

PERAN FITOHORMON DALAM PENGATURAN
PERTUMBUHAN, PERKEMBANGAN DAN
ADAPTASI TANAMAN TERHADAP
PERUBAHAN IKLIM GLOBAL



Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
pada Fakultas Biologi
Universitas Gadjah Mada

Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
Tanggal 28 Juli 2022

Oleh:

Prof. Dr. Kumala Dewi M.Sc.St

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Selamat pagi, salam damai dan sejahtera untuk kita semua*

Yang terhormat:

Rektor dan Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Majelis Wali Amanat
Universitas Gadjah Mada*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas
Gadjah Mada*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas
Gadjah Mada*

*Para Dekan dan Wakil Dekan, Direktur dan Kepala Pusat Studi
di Lingkungan Universitas Gadjah Mada*

*Ketua, Sekretaris dan anggota Senat Fakultas Biologi
Universitas Gadjah Mada*

*Para tamu undangan, teman sejawat, tenaga kependidikan,
para mahasiswa, sanak keluarga serta hadirin yang berbahagia*

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan dan melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga pada pagi hari ini kita dapat berkumpul di Balai Senat Universitas Gadjah Mada dan menghadiri rapat terbuka Universitas Gadjah Mada. Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terimakasih kepada Rektor Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melaksanakan kewajiban menyampaikan Pidato Pengukuhan sebagai Guru Besar pada Fakultas Biologi, dalam bidang ilmu Fisiologi Tumbuhan. Pada kesempatan ini saya akan menyampaikan sedikit uraian tentang Fitohormon yang merupakan salah satu bagian penting dalam ilmu Fisiologi Tumbuhan dengan judul:

PERAN FITOHORMON DALAM PENGATURAN PERTUMBUHAN, PERKEMBANGAN DAN ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

Topik yang saya sampaikan dalam pidato ilmiah ini berdasar dari ketertarikan saya pada hormon tumbuhan yang atas berkat Tuhan, dapat saya pelajari ketika saya memperoleh beasiswa dan menempuh program Master Degree di University of Tasmania dan berlanjut ketika saya menempuh studi Doktorat di Australian National University dan Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Plant Industry. Setelah menyelesaikan studi doktorat dan kembali bekerja di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, saya tetap menekuni ilmu Fisiologi Tumbuhan, khususnya Fitohormon yang terus berkembang dengan cepat dan dengan segala keterbatasan fasilitas penelitian yang ada saya juga melakukan penelitian terkait peran hormon pada beberapa tanaman bersama mahasiswa. Fisiologi tumbuhan merupakan ilmu yang mempelajari fungsi bagian-bagian tumbuhan mulai dari organel, sel, jaringan hingga organ yang berkaitan dengan proses pertumbuhan, perkembangan dan respon terhadap perubahan lingkungan. Kajian dalam fisiologi tumbuhan mencakup sel biologi hingga sistem biologi, termasuk juga pemahaman tumbuhan sebagai organisme dan interaksinya dengan *symbionts*, patogen dan hama. Untuk memahami berbagai mekanisme pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan diperlukan pula ilmu lain mulai dari biologi sel dan molekuler, biokimia, biofisik, anatomi maupun genetika (Huber, 2011). Pemahaman tentang fisiologi tumbuhan sangat penting untuk peningkatan teknologi dalam bidang pertanian maupun hortikultura, selain itu penelitian fisiologi tumbuhan masih terus diperlukan untuk dapat memberi solusi pada tantangan yang

dihadapi banyak negara saat ini yaitu masalah ketahanan pangan, peningkatan kandungan nutrisi pada bahan pangan, ketersediaan *biofuel* bahkan juga pemulihan ekosistem yang rusak akibat berbagai hal.

Hormon tumbuhan merupakan molekul organik yang sangat mengagumkan karena walaupun disintesis dalam konsentrasi yang amat kecil namun molekul hormon memiliki peran dalam semua aspek pertumbuhan dan perkembangan, serta respon tumbuhan terhadap berbagai faktor lingkungan. Mengingat waktu pidato yang terbatas, berikut akan saya uraikan sepintas tentang hormon pada tumbuhan angiospermae terutama pada tanaman pangan dan/atau hortikultura. Saya berharap paparan ini bermanfaat untuk memberikan pemahaman tentang pentingnya hormon tumbuhan dalam upaya peningkatan produktivitas tanaman dan upaya menciptakan tanaman yang mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Pimpinan sidang yang saya hormati dan hadirin sekalian yang berbahagia,

Konsep tentang hormon tumbuhan

Tumbuhan tidak memiliki sistem syaraf seperti halnya hewan atau manusia, namun demikian tumbuhan memiliki beberapa sinyal kimia yang disebut hormon tumbuhan. Biosintesis hormon tumbuhan dapat berlangsung pada berbagai organ tumbuhan, terutama pada sel-sel yang bersifat meristematik. Seberapa banyak hormon tumbuhan disintesis sangat tergantung pada faktor internal yaitu umur tumbuhan dan genetik tumbuhan, maupun berbagai faktor eksternal seperti intensitas cahaya, ketersediaan air tanah ataupun serangan hama dan penyakit pada tumbuhan (Davies, 2010; Williams, 2011). Dengan adanya kemajuan teknologi seperti ditemukannya

beberapa tanaman mutan yang mengalami defisiensi hormon, kelebihan produksi hormon, insensitif terhadap hormon ataupun mengalami gangguan dalam proses pensinyalan hormon, telah diketahui saat ini bahwa hormon tumbuhan memiliki banyak fungsi dan diantara hormon tumbuhan yang telah dikenal terjadi komunikasi interaksi antar hormon (*crosstalk*) dalam pengaturan metabolisme pada sel tumbuhan. Komunikasi interaksi antar hormon ini dapat bersifat sinergis ataupun antagonis (Hedden dan Phillips, 2000).

Pada tumbuhan mekanisme transportasi hormon sangat beragam dan hormon dapat mempengaruhi baik sel tempat hormon tersebut disintesis maupun sel lain yang lokasinya jauh dengan respon yang juga beragam (Williams, 2011). Kebanyakan fitohormon disintesis dari prekursor yang umum misalnya asam amino, asam mevalonat, asam sikimat atau nukleotida. Jalur biosintesis setiap jenis hormon kadang ada beberapa macam. Untuk mempertahankan kesetimbangan, hormon dapat dideaktivasi atau dirombak dengan proses oksidasi atau konjugasi dengan senyawa lain yang mengakibatkan sifat molekul hormon menjadi tidak aktif (*inactive*). Bentuk *inactive* hormon sering dianggap sebagai mekanisme cadangan hormon, dimana apabila tumbuhan memerlukan hormon tersebut maka ikatan konjugat dapat dilepaskan dengan aktivitas enzim tertentu sehingga molekul hormon bersifat aktif kembali. Namun demikian saat ini diketahui bahwa bentuk konjugat dapat membentuk senyawa baru yang terlibat dalam pensinyalan hormon misalnya Jasmonic acid-isoleucine (JA-Ile) (Staswick, 2009). Pengaturan internal yang lain untuk mempertahankan kondisi keseimbangan hormon yang diperlukan pada fase pertumbuhan tertentu atau kondisi lingkungan tumbuh tertentu adalah melalui mekanisme umpan balik positif atau negatif (*positive and negative feed*

back) (Turnbull, 1999). Untuk memahami fungsi fitohormon, selain mengetahui sintesis, transportasi, pengenalan molekul hormon dengan reseptor (*perception*) dan bagaimana ikatan hormon dengan reseptor ditransduksi melalui proses pensinyalan sehingga muncul respon spesifik dari hormon tersebut, perlu juga pemahaman tentang komunikasi interaksi antar hormon. Semua hal tersebut masih banyak diteliti sampai saat ini.

Pimpinan sidang, hadirin dan pemirsa yang saya hormati

Perbedaan hormon tumbuhan dan Zat Pengatur Tumbuh

Hormon tumbuhan (fitohormon) didefinisikan sebagai senyawa organik yang secara alami disintesis oleh tumbuhan dalam jumlah kecil, namun mampu mempengaruhi seluruh aspek pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Hal inilah yang menjadi kriteria utama untuk membedakan fitohormon dengan senyawa lain yang dapat memacu pertumbuhan tetapi harus diaplikasikan dalam dosis atau konsentrasi yang tinggi. Untuk senyawa kimia sintetik yang memiliki efek seperti fitohormon umumnya disebut sebagai Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) atau *Plant Growth Regulators (PGRs)* (Santner *et al.*, 2009; Davies, 2010; Rademacher, 2015). Fitohormon maupun ZPT harus diaplikasikan dalam konsentrasi yang sesuai karena bisanya berlaku *dose effect*, yang berarti bahwa aplikasi fitohormon atau ZPT pada dosis tinggi dapat menimbulkan efek yang merugikan untuk pertumbuhan, perkembangan, produktivitas maupun kualitas tanaman. Sebagai contoh 2,4-D yang merupakan auksin sintetik jika diaplikasi dalam dosis tinggi dapat berfungsi sebagai herbisida untuk gulma berdaun lebar (Peterson *et al.*, 2016). Untuk memunculkan aksinya, fitohormon ditransportasi dengan bantuan protein transporter

dari tempat sintesisnya menuju bagian lain tumbuhan. Beberapa reseptor hormon telah teridentifikasi, namun demikian sampai saat ini komponen pensinyalan masih belum dipahami secara lengkap (Williams, 2011).

