

INDUKSI PEMBUNGAAN UNTUK MENGENDALIKAN FLUKTUASI HASIL PADA TANAMAN CENGKEH

Hera Nurhayati dan Ireng Darwati

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jl. Tentara Pelajar no. 3, Cimanggu, Bogor
email: heranurhayati74@gmail.com

ABSTRAK

Proses pembungaan pada tanaman tahunan telah banyak dipelajari tetapi hanya sedikit literatur yang mempelajari pembungaan pada cengkeh dan cara untuk menanggulangi fluktuasi hasil yang merupakan salahsatu kendala dalam budidaya cengkeh. Fluktuasi hasil pada cengkeh menyebabkan adanya panen besar dan panen kecil yang perbedaannya dapat mencapai 60%. Fluktuasi pembungaan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu faktor ekologi, faktor genetik dan faktor fisiologi. Ekologi yang tidak mendukung saat pembungaan dapat menyebabkan perubahan inisiasi bunga ke daun. Faktor genetik pada umumnya berasal dari pohon induk, tetapi faktor genetik juga bisa dipengaruhi oleh lingkungan dan fisiologi terutama yang berhubungan dengan gen pembungaan. Faktor fisiologi dapat disebabkan oleh kandungan nutrisi dan zat pengatur tumbuh yang diperlukan saat pembungaan tidak memenuhi kebutuhan. Secara fisiologi, masalah pembungaan dapat ditanggulangi dengan cara aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) atau zat penghambat tumbuh sehingga rasio zat pengatur tumbuh yang diperlukan untuk pembungaan dapat ditingkatkan. Stimulasi pembungaan dengan pemupukan dapat meningkatkan nutrisi yang diperlukan untuk induksi inisiasi pembungaan.

Kata kunci : *Syzygium aromaticum*, fisiologis, pembungaan.

PENDAHULUAN

Tanaman cengkeh merupakan tanaman penghasil devisa di Indonesia. Masalah utama yang dihadapi pada budidaya cengkeh diantaranya adalah fluktuasi hasil yang berlangsung tiap 2-4 tahun (Bailetto, 2014). Fluktuasi hasil berkaitan erat dengan pembungaan. Seperti tanaman tahunan lainnya, ada tiga faktor yang mempengaruhi pembungaan pada tanaman cengkeh yaitu faktor genetik, fisiologi dan ekologi. Faktor genetik meliputi rekayasa varietas unggul dan manipulasi gen pembungaan. Fenner (1998) melaporkan bahwa waktu pembungaan dipengaruhi oleh faktor genetik. Kelemahan dari modifikasi faktor genetik adalah memerlukan waktu yang lama untuk menunjukkan hasil yang nyata.

Faktor ekologi yang mempengaruhi pembungaan meliputi intensitas cahaya, panjang hari dan ambien temperature siang dan malam hari, tetapi faktor ekologi sulit untuk dikendalikan. Pada beberapa kasus, iklim merupakan *best predictor* untuk waktu pembungaan (Diekmann 1996; White 1995). Pembungaan merupakan respon fisiologis tanaman terhadap tanda-tanda iklim yang spesifik misalnya suhu, panjang hari, stres lingkungan (Bernier *et al.*, 1981). Pembungaan merupakan hasil aktivitas dari tiga organ utama tumbuhan yaitu daun, batang dan akar. Kandungan bahan aktif/metabolit pada daun dipengaruhi oleh panjang hari dan akan menentukan waktu awal pembungaan. Metabolit yang terdapat pada tunas apikal di batang mempengaruhi kecepatan pembungaan, dapat merangsang atau menghambat pembungaan (Chailakyan, 1968). Pada tanaman yang tumbuh di iklim tropis basah, pembungaan berhubungan dengan intensitas cahaya (Wright dan Van Schaik, 1994).

