebabkan terlepasnya  $Ca^{2+}$  yang tersimpan di vakuola, masuk ke sitosol. Enzim ini memerlukan ATP untuk memphosphorilasi beberapa enzim tertentu yang mengatur berbagai tahap metabolisme. Berikut gambaran umum titik-titik dalam alur aktifitas gen yang dipengaruhi hormon atau zat pengatur tumbuh.



Gambar 2.5 Titik-titik dalam alur aktifitas gen yang dipengaruhi hormon atau zat pengatur tumbuh (Santoso, 2001).

Aktifitas gen yang dipengaruhi hormon atau zat pengatur tumbuh dimulai dari transkripsi DNA yang mengkode Zat pengatur tumbuh menjadi mRNA, kemudian keluar dari inti sel. mRNA kemudian ditranslasi oleh ribosom menjadi enzim. Enzim bertransformasi menjadi aktif dan masuk ke proses metabolik, kemudian proses metabolik tersebut akan mempengaruhi perkembangan pada tumbuhan.

## 2. 5 Proses Perkembangan Tumbuhan dalam Alqur'an

Allah Subhanahu Wa Ta'ala menjelaskan dalam firman-Nya dalam surat Asy-Syua'ara/26 ayat 7 yang berbunyi :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: “*dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?*” (QS. Asy-Syu'ara/26:7)

Menurut Al-Qurtubi (2009), mengartikan kata (زوج) adalah warna, sedangkan kata (كريم) artinya menumbuhkan. Kata (كريم) ini digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap objek yang disifatinya. Tumbuhan yang paling baik, paling tidak adalah subur dan bermanfaat bagi mereka kaum yang kehilangan sarana berfikir, berani menentang Rasul, dan mendustakan Kitabnya, sedangkan Tuhan-Nyalah yang telah menciptakan bumi dan menumbuhkan di dalamnya tanaman dan buah-buahan berbagai macam bentuknya (Ali, dkk, 1989).

Allah Subhanahu Wa Ta'ala menjelaskan tentang perkembangan tumbuhan yaitu pada Alqur'an surat Al-An'am ayat 95 yang berbunyi :

﴿ إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ۗ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ ۗ

فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ ﴿٩٥﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat)*

*demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?”* (QS. Al-An'am/6:95).

Allah Subhanahu Wa Ta'ala memberitahukan, bahwa Dia menumbuhkan biji dan benih tumbuh-tumbuhan. Artinya, Allah Subhanahu wa Ta'ala membelahnya di dalam tanah (yang lembab), kemudian dari biji-bijian tersebut tumbuhlah berbagai jenis tumbuh-tumbuhan, sedangkan dari benih-benih itu (tumbuhlah) buah-buahan dengan berbagai macam warna, bentuk dan rasa yang berbeda. Oleh karena itu firman Allah dalam Al-qur'an ( فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى ) “Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan.” Ditafsirkan dalam firman-Nya: ( يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ) “Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup.” Maksudnya, Allah menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji dan benih yang merupakan benda mati (Ghoffar, 2007).

Firman Allah Subhanahu wa Ta'ala ( يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ) para ahli tafsir ada yang mengungkapkan seperti manusia dan burung yang dikeluarkan dari sperma dan telur, yaitu yang menumbuhkan dan mengeluarkan itu adalah ( فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ ) “ *mengapa kamu masih berpaling?.*” Bagaimana mungkin kamu berpaling dari iman, padahal sudah ada bukti yang nyata (Junaidi, 2011).

Menurut Hotib (2008) kata ( فَالِقُ ) artinya membelah biji buah-buahan yang mati, lalu mengeluarkan daun yang hijau darinya. Seperti itu juga dengan butir tumbuh-tumbuhan. Lalu, dari daun yang hijau itu Dia mengeluarkan butir tumbuh-tumbuhan yang mati dan biji buah-buahan. Ini juga merupakan ma'na Dia

mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengelurkan yang mati dari yang hidup. Demikian yang diriwayatkan dari Hasan dan Qatadah.

Ibarat lain juga ada yang mengatakan bahwa Allah Subhanahu Wa Ta'ala menumbuhkan butir-butir biji kemudian menjadikan darinya pepohonan seperti pohon kurma (*..Dia mengeluarkan dari yang hidup dari yang mati*). Dialah yang mengeluarkan butir dari tumbuh-tumbuhan yang hidup, pohon kurma dan pepohonan yang lain dari biji-bijian yang mati (*...dan yang mengeluarkan mati dari yang hidup*). Kemudian Allah berfirman (*...maka mengapa kamu masih berpaling?*) yaitu hanya Dialah yang berhak untuk disembah dan ditaati (Al-Jazairi, 2007).

Maksud dari ayat di atas menurut Tafsir Ibn Katsir (2007) adalah bahwa sesungguhnya Allah menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji dan benih, yang merupakan benda mati. Para ahli tafsir mengungkapkan tentang mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan demikian pula sebaliknya, dengan berbagai macam ungkapan yang semuanya saling berdekatan makna. Ada di antara mereka yang mengatakan “yaitu mengelurkan ayam dari telur, atau sebaliknya”.

Menurut Al-Maraghi (1992), ayat di atas menunjukkan kepada kesempurnaan kekuasaan, keindahan, dan kebijaksanaan Allah SWT yang tergambar melalui tumbuhan. Para ahli genetika mengungkapkan bahwa pada asal makhluk hidup ada kehidupan, setiap yang tumbuh, dari jenis biji maupun benih, mempunyai kehidupan yang tersimpan. Dia-lah (Allah) yang menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang segar dari biji yang kering dan mengeluarkan yang kering dari tumbuh-tumbuhan yang hidup dan tumbuh.

Berdasarkan beberapa penafsiran dari ahli tafsir di atas menunjukkan bahwa maksud yang tersirat dalam ayat tersebut adalah jika Allah Subhanahu Wa Ta'ala menghendaki maka biji yang ditanam akan menjadi tanaman baru, dan sebaliknya jika Allah Subhanahu Wa Ta'ala tidak menghendaki maka biji yang ditanam dapat mati.

