

BAB IV

KONSEP HORMON

Kompetensi Dasar :

1. Mampu menganalisis peranan beberapa zat pengatur tumbuh.
2. Mampu menjelaskan fungsi fisiologis zat pengatur tumbuh.
3. Mampu menerapkan penggunaan zat pengatur tumbuh tertentu untuk pertumbuhan tanaman tertentu.

Istilah hormon mula-mula dipakai oleh ahli fisiologi hewan. Mereka maksudkan hormon adalah senyawa-senyawa organik, efektif dalam konsentrasi rendah dibuat didalam sel pada bagian tertentu dari organisme dan diangkut ke bagian lain dari organisme tersebut dimana dihasilkan suatu perubahan fisiologis yang khusus. Oleh karena hewan mempunyai sistem sirkulasi yang lebih teratur, hormon-hormon itu dapat dikoleksi dalam jumlah yang banyak dan diidentifikasi. Para ahli juga dapat menelusuri tempat-tempat pembuatan hormon itu dan tempat-tempat yang menjadi sasaran hormon tersebut.

Ahli-ahli fisiologi tumbuhan sangat dipengaruhi oleh konsep-konsep hormon hewan ini dan mereka mencari zat-zat yang serupa pada tumbuh-tumbuhan. Sifat beberapa zat pada tumbuh-tumbuhan dianggap menyerupai sifat-sifat hormon hewan sehingga meyakinkan para ahli untuk memakai nama fitohormon atau hormon tumbuhan. Penelitian akhir-akhir ini memungkinkan bahwa model hormon hewan tidak sesuai untuk model hormon tumbuhan.

Pada tumbuh-tumbuhan, setiap sel yang aktif bermetabolisme sanggup membuat hormon-hormon tumbuhan pada kondisi tertentu. Tidak demikian pada hewan dimana sekumpulan sel-sel tertentu atau jaringan (kelenjar) berfungsi membuat hormon tersebut. Selanjutnya walaupun ada system transport fitohormon melalui jaringan xylem dan floem pada kebanyakan hal fitohormon yang dibuat di dalam sel-sel tertentu dapat mengubah proses-proses metabolisme pada sel-sel tersebut atau sel-sel sekitarnya.

Pertanyaan penting yang perlu dikemukakan baik pada sistem hormon

hewan atau fitohormon adalah sebagai berikut: Apa yang mengawali sintesis hormon itu? Bagian mana yang menjadi sasaran hormon itu? Bagaimana respons dari bagian yang menjadi sasaran itu? (fisik dan biokimia). Hal lain lagi yang menyulitkan di dalam sistem fitohormon ini adalah bahwa suatu respons fisiologis merupakan kerja sama beberapa fitohormon daripada fitohormon tunggal. Hal ini menyebabkan sangat sulit untuk menghubungkan suatu respons fisiologis tertentu dengan fitohormon tertentu.

Konsep hormon yang dikembangkan oleh para ahli fisiologi hewan bahwa hormon adalah bahan bukan nutrisi yang aktif dalam konsentrasi rendah dapat termasuk baik senyawa-senyawa organik maupun ion-ion anorganik.

Dilihat dari segi fitohormon defenisi ini terlalu umum dan tidak dapat mencakup konsep-konsep tertentu di dalam pengaturan dan perkembangan tanaman. Hal yang lebih penting untuk diperhatikan adalah prinsip kerja hormon itu, bahwa hormon adalah zat-zat yang dapat menggerakkan (trigger) suatu perubahan-perubahan metabolisme yang seterusnya menjurus pada suatu respon fisiologis.

Kebanyakan ahli fisiologi tumbuhan menggunakan istilah zat pengatur tumbuh tanaman (plant growth substance) dari pada istilah hormon tanaman. Karena istilah tersebut dapat mencakup baik zat-zat endogen maupun zat eksogen (sintetik) yang dapat mengubah pertumbuhan tanaman. Zat pengatur tumbuh tanaman (ZPT) yang dihasilkan oleh tanaman disebut fitohormon, sedangkan yang sintetik disebut zat pengatur tumbuh tanaman sintetik.

Hormon tanaman didefenisikan sebagai senyawa organik bukan nutrisi yang aktif dalam jumlah yang kecil (10^{-6} – 10^{-5} mM) yang disintetiskan pada bagian tertentu dari tanaman dan pada umumnya diangkut ke bagian lain tanaman dimana zat tersebut menimbulkan tanggapan secara biokimia, fisiologis dan morfologis.

Zat pengatur tumbuh adalah senyawa organik bukan hara, yang dalam jumlah sedikit (1mM) dapat merangsang, menghambat dan mempengaruhi pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Wattimena 2000).

Zat pengatur tumbuh ada yang berasal dari tumbuhan itu sendiri (zat pengatur tumbuh endogen) dan bersifat alami dan ada juga yang berasal dari luar tumbuhan tersebut dan disebut sintesis.

Zat pengatur tumbuh sangat diperlukan sebagai komponen medium bagi pertumbuhan dan diferensiasi sel. Tanpa zat pengatur tumbuh, pertumbuhan eksplan akan terhambat, bahkan mungkin tidak tumbuh sama sekali.

Menurut defenisi diatas, hormon tanaman harus memenuhi beberapa syarat berikut, yaitu :

- 1) Senyawa organik yang dihasilkan oleh tanaman sendiri
- 2) Harus dapat ditranslokasikan
- 3) Tempat sintesis dan kerja berbeda
- 4) Aktif dalam konsentrasi rendah.

Dengan batasan-batasan tersebut vitamin dan gula tidak termasuk dalam hormon tanaman. Gula diproduksi di daun dan bagian lain yang mengandung butir hijau daun dan ditranslokasi ke bagian lain, tapi aktif dalam jumlah besar (10^{-3} mM). Vitamin juga bahan organik yang aktif dalam jumlah kecil, tetapi pada umumnya tidak ditranslokasi. Tempat sintesis dan tempat kerja adalah sama.

Dikenal 5 golongan fitohormon yaitu: auksin, giberelin, sitokinin, asam absisik dan etilen. Fitohormon ini terdapat di dalam tanaman dalam berbagai bentuk, sehingga sulit untuk mengerti cara kerja fitohormon itu dengan cara baik. Selain itu tanaman juga mengandung senyawa-senyawa lain yang turut aktif dalam berbagai proses pertumbuhan dan perkembangan. Senyawa-senyawa itu, antara lain adalah asam polifenolik, vitamin, siklitol dan berbagai senyawa lainnya.

A. Auksin

Charles Darwin dan anaknya Francis mulai membuat beberapa percobaan di Inggris yang mendukung pemikiran daripada Sachs. Charles sangat tertarik dalam pergerakan tanaman yang disebut tropisma. Tropisma adalah hasil respons terhadap perangsang yang datang dari luar seperti cahaya (fototropisma), gravitasi (geotropisma), sentuhan (tigma tropisma), kimia (chemotropisma) dan listrik (elektro tropisma). Di samping tropisma, Charles juga menyelidiki tentang cara melilit dari tumbuh-tumbuhan yang merambat. Hasil-hasil studi Darwin diterbitkan pada tahun 1880 di dalam suatu buku yang berjudul "The Power of Movement in Plants". Di dalam studinya mengenai fototropisma Darwin mempergunakan koleoptil dari beberapa jenis rumput-rumputan. Bila biji dikecambahkan di dalam gelap, koleoptil bertumbuh lurus. Jika ujung koleoptil disinari secara searah, koleoptil itu membengkok kearah datangnya sinar. Jika pangkal koleoptil disinari atau ujung koleoptil diberi tutup yang tidak tembus cahaya lalu disinari, tidak akan terjadi pembengkokan. Observasi Darwin ini dilakukan pada tahun 1870, tetapi baru pada tahun 1900 para ahli fisiologi tumbuhan kembali pada masalah fototropisma ini.

Pada tahun 1907 Fitting menunjukkan bahwa penggoresan secara lateral di bawah ujung koleoptil tidak dapat mencegah pembengkokan koleoptil ke arah datangnya sinar. Boysen Jensen menunjukkan jika ujung koleoptil dipotong dan selapis gelatin atau agar disisipkan antara potongan itu, maka koleoptil itu tetap tumbuh. Tetapi jika bahan yang tidak tembus air (mika) yang disisipkan maka koleoptil itu tidak akan tumbuh.