Proses fisiologi tanaman yang berkaitan dengan pembungaan meliputi beberapa faktor diantaranya ketersediaan nutrisi untuk tanaman, zat pengatur tumbuh (ZPT) dan umur fisiologi tanaman (Thangaselvabai, 2010). Manajemen hara dan aplikasi ZPT merupakan salahsatu cara

untuk menginduksi pembungaan pada tanaman tahunan termasuk cengkeh. Meilan (1997) melaporkan beberapa teknik untuk menginduksi pembungaan yang umum dilakukan pada tanaman tahunan adalah (1) aplikasi fitohormon seperti giberelin, sitokinin, asam absisik, etilen dan auksin, (2) aplikasi penghambat tumbuh yaitu paclobutrazol, uniconazole, daminozide dan chlormequat (3) hambatan fisik seperti *girdling*, *root restriction* dan *shoot training*, (4) budidaya meliputi pengaturan fotoperiodisitas, manajemen hara, pengaturan kelembaban dan suhu, (5) grafting dan (6) transformasi/modifikasi gen pembungaan. Secara umum Bangerth (2009) merangkum faktor-faktor yang mempengaruhi pembungaan pada tanaman tahunan (Tabel 1). Pada makalah ini, diskusi akan lebih ditekankan pada peranan ZPT dan penghambat tumbuh serta peranan hara dalam menginduksi pembungaan yang dapat diaplikasikan untuk menginduksi pembungaan pada cengkeh.

Tabel 1. Faktor-faktor yang menginduksi pembungaan pada tanaman tahunan

Faktor eksogen	: Temperatur rendah (tanaman subtropis) (+); intensitas cahaya tinggi (tanaman buah di daerah temperate) (+); stres air (beberapa tanaman tropis) (+); ketersediaan karbohidrat yang cukup (+); sintesis dan transpor hormon ke jaringan meristem (-/+)
Faktor endogen	: Produksi buah yang tinggi (-); pertumbuhan vegetatif (konsentrasi giberelin tinggi) (-); jenis batang bawah (kuat/lemah) (-/+); posisi mata tunas (dapat diakses dengan mudah/tidak oleh hormon penginduksi pembungaan) (+/-)
Faktor budidaya	: Ketersediaan hara optimal, terutama N (+); <i>fruit thinning</i> (+); hambatan fisik (<i>girdling</i> , <i>scoring</i> , <i>shoot bending</i> , <i>root pruning</i> , <i>shoot pruning</i>) (+);
Hormon yang berfungsi sebagai <i>Long Distant Signal</i>	Giberelin (-); auksin (-); sitokinin (+), etilen (+)
Keterangan : + = menginduksi pembungaan; - = menghambat pembungaan	

Sumber : Bangerth (2009)

PERANAN FITOHORMON DALAM PEMBUNGAAN

Fase vegetatif biasanya diawali dengan pertumbuhan yang cepat, kemudian melambat saat memasuki fase generatif. Oleh karena itu, aplikasi zat penghambat tumbuh telah terbukti dapat memacu pembungaan pada tanaman dewasa (Meilan, 1997). Beberapa ZPT yang berperan dalam proses pembungaan diantaranya adalah giberelin, sitokinin, etilen, asam salisilat dan asam absisik (Tabel 2). Sintesis, degradasi dan peran dari fitohormon dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti panjang hari, suhu, ketersediaan air dan hara (Engels *et al.*, 2012).

Sitokinin menekan apikal dominan yang dipicu auksin dan menunda senesens daun (Engels *et al.*, 2012). Peran sitokinin sangat dipengaruhi pemupukan. N memiliki peranan yang sangat penting dalam pertumbuhan akar sekaligus menghasilkan dan mengekspor sitokinin menuju tunas (Argueso *et al.*, 2009). Sintesis dan transport sitokinin juga dipengaruhi oleh ketersediaan P, S dan K (Hirose *et al.*, 2008). Ekspresi gen yang mengatur biosintesis sitokinin di akar akan terhambat apabila terjadi defisiensi nitrat, sulfat dan fosfat. Pada ketersediaan hara rendah, sitokinin justru akan menghambat pertumbuhan tanaman (Engels *et al.*, 2012). Auksin dan sitokinin memiliki peran penting dalam menginduksi pembungaan karena diperlukan dalam pertumbuhan dan pembentukan organ-organ pembungaan (Horvath, 2009).