Tumbuhan merupakan organisme yang bersifat tidak dapat berpindah tempat (*sessile*), namun tumbuhan memiliki kemampuan untuk menanggapi, mengantisipasi dan merespon perubahan lingkungan untuk memaksimalkan daya hidupnya dan tetap mampu melakukan perkembangbiakan. Mekanisme tumbuhan dalam beradaptasi dan bertahan hidup (*survive*) terhadap perubahan lingkungan yang ekstrem sangatlah kompleks. Fitohormon merupakan salah satu molekul sinyal yang berperan dalam proses adaptasi tumbuhan terhadap faktor lingkungan (Takahashi dan Shinozaki, 2019). Sebagai contoh apabila tumbuhan mengalami cekaman abiotik seperti kekurangan ketersediaan air, kelebihan kadar garam ataupun temperatur lingkungan yang sangat tinggi atau rendah, maka sintesis asam absisat segera naik dan menyebabkan level asam absisat juga naik. Ikatan asam absisat dengan reseptor akan menginisiasi proses transduksi sinyal yang mengakibatkan munculnya respon seluler untuk mengatasi kondisi cekaman tersebut (Ng *et al.*, 2014). Oleh karena itu asam absisat sering juga disebut sebagai hormon cekaman (*stress hormone*) (Mehrotra *et al.*, 2014).

Fitohormon mengatur proses pertumbuhan dan perkembangan selama siklus hidup tumbuhan meliputi proses perkecambahan biji, pertumbuhan vegetatif, pembungaan, perkembangan biji dan buah, penuaan (*senescence*), dormansi, mobilisasi nutrient serta toleransi tumbuhan pada kondisi cekaman baik biotik maupun abiotik. Fitohormon memainkan peran utama dalam kemampuan tumbuhan beradaptasi pada perubahan lingkungan melalui pengaturan pertumbuhan dan

perkembangan, alokasi nutrisi serta hubungan kapasitas sumber dengan kapasitas lubang (Peleg dan Blumwald, 2011).

Para hadirin dan pemirsa yang saya hormati

Macam-macam fitohormon dan fungsinya

Lima macam fitohormon klasik yang telah dikenal yaitu auksin, giberelin, sitokinin, asam absisat dan etilen. Seiring dengan perkembangan ilmu tentang fitohormon, beberapa hormon baru telah teridentifikasi yaitu brassinosteroid, asam jasmonat, strigolaktin (Wani *et al.*, 2016) dan asam salisilat (Maruri-López *et al.*, 2019). Berikut beberapa contoh tentang peran fitohormon dalam pertumbuhan dan perkembangan serta adaptasi tumbuhan pada kondisi cekaman:

Auksin:

Auksin merupakan fitohormon yang pertama kali diisolasi. Penelitian tentang auksin dimulai dari eksperimen arah tumbuh tumbuhan menuju datangnya cahaya (*phototropism*) pada koleoptil oat (*Avena sativa* L.) yang dilakukan oleh Charles Darwin dan Francis pada tahun 1880. Mereka menemukan bahwa ketika koleoptil diberi paparan cahaya dari satu arah, maka ujung koleoptil menerima sinyal cahaya dan ada “sesuatu pengaruh yang ditransmisi dari ujung koleoptil ke bagian yang lebih bawah dan menyebabkan bagian tersebut membengkok ke arah datangnya cahaya”. Peneliti lain yang melakukan eksperimen serupa yaitu Peter Boysen-Jensen, Arpad Paal dan Frits Went. Eksperimen yang dilakukan oleh Fritz Went (1942), dikembangkan dengan metode pemurnian serta identifikasi dan ditemukan bahwa auksin atau *indole-3-acetic acid* (IAA) merupakan suatu sinyal bergerak (*mobile signal*) yang mengatur pemanjangan sel dan fenomena fototropi disebabkan adanya

perbedaan distribusi auksin pada sel-sel koleoptil. Dengan teknologi molekuler telah diketahui bahwa protein transport untuk auksin yaitu PIN3 berperan dalam transport auksin secara lateral dan mengatur fototropisme (Friml *et al.*, 2002)

Auksin diketahui berkontribusi dalam perkembangan buah, penekanan pertumbuhan tunas lateral akibat adanya tunas pucuk yang dominan (dominansi apikal), spesifikasi dan pemeliharaan sel meristem pada ujung akar, inisiasi akar lateral serta penentuan formasi pola perkembangan (Mroue *et al.*, 2018).

Giberelin

Penelitian tentang giberelin diawali pada akhir abad ke 19 di Jepang, ketika ditemukan adanya penyakit pada tanaman padi akibat infeksi jamur *Giberella fujikuroi* (saat ini diklasifikasikan sebagai *Fusarium fujikuroi*), yang menyebabkan tanaman tumbuh sangat tinggi dan menjadi steril. Efek giberelin pada tanaman terutama dapat memulihkan pertumbuhan tanaman mutan kerdil yang mengalami defisiensi giberelin, selain itu giberelin diketahui dapat menginduksi pertumbuhan tangkai bunga yang cepat (*bolting*) dan pembungaan pada tanaman yang memiliki duduk daun roset. Dalam aksinya giberelin disebut sebagai *inhibitor of an inhibitor*, karena giberelin diketahui beraksi pada sel atau jaringan target dengan menghilangkan protein inhibitor yang disebut DELLA protein (Hedden dan Sponsel, 2015). Peran giberelin yang lain diantaranya menginduksi perkecambahan biji, pemanjangan batang, pembentangan daun, transisi fase vegetatif ke fase reproduktif, perkembangan bunga, buah dan biji (Davies, 2010).

Norman Borlaugh adalah seorang peneliti yang disebut sebagai "*Father of Green Revolution*". Beliau menerima hadiah

Nobel Perdamaian karena jasanya dalam pemuliaan tanaman sehingga ditemukan tanaman gandum semi kerdil (*semi dwarf*), yang dapat memberikan hasil panen lebih tinggi serta tahan rebah. Penelitian serupa dikembangkan pada beberapa tanaman pangan yaitu jagung, millet serta padi (IR8), kesemuanya dapat menghasilkan tanaman *semi dwarf* dan dengan aplikasi pupuk nitrogen tanaman tersebut memiliki produktivitas tinggi. Hal ini karena secara mekanis tanaman lebih kokoh dan dapat mendukung berlangsungnya fotosintesis lebih baik serta translokasi asimilat yang lebih efisien ke bulir padi. Dilaporkan bahwa sifat kerdil (*dwarf trait*) pada tanaman tersebut disebabkan karena mutasi pada lokus *SD1* (*Semi-Dwarf1*) yang mengakibatkan enzim giberelin 20-oxidase (*GA20ox*) tidak berfungsi baik dalam konversi GA_{53} menjadi GA_{20} dalam jalur sintesis giberelin, akibatnya biosintesis giberelin menjadi rendah dan terbentuk fenotip *semi dwarf* (Mona *et al.*, 2002; Sasaki *et al.*, 2002; Spielmeier *et al.*, 2002). Untuk tanaman gandum, gen *Rht* mengakibatkan terbentuknya fenotip *semi dwarf* dan hal ini disebabkan oleh adanya mutasi pada faktor transkripsi yang berasosiasi dengan pensinyalan giberelin (Peng *et al.*, 1999; Smeknenov *et al.*, 2020). Sampai saat ini penelitian “*Second Green Revolution*” masih terus dilakukan oleh para peneliti di luar negeri. Hal ini karena varietas *semi dwarf* padi maupun gandum yang ada memiliki sensitivitas, penyerapan serta metabolisme nitrat yang belum efisien sehingga masih memerlukan dosis pemupukan yang tinggi, sedangkan penggunaan pupuk dalam dosis tinggi berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan problem ekologi lainnya. Huang *et al.* (2021), melaporkan bahwa protein NGR5 (NITROGEN-MEDIATED TILLER GROWTH RESPONSE 5) memiliki peran untuk mengontrol kesetimbangan antara pembentukan tanaman kerdil yang diatur oleh giberelin dengan pembentukan

anakan (*tillers*) yang diatur oleh ketersediaan nitrat. Diharapkan dengan peningkatan ekspresi gen *NGR5* peningkatan jumlah anakan dan hasil panen dapat ditingkatkan dengan pengurangan dosis pupuk. Contoh lain aplikasi GA_{4+7} dengan konsentrasi 60 mg/ L pada saat pembentukan tongkol jagung (*Zea mays* L.) dapat merubah kandungan hormon auksin, zeatin serta meningkatkan aktivitas enzim antioksidan pada daun yang dekat dengan tongkol jagung sehingga pengisian bulir jagung dapat ditingkatkan serta proses penuaan (*senescence*) daun dapat ditunda, akibatnya hasil panen jagung meningkat (Cui *et al.*, 2020).