Pada tahun 1918 Peal mendemonstrasikan bahwa jika potongan ujung koleoptil itu diletakkan kembali pada salah satu sisi dari tunggak koleoptil, maka pertumbuhan akan lebih cepat pada sisi tersebut. Akhirnya Went pada 1928 mendemonstrasikan dengan beberapa seri percobaan bahwa ujung koleoptil itu mengandung zat yang dapat mendorong elongasi dari koleoptil yang dipotong itu.

Went mempergunakan koleoptil tanaman obat Oat (*Avena sativa*). Percobaan-percobaan itu dilakukan di dalam gelap. Ujung-ujung koleoptil dipotong-potong dan diletakkan di atas lembaran agar untuk beberapa jam. Sesudah itu ujung-ujung koleoptil itu diangkat dari lembaran-lembaran agar tersebut dan dipotong menjadi potongan kecil - kecil. Jika potongan agar itu diletakkan pada tunggak koleoptil untuk beberapa jam maka koleoptil itu akan tumbuh sama cepat dengan koleoptil yang tidak dipotong. Went juga mendemonstrasikan jika potongan agar itu diletakkan pada salah satu sisi dari tunggak koleoptil untuk beberapa jam maka koleoptil itu akan membengkok, dan tingkat pembengkokan itu sesuai dengan konsentrasi zat tumbuh yang terdapat dalam agar tersebut. Percobaan Went ini menjadi dasar percobaan bio-assay untuk mengukur aktivitas-aktivitas auksin .

Auksin didefinisikan sebagai zat tumbuh yang mendorong elongasi jaringan koleoptil pada percobaan-percobaan bio-assay dengan *Avena* atau tanaman lainnya. Indole Asetic Acid (IAA) adalah auksin endogen atau auksin yang terdapat pada tanaman.

Sitokinin dan auksin merupakan dua golongan zat pengatur tumbuh yang sangat penting dalam budidaya jaringan tanaman. Golongan auksin yang lebih sering digunakan adalah 2,4-D, IAA, NAA, IBA. Auksin yang paling efektif untuk menginduksi pembelahan sel dan pembentukan kalus adalah 2,4-D dengan konsentrasi antara 0,2 – 2 mg/l untuk sebagian jaringan tanaman. NAA dan 2,4 D lebih stabil dibandingkan dengan IAA, yaitu tidak mudah terurai oleh enzim - enzim yang dikeluarkan oleh sel atau karena pemanasan pada saat proses sterilisasi. IAA juga kurang menguntungkan karena cepat rusak oleh cahaya dan oksidasi enzimatik.

1. Pengaruh Fisiologis dari Auksin

IAA dan Auksin lain berperan pada berbagai aspek pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Beberapa aspek diuraikan secara singkat sebagai berikut:

a. Pembesaran sel

Studi mengenai pertumbuhan koleoptil menunjukkan bahwa IAA dan auksin - auksin yang lain mendorong pembesaran sel tersebut. Perpanjangan koleoptil atau batang merupakan hasil dari pembesaran sel tersebut. Penyebaran yang tidak sama dari auksin ini menyebabkan pembesaran sel yang tidak merata dan terjadi pembengkokan dari koleoptil atau organ tanaman (geotropisma dan fototropisma)

b. Penghambatan mata tunas samping

Pertumbuhan dari mata tunas samping dihambat oleh IAA yang diproduksi pada meristem apical yang diangkat secara basepetal. Konsentrasi auksin yang tinggi menghambat pertumbuhan mata tunas tersebut. Jika sumber auksin ini dihilangkan dengan jalan memotong meristem apical itu maka tunas samping ini akan tumbuh menjadi tunas.

c. Absisi (pengguguran daun)

Pengguguran daun terjadi sebagai akibat dari proses absisi (proses-proses fisik dan biokimia) yang terjadi di daerah absisi. Daerah absisi adalah kumpulan sel yang terdapat pada pangkal tangkai daun. Proses absisi ada hubungannya dengan IAA pada sel - sel di daerah absisi.

d. Aktivitas daripada kambium

Pertumbuhan sekunder termasuk pembelahan sel-sel di daerah kambium dan pembentukan jaringan xylem dan floem dipengaruhi oleh IAA. Pembelahan sel - sel di daerah kambium dirangsang oleh IAA.

e. Pertumbuhan akar

Selang konsentrasi auksin untuk pembesaran sel - sel pada batang, menjadi penghambat pada pembesaran sel-sel akar. Selang konsentrasi yang mendorong pembesaran sel - sel pada akar adalah sangat rendah.

Semua efek ini dibahas seakan - akan IAA sebagai satu-satunya fitohormon yang mempengaruhi proses-proses tersebut. Sekarang telah diketahui bahwa IAA berinteraksi dengan fitohormon yang lain seperti giberelin, sitokinin, etilen dan ABA di dalam mempengaruhi berbagai proses - proses fisiologis.

2. Ikatan Indol lainnya

Tumbuhan mengandung beberapa macam senyawa-senyawa indol lainnya selain asam indol asetat. Senyawa indol tersebut berupa hasil antara dari biosintesis IAA, hasil katabolisme IAA, bentuk-bentuk cadangan dari IAA dan bentuk IAA yang ditranslokasikan.

IAA dalam bentuk cadangan umumnya IAA asam aspartat, IAA-mioinositol dan IAA glukosa. Bentuk-bentuk cadangan ini tidak aktif sebagai auksin kecuali bila dihidrolisis kembali menjadi IAA bebas. Di dalam tanaman terdapat berbagai enzim yang dapat mengubah IAA dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain atau dari bentuk yang aktif ke bentuk yang non aktif dan sebaliknya. Adanya enzim-enzim tersebut, penting bagi tanaman di dalam pengaturan konsentrasi IAA di dalam tanaman sesuai dengan kebutuhan tanaman.

3. Auksin Tanaman Bukan Indol

Walaupun auksin bentuk indol yang umumnya terdapat di dalam tanaman, ada beberapa tanaman mempunyai auksin bukan senyawa indol seperti asam fenil asetat yang mempunyai peranan serupa dengan asam indol asetat. Dengan teknik analisa yang lebih baik, auksin bukan senyawa indol akan dapat ditemukan pada tanaman - tanaman lainnya.

4. Auksin Sintetik

Setelah diketemukan IAA sebagai salah satu fitohormon yang penting, maka disintesis senyawa-senyawa serupa dan diuji keaktifan biologis dari senyawa - senyawa tersebut. Golongan - golongan senyawa sintetik yang pertama dibuat adalah substitusi-substitusi indol seperti propionate dan asam indol butirir. Keduanya mempunyai keaktifan biologis dan dipergunakan sebagai hormon akar, untuk mendorong pembentukan akar pada stek. Keduanya mempunyai ciri-ciri indol dan gugus karboksilat pada rantai samping. Perbedaannya terletak pada panjang rantai samping. Jika rantai samping itu lebih panjang dari butirir senyawa-senyawa tersebut kehilangan aktivitas biologisnya.

Beberapa spesies tumbuhan mempunyai enzim yang dapat memotong rantai samping itu sehingga dapat mengubah senyawa indol berantai samping yang panjang yang tidak aktif menjadi senyawa indol yang aktif.

Senyawa-senyawa yang tidak mempunyai ciri-ciri indol tapi mempunyai gugus asam asetat juga mempunyai keaktifan biologis seperti IAA. Asam naftalene asetat (NAA) dan asam 2,4 diklor asetat (2,4- D) adalah senyawa tanpa ciri-ciri indol tapi mempunyai aktivitas biologis seperti IAA. NAA diper-

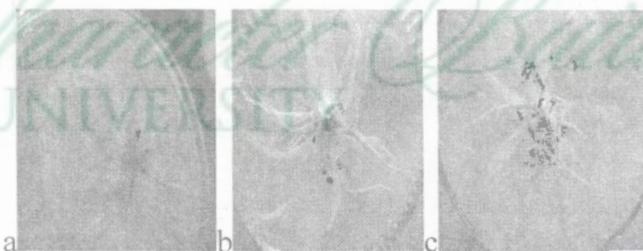
gunakan sebagai hormon akar, sedangkan 2,4- D adalah auksin yang paling aktif dan dipergunakan sebagai herbisida, pada dosis rendah digunakan untuk induksi kalus.

Senyawa - senyawa karbonat mula - mula dikembangkan sebagai fungisida tetapi ternyata senyawa tersebut mempunyai aktivitas sebagai auksin juga. Karbonat tidak mempunyai bentuk ciri - ciri tetapi mempunyai gugus asam asetat.