Tabel 2. Biosintesis dan pengaruh utama fitohormon

Auksin	
Prekursor	: derivat utama dari asam amino tryptophan
Tempat biosintesis	: Meristem, jaringan muda, meristem apikal dan daun muda (dikotil), ditransportasikan secara basipetal dari sel ke sel, sebagian ditransportasikan melalui floem,
Pengaruh	: Memicu pembelahan dan pembesaran sel, apikal dominan, pembentukan akar adventif
Antagonis/inhibitor	: ABA, coumarins, TIBA, 2,4-D, NAA dan auksin sintetis lainnya
Sitokinin	
Prekursor	: Derivat dari purin
Tempat biosintesis	: Terutama di meristem akar, meristem tunas dan embrio, ditransportasikan melalui xylem dari akar ke tunas
Pengaruh	: Memicu pembelahan dan pembesaran sel, mendorong pembentukan RNA dan sintesis protein, menghambat apikal dominan dan menunda senescens
Giberelin	
Prekursor	: Hemiterpenes dan gibberane dari karbon
Tempat biosintesis	: Biji dan jaringan tanaman yang sedang berkembang
Pengaruh	: Menginduksi pembesaran sel, memicu aktivitas enzim, menstimulir pemanjangan tunas, menunda senescens daun dan buah, memecah dormansi tunas dan biji, menginduksi pembungaan
Antagonis/inhibitor	: Chlorocholine chloride (CCC), ancymidol, triazoles
Asam absisik	
Prekursor	: Karotenoid (violaxanthin dan neoxanthin)
Tempat biosintesis	: Jaringan di tunas dan akar yang telah terdiferensiasi sempurna
Pengaruh	: Menghambat pembesaran sel, memicu penutupan stomata, memicu absisi daun dan buah, menginduksi dormansi pada biji dan tunas
Antagonis/inhibitor	: Auksin, sitokinin, giberelin, fusicoccin
Etilen	
Prekursor	: Methionine
Tempat biosintesis	: Jaringan dan organ tanaman
Pengaruh	: Memicu perkecambahan benih, akar rambut, aerenkim akar, pembungaan, pematangan dan senescens; sebagai respon ketahanan dari serangan hama dan penyakit
Antagonis/inhibitor	: Co, Ag, polyamines
Asam jasmonat	
Prekursor	: Asam linolenic
Tempat biosintesis	: Akar, tunas dan buah
Pengaruh	: Menghambat perkecambahan benih, pertumbuhan akar dan tunas; merangsang senescens daun, pematangan buah dan pembentukan umbi, menginduksi pertahanan terhadap hama dan penyakit
Antagonis/inhibitor	: sitokinin
Asam salisilat	
Prekursor	: Phenylalanine
Tempat biosintesis	: Semua jaringan tanaman
Pengaruh	: Menghambat senescens daun, menginduksi pembungaan, menginduksi pertahanan terhadap hama dan penyakit
Brassinosteroid	
Prekursor	: Isopentyl diphosphate
Tempat biosintesis	: Serbuk sari, biji, jaringan vegetatif
Pengaruh	: Memicu pemanjangan batang dan apikal dominan, mencegah absisi daun, meningkatkan ketahanan terhadap stres
Antagonis/inhibitor	: Brassinazole
Polyamines	
Prekursor	: Arginine and ornithine
Tempat biosintesis	: Terdapat dalam semua jaringan tanaman
Pengaruh	: Merangsang pembelahan sel, sintesis DNA, RNA dan protein, pembentukan akar, embriogenesis, pembentukan bunga, pematangan buah dan pembentukan umbi; menunda senescens daun

Sumber : Engels *et al.* (2012)

ZAT PENGHAMBAT TUMBUH

Zat penghambat tumbuh adalah senyawa kimia sintetik yang diaplikasikan untuk menghambat pertumbuhan tunas tanpa menyebabkan keracunan pada tanaman. Cara kerja dari zat penghambat tumbuh adalah dengan menghambat pemanjangan sel dan juga mengurangi kecepatan pemanjangan sel. Zat ini merupakan antagonis dari giberelin dan auksin (Rademacher, 2000).

Paclobutrazol

Paclobutrazol merupakan turunan dari triazol yang dapat menekan pembentukan giberelin sehingga pertumbuhan vegetatif terhambat dan menginduksi pertumbuhan generatif. Selain itu pemberian paclobutrazol dapat meningkatkan kandungan klorofil, protein terlarut dan unsur mineral daun (Jungklang dan Saengnil, 2012).