Paklobutrazol merupakan salah satu zat penghambat biosintesis giberelin dan banyak diaplikasikan untuk mengerdilkan tanaman, namun zat ini juga dapat meningkatkan frekuensi pembungaan dan pembentukan buah serta meningkatkan kemampuan tanaman untuk toleran atau resisten terhadap cekaman biotik maupun abiotik (Abdala *et al.*, 2021). Aplikasi paklobutrazol pada benih beras hitam (*Oryza sativa* L “Cempo Ireng”) yang dikecambahkan dengan paparan sinar biru dapat menurunkan rerata tinggi tanaman, namun meningkatkan kadar klorofil, jumlah anakan serta kandungan zat besi pada beras hitam (Dewi *et al.*, 2016).

Sitokinin

Sitokinin merupakan turunan dari adenin dan memiliki kemampuan untuk menginduksi pembelahan sel bersama dengan keberadaan auksin dalam kultur jaringan tumbuhan. Sitokinin alami yang umum disintesis pada tumbuhan dinamakan zeatin. Sitokinin banyak disintesis di akar dan biji yang sedang berkembang. Peran sitokinin diantaranya mengatur perkembangan gametofit betina, embrio, kloroplas dan berkas pengangkut. Disamping itu, sitokinin juga dapat mempengaruhi

pembentukan nodul akar pada tanaman legum, asimilasi nutrisi, respon tumbuhan terhadap cekaman, menghambat penuaan dan pertumbuhan akar lateral (Werner dan Schmülling 2009; Kieber dan Schaller 2018). Peran sitokinin dalam peningkatan hasil panen padi diketahui dari analisis kultivar Habataki dan *Gnl* mutan yang memiliki kandungan sitokinin cukup tinggi pada bagian *inflorescence meristems*, dan keduanya memiliki hasil panen sekitar 20% lebih tinggi. Analisis genetik pada lokus *Gnl* menunjukkan bahwa gen tersebut mengkode kerusakan pada enzim sitokinin oksidase atau dehydrogenase (CKX) sehingga menyebabkan akumulasi sitokinin dan meningkatkan jumlah bunga pada malai padi, akibatnya jumlah bulir padi juga naik (Ashikari *et al.*, 2005; Yeh *et al.*, 2015). Dari penelitian ini ditunjukkan bahwa manipulasi enzim yang terlibat dalam biosintesis ataupun degradasi sitokinin juga dapat untuk mengubah bentuk pertumbuhan dan meningkatkan hasil panen tanaman pangan.

Asam absisat

Nama asam absisat mula-mula adalah "abscisin II" karena fitohormon ini diduga mengontrol proses absisi atau gugurnya buah kapas. Disamping itu kelompok peneliti lain juga menamakan sebagai "dormin" karena keterlibatannya dalam proses dormansi. Sampai saat ini masih disepakati penggunaan nama asam absisat walaupun ternyata diketahui bahwa asam absisat hanya berperan kecil baik dalam absisi maupun dormansi tunas pucuk. Aplikasi asam absisat menghambat pertumbuhan tanaman, namun demikian asam absisat memiliki peran positif terutama dalam memacu sintesis cadangan makanan biji yang berupa lemak, protein dan karbohidrat pada saat perkembangan biji. SnRK2s merupakan protein kinase yang diaktivasi oleh asam absisat dan bersama dengan faktor transkripsi ABI3

diperlukan dalam proses menghilangkan warna hijau (*de-greening*) saat perkembangan biji. Inaktivasi gen *SnRk2.6* pada arabidopsis (*Arabidopsis thaliana*) mengakibatkan penurunan sintesis minyak dalam biji (Zheng *et al.*, 2010). Asam absisat juga berperan dalam proses membuka dan menutupnya stomata dan hal ini terkait dengan mekanisme tumbuhan untuk bertahan terhadap kondisi cekaman (Bartels dan Sunkar, 2005). Pada biji juga banyak terkandung asam absisat yang berasal dari daun dewasa maupun disintesis oleh bagian biji itu sendiri dan kandungan asam absisat ini mengakibatkan dormansi biji (Nambara *et al.*, 2010). Aplikasi asam absisat sebesar 2 μM atau 5 μM maupun induksi sintesis asam absisat melalui dehidrasi pada kecambah barley (*Hordeum vulgare* L) menyebabkan penurunan kandungan GA_1 serta prekursornya yaitu GA_{44} dan GA_{20} . Hal ini terutama dikarenakan asam absisat menurunkan aktivitas enzim GA_{20} -oxidase yang mengkatalisis konversi GA_{19} menjadi GA_{20} (Dewi, 2006).

Etilen

Etilen merupakan fitohormon yang ada dalam bentuk gas (C_2H_4) dan prekursornya adalah methionin. Etilen banyak berperan dalam proses pematangan buah, mekarnya bunga (*anthesis*) dan umumnya juga disintesis sebagai tanggapan tumbuhan terhadap kondisi cekaman. Etilen dapat menginduksi pembungaan serta menginisiasi terbentuknya bunga betina pada tumbuhan berumah dua (Dolan, 1997). Induksi pembungaan pada tanaman nenas (*Ananas cammosus* (L.) Merr.) menggunakan etilen telah banyak dipraktekkan dan dilaporkan bahwa aplikasi 100 mg/L ethephon dengan tambahan 0.04% kalsium karbonat optimum untuk menginduksi pembungaan pada kultivar Tainon 16 (Liu *et al.*, 2020). Pematangan buah merupakan suatu proses perkembangan dimana fisiologi dan

biokimiawi buah mengalami perubahan sehingga mempengaruhi bentuk, tekstur, rasa dan aroma buah (Giovannoni, 2004). Berdasarkan cara pematangannya buah dibedakan menjadi buah klimakterik dan buah non-klimakterik. Buah klimakterik menunjukkan adanya peningkatan respirasi dan sintesis etilen yang tinggi saat pematangan, namun pada buah non-klimakterik tidak terjadi peningkatan etilen (Lelièvre *et al.*, 1997). Salah satu contoh buah klimakterik adalah buah pisang. Dapat diamati bahwa jika pada satu sisir pisang ada satu buah pisang yang matang, maka dalam waktu singkat dan secara alami buah pisang yang lain akan ikut matang karena adanya etilen yang semakin banyak. Aplikasi etrel yang dapat melepaskan etilen banyak digunakan untuk mempercepat pematangan buah yang dipetik ketika belum matang secara fisiologis. Walaupun etilen bermanfaat untuk pematangan buah klimakterik, namun etilen yang terlalu banyak juga akan mempercepat penuaan pada sayuran serta bunga potong. Upaya memperpanjang kesegaran sayuran atau bunga potong dapat dilakukan melalui rekayasa transgenik, aplikasi senyawa yang menghambat sintesis maupun aksi etilen atau dengan cara pengemasan yang dapat menurunkan keberadaan etilen (Stearns and Glick, 2003; Ebrahimi *et al.*, 2021).

Brassinosteroids

Brassinosteroids berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel serta diferensiasi berkas pengangkut, selain itu juga dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan akar serta dapat meningkatkan sintesis etilen dan menyebabkan gerak tidur daun (*ephinasty*). Brassinosteroids juga berperan dalam perkecambahan biji, pertumbuhan akar primer, respon tumbuhan terhadap cekaman lingkungan dan pertahanan tumbuhan terhadap patogen (Haubrick dan Assmann 2006;

Kutschera dan Wang 2012; Planas-Riverola *et al.* 2019). Dilaporkan bahwa tanaman padi mutan yang mengalami sedikit defisiensi brassinosteroid *Osdwarf4-1*, memiliki daun yang tegak apabila ditanam dengan jarak tanam yang rapat dan hal ini menyebabkan peningkatan hasil karena fotosintesis dan sintesis protein pada saat pengisian bulir padi dapat lebih efisien (Sakamoto *et al.*, 2005).