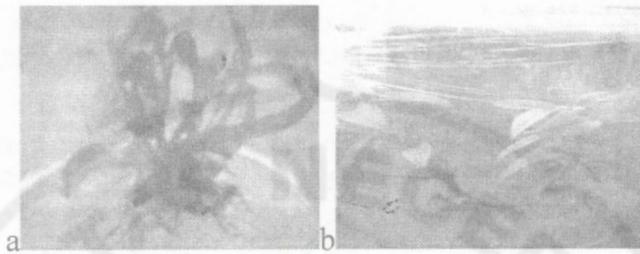
Ratusan senyawa - senyawa lain telah disintesis dan diuji aktivitas auksinnya. Hanya beberapa senyawa saja yang mempunyai aktivitas biologis. Apa yang paling perlu untuk suatu senyawa mempunyai aktivitas auksin. Jika dilihat senyawa-senyawa tersebut mempunyai ukuran dan bentuk yang sama. Selanjutnya senyawa-senyawa tersebut mempunyai struktur elektron yang *serupa*, dimana bagian tertentu lebih elektro negatif daripada bagian yang lain. Sifat - sifat di atas itu penting bagi senyawa - senyawa tersebut untuk mengatur molekulnya pada tempat tertentu di dalam sel.

Selain hal-hal tersebut di atas faktor - faktor lain yang mempengaruhi aktivitas dari auksin sintetik adalah :

- 1) Kesanggupan senyawa tersebut untuk dapat menembus lapisan kutikula atau epidermis yang berlilin
- 2) Sifat translokasi di dalam tanaman
- 3) Pengubahan auksin menjadi senyawa yang tidak aktif di dalam tanaman (destruksi atau pengikatan)
- 4) Berinteraksi dengan hormon tumbuh lainnya
- 5) Spesies tanaman
- 6) Fase pertumbuhan
- 7) Lingkungan (suhu, radiasi dan kelembaban)



Gambar nanas dengan perlakuan: a. IAA 0,1 NAA 0 b. IAA 0,1 NAA 0,2
c. 0,2 IAA 0,2 NAA 0,2



Gambar a. Tanaman daun dewa umur 12 MST tanpa perlakuan auksin mampu menghasilkan akar (artinya tanaman ini cukup memiliki auksin endogen untuk menginduksi akar). b. Manggis dengan 5 ppm IAA hanya menghasilkan 1 sampai 2 akar

B. Giberelin

Zat pengatur tumbuh (ZPT) lain yang sering ditambahkan kedalam medium adalah Giberellin, ZPT yang dalam bentuk larutan pada temperatur tinggi mudah kehilangan sifatnya sebagai ZPT. Giberellin (asam Giberellate) dalam dosis tinggi menyebabkan gigantisme, sesuai dari penemuan awal yang menunjukkan bahwa ZPT ini berefek meningkatkan pertumbuhan sampai beberapa kali. Giberellin berpengaruh terhadap pembesaran dan pembelahan sel, pengaruh Giberellin ini mirip dengan auksin yaitu antara lain pada pembentukan akar. Giberellin dapat menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah auksin endogen.

Sekitar tahun 1920 beberapa ahli Jepang menyelidiki suatu penyakit cendawan pada bibit padi. Penyakit ini menyebabkan elongasi batang padi. Diketahui bahwa cendawan yang menyebabkan penyakit tersebut adalah *Gibberella fujikuroi*. Pada tahun 1926 E. Kurosawa mendapatkan bahwa cendawan tersebut mengeluarkan suatu zat ke dalam kultur media yang jika diberikan kepada tanaman padi sehat akan memberi gejala penyakit yang sama. Zat tersebut diberi nama giberelin A, ternyata dapat juga menyebabkan perpanjangan batang pada berbagai tanaman.

Penyelidikan orang - orang Jepang ini tidak banyak menarik perhatian orang di luar Jepang. Sampai pada akhir perang dunia II beberapa team ahli dari Inggris dan Amerika Serikat mengunjungi Jepang dan menyadari akan penelitian - penelitian mengenai giberelin ini. Sesudah studi yang mendalam di tiga Negara tersebut diketahui bahwa giberelin A terdiri dari sekurang - kurangnya 6 macam giberelin yang disebut GA_1 , GA_2 , GA_3 , GA_4 , GA_7 , dan GA_9 .

Giberelin yang umumnya tersedia di pasaran adalah GA_3 dan giberelin

ini yang banyak dipergunakan pada penelitian - penelitian fisiologi tumbuhan. Di dalam diskusi giberelin atau GA dipakai untuk giberelin yang telah diketahui struktur kimianya (GA_1 , GA_3 , GA_7 dan seterusnya) sedangkan zat - zat yang aktivitas biologisnya seperti GA tetapi belum diketahui struktur kimianya disebut gibberellin like compounds (GAL)

1. Giberelin pada Tumbuhan Berhijau Daun

Dengan dikembangkannya cara - cara analisis yang baru didapat bahwa ekstrak dari kebanyakan tumbuhan mempunyai aktivitas GAL. Studi selanjutnya menunjukkan bahwa tumbuh - tumbuhan yang berhijau daun mengandung jenis - jenis GA yang serupa dengan GA yang diisolasi dari *Gibberella fujikuroi* maupun beberapa jenis GA yang baru.

Pada saat ini telah diketahui lebih dari 50 GA dan lebih dari 40 GA yang terdapat pada tumbuhan. GA yang paling umum adalah GA_1 , $GA_{3.8}$, dan GA_{17-20} dan yang lain hanya terdapat pada spesies tumbuhan tertentu. Jadi GA bukan saja hasil metabolisme dari cendawan dengan pengaruh fisiologis yang menarik pada tumbuh - tumbuhan, tetapi juga merupakan zat pengatur tumbuh yang endogen. GA ini terdapat pada berbagai organ dan jaringan tumbuhan seperti akar, tunas, mata tunas, daun, bunga, bintil akar, buah dan jaringan kalus.

2. Pengaruh Fisiologis dari Giberelin

Kebanyakan tanaman berespons terhadap pemberian GA dengan pertambahan panjang batang. Pengaruh GA terutama di dalam perpanjangan ruas tanaman yang disebabkan oleh bertambah besar dan jumlah sel - sel pada ruas - ruas tersebut. Brian dan Hemming melihat bahwa GA mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap tanaman yang normal dan tanaman yang kate. Bila tanaman kapri dari kultivar yang kate disemprot dengan GA maka terjadi perpanjangan batang dan tinggi tanaman tersebut serupa dengan tanaman yang normal. Sebaliknya jika tanaman dari kultivar yang normal diberi GA, maka tanaman tersebut tidak berespons. Ada kurang lebih 20 kultivar jagung kate (sifat genetik) diberi perlakuan GA. Sebagian dari kultivar - kultivar tersebut berespons terhadap pemberian GA dan sebagian tidak. Mungkin jagung - jagung kate yang berespons, kekurangan GA endogen dan yang tidak berespons mempunyai proses biokimia yang lain untuk sifat kate yang tidak ada kaitannya dengan kandungan GA endogen.

Selain perpanjangan batang, giberelin juga memperbesar luas daun

dari berbagai jenis tanaman, jika disemprot dengan GA. Demikian juga terhadap besar bunga dan buah. Besar bunga dari tanaman *Camelia* dan *Geranium* akan bertambah jika diberi GA eksogen. Ukuran buah dari beberapa tanaman buah-buahan seperti anggur akan bertambah besar jika diberi GA. Giberelin juga mendorong pembentukan buah partenokarpi (tanpa biji) pada buah anggur dan pada buah - buahan lainnya.

Di samping mempengaruhi besarnya organ tanaman, GA juga mempengaruhi proses - proses fisiologis lainnya. Kebanyakan tanaman memerlukan suhu dingin (2° sampai 4°C) selama periode waktu tertentu diikuti hari panjang untuk dapat berbunga. Pada tanaman - tanaman tersebut suhu dingin menyebabkan terjadinya "balting" (perpanjangan batang) yang mengawali proses pembungaan tersebut. GA dapat mengganti pengaruh suhu dingin pada tanaman-tanaman tersebut dan dapat mendorong terjadinya pembungaan.

Telah diselidiki juga bahwa proses dormansi dari beberapa biji dan mata tunas dapat dihilangkan dengan pemberian GA. Pada biji - biji tersebut perkecambahannya dapat diawali dengan naiknya kadar GA endogen biji. Pada biji-biji tersebut dormansi disebabkan oleh rendahnya kadar GA endogen, sehingga dormansi dapat diatasi dengan pemberian GA eksogen. Mekanisme yang serupa juga terdapat pada mata tunas tidur (dorman).