Hasil penelitian Martin dan Dabek (1987), menunjukkan bahwa pemberian paclobutrazol tiga kali berturut-turut masing-masing sebanyak 1,2 ; 2,0 dan 2,5 g pada tanaman cengkeh umur 9 tahun dapat meningkatkan jumlah bunga dan hasil bunga basah sebesar 216,67% dibandingkan dengan kontrol. Handiman (1989) melaporkan bahwa pemberian paclobutrazol pada tanaman cengkeh jenis Zanzibar umur 7 tahun dengan dosis sebanyak 20 ml Cultar/l air/pohon dapat meningkatkan bobot bunga kering sebesar 547,22% dibandingkan dengan kontrol. Moningga *et al.* (2012) melaporkan aplikasi paclobutrazol 1,5-2,5 g/pohon dapat meningkatkan kandungan klorofil a dan b, bobot kering bunga per pohon pada tanaman cengkeh umur 8 tahun. Aplikasi paclobutrazol dapat mengurangi laju fotosintesis dan respirasi pada *Syzygium myrtifolium* (Roseli *et al.*, 2012).

Paclobutrazol dapat merangsang kandungan fenol total pada tunas terminal dan menghambat ratio floem/xylem pada batang, sehingga mempengaruhi pertumbuhan vegetatif dan merangsang pembungaan dengan menghambat transpor asimilat dan hara untuk pertumbuhan vegetatif (Kurian dan Iyer, 1992). Pemberian paclobutrazol juga dapat mempengaruhi reaksi biokimia dalam tanaman sehingga dapat meningkatkan kandungan klorofil (Banon *et al.*, 2003).

Auksin dan paclobutrazol mempengaruhi biosintesis dan menghambat fungsi giberelin dalam pemanjangan sel tanaman termasuk tembakau dan kacang polong (Udendi *et al.*, 2013). Paclobutrazol berfungsi untuk menghambat proses oksidatif pada prekursor giberelin (Hedden dan Graebe, 1985). Pemberian paclobutrazol pada tanaman durian meningkatkan kandungan kinetin (Sakhidin dan Suparto 2011). Kinetin merangsang pembentukan tunas pada pembungaan sehingga meningkatkan jumlah bakal bunga (Dasumiati *et al.*, 2014).

Uniconazole

Uniconazole juga merupakan turunan dari triazole seperti paclobutrazol. Aplikasi uniconazole terbukti dapat menginduksi pembungaan pada tanaman apel (Zhang *et al.*, 2007), menghambat pertumbuhan pada pohon cherry, sedangkan pada dosis yang lebih rendah efektif menghambat pertumbuhan pir dan menginduksi pembungaan (Cobianchi, 1989). Uniconazole mempercepat transisi dari fase juvenil ke masa dewasa dengan menghambat biosintesis giberelin (Zhang *et al.*, 2007). Nave *et al.* (2010) melaporkan penggunaan Uniconazole dapat menginduksi pembungaan pada *Passiflora edulis* dengan menghambat biosintesis giberelin baik pada perlakuan hari pendek maupun hari panjang, walaupun pada perlakuan hari pendek, bunga tidak mencapai anthesis.

Daminozide

Daminozide merupakan zat penghambat tumbuh yang pertama kali digunakan untuk mengontrol pertumbuhan tunas pada pohon buah-buahan, tetapi dosis yang diperlukan sangat tinggi sehingga kurang efektif. Dosis yang digunakan untuk meningkatkan jumlah bunga pada apel

adalah 1000 ppm Alar (Luckwill dan Silva, 1979), sedangkan untuk menginduksi pembungaan pada aspen diperlukan 5000-10000 ppm Alar (Meilan, 1997).

Chlormequat

Chlormequat termasuk dalam kelompok "onium", yaitu salahsatu dari empat kelompok yang menghambat biosintesis giberelin (Rademacher, 2000). Aplikasi Chlormequat dilaporkan dapat menginduksi pembungaan pada pohon birch yang diberi perlakuan *girdling* (Zimmerman *et al.*, 1985). Selain itu aplikasi Chlormequat pada benih tanaman *Salix pentandra* asal setek dapat merangsang pembungaan (Junttila, 1980). Aplikasi CCC pada anggur dilaporkan meningkatkan kadar sitokinin yang akan merangsang pembungaan (Skene, 1970).