Asam jasmonat

Asam jasmonat memiliki peran penting dalam pertahanan tumbuhan karena mampu menginduksi sintesis *proteinase inhibitors* yang dapat menghalau insekta yang menyerang tanaman. Asam jasmonat dapat memacu penuaan dan pengguguran daun, pembentukan umbi, sintesis pigmen, pertumbuhan melingkar pada sulur dan pematangan buah, namun demikian asam jasmonat juga dapat menghambat proses pertumbuhan dan perkecambahan biji. Asam jasmonat juga diketahui memacu perkembangan benang sari dan proses pembentukan embrio pada biji, akan tetapi asam jasmonat dapat menghambat pertumbuhan semai tanaman (Huang *et al.* 2017). Pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.), aplikasi asam jasmonat sampai 100 ppm tidak menghambat pertumbuhan vegetatif tetapi dapat meningkatkan bobot umbi, walaupun jumlah umbi menjadi makin berkurang dengan semakin tingginya konsentrasi asam jasmonat (Rohmanti dan Dewi, 2019)

Asam salisilat

Asam salisilat telah dikenal sejak lama sebagai obat dan diketahui kulit kayu pohon willow (*Salix* sp.) mengandung asam salisilat. Asam salisilat disintesis dari asam amino phenil alanin dan memiliki efek dalam peningkatan resistensi tumbuhan

terhadap patogen, dengan cara menginduksi produksi *pathogenesis-related proteins*. Asam salisilat juga terlibat dalam respon *Systemic Acquired Resistance* (SAR) dimana serangan patogen pada daun yang tua menyebabkan perkembangan daya resisten terhadap serangan patogen pada daun yang muda. Asam salisilat juga dapat memperpanjang masa keragaan (*vase life*) bunga potong dan dapat membalikkan efek asam absisat. Asam salisilat mengontrol resistensi tanaman terhadap cekaman abiotik seperti kekeringan, temperatur udara, tekanan osmotik serta kadar logam berat yang tinggi. Diketahui asam salisilat juga berperan dalam berbagai proses fisiologi seperti perkecambahan biji, fotosintesis, pembungaan, penuaan, sintesis antosianin dan metabolit sekunder lainnya (Raskin 1992; Rivas-San Vicente dan Plasencia 2011). Pada tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.), aplikasi asam salisilat sebesar 10^{-4} mM dapat meningkatkan kandungan betacyanin (Shyfa dan Dewi, 2021).

Strigolakton

Strigolakton diketahui dapat meningkatkan percabangan tunas samping pada angiospermae, mengatur pertumbuhan sistem perakaran, mengatur penuaan, dan dapat menginduksi terbentuknya asosiasi mutualisme akar tumbuhan dengan mikoriza. Namun demikian strigolakton dapat menstimulasi perkecambahan biji tumbuhan parasit *Striga* sehingga apabila tumbuhan parasit ini menginfeksi tanaman budi daya, maka akan muncul gangguan pada pertumbuhan, perkembangan dan hasil tanaman (Pandey *et al.*, 2016).

Pimpinan sidang, hadirin serta pemirsa yang saya hormati

Reseptor, pensinyalan hormon dan komunikasi interaksi (*crossstalk*) antar hormon

Selama beberapa dekade terakhir banyak kemajuan tentang pemahaman persepsi dan mekanisme aksi fitohormon. Respon tanaman terhadap hormon tidak selalu terkait dengan regulasi gen, namun pada umumnya semua hormon terlibat dalam perubahan ekspresi gen melalui kontrol kemelimpahan faktor transkripsi atau *repressor*, atau modifikasi *post* translasi. Saat ini hampir semua reseptor fitohormon telah diketahui. Umumnya reseptor terletak pada membran sel walaupun beberapa juga terletak dalam sitosol. Reseptor pada membran sel akan mengenali stimulus (*ligands*) dari luar dan berinteraksi dengan *ligands* serta meneruskan sinyal dari luar sel masuk ke dalam sel. Umumnya ketika molekul sinyal terikat dengan reseptor maka reaksi seluler akan melibatkan *second messenger* yang kemudian akan memicu serangkaian respon seluler atau proses pensinyalan. Dalam proses pensinyalan, melibatkan pula beberapa enzim termasuk kinase, fosfatase, fosfolipase, atau fosfodiesterase. Beberapa dari molekul pensinyalan ini digunakan dalam jalur pensinyalan yang berbeda dan hal ini merupakan kunci dalam mekanisme komunikasi interaksi antar hormon (Wang dan Irving, 2011).

Penelitian tentang mekanisme komunikasi interaksi antar hormon sangat kompleks namun sudah banyak hasil yang dilaporkan. Sebagai contoh untuk pembentukan tunas samping diketahui bahwa faktor yang berperan diantaranya adalah ketersediaan senyawa gula, sinyal hormon terutama auksin dan sitokinin serta perubahan kondisi lingkungan tumbuh. Dari pemahaman tentang dominansi apikal diketahui pertumbuhan tunas samping dihambat oleh auksin dan strigolaktin,

sebaliknya akan dipacu oleh sitokinin. Proses pensinyalan giberelin juga terlibat dalam pertumbuhan tunas samping. Dalam perkembangan selanjutnya dilaporkan bahwa brassinosteroids (BRs) sangat diperlukan untuk menghilangkan dominansi apikal pada tanaman tomat. Pensinyalan sitokinin akan meneruskan informasi dari auksin, strigolakton dan senyawa gula untuk memacu sintesis brassinosteroid. Hormon brassinosteroid selanjutnya akan mengaktifkan faktor transkripsi BZR1 untuk menekan ekspresi BRANCHED1, yang merupakan penghambat pertumbuhan tunas samping (Xia *et al.*, 2020). Penemuan ini menunjukkan betapa rumitnya proses pertumbuhan tunas samping pada tanaman dan bisa dibayangkan bahwa proses yang lain juga sama rumitnya. Namun demikian penelitian masih berlanjut dengan harapan dapat diterapkan untuk memperoleh “ideotype” atau suatu model biologi yang memiliki karakter morfologi dan fisiologi tertentu. Penelitian terkait komunikasi interaksi antar hormon juga penting dalam “*Ideotype breeding*” yaitu metode pemuliaan yang bertujuan untuk peningkatan potensi hasil atau karakter lain dengan memodifikasi tiap karakter yang mempengaruhi dimana tujuan pemuliaan untuk tiap karakter telah ditentukan.

Para tamu undangan dan pemirsa yang berbahagia

Peran fitohormon dalam resistensi tanaman terhadap perubahan iklim global.

Perubahan iklim global menyebabkan berbagai problem bagi tumbuhan, hewan, dan sistem rantai makanan karena adanya perubahan temperatur, nutrien dan ketersediaan air (Fresco, 2009). Cekaman lingkungan akibat perubahan iklim global dapat mengakibatkan kerusakan pada tanaman. Cekaman abiotik seperti kekeringan, temperatur yang terlalu tinggi atau

terlalu rendah, intensitas cahaya yang terlalu kuat, kadar garam tinggi dan rendahnya kesuburan tanah mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Zhu, 2016). Ditengah prediksi bahwa populasi penduduk dunia akan mencapai 10 billion pada pertengahan abad ini, ketahanan pangan global menjadi perhatian serius sejak beberapa tahun terakhir. Peningkatan produktivitas tanaman pertanian merupakan pendekatan yang berkelanjutan (*sustainable*) untuk pemenuhan kebutuhan pangan di masa datang. Diperkirakan setiap peningkatan temperatur udara sebesar 1°C akan mengakibatkan penurunan hasil panen di daerah tropis maupun subtropis sebesar 2.5–16% (Battisti dan Naylor, 2009).

Tanaman menanggapi dan beradaptasi pada cekaman lingkungan dengan memberikan respon jangka pendek untuk mencegah kerusakan yang parah atau dalam waktu panjang untuk adaptasi dan memperoleh toleransi terhadap cekaman. Tanaman memiliki kemampuan merubah metabolisme untuk meningkatkan kapasitas antioksidan. Salah satu reaksi tumbuhan apabila terpapar cekaman adalah terbentuknya *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang terdiri dari *radicals superoxide* (O_2^-), *hydroxyl* (OH^\cdot), *perhydroxyl* (HO_2^\cdot), *alkoxy* (RO), serta *non-radicals hydrogen peroxide* (H_2O_2) dan *singlet oxygen* (O_2). Kemampuan toleransi tanaman terhadap cekaman memerlukan aktivitas metabolisme yang kompleks terutama sintesis antioksidan dalam sel (El-mashad dan Mohamed, 2012).