Pada proses pembelahan sel dan pembesaran sel bukan saja dipengaruhi oleh GA tetapi juga oleh auksin. Perbedaan antara giberelin dan auksin dalam proses tersebut adalah bahwa GA lebih efektif pada tanaman yang utuh sedangkan auksin pada potongan-potongan organ tanaman seperti pada stek akar, stek tunas, dan lain-lain.

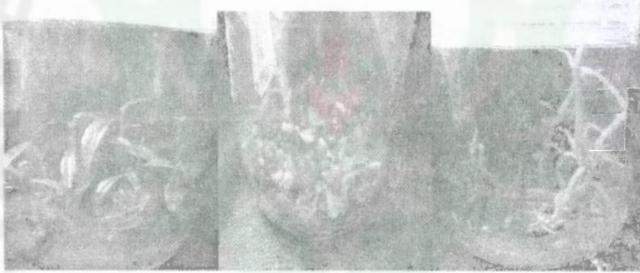
3. Bentuk-bentuk Giberelin dalam Tanaman

Telah diketahui bahwa lebih dari 50 jenis GA telah diisolasi dan diidentifikasi. Tiap - tiap jenis tanaman mempunyai beberapa jenis GA tertentu. Metzger dan Zeev Vart (1980) mendapatkan 6 macam GA pada akar bayam Amerika (spinach) yaitu : GA_{17} , GA_{19} , GA_{20} , GA_{29} , GA_{44} , dan GA_{53} . Jenis - jenis GA yang sama juga terdapat pada biji muda dari *Vicia faba*. Pada biji kacang kapri (Cv Progrees No. 9) yang sedang mengalami proses pematangan terdapat 7 jenis GA yaitu : GA_9 , GA_{17} , GA_{20} , GA_{29} , GA_{38} , GA_{44} , dan GA_{51} (Sponsel dan McMillan, 1978). Pada waktu biji tersebut matang tidak terdapat GA - GA yang bebas lagi, hanya terdapat "giberelin like" yang tidak mempunyai aktivitas biologis lagi.

Selain GA bebas, di dalam tanamanpun telah ditemukan berbagai bentuk

GA yang terikat. Contoh: glukosa yang mengikat GA bebas, yang satu melalui gugus hidroksil (GA_1 -glukosida) dan yang lain melalui gugus karboksil (GA_4 -glukosil ester). Belum begitu jelas apakah bentuk terikat ini berfungsi sebagai GA cadangan atau GA untuk ditranslokasikan atau kedua - duanya.

Sampai saat ini belum bisa dipahami mengapa tumbuh - tumbuhan mempunyai begitu banyak GA. Apakah itu bukan suatu "artifac" (terjadi selama prosedur ekstrak). Mungkin tidak semua GA yang terdapat dalam tanaman itu aktif. Perlu penelitian lanjutan mengenai aktivitas dari jenis - jenis GA yang bebas itu, juga terhadap bentuk - bentuk terikat dari GA - GA tersebut.



Gamba GA diberikan dengan konsentrasi rendah pada berbagai jenis tanaman (a). gaharu, (b) anggrek phalaenopsis sp, (c) vanili sp) memberikan efek pemanjangan dan pembesaran pada tanaman

C. Sitokinin

Sitokinin berperan penting dalam pengaturan pembelahan sel dan morfogenesis. Sitokinin yang pertama sekali ditemukan adalah kinetin. Kinetin bersama-sama dengan auksin memberikan pengaruh interaksi terhadap diferensiasi jaringan. Pada pemberian auksin dengan konsentrasi relatif tinggi, diferensiasi kalus cenderung ke arah pembentukan primordia akar, sedangkan pada pemberian kinetin yang relatif tinggi, diferensiasi kalus cenderung ke arah pembentukan primordia batang atau tunas.

F. Skoog dan C.O. Miller menemukan sesuatu zat yang dapat merangsang pembelahan sel pada penelitian mereka. Skoog dan Miller meneliti senyawa-senyawa pada media kultur jaringan yang dapat menumbuhkan kalus yang berasal dari empelur tembakau. Media dasar terdiri dari hara tanaman, sukrosa, vitamin dan glisin. Pada media dasar ini kalus tumbuh sangat lambat, tetapi pertumbuhan ini dapat dipercepat kalau ditambah zat - zat ekstra. Media dasar ditambah IAA hanya mendorong pertumbuhan kalus dalam waktu yang singkat

saja. Media dasar ditambahkan dengan air kelapa, ekstrak ragi dan IAA sangat mendorong pertumbuhan kalus dalam waktu yang lama.

Asam nukleat terutama RNA ternyata kaya akan zat-zat yang mendorong pertumbuhan kalus tersebut. Di dalam penelitian selanjutnya zat yang aktif itu dapat diisolasi dan diidentifikasi kemudian dibuat secara sintetik. Zat tersebut diberi nama kinetin, karena menyebabkan proses pembelahan sel (sitokinesis).

Kinetin adalah N⁶-furfuril adenine suatu turunan dari basa adenine. Senyawa sintetik yang mempunyai struktur yang serupa dengan kinetin juga dapat mendorong pembelahan sel-sel kalus tembakau tersebut. Ahli-fisiologi tumbuhan memberi nama sitokinin yang menggambarkan fungsinya dalam pembelahan sel (sitokinesis). Kinetin belum pernah diisolasi dari jaringan tanaman, tetapi dari hasil-hasil khromatografi ekstrak tanaman diduga kinetin juga terdapat dalam tanaman dalam konsentrasi yang rendah.

Zat-zat dengan aktivitas sitokinin (diuji dengan metode kalus) dapat diisolasi dari berbagai jenis tumbuhan. Letham mengisolasi dan mengidentifikasi sitokinin yang terdapat dalam biji jagung muda yang diberi nama zeatin. Zeatin didapat juga dari hasil hidrolisis RNA dari kacang buncis, bayam Amerika, gandum, umbi kentang dan lain-lain tanaman. Salah satu fraksi RNA yaitu tRNA sangat kaya akan zeatin. Zeatin terdapat dalam bentuk trans maupun cis, tetapi bentuk trans lebih umum. Juga bentuk nukleosida dan nukleotida dari zeatin banyak terdapat dalam tanaman. Hal ini tidak mengherankan sebab cincin sitokinin yaitu adenine juga terdapat dalam bentuk nukleosida dan nukleotida.

Sitokinin lainnya yang banyak terdapat dalam tanaman adalah isopentenil adenine beserta turunannya isopentenil adenosine. Kedua bentuk isopentenil ini merupakan bagian dari pada tRNA. Pada zeatin terdapat gugusan hidroksil (OH) pada rantai samping isopentenil sedangkan pada isopentenil adenine tidak terdapat gugusan hidroksil pada rantai samping isopentenil. Semua sitokinin endogen memiliki isopentenil adenine sebagai struktur dasar. Modifikasi hanya terdapat pada rantai samping isopentenil atau penambahan gugus pada posisi 9 dari cincin adenine. Golongan Sitokinin yang lebih sering digunakan adalah Kinetin dan Benzil amino purin dibanding dengan Zeatin dan 2 iP.

1. Efek Fisiologis dari Sitokinin

Sitokinin mempengaruhi berbagai proses fisiologis di dalam tanaman. Aktivitas yang terutama ialah mendorong pembelahan sel dan aktivitas ini

yang menjadi kriteria utama untuk menggolongkan suatu zat ke dalam sitokinin. Akan tetapi proses-proses pembelahan sel pada sel-sel meristem akan dihambat oleh pemberian sitokinin eksogen.

Baik efek yang menghambat maupun efek yang mendorong proses pembelahan sel oleh sitokinin tergantung oleh adanya fitohormon lainnya terutama auksin. Tidak diketahui perbandingan sitokinin dan auksin yang bagaimana yang merangsang atau menghambat proses pembelahan sel.

Sitokinin juga berpengaruh di dalam perkembangan embrio. Air kelapa (coconut milk) telah lama diketahui sebagai sumber yang kaya akan zat-zat aktif yang diperlukan untuk perkembangan embrio. Di antara zat-zat yang aktif terdapat sitokinin endogen. Pada air kelapa ini dapat dilihat suatu interaksi antara sitokinin dengan fitohormon lainnya di dalam proses perkembangan embrio itu.

Sitokinin memperlambat proses penghancuran butir-butir klorofil pada daun-daun yang terlepas dari tanaman (detached leave) dan memperlambat proses senescence pada daun, buah dan organ-organ lainnya.

Pengaruh sitokinin pada berbagai proses itu semua diduga pada tingkat pembuatan protein, mengingat kesamaan struktur sitokinin dengan adenine yang merupakan komponen dari DNA dan RNA.