MANAJEMEN HARA

Nutrisi merupakan sumber energi untuk mengubah fotosintat menjadi jaringan non fotosintetik dan nektar. Kebutuhan nutrisi pada cengkeh adalah $K > N > Ca > Mg > S > Mn > P > Fe > Cu > B > Zn$ (Nazeem, 1989 dalam Thangaselvabai *et al.*, 2010). Nutrisi memainkan peranan penting dalam mengatur pembentukan "sink", sehingga berpengaruh terhadap pembungaan, penyerbukan, pembentukan umbi juga mengatur proses penyimpanan fotosintat dalam organ "sink". Hara juga berpengaruh terhadap konsentrasi fitohormon endogen dan pada akhirnya mengatur hubungan "sink-source". Pengaruh ketersediaan hara pada pembentukan bunga terjadi akibat dari perubahan konsentrasi fitohormon. Status hara juga mempengaruhi inisiasi bunga dan biji melalui peningkatan ketersediaan hara selama periode kritis pada fase reproduktif (Corbesier *et al.*, 1998; Arisnabarreta dan Miralles, 2010). Selain itu, ketersediaan hara juga mempengaruhi sintesis dan aksi dari fitohormon. Defisiensi hara berpengaruh pertumbuhan tanaman dan produksi melalui pengaruhnya pada konsentrasi fitohormon di dalam tanaman (Engels *et al.*, 2012).

Nitrogen

Pada tanaman tahunan seperti apel, pembentukan bunga lebih dipengaruhi waktu aplikasi dan bentuk/jenis pupuk N daripada dosis. Dibandingkan dengan hara dalam bentuk nitrat yang diberikan secara terus-menerus, pemupukan N ke akar dalam bentuk ammonium yang dilakukan pada waktu tertentu meningkatkan hampir dua kali lipat jumlah tunas yang membentuk pembungaan dan konsentrasi arginin pada batang. Perubahan konsentrasi fitohormon secara umum dan sitokinin khususnya berperan dalam meningkatkan efek ammonium terhadap pembungaan (Buban *et al.*, 1978). Pada batang bawah apel hasil sambungan, ketersediaan ammonium bila dibandingkan dengan nitrat, tidak hanya dapat meningkatkan pembentukan tunas bunga tapi juga meningkatkan konsentrasi sitokinin pada eksudat xylem dan cabang lateral yang berbunga, dan juga menurunkan panjang tunas total (Engels *et al.*, 2012).

Fosfat

Peranan sitokinin dalam pembentukan bunga pada pohon apel berkorelasi positif dengan ketersediaan hara P (Bould dan Parfitt, 1973). Sitokinin berkontribusi untuk meningkatkan efek stimulasi dari P untuk meningkatkan pembungaan (Engels *et al.*, 2012).

Potassium

Pupuk K juga berkorelasi positif dengan sitokinin dalam pembentukan bunga *Solanum sisymbriifolium* (Wakhloo, 1975). Konsentrasi K rendah pada daun yang memiliki jumlah bunga betina steril tinggi. Sterilitas bunga betina tidak terjadi pada tanaman yang disemprot dengan sitokinin baik pada tanaman dengan konsentrasi K tinggi maupun rendah. Pemupukan dengan $KClO_3$ dilaporkan dapat menginduksi pembungaan lengkung (*Dimocarpus longan*) di luar musim

(Subhadrabandhu dan Yapwattanaphun, 2001). Penelitian di lapangan membuktikan bahwa penambahan $KClO_3$ dapat meningkatkan kandungan sitokinin enam sampai tujuh kali lipat dibanding kontrol (Bangerth, 2009).