Tanaman yang terpapar temperatur tinggi akan mengalami cekaman oksidatif (*oxidative stress*) dan kerusakan membran sel, akibatnya laju fotosintesis serta efisiensi transpirasi akan berkurang. Asam absisat akan naik konsentrasinya secara cepat pada tanaman yang terpapar cekaman temperatur tinggi (Larkindale *et al.*, 2005), *Heat-Shock Proteins* (HSPs) juga akan disintesis, selanjutnya jalur

pensinyalan dan aktivitas transkripsi akan diaktifkan untuk mengkoordinasi proses fisiologi dan biokimiawi melalui perubahan ekspresi gen sebagai tanggapan tanaman terhadap peningkatan temperatur. Asam absisat akan membantu tanaman menjadi toleran terhadap cekaman temperatur tinggi melalui peningkatan kapasitas antioksidan (Ul Haq *et al.*, 2019). Telah dilaporkan bahwa tanaman mutan yang mengalami defisiensi asam absisat akan mengalami gangguan dalam produksi H_2O_2 dan akibatnya tidak toleran pada cekaman temperatur tinggi. Aplikasi asam absisat akan memulihkan kemampuan tanaman untuk toleran pada cekaman temperatur tinggi (Larkindale dan Knight, 2002). Selain asam absisat, Ullah *et al.* (2012), melaporkan asam salisilat mampu memperbaiki atau mengameliiorasi efek merugikan akibat cekaman kekeringan pada tanaman kanola (*Brassica napus* L.) dan meningkatkan kualitas minyak kanola. Hal ini dikarenakan asam salisilat mampu mempertahankan kandungan air dalam sel melalui akumulasi prolin, selain itu klorofil juga terlindungi dari efek cekaman kekeringan.

Tanggapan tanaman terhadap cekaman biotik juga sudah banyak diteliti dan banyak informasi terbaru menunjukkan adanya peran asam salisilat, jasmonat dan etilen (Bari dan Jones, 2009). Tanaman *Arabidopsis* mutan yang mengalami defisiensi asam jasmonat sangat rentan terhadap cekaman insekta. Telah diketahui bahwa insekta yang memakan sehelai daun akan mengaktifkan tanggapan pertahanan pada keseluruhan tanaman. Respon sistemik ini memerlukan asam jasmonat sebagai sinyal yang tertranslokasi dari satu daun tersebut ke seluruh bagian tanaman yang lain.

Dalam kaitannya dengan upaya mitigasi perubahan iklim global, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan saat ini juga diupayakan dapat dikurangi agar struktur dan tingkat kesuburan

tanah dapat dipertahankan. Di rhizosfer ada beragam jenis mikroorganisme yang mampu mensintesis hormon dan memiliki peran dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme ini termasuk dalam *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Aplikasi PGPR diyakini bersifat ramah lingkungan serta mendukung pertanian berkelanjutan. Hal ini karena PGPR dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan mampu menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen (Gupta *et al.*, 2015).

Pimpinan sidang, hadirin dan pemirsa yang saya hormati

Kesimpulan

Dari uraian singkat tentang fitohormon dapat disimpulkan bahwa setiap tahapan dalam siklus hidup tanaman diatur oleh hormon. Setiap proses pertumbuhan dan perkembangan merefleksikan adanya interaksi beberapa hormon walaupun efek spesifik dari setiap hormon juga dapat diamati. Karena tanaman bersifat *sessile* maka tanaman akan *survive* melalui penyesuaian aktivitas biologi ketika terpapar cekaman biotik dan abiotik. Pada kondisi inipun hormon tumbuhan juga berperan dalam memodifikasi respon biologi untuk membentuk dan mempertahankan toleransi tanaman terhadap cekaman.

Kebutuhan dunia saat ini adalah produksi panen yang meningkat, kualitas hasil yang baik serta kesuburan tanah yang terpelihara untuk mendukung pertanian berkelanjutan dan pemenuhan kebutuhan pangan. Fitohormon memungkinkan tanaman untuk memiliki fleksibilitas dan tetap tumbuh dengan baik pada berbagai faktor lingkungan tumbuh yang berbeda seperti cahaya, temperatur, kelembaban, keberadaan patogen dan sebagainya. Jalur pensinyalan hormon yang berbeda berinteraksi satu dengan yang lain secara sinergis ataupun

antagonis untuk memodulasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Pemahaman tentang metabolisme hormon pada tanaman sangat penting untuk pengembangan pendekatan fisiologis, biokimia dan bioteknologi dalam rangka penanggulangan cekaman. Terlebih dengan adanya perubahan iklim global yang diprediksi akan menurunkan produktivitas tanaman, aplikasi hormon atau modifikasi kandungan hormon melalui teknologi mutasi atau transgenik dapat diterapkan untuk memperoleh tanaman yang mampu bertahan terhadap berbagai kondisi lingkungan dengan hasil serta kualitas nutrisi yang baik. Hal ini tentu akan mendukung ketersediaan pangan bagi umat manusia. Pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana informasi yang dibawa oleh hormon dapat diintegrasikan selama siklus hidup tanaman serta mekanisme molekuler yang mengatur sintesis hormon, pensinyalan serta aksi hormon masih perlu diteliti terutama terkait peran fitohormon dalam tanggapan tanaman yang mengalami perubahan iklim.

Walaupun *engineering* fitohormon sangat menjanjikan bagi ahli biologi tumbuhan namun masih panjang jalan yang harus ditempuh untuk memperoleh *phytohormone-engineered crops* (terutama padi, gandum dan jagung) yang stabil dan memberi hasil panen yang baik untuk pemenuhan kebutuhan pangan dunia. Untuk mencapai tujuan ini masih banyak penelitian diperlukan terutama mengenai tanggapan tanaman terhadap kombinasi cekaman di kondisi lapangan karena cekaman berbeda akan selalu ada secara simultan pada kondisi lapangan.

Pimpinan sidang, hadirin dan pemirsa yang saya hormati

Perkenankan saya pada kesempatan yang baik ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pemerintah Republik Indonesia khususnya Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi RI atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menjabat sebagai Guru Besar dalam bidang Fisiologi Tumbuhan di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada
2. Rektor, Dewan Guru Besar dan Senat Akademik Universitas Gadjah Mada, yang telah menyetujui dan mengusulkan diri saya untuk menduduki jabatan Guru Besar
3. Dekan, Wakil Dekan, Ketua Departemen Biologi Tropika dan Senat Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada yang telah menyetujui dan mengusulkan kenaikan pangkat saya
4. Tim Penilai Angka Kredit (PAK) tingkat Fakultas, Universitas dan Nasional yang telah menyetujui dan mengusulkan saya sebagai Guru Besar

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang mendalam juga saya sampaikan untuk para guru saya dari TK Tunas Kasih Magelang, SMP Negeri 1 Magelang, SMU Negeri 1 Magelang terutama guru mata pelajaran Biologi yang telah menginspirasi saya untuk menyukai belajar tentang tumbuhan. Terimakasih saya haturkan untuk para dosen dan senior di Fakultas Biologi UGM terutama pembimbing akademik yang juga menjadi dosen pembimbing seminar (Alm. Drs. Slamet Sunarto Harjosuwarno S.U.) dan pembimbing skripsi Prof. Emer. Santosa, yang sampai saat ini saya anggap sebagai orang tua saya juga. Dari beliau saya belajar untuk selalu mengerjakan yang terbaik dengan tekun dan atas bimbingan serta dukungan beliau juga saya bisa

menjadi dosen dan mencapai jenjang Guru Besar. Tidak lupa saya juga berterimakasih kepada ibu Dra. Sri Woelaningsih Santosa (Alm.) yang mengajarkan untuk selalu bersyukur atas apapun yang Tuhan berikan dalam kehidupan. Untuk pembimbing thesis Dr. R.K. Crowden dan Dr. John Ross di Dept. of Plant Science University of Tasmania, terimakasih telah memberi kesempatan pada saya untuk belajar tentang hormon dan analisis hormon. Selanjutnya saya juga sangat berterimakasih kepada pembimbing disertasi Dr. Peter. M. Chandler yang telah melatih saya untuk melakukan penelitian dengan cermat dan menulis dengan tepat sehingga setelah *submit* naskah disertasi, saya bersyukur pada Tuhan karena tidak perlu ada revisi sedikitpun. Keberhasilan saya dalam menyelesaikan studi doktoral di Australian National University juga tidak lepas dari bantuan *Co-Supervisors* yang handal yaitu Prof. Dr. Ulrike Mathesius dan Dr. Wolfgang Spielmeier.

Ucapan terimakasih saya sampaikan untuk para pembimbing *Short Course Seed Technology and Breeding* dan *Seed Potato Technology* di Wageningen University & Research, Netherland, juga kepada Prof. Elizabeth van Volkemburgh dari Biology Department, University of Washington, Seattle-USA atas ilmu yang dibagikan dan dapat diterapkan dalam kegiatan penelitian saya di Fakultas Biologi.