2. Sitokinin Sintetik

Didapat sejumlah senyawa-senyawa substitusi adenine yang mempunyai aktivitas seperti sitokinin didalam pertumbuhan kalus tembakau. 6 - Benzil adenine (BA) mempunyai struktur yang serupa dengan kinetin. BA ini sangat aktif dalam mendorong pertumbuhan kalus tembakau. Bentuk isomernya 1 - benzil adenine mempunyai aktivitas kimia yang rendah. Untuk dapat aktif 1 - benzil adenine harus diubah menjadi 6 - benzil adenine.

Scogg, Leonard dan kawan-kawan telah mensintesis sejumlah besar turunan-turunan adenine yang aktif sebagai sitokinin berdasarkan pengujian dengan kalus tembakau. Turunan-turunan adenine yang disubstitusi pada posisi 6 (seperti BA) adalah yang paling aktif. Substitusi pada posisi lain dari ciri-ciri adenine harus diubah ke posisi 6 untuk bisa aktif.

Benzimidazole dan adenine keduanya mempunyai aktivitas sitokinin yang rendah sekali. Keduanya mempunyai struktur yang serupa dan keduanya tidak mempunyai gugusan substitusi pada posisi 6 seperti BA, isopentenil adenine dan sitokinin lainnya. Kemungkinan keduanya tidak aktif, tetapi baru aktif setelah diubah dengan mendapat tambahan gugus substitusi pada

posisi 6. Hal ini memungkinkan karena adenine dapat diubah menjadi isopentil adenosine pada pembentukan tRNA.



MS

MS + NAA 0,1 + BAP 0,2

MS + NAA 0,2 + BAP 0,4

Pada gambar diatas, perlakuan media MS pada tanaman bunga krisan, tidak dijumpai tunas/anakan sama sekali, namun pertumbuhan ruas dan akar lebih cepat dibandingkan dengan media lainnya. Pada media MS + NAA 0,1 ppm + BAP 0,2 ppm, pertumbuhan tunas sangat lambat, seperti tumbuh kalus pada dasar tanaman. Dan pada media MS + NAA 0,2 ppm + BAP 0,4 ppm, pertumbuhan tunas, ruas, daun maupun akar lebih bagus dan subur dibandingkan dengan media lainnya.



a.

b.

Tanaman Krisan kerdil berasal dari sumber eksplan : daun dan tanpa pemberian BAP b. Tanaman Krisan dengan pertumbuhan baik, berasal dari sumber eksplan: ruas batang dan pemberian BAP 0,3 ppm

Kinetin memberikan respon yang lebih baik dari BAP dengan konsentrasi yang sama yaitu 5 ppm untuk menginduksi tunas manggis *in vitro* (Harahap, 2008).

T dhiazuron merupakan sitokinin kuat, artinya dengan konsentrasi yang rendah sudah menunjukkan respon. Namun dalam pengaplikasiannya,

eksplan – eksplan yang diberi zat pengatur tumbuh ini cenderung menunjukkan respon berupa munculnya nodul-nodul kalus, yang mana nodul kalus ini akan mengalami regenerasi jika dipindahkan ke media regenerasi.

D. Etilen

Efek fisiologis telah diketahui sejak 75 tahun yang lalu. Etilen adalah suatu gas dari pembakaran gas yang tidak sempurna dari senyawa - senyawa yang kaya akan ikatan karbon seperti batu bara, minyak bumi dan gasalam. Merupakan komponen dari asap - asap yang dikeluarkan oleh kendaraan - kendaraan bermotor dan industri - industri yang mempergunakan bahan bakar gas. Segera setelah diperkenalkan "illuminating gas" untuk penerangan rumah dan jalan - jalan raya, maka terlihat gejala - gejala kerusakan etilen pada tumbuhan - tumbuhan di sekitar tempat - tempat penerangan tersebut. Gejala-gejala itu antara lain, keguguran daun, keriting daun, hilangnya warna tajuk bunga, pembengkakan batang, penghambatan elongasi dan penghambatan pertumbuhan akar. Setelah ditelusuri ternyata penyebab gejala - gejala tersebut adalah etilen. Selanjutnya juga diketahui bahwa tanaman sendiri memproduksi etilen melalui proses metabolisme selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut.

Buah yang dalam proses pemasakan memproduksi etilen dalam jumlah sangat tinggi. Selain itu etilen juga diproduksi pada jaringan - jaringan dan organ tanaman lainnya seperti bunga, daun, batang, akar, umbi dan biji. Jumlah yang normal dalam jaringan tanaman adalah rendah biasanya kurang dari 0,1 ppm.

Efek Fisiologi dari Etilen

Telah diketahui bahwa etilen menjadi penyebab beberapa respons tanaman seperti pengguguran daun, pembengkakan batang, pemasakan buah dan hilangnya warna buah. Etilen menghambat pertumbuhan ke arah memanjang (longitudinal) dan mendorong pertumbuhan ke arah melintang (transversal) sehingga batang kecambah terlihat membengkak. Etilen juga merubah respons geotropisma, mendorong pengguguran daun, bunga dan buah. Respons geotropisma bukan saja dipengaruhi oleh etilen tetapi juga oleh auksin, demikian juga dengan proses penuaan (senescence). Etilen sangat berperan dalam aspek - aspek praktis penyimpanan buah - buahan. Pada kebanyakan buah (pisang, jeruk dan lain-lain) etilen mendorong proses pemasakan buah.

E. Asam Absisik

Pada tahun 1935 Osborn mendapatkan bahwa daun yang gugur mengandung senyawa - senyawa organik yang mempercepat pengguguran daun yang sifat-sifatnya berbeda dari IAA dan hormon lainya (gibberelin dan giberelin). Carr, Addicot dan kawan-kawan mengisolasi beberapa senyawa organik yang mempercepat absisi dari permukaan kapas, yang mereka beri nama absisik I dan II. Bila dorman diberikan pada daun pohon - pohonan yang sedang tumbuh aktif (tunas) maka akan terjadi dormansi mata tunas. Kelompok peneliti lain mengisolasi suatu zat dari tanaman lupin (*Lupinus luteus*) yang dapat menggugurkan buah lupin. Akhirnya diketahui bahwa dorman dan zat yang mempercepat keguguran buah pada lupin adalah identik dengan absisik II. Pada tahun 1967 dipuruskan bahwa absisik II, dormin untuk selanjutnya diberi nama asam absisik (ABA).

Pengaruh Fisiologis dari ABA

Peranan ABA sangat nyata dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. ABA berinteraksi dengan zat - zat pengatur tumbuh tanaman yang lain pada proses tersebut, biasanya interaksi ini bersifat menghambat (antagonisma).

Pada kebanyakan hal, sifat menghambat ABA dapat diatasi dengan pemberian lebih banyak zat - zat tumbuh tersebut. Sebagai contoh, pengaruh IAA dalam mendorong pembengkakan koleptil *Avena* dihambat oleh ABA. Jika lebih banyak IAA diberi lagi, maka pengaruh ABA ini dapat dihilangkan. Penghambat ABA terhadap perkecambahan biji selada tidak dapat diatasi dengan pemberian IAA, di sini diperlukan zat tumbuh lain dari pada IAA (asam giberelat dan sitokinin).

Sangat menarik adalah interaksi antara ABA dan GA. GA mendorong pembentukan enzim amylase dan enzim - enzim hidrolisis lainnya pada lapisan aleuron dari biji barley. ABA menghambat pembentukan enzim - enzim tersebut. Dengan pemberian lebih banyak GA sifat - sifat penghambatan ABA ini dapat diiadakan.

Pada proses pematangan biji - biji dari kebanyakan tanaman biasanya terjadi penimbunan ABA yang menyebabkan terjadi dorminasi dari biji tersebut. Pada biji - biji tanaman yang memerlukan "stratifikasi" (suhu rendah dan basah) untuk mendorong proses perkecambahan keadan ABA dan GA dapat diikuti selama proses tersebut. Selama proses tersebut konsentrasi ABA dalam biji menurun sebaliknya konsentrasi GA meningkat. Demikian juga pada mata tunas. Pada awal masa dormansi kandungan ABA tinggi dan GA rendah.

Pada keadaan "stress" fisik maupun kimia kandungan ABA itu meningkat dan segera turun kembali setelah hilangnya "stress". Pada keadaan "stress" air daun kehilangan turgor dan layu, kandungan ABA meningkat dan stomata menutup. Jika tanaman diairi, turgor daun menjadi normal kembali dan konsentrasi ABA menurun. Di sini terlihat bahwa ABA terbentuk di dalam daun pada waktu "stress" dan diuraikan dan dinaktifkan sesudah tidak ada "stress" lagi.