Kepada AusAid, Netherland Fellowship foundation, Fulbright Visiting Scholar, TWAS (The World Academy of Science), Badan Penerbit dan Publikasi UGM serta beberapa perusahaan lain di dalam negeri saya ucapkan terimakasih atas beasiswa, fasilitas penelitian dan bantuan finansial lain sehingga saya dapat memperluas wawasan dalam bidang ilmu yang saya tekuni. Dalam perjalanan panjang mengumpulkan kum bidang penelitian saya juga banyak mendapat dukungan dari para senior dan anggota tim peneliti di Pusat Studi Agroekologi dan Pusat

Studi Pengelolaan Sumber Daya Hayati, PAU-Bioteknologi dan INDI (*Indonesia Natural Dye Institute*), untuk itu saya ucapkan terimakasih. Tak lupa saya juga berterimakasih atas dukungan dari asosiasi petani dan petani individual yang terlibat dalam kegiatan penelitian yaitu Dieng Hortifarm, Hartowijaya Agrimandiri, Bpk. Sugiyanto-Kledung, Bpk. Watoro- Ngablak.

Ucapan terimakasih juga saya sampaikan untuk sejawat dosen dan tendik, terutama dari Laboratorium Fisiologi Tumbuhan atas kerjasama yang baik selama ini. Selain itu saya juga berterimakasih kepada mahasiswa dan alumni yang dengan sukarela atau sedikit terpaksa bekerjasama dengan saya dalam menyelesaikan skripsi, thesis ataupun disertasi. Dengan kerja keras saudara di laboratorium atau lapangan, diskusi dan revisi ketat, beberapa naskah hasil penelitian dapat diterbitkan sehingga akhirnya saya bisa menyampaikan pidato di mimbar yang terhormat ini. Saya berharap saudara dapat melanjutkan hal-hal yang saudara anggap baik yang saudara peroleh selama bekerjasama dengan saya dan mohon dimaklumi apabila saya selalu menerapkan standard tinggi dalam memberikan penilaian.

Ucapan terimakasih saya sampaikan juga untuk kedua orang tua saya (bpk. Leomoha N. Salim Alm. dan ibu Wartini Alm.) atas segala didikan disiplin, kasih sayang dan doa yang selalu diberikan sehingga saya bisa mencapai pendidikan tinggi. Demikian pula untuk ayah dan ibu mertua (bpk Amari Alm. dan ibu Djampi Alm.), adik saya (Joko Handoko N. Salim Alm. dan Joko Santoso N. Salim) berterimakasih atas kasih sayang dan dukungan doa yang selalu dipanjatkan untuk kesuksesan saya dalam bekerja. Penghargaan dan terimakasih juga saya sampaikan kepada bpk. Ong Kian Hoo dan ibu Tan Bie Gwat Alm. yang banyak membantu dalam kebutuhan finansial saat saya kuliah di Fakultas Biologi UGM.

Ungkapan terimakasih tak terhingga saya saya berikan untuk almarhum suami saya Ir. Setyantono MSc. atas kasih sayang dan kesetiaan yang diberikan semasa hidupnya, dan yang dengan sepenuh hati selalu mendukung serta mendorong saya dalam pengembangan karier sebagai dosen. Saya bersyukur berita gembira keluarnya SK Guru Besar dapat saya bisikkan ketika suami masih berjuang mendapatkan kesembuhan. Saya percaya suami saya ikut bersukacita saat ini di sorga. Kepada anak saya Devika Setyawati S. Farm. Apt. dan suaminya Arya Pradipta S.E. serta cucu Allesandra Crescencia, anak Immanuel Edi Nugroho S.Psi dan Elisabeth Ratna Dewi S.T.P beserta calon suami Kusuma Asditya S.Pd. saya ucapkan terimakasih atas segala pengertian, dukungan dan doanya sehingga saya tetap bersemangat menjalani hidup dan bekerja dengan baik.

Tidak lupa saya juga berterimakasih kepada Hasni Indriyani S.Si, bpk. Martono S.T., bpk. Surawan, Mbak Ida, Ibu Kenok dan Bpk. Anton yang banyak membantu dalam kelengkapan berkas dan proses pengurusan kenaikan pangkat. Terimakasih juga untuk bapak, ibu dan saudara yang tidak bisa saya sebut satu persatu, yang terlibat dalam persiapan dan pelaksanaan pidato ilmiah ini. Terimakasih kepada teman-teman yang mendukung dalam doa terutama Bpk. Pdt Dwi Edi Nugroho MTh., Bpk Pdt. Fendi Susanto STh., ibu Sulinah Saharun, ibu Deana Nilawati dan bpk. Rodolfo Bohorquez di Toronto serta teman-teman wilayah 5 GKJ Sarimulyo.

Kepada seluruh hadirin dan pemirsa yang terhormat, saya mengucapkan terimakasih atas perhatian dan kesabaran dalam mengikuti pidato pengukuhan ini. Saya mohon maaf bila ada ungkapan yang kurang berkenan. Puji syukur yang tak terhingga saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan perkenannya saya boleh berkiprah sebagai dosen dan mencapai jenjang Guru Besar. Gelar Guru Besar

memang sulit dicapai, namun saya tetap memohon pertolongan Tuhan melalui Roh Kudus agar tetap rendah hati karena sesungguhnya ilmu yang saya pahami adalah sangat-sangat kecil dibanding dengan luasnya ilmu yang ada. Dari ilmu fitohormon yang saya pelajari menunjukkan bahwa kekuasaan dan kebesaran Tuhan adalah tidak terhingga, secanggih apapun perkembangan ilmu, masih sangat sulit memahani proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara detail. Dari pemahaman tentang fitohormon saya juga belajar bahwa sekecil apapun talenta yang Tuhan percayakan pada kita harus digunakan dengan baik dan benar sehingga terjadi sinergi yang baik dengan sesama dan tercipta harmoni kehidupan yang menyenangkan. Akhirnya semoga Tuhan selalu melimpahkan berkat, anugerah dan bimbinganNya kepada kita semua. Amin. Terimakasih.

Wassalamualaikum wr.wb

Referensi

- Abdalla, N., N. Taha, Y. Bayoumi, H. El-Ramady and T. A. Shalaby. 2021. Pacllobutrazol Applications in Agriculture, Plant Tissue Cultures and Its Potential as Stress Ameliorant: A mini Review. *Environment, Biodiversity & Soil Security* 5: 245 – 257. DOI: 10.21608/jenvbs.2021.95536.1143
- Ashikari, M., H. Sakakibara, S. Lin, T. Yamamoto, T. Takashi, A. Nishimura, E.R. Angeles, Q. Qian, H. Kitano and M. Matsuoka. 2005. Cytokinin oxidase regulates rice grain production. *Science*. 309(5735):741-745. doi: 10.1126/science.1113373.
- Bari R., and J.D. Jones. 2009. Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant Molecular Biology* 69: 473–488 10.1007/s11103-008-9435-0
- Bartels, D. and R. Sunkar. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Review in Plant Science* 24 :23–58
- Battisti, D.S. and R.L. Naylor. 2009. Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented seasonal Heat. *Science* 323: 240-244. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1164363>
- Cui, W., Q. Song, B. Zuo, Q. Han and Z. Jia. 2020. Effects of Gibberellin (GA₄₊₇) in Grain Filling, Hormonal Behavior, and Antioxidants in High-Density Maize (*Zea mays* L.). *Plants* (Basel, Switzerland), 9(8):978. <https://doi.org/10.3390/plants9080978>
- Davies, P.J. 2010. The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. In: Davies, P.J. (eds) *Plant Hormones*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686-7_1

- Dewi, K. 2006. The role of gibberellins in early growth regulation and dormancy breakage in barley (*Hordeum vulgare* L. 'Himalaya'). Doctoral thesis. School of Biochemistry and Molecular Biology. Australian National University in Collaboration with CSIRO Plant Industry, Canberra. Pp. 272
- Dewi, K., R. Z. Agustina and F. Nurmalika. 2016. Effects of blue light and paclobutrazol on seed germination, vegetative growth and yield of black rice (*Oryza sativa* L. 'Cempo Ireng'). BIOTROPIA 23(2): 84 – 95 DOI: 10.11598/btb.2016.23.2.478
- Dolan, L. 1997. The role of ethylene in the development of plant form. Journal of Experimental Botany 48 (2): 201–210, <https://doi.org/10.1093/jxb/48.2.201>
- Ebrahimi, A., M. Z. Khajavi, S. Ahmadi, A. M. Mortazavian, A. Abdolshahi, S. Rafee, M. Farhoodi. 2021. Novel strategies to control ethylene in fruit and vegetables for extending their shelf life: A review. International Journal of Environmental Science and Technology <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03485-x>
- El-Mashad, A.A.A. and H.I. Mohamed. 2012. Brassinolide alleviates salt stress and increases antioxidant activity of cowpea plants (*Vigna sinensis*). Protoplasma 249: 625–635. <https://doi.org/10.1007/s00709-011-0300-7>
- Fresco, L.O. 2009. Challenges for food system adaptation today and tomorrow. Environmental Science & Policy 12, 378–385. doi:10.1016/j.envsc.2008.11.001
- Friml, J., J. Wiśniewska, E. Benková, K. Mendgen and K. Palme K.2002. Lateral relocation of auxin efflux regulator PIN3 mediates tropism in Arabidopsis. Nature 415(6873):806-9. doi: 10.1038/415806a.
- Giovannoni JJ. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. Plant Cell 16 (Suppl): S170–S180
- Gupta, G., S.S. Parihar, N.K. Ahirwar, S.K. Snehi and V. Singh. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. Journal of Microbial & Biochemical Technology 7: 096–102. DOI: 10.4172/1948-5948.1000188
- Haubrick, L. L. and S.M. Assmann. 2006. Brassinosteroids and plant function: Some clues, more puzzles. Plant, Cell and Environment, 29(3), 446-457. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01481.x>
- Hedden, P. and A.L. Phillips. 2000. Manipulation of hormone biosynthetic genes in transgenic plants. Current Opinion in Biotechnology 11: 130-137
- Hedden, P. and V.A. Sponsel. 2015. A Century of Gibberellin Research. Journal of Plant Growth Regulation 34(4):740-60. doi: 10.1007/s00344-015-9546-1
- Huang, L.-J., J. Lu, Y. Wang and N. Li. 2021. From Green Revolution to Green Balance: The Nitrogen and Gibberellin Mediated Rice Tiller Growth, Plant Signaling & Behavior, 16:7, 1917838, DOI: 10.1080/15592324.2021.1917838
- Huang H., B. Liu, L. Liu and S. Song. 2017. Jasmonate action in plant growth and development. <https://www.researchgate.net/journal/Journal-of-Experimental-Botany-1460-2431>. DOI: 10.1093/jxb/erw495
- Huber, S.C. 2011. Grand challenges in plant physiology: the underpinning of translational research. Frontier in Plant Science 2:48. doi: 10.3389/fpls.2011.00048
- Kieber, J.J. and G.E. Schaller. 2018. Cytokinin signaling in plant development. Development 145(4): dev149344. doi: 10.1242/dev.149344.
- Kieber, J. J. and G.E. Schaller. 2014. Cytokinins. In The Arabidopsis Book (pp. 12– 47). American Society of Plant Biologists. <https://doi.org/10.1199/tab.0168>
- Kutschera, U. and Z.Y. Wang. 2012. Brassinosteroid action in flowering plants: a Darwinian perspective. Journal of experimental botany, 63(10): 3511–3522. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers065>

- Larkindale, J., J.D. Hall, M.R. Knight and E. Vierling. 2005. Heat stress phenotypes of Arabidopsis mutants implicate multiple signaling pathways in the acquisition of thermotolerance. *Plant Physiology* 138: 882–897. doi: 10.1104/pp.105.062257
- Larkindale, J. and M. R. Knight. 2002. Protection against Heat Stress-Induced Oxidative Damage in Arabidopsis Involves Calcium, Abscisic Acid, Ethylene, and Salicylic Acid. *Plant Physiology* 128: 682–695. doi/10.1104/pp.010320
- Lelièvre J.M, A. Latchè, B. Jones, M. Bouzayen and J.C. Pech. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 101: 727–739
- Liu, S., X. Zhang, Y. Zhang, Y. Li and Z. Zhu. 2020. Forced flowering of pineapple (*Ananas comosus* cv. Tainon (16) in response to ethephon with or without calcium IOP Conf. Ser.: Earth Environmental Science 461 012015doi:10.1088/1755-1315/461/1/0120
- Maruri-López, I., N.Y. Aviles-Baltazar, A. Buchala and M. Serrano. 2019. Intra and Extracellular Journey of the Phytohormone Salicylic Acid. *Frontiers in Plant Science* 10:423. doi: 10.3389/fpls.2019.00423.
- Mehrotra, R., P. Bhalothia, P. Bansal, M.K. Basantani, V. Bharti and S. Mehrotra. 2014. Abscisic acid and abiotic stress tolerance - different tiers of regulation. *Journal of Plant Physiology* 171(7):486-96. doi: 10.1016/j.jplph.2013.12.007.
- Monna, L., N. Kitazawa, R. Yoshino, J. Suzuki, H. Masuda, Y. Maehara, M. Tanji, M. Sato, S. Nasu and Y. Minobe. 2002. Positional cloning of rice semidwarfing gene, sd-1: rice “green revolution gene” encodes a mutant enzyme involved in gibberellin synthesis. *DNA Research* 9: 11–17
- Mroue, S., A. Simeunovic and H.S. Robert. 2018. Auxin production as an integrator of environmental cues for developmental growth regulation. *Journal of Experimental Botany* 69: 201–212.
- Nambara, E., M. Okamoto, K. Tatematsu, R. Yano, M. Seo and Y. Kamiya. 2010. Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. *Seed Science Research* 20: 55–67. doi: 10.1017/s0960258510000012
- Ng L.M., K. Melcher, B.T. Teh and H.E. Xu. 2014. Abscisic acid perception and signaling: structural mechanisms and applications. *Acta Pharmacologica* 35(5):567-84. doi: 10.1038/aps.2014.5.
- Pandey, A., M. Sharma and G.K. Pandey. 2016. Corrigendum: Emerging Roles of Strigolactones in Plant Responses to Stress and Development. *Frontiers in Plant Science* 7:860. doi: 10.3389/fpls.2016.00860
- Peleg, Z. and E. Blumwald. 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology* 14: 290–295.
- Peng, J., D.E. Richards, N.M. Hartley, G.P. Murphy, K.M. Devos, J.E. Flintham, J. Beales, L.J. Fish, A.J. Worland, F. Pelica, D. Sudhakar, P. Christou, J.W. Snape, M.D. Gale and N.P. Harberd. 1999. 'Green revolution' genes encode mutant gibberellin response modulators. *Nature* 400(6741):256-61. doi: 10.1038/22307. PMID: 10421366.
- Peterson, M.A., S.A. McMaster, D.E. Riechers, J. Kelston and P.W. Shalman. 2016. 2,4-D past, present, and future: a review. *Weed Technology* 30:303–345
- Planas-Riverola, A., A.Gupta, I. Betegón-Putze, N. Bosch, M. Ibañes and A.I. Caño-Delgado. 2019. Brassinosteroid signaling in plant development and adaptation to stress. *Development* 146(5): dev151894. doi: 10.1242/dev.151894.
- Rademacher, W. 2015. Plant Growth Regulators: Backgrounds and Uses in Plant Production. *Journal of Plant Growth Regulation* 34: 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
- Raskin, I. 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. *Annual Review of Plant Biology* 43: 439- 463. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pp.43.060192.002255>

- Rivas-San Vicente, M. and J. Plasencia. 2011. Salicylic Acid beyond Defence: Its Role in Plant Growth and Development. *Journal of Experimental Botany* 62: 3321-3338.
<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/err031>
- Rohmawati, T. and K. Dewi. 2019. Effect of Methyl Jasmonate on Vegetative Growth and Formation of Potato Tuber (*Solanum tuberosum* L. var. Granola). *Biogenesis* 7 (1): 24-29. DOI <https://doi.org/10.24252/bio.v7i1.5112>
- Sakamoto, T., Y. Morinaka, T. Ohnishi, H. Sunohara, S. Fujioka, M. Ueguchi-Tanaka, M. Mizutani, K. Sakata, S. Takatsuto, S. Yoshida, H. Tanaka, H. Kitano and M. Matsuoka. 2005. Erect leaves caused by brassinosteroid deficiency increase biomass production and grain yield in rice. *Nature Biotechnology* 24: 105–109
<https://doi.org/10.1038/nbt1173>
- Santner, A., L.I. Calderon-Villalobos and M. Estelle. 2009. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chemical Biolog.* 5(5):301-7. doi: 10.1038/nchembio.165.
- Sasaki, A., M. Ashikari, M. Ueguchi-Tanaka, H. Itoh, A. Nishimura, D. Swapan, K. Ishiyama, T. Saito, M. Kobayashi, G.S. Khush, H. Kitano and M. Matsuoka. 2002. Green revolution: a mutant gibberellin-synthesis gene in rice. *Nature* 416: 701–702
- Shyfa, C.B.A. and K. Dewi. 2021. Growth, Oxalate and Vitamin C Content of Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) Treated with Salicylic Acid. *HAYATI Journal of Biosciences* 28(1): 23. <https://doi.org/10.4308/hjb.28.1.23>
- Smekenov, I., S. Alybayev, T. Ayupov , G. Rakhmatullaeva and A. Bissenbaev. 2020. A polyclonal antibody against a recombinantly expressed *Triticum aestivum* RHT-D1A protein. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 18:52
<https://doi.org/10.1186/s43141-020-00072-4>
- Spielmeier, W., M. H. Ellis and P. M. Chandler. 2002. Semidwarf (sd-1), “green revolution” rice, contains a defective gibberellin 20-oxidase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (13): 9043-9048 <https://doi.org/10.1073/pnas.132266399>
- Staswick, P.E. 2009. The Tryptophan Conjugates of Jasmonic and Indole-3-Acetic Acids Are Endogenous Auxin Inhibitors. *Plant Physiology* 150 (3): 1310–1321,
<https://doi.org/10.1104/pp.109.138529>
- Stearns, J.C. and B. R. Glick. 2003. Transgenic plants with altered ethylene biosynthesis Perception. *Biotechnology Advances* 21: 193 – 210
- Takahashi, F. and K. Shinozaki. 2019. Long-distance signaling in plant stress response. *Current Opinion in Plant Biology* 47: 106–111. doi: 10.1016/j.pbi.2018.10.006
- Turnbull, C.G.N. 1999. Plant hormones: chemical signalling in plant development, *Plants in Action: Adaptation in Nature, Performance in Cultivation*, Editors: Atwell, Kriedemann, Turnbull, Melbourne, Publisher: Macmillan, Pages: 284-305, ISBN: 9780732944391
- Ul Haq, S., A. Khan, M. Ali, A.M. Khattak, W-X. Gai, H-X. Zhang, A-M. Wei and Z-H Gong. 2019. Heat shock proteins: dynamic biomolecules to counter plant biotic and abiotic stresses. *International Journal of Molecular Science* 20:5321.
 doi: 10.3390/ijms20215321
- Ullah, F., A. Bano and A. Nosheen. 2012. Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Botany* 44:1873–1880.
- Wang, Y.H. and H.R. Irving. 2011. Developing a model of plant hormone interactions, *Plant Signaling & Behavior*, 6:4, 494-500, DOI: 10.4161/psb.6.4.14558