F. Senyawa-senyawa Organik Tanaman Lainnya yang Secara Biologis Aktif

Selain auksin, giberelin, sitokinin, asam absisik dan etilen, tanaman juga mengandung banyak senyawa organik lainnya. Banyak dari senyawa-senyawa tersebut menunjukkan aktivitas seperti zat tumbuh jika diuji pada tanaman, organ, jaringan atau sel. Beberapa di antara senyawa tersebut dapat meningkatkan hasil tanaman pangan dan tanaman sayuran.

1. Fenolik

Sejumlah besar senyawa-senyawa dapat dikelompokkan ke dalam senyawa-senyawa fenolik terdapat di dalam tanaman. Senyawa-senyawa fenolik sangat beragam dalam struktur kimianya, mulai dari senyawa-senyawa seperti katecol, asam kafeik dan aeskulin sampai kepada anthosianidin dan senyawa-senyawa fenolik yang kompleks. Banyak fenolik merupakan warna pigmen (biru, merah, kuning, jingga) dan berfungsi dalam pewarnaan tajuk bunga, daun dan jaringan-jaringan. Fenol kebanyakan terdapat dalam bentuk terikat dengan gula dalam bentuk glukosida (anthosianidin + gula = antosianin). Beberapa fenol yang sederhana berfungsi sebagai fungisida dan bakterisida yang kuat yang melindungi tanaman dari serangan cendawan dan bakteri.

Percobaan dengan berbagai jenis senyawa-senyawa fenolik sintetik (eksogen) menunjukkan bahwa senyawa-senyawa fenolik menghambat pembelahan sel, pembesaran sel, pertumbuhan dan perkecambahan biji. Apakah senyawa-senyawa fenolik endogen mempunyai pengaruh yang serupa, masih terus diadakan penelitian ke arah itu.

2. Vitamin

Sebagian sudah diuraikan pada bab media kultur jaringan. Vitamin digolongkan ke dalam vitamin yang larut dalam air dan dalam lemak. Vitamin yang larut

dalam air termasuk vitamin C (asam askorbat) dan golongan vitamin B yang terdiri dari vitamin B₁ (thiamine), vitamin B₂ (riboflavin), vitamin B₆ (pyrodoxine), asam folat, nicotianamide, asam pantetonat, vitamin B₁₂ (kobalamin) dan biotin. Termasuk vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A (carotene), vitamin D, vitamin E, vitamin K, vitamin Q (ubiquinone) dan vitamin F.

Fungsi dari vitamin tersebut pada hewan cukup jelas. Golongan vitamin B merupakan komponen penting dari koenzim - koenzim yang penting dalam metabolisme sel - sel, thiamin pirofosfat adalah bagian yang aktif dari enzim karboksilase; nicotianamide sebagai komponen NAD dan NADP dan asam panthetonat adalah bagian dari koenzim A. Vitamin A berpengaruh pada sistem pigmen, vitamin K adalah komponen dari guinone (elektro transpor pada proses fotosintesis). Karena vitamin berfungsi sebagai ko-faktor dalam reaksi - reaksi enzim, vitamin biasanya terdapat di dalam sel dalam jumlah yang kecil.

3. Cyclitols

Steward dkk, mempelajari komposisi air kelapa, didapat bahwa fraksi dari air kelapa mengandung beberapa jenis cyclitols yaitu myoinositol dan suelonositol dalam jumlah yang cukup tinggi. Inositol secara tersendiri tidak dapat mendorong pertumbuhan kalus dari wortel, tetapi bersama-sama dengan fraksi air kelapa yang aktif, inositol dapat mendorong pertumbuhan kalus tersebut. Inositol juga dapat mendorong pertumbuhan tanaman kalus lainnya, jika diberi tambahan auksin, kinetin dan vitamin. Tidak diketahui apakah semua jenis kalus memerlukan inositol, tetapi sekurang-kurangnya beberapa jenis kalus mutlak memerlukan inositol.

Peranan inositol di dalam pertumbuhan kalus belum diketahui sampai saat ini. Penemuan-penemuan akhir-akhir ini menunjukkan bahwa inositol ikut berperan di dalam beberapa proses metabolisme penting yang berhubungan dengan pertumbuhan sel. Inositol adalah suatu bahan antara dalam mengubah glukosa menjadi asam glukuronat dan asam galakturonat, kedua asam ini adalah bahan-bahan penyusun dinding sel primer.

4. Bassinolide

Beberapa tahun lalu John W. Mitchell dari USDA Beltsville, Maryland, mengawali suatu program yang menyelidiki tepung sari tanaman sebagai zat tumbuh tanaman. Ekstrak dari tepung sari bunga "rape" (*B. napus*) ternyata dapat mendorong pertumbuhan kecambah kacang buncis. Bassinolide menaikkan

hasil dari beberapa jenis tanaman seperti lobak, kentang, kacang buncis, selada jika tanaman tersebut disemprot bassinolide dengan konsentrasi rendah.

5. Triacontanal (TRIA)

Pada tahun 1977 S.K. Ries dari Michigan State University mendapatkan bahwa pemberian bubuk daun alfalfa ke dalam media tanah dapat mendorong pertumbuhan dan menaikkan hasil tanaman kedelai, jagung, gandum, padi, tomat dan wortel. Beliau dan kawan-kawannya selanjutnya menemukan bahwa bahan aktif dalam daun alfalfa itu adalah suatu alkohol alifatik berantai panjang yaitu 1- hidroksi triacontane.

6. Hormon Bunga

Pembungaan dapat dikontrol oleh suatu zat yang mendorong pembungaan yang ditranslokasi di dalam tanaman. M. Kh. Chailakan seorang ahli fisiologi tumbuhan Uni Sovyet memberikan nama florigen untuk zat tersebut. Beberapa peneliti mendapatkan bahwa ada ekstrak (florigen) yang dapat mendorong pembungaan tetapi belum dapat mengisolasi dan mengidentifikasi zat tersebut.

Percobaan-percobaan dengan ekstrak tanaman sukar untuk membuktikan adanya florigen endogen, oleh karena itu florigen sampai saat ini dianggap suatu hal yang tentative.

G. Zat Penghambat / Perlambat Tumbuh (Growth Retarding Chemicals)

Pada tahun-tahun permulaan dalam program screening itu ternyata ditemukan beberapa bahan kimia yang dapat memperpendek perpanjangan batang dan memperlambat pertumbuhan. Amo 1618 dan Cycocel adalah suatu senyawa ammonia-kuaternair (atom XI sebagai inti yang mengikuti 4 gugus lainnya), sedangkan fosfon D adalah suatu ikatan fosfonium (P sebagai inti dengan 4 gugus lainnya). Tipe-tipe struktur kimia tersebut adalah serupa dengan struktur kaolin (choline) suatu molekul yang sangat penting dalam komponen membrane sel dan mengatur aktivitas membrane sel. Tidak diketahui apakah Amo 1618, Cycocel dan Fosfon D berantagonisma atau menghambat aktivitas kolin.

H. Senyawa Metabolit Sekunder Tanaman: Alelokimia

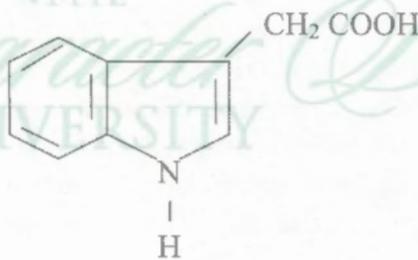
Tanaman banyak mengandung zat - zat yang fungsinya belum jelas di dalam tanaman. Tidak diyakini bahwa tiap - tiap zat mempunyai fungsi fisiologis di dalam pertumbuhan tanaman. Pada umumnya zat - zat tersebut disebut zat - zat tanaman sekunder (secondary plant substances). Zat-zat ini memegang peranan penting di dalam interaksi antara spesies tanaman maupun antara tanaman dengan organisme lainnya.