- Wani, S.H., V. Kumar, V. Shriram and S.K. Shah. 2016. Plant hormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. *Crops Journal* 4:162–176 <https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.01.010>
- Went, F.W. 1942. Growth, Auxin, and Tropisms in Decapitated Avena Coleoptiles. *Plant Physiology* 7 (2): 236–249. <https://doi.org/10.1104/pp.17.2.236>
- Werner, T. and T. Schmülling. 2009. Cytokinin action in plant development. *Current Opinion in Plant Biology* 12(5):527-38. doi: 10.1016/j.pbi.2009.07.002.
- Williams, M.E. 2011. Introduction to Phytohormones. Teaching Tools in Plant Biology: Lecture Notes. *The Plant Cell* (online), doi/10.1105/tpc.110.tt0310.
- Xia, X., H. Dong, Y. Yin, X. Song, X. Gua, K. Sang, J. Zhou, K. Shia, Y. Zhou, C. H. Foyer and J. Yu. 2021. Brassinosteroid signaling integrates multiple pathways to release apical dominance in tomato. *Proceeding National Academy of Science* 118(11). e2004384118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004384118>
- Yeh, S. Y., H.W. Chen, C.Y. Ng, C.Y. Lin, T.H. Tseng, W.H. Li and M.S. Ku. 2015. Down-Regulation of Cytokinin Oxidase 2 Expression Increases Tiller Number and Improves Rice Yield. *Rice* (New York, N.Y.), 8(1): 36. <https://doi.org/10.1186/s12284-015-0070-5>
- Zheng, Z., X. Xu, R.A. Crosley, S.A. Greenwalt, Y. Sun, B. Blakeslee, L. Wang, W. Ni. M.S. Sopko, C. Yao, K. Yau, S. Burton, M. Zhuang, D.G. Mc Caskill, D. Gachotte, M. Thompson and T.W. Greene. 2010. The protein kinase SnRK2.6 mediates the regulation of sucrose metabolism and plant growth in Arabidopsis. *Plant physiology*, 153(1), 99–113. <https://doi.org/10.1104/pp.109.150789>
- Zhu, J-K. 2016. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. *Cell* 167: 315 – 324. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi



Nama Lengkap	Prof. Dr. Kumala Dewi MSc.St.
Tempat & Tgl lahir	Magelang, 8 April 1966
NIP/NIDN	196604081995122001/0008046606
Agama	Kristen Protestan
Gol/Pangkat	IVc / Pembina Utama Muda
Jabatan	Guru Besar
Alamat Rumah	Jl. Cindelaras No 40C RT 07 RW05 Kepuhsari, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55282
Alamat Kantor	Fakultas Biologi UGM, Jl. Teknika Selatan, Yogyakarta 55281
Alamat E-mail	kumala.dewi@ugm.ac.id

Keluarga

Suami : Ir. Setyantono MSc. (Almarhum)
 Anak : Devika Setyawati S. Farm. Apt.
 Immanuel Edi Nugroho S. Psi.
 Elisabeth Ratna Dewi S.T.P.
 Hanna Puspa Dewi (Almarhum)

Menantu : Arya Pradipta S.E. dan Kusuma Asditya S.Pd.
Cucu : Allesandra Cressencia

Pendidikan

SD : SD Kristen Ondonesia , Magelang (1977)
SMP : SMP Negeri 1 Magelang (1981)
SMU : SMU Negeri 1 Magelang (1984)
S1 : Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta
S2 : Plant Science Dept. Univerity of Tasmania, Australia (1993)
S3 : School of Biochemistry and Molecular Biology, Australian National University (2006)

Riwayat Pekerjaan

1995 sd sekarang : Dosen Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada
1994 – 1995 : Bilingual secretary at D.H.V Consultant Bv, Yogyakarta
1989 – 1990 : Head of Laboratory PT Suri Tani Pemuka, Tangerang

Publikasi

Rohmah, L.A., D. Latifah, F.F. Wardani, A.H. Widjaya and K. Dewi. 2022. Effect of Cryoprotectans and Cryopreservation on Physiological and Some Biochemical Changes of *Hopea odorata* Roxb. Seed. Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology 7(1): 67360. DOI: 10.22146/jtbb.67360
Shyfa, C. B.A. and K. Dewi. 2021. Growth, Oxalate and Vitamin C Content of Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) Treated with Salicylic Acid. Hayati Journal of Bioscience 28(1) : 23 - 30
Fitri L. and K.Dewi. 2020. Effects of humic acid on vegetative growth, yield, oxalic acid and betacyanin content of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). AIP Conference Proceeding 2260, 030011
Triana. R. dan K. Dewi. 2019. Effect of Methyl Jasmonate on Vegetative Growth and Formation of Potato Tuber (*Solanum tuberosum* L.var. Granola). Biogenesis 7(1): 24-29
Saptiningsih, E., K. Dewi, Santosa and Y. A. Purwestri. 2018. Clonal integration of the invasive plant *Wedelia trilobata* (L.) Hitch in stress of flooding type combination. International Journal of Plant Biology 9(1): 22 - 39
Habibah, N.A., S.Moelyopawiro, K. Dewi and A. Indrianto. 2017. Flavonoid Production, Growth and Differentiation of *Stelechocarpus burahol* (Bl.) F. and Th. Cell Suspension Culture. Pakistan Journal of Biological Sciences 20(4) : 197 – 203
Suyitno, A., A.Purwantoro, K. Dewi and E. Semiarti. 2017. Improvement of genetic variability in seedlings of *Spathoglottis plicata* orchids through X-ray irradiation. BIODIVERSITAS 18(1): 20-27
Dewi, K., R.Z. Agustina and F. Nurmalika. 2017. Effects of blue light and paclobutrazol on seed germination, vegetative growth and yield of black rice (*Oryza sativa* L. 'Cempo Ireng'). Biotropia 23(2): 84 – 95

Pengabdian kepada masyarakat

- 2022: Peningkatan produktivitas, *penanaman Indigofera tinctoria* sebagai bahan baku pewarna alami di desa Pacarejo, Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta
- 2022: Narasumber dalam Acara Sarasehan “BELAJAR & TUMBUH: Jagung” untuk Anggota Kelompok Tani HARTOWIJAYA AGRI MANDIRI Dusun Blotan, Desa Wedomartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Yogyakarta
- 2021: Budidaya tanaman indigofera pada Gapoktan Pacarejo, Semanu, Gunung Kidul
- 2020: Narasumber sarasehan on-line “Manajemen Produk Primer dan Pemanfaatan Produk Turunan Jeruk untuk Meningkatkan Imunitas Tubuh di Era New Normal”
- 2019: Pelatihan Analisis Fitokimia dan Fisiologi Tumbuhan Dasar
- 2018: Peran Serta Masyarakat Dalam Pengendalian Berkelanjutan Hama Kubis di Desa Ngablak, Kecamatan Ngablak, Kab. Magelang