Interaksi alelokimia yang lain adalah antara spesies tanaman. Spesies tanaman tertentu mengeluarkan senyawa - senyawa kimia yang menghambat pertumbuhan spesies tanaman yang lain, yang dikenal dengan istilah alelopati (allelopathy). Zat alelopati ini dapat dilepaskan dalam bentuk senyawa-senyawa yang mudah menguap atau dalam bentuk yang mudah larut. Senyawa-senyawa tersebut dapat dilepaskan dalam bentuk aktif atau bentuk non aktif, tetapi di udara atau di tanah zat - zat yang tidak aktif dapat di konversikan ke dalam bentuk yang aktif. Naringenin adalah suatu flavonine yang diisolasi dari mata tunas yang dorman dari tanaman Peach dan diperkirakan zat ini berperan dalam proses dormansi mata tunas tersebut. Dormansi mata tunas dari kebanyakan tanaman dikendalikan oleh asam absisit. Tidak jelas apakah asam absisit dan naringenin bekerja sama dalam mengendalikan dormansi mata tunas tanaman Peach tersebut. Naringenin adalah suatu ikatan polifenolik dan sangat menghambat pertumbuhan koleoptil avena.

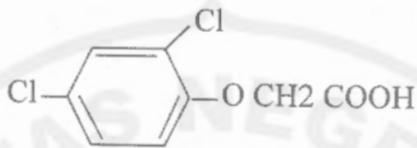
Gambar rumus bangun beberapa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) tertera dibawah ini.

Auksin yang sering digunakan dalam Kultur Jaringan Tanaman adalah (atas kebaikan beberapa teman):

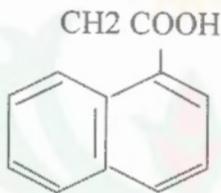
- 1) IAA (Indole Acetik Acid) dengan berat molekul 175.19



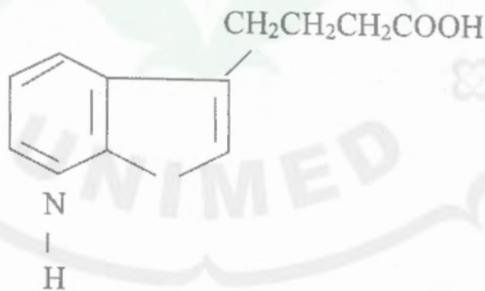
- 2) 2,4-D (2,4- dichlorophenoxy acetic acid), berat molekul 221.04



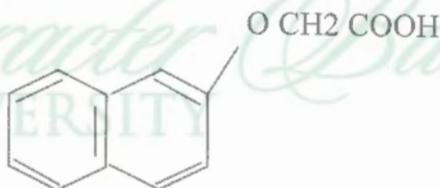
- 3) Naphthyl Acetic Acid, berat molekul 186.21, NAA (Naphthalene Acetic Acid)



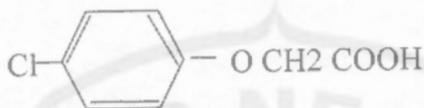
- 4) IBA (Indole Butyric Acid), berat molekul 203.24



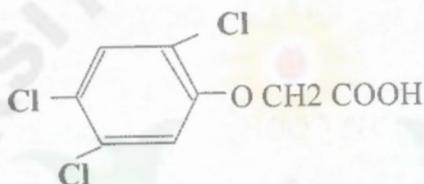
- 5) NOA (Naphthoxy Acetic Acid), berat molekul 202.21



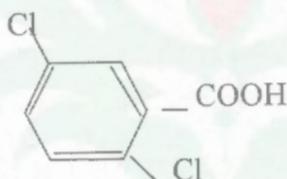
- 6) 4 - CPA (4 - Chlorophenoxy Acetic Acid), berat molekul 186.60



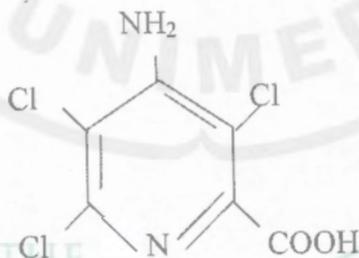
- 7) 2,4,5- T (2,4,5- Trichloro Acetic Acid), berat molekul 255.49



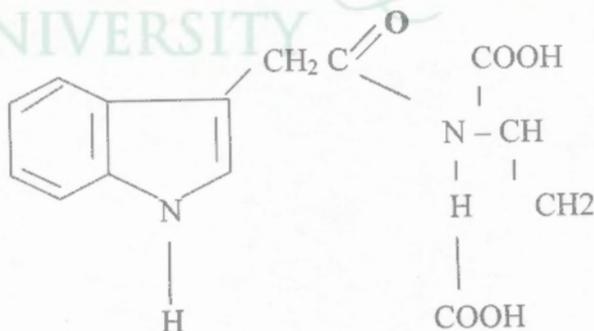
- 8) Dicamba (3,6- Dichloro Anisic Acid), berat molekul 221.04



- 9) Picloram (4- Amino- 3,5,6,- Trichloro Picolinic Acid), berat molekul 241

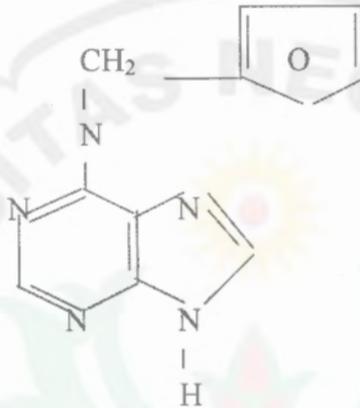


- 10) IAA conjugate: IAA sp (Indole Acetylaspartic Acid).

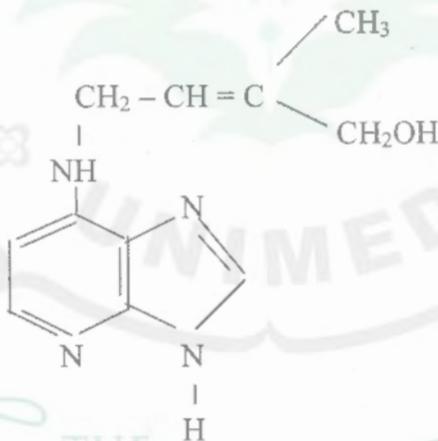


Sitokinin yang biasa digunakan dalam kultur jaringan adalah:

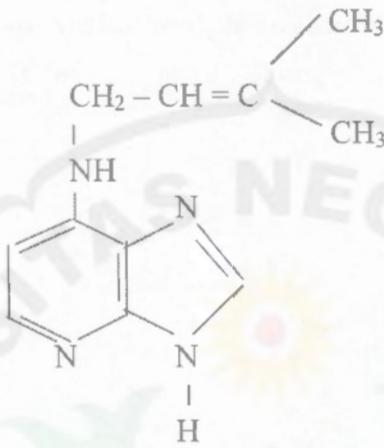
- 1) Kinetin (6- furfuryl amino purine), berat molekul 215.25



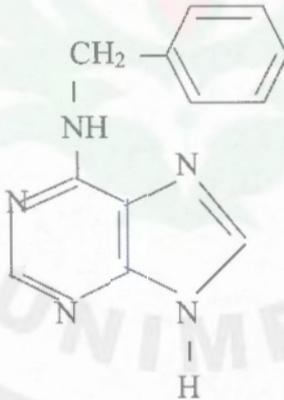
- 2) Zeatin (3- methyl- trans- 2- butenyl amino purine), berat molekul 219.25



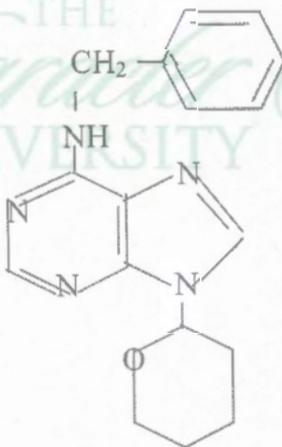
- 3) 2iP (N⁶- 2- isopentanyl adenine) atau 6- (t,t- dimethyl allyl amino purine), berat molekul 203.21



- 4) BAP/BA (6-benzyl amino purine / 6-benzyl adenine), berat molekul 225.26



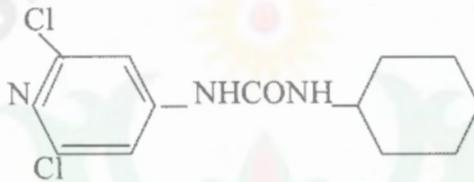
- 5) PBA (SD 8339): 6 (- benzylamino) - 9 - (2- tetrahydropyranyl) - 9H-purine, berat molekul 309.37



6) 2Cl-4PU: N (2-chloro-4-pyridyl) - N-phenylurea, berat molekul 247.69



7) 2,6-C1-4PU: N (2,6-dichloro-4-pyridyl)-N-phenylurea, berat molekul 282.13

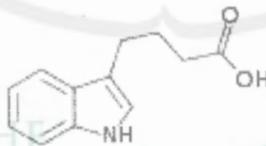


8) Thidiazuron (N-phenyl-N-1,2,3-thiadiazol-5-yl-urea), berat molekul 220.25

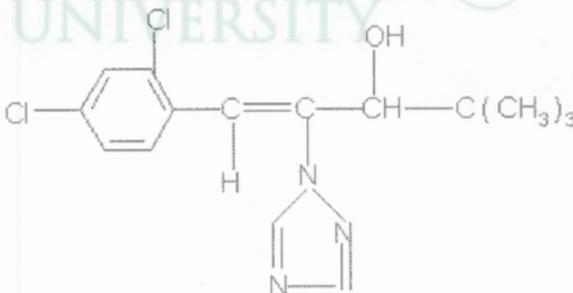


Zat-zat pengatur tumbuh yang lain, yaitu:

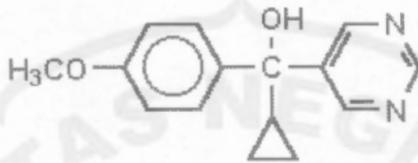
1. Zat Pengatur Tumbuh Abscisic acid



2. Zat Pengatur Tumbuh Paclobutrazol

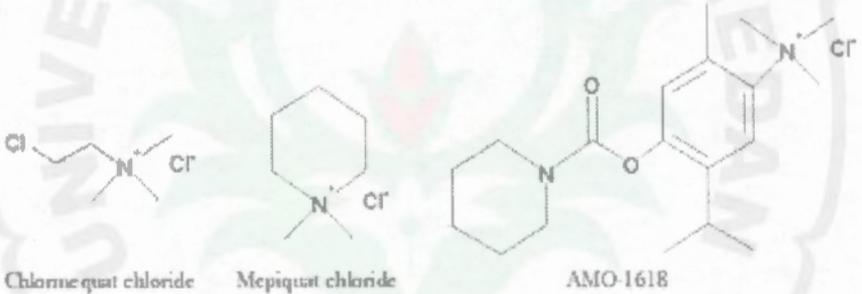


3. Zat Pengatur Tumbuh Ancymidol

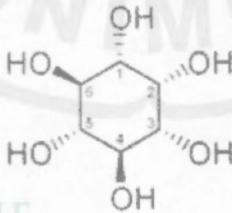


Ancymidol

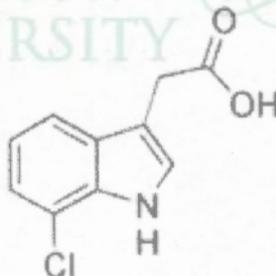
4. Zat Pengatur Tumbuh Chlormequat chloride



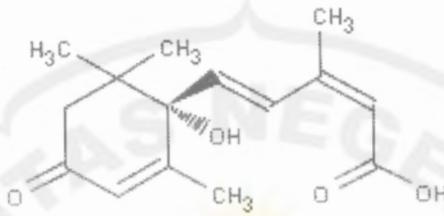
5. Zat Pengatur Tumbuh Myo Inositol. Beberapa peneliti menggolongkan Myo Inositol kedalam zat pengatur tumbuh.



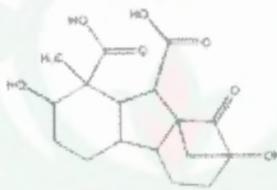
6. Zat Pengatur Tumbuh 200 px Cloro Indole Acetic Acid



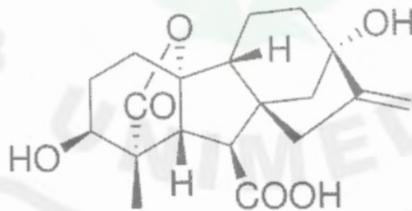
7. Zat Pengatur Tumbuh Vzorec Absisic



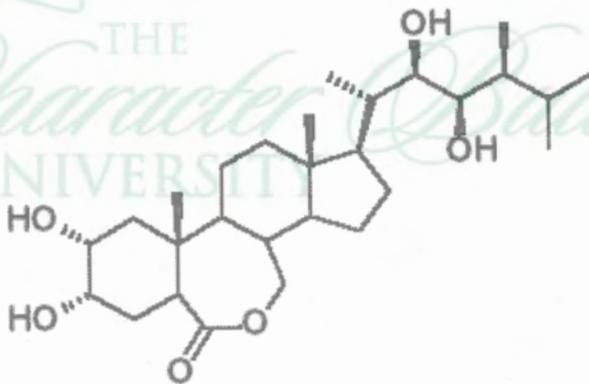
8. Zat Pengatur Tumbuh 120 Px Giberelin 452D



9. Zat Pengatur Tumbuh 800 px Giberelin A1



10. Zat Pengatur Tumbuh Brassinolide



Pertanyaan:

1. Ada dikenal 5 golongan fitohormon dalam mendukung pertumbuhan tanaman yaitu, kecuali :
 - a. Auksin
 - b. Sitokinin
 - c. Giberelin
 - d. Hormon(Kunci Jawaban : D, Tipe Soal C₂)
2. Senyawa organik bukan nutrisi yang aktif dalam jumlah yang kecil ($10^{-6} - 10^{-5}$ mM) yang disintetiskan pada bagian tertentu dari tanaman dan pada umumnya diangkut ke bagian lain tanaman dimana zat tersebut menimbulkan tanggapan secara biokimia, fisiologis dan morfologis. Hal itu merupakan pengertian dari :
 - a. Zat Tanaman
 - b. Hormon Tanaman
 - c. Senyawa Organik Tanaman
 - d. Zat Aktif Tanaman(Kunci Jawaban : B, Tipe Soal C₂)
3. Suatu gas dari pembakaran gas yang tidak sempurna dari senyawa-senyawa yang kaya akan ikatan karbon seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam disebut dengan :
 - a. Etilen
 - b. Sitokonin
 - c. Giberelin
 - d. Asam Absisik

(Kunci Jawaban : A, Tipe Soal C₂)

GLOSARIUM**Hormon:**

Pembawa pesan kimiawi antiarasel atau antarkelompok sel

Tropisma:

Hasil respon terhadap perangsang yang datang dari luar seperti cahaya (foto-tropisma, gravitasi (geotropisma), sentuhan, kimia, dan listrik)

Meristem apical:

Meristem yang terdapat pada ujung akar dan pada ujung batang. Meristem apikal selalu menghasilkan sel-sel untuk tumbuh memanjang

Absisi

Lapisan sel pada daerah absisi yang dapat memisahkan bagian-bagian tumbuhan satu sama lainnya misal daun, cabang, bunga, atau buah

Herbisida:

Senyawa atau material yang disebarakan pada lahan pertanian untuk menekan atau memberantas tumbuhan yang menyebabkan penurunan hasil (*gulma*)

Gigantisme:

Kondisi seseorang yang kelebihan pertumbuhan, dengan tinggi dan besar yang di atas normal. Gigantisme disebabkan oleh kelebihan jumlah *hormon pertumbuhan*

Partenokarpi:

Merupakan gejala terbentuknya *buah* tanpa melalui proses *pembuahan* inti generatif terhadap *sel telur*

Dormansi:

Suatu keadaan berhenti *tumbuh* yang dialami *organisme* hidup atau bagiannya sebagai tanggapan atas suatu keadaan yang tidak mendukung pertumbuhan normal

Morfogenesis:

Semua perubahan bentuk dan letak (lokasi) dari sebuah atau sekelompok sel atau jaringan.

Khromatografi:

Suatu teknik pemisahan *molekul* berdasarkan perbedaan pola pergerakan antara fase gerak dan fase diam untuk memisahkan komponen (berupa molekul) yang berada pada larutan

Etilen:

Suatu gas dari pembakaran gas yang tidak sempurna dari senyawa-senyawa yang kaya akan ikatan karbon seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam

Inositol:

Suatu bahan antara dalam mengubah glukosa menjadi asam glukuronat dan asam galakturonat, kedua asam ini

Alifatik:

Senyawa organik yang tidak mempunyai *gugus fenil*

Allelopati:

Suatu fenomena alam dimana suatu organisme memproduksi dan mengeluarkan suatu senyawa *biomolekul* (disebut *alelokimia*) ke lingkungan dan senyawa tersebut memengaruhi perkembangan dan pertumbuhan *organisme* lain di sekitarnya

Multiplikasi:

Kegiatan memperbanyak calon tanaman dengan menanam eksplan pada media

Gynogenesis:

Embrio yang berasal dari ovary yang belum dibuahi

Androgenesis:

Proses terbentuknya embrio dari kultur anther atau mikrospora.



THE
Character Building
UNIVERSITY