Hara mikro

Hara mikro seperti Cu, Fe, B dan Mn lebih berperan pada pembentukan organ-organ reproduksi. Cu misalnya, berperan pada pembentukan serbuk sari (microsporogenesis). Defisiensi Cu akan menghambat pembentukan kepala sari, dan menurunnya viabilitas serbuk sari (Graham, 1975). Defisiensi Zn pada fase microsporogenesis juga akan menurunkan viabilitas serbuk sari dan menurunkan hasil (Sharma *et al.*, 1990). Zn berperan pada fase meiosis pada serbuk sari dan fase meiosis ovula (Kapoor dan Takatsuji, 2006) dan berpartisipasi dalam peluruhan organ-organ bunga (Cai and Lashbrook, 2008). Kekurangan unsur Mn akan menghambat pembentukan kepala sari, mengakibatkan biji yang terbentuk akan memiliki persentase perkecambahan yang rendah, walaupun defisiensi Mn tidak terlalu berpengaruh terhadap fertilitas ovula (Sharma *et al.*, 1991). Fe juga dilaporkan berperan dalam pembentukan bunga dan produksi serbuk sari (Takahashi *et al.*, 2003), sedangkan Boron berperan dalam pembentukan tabung serbuk sari (Engels *et al.*, 2012).

KESIMPULAN

Induksi pembungaan pada tanaman tahunan tidak dapat dipisahkan dari tiga faktor yaitu ekologi, genetik dan fisiologi. Secara fisiologi, masalah pembungaan dapat ditanggulangi dengan cara aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) atau zat penghambat tumbuh sehingga rasio zat pengatur tumbuh yang diperlukan untuk pembungaan dapat ditingkatkan. Stimulasi pembungaan dengan pemupukan juga dapat meningkatkan nutrisi yang diperlukan untuk induksi inisiasi pembungaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Argueso CT, FJ Ferreira and JJ Kieber. 2009. Environmental perception avenues: the interaction of cytokinin and environmental response pathways. *Plant, Cell & Environment*, 32(9), 1147-1160.
- Arisnabarreta S and DJ Miralles. 2010. Nitrogen and radiation effects during the active spike-growth phase on floret development and biomass partitioning in 2-and 6-rowed barley isolines. *Crop and Pasture Science*, 61(7), 578-587.
- Bailetto M. 2014. Bud Fall Induction in Clove (*Syzygium Aromaticum*). *Academic Research International*, 5(4), 23-29.
- Bangerth KF. 2009. Floral Induction in Mature, Perennial Angiosperm Fruit Trees: Similarities and Discrepancies with Annual/Biennial Plants and the Involvement of Plant Hormones. *Scientia Horticulturae*, 122(2), 153-163.
- Bañón S, J Ochoa, JA Martinez, JA Fernández, JA Franco, M Sánchez-Blanco, ... and MA Morales. 2003. Paclobutrazol as Aid to Reducing the Effects of Salt Stress in *Rhamnus alaternus* Seedlings. In International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment 609. pp. 263-268
- Bernier G, JM Kinet and RM Sachs. 1981. The Physiology of Flowering. CRC Press Inc., Florida.
- Bould C, and RI Parfitt. 1973. Leaf Analysis as A Guide to The Nutrition of Fruit Crops. X. Magnesium and Phosphorus Sand Culture Experiments with Apple. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(2), 175-185.
- Buban T, A Varga, J Tromp, E Knecht and J Bruinsma. 1978. Effects of Ammonium and Nitrate Nutrition on the Levels of Zeatin and Amino Nitrogen in Xylem Sap of Apple Rootstocks. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 89(4), 289-295.
- Cai S and CC Lashbrook. 2008. Stamen Abscission Zone Transcriptome Profiling Reveals New Candidates for Abscission Control: Enhanced Retention of Floral Organs in Transgenic Plants Overexpressing Arabidopsis ZINC FINGER PROTEIN2. *Plant physiology*, 146(3), 1305-1321.
- Challakhyan MK. 1968. Internal Factors of Plant Flowering. *Annual Review of Plant Physiology*, 19(1), 1-37.

- Cobianchi D. 1989. Paclobutrazol and S3307 Effects on Cherry and Pear Trees. *Acta Hort.* 239: 293–296.
- Corbesier L, P Lejeune and G Bernier. 1998. The Role of Carbohydrates in the Induction of Flowering in *Arabidopsis thaliana*: Comparison Between the Wild Type and A Starchless Mutant. *Planta*, 206(1), 131-137.
- Dasumiati, Miftahudin, Triadiati, A Hartana dan D Pronowo. 2014. Increasing Hermaphrodite Flowers using Plant Growth Regulators in Andromonoecious *Jatropha curcas*. *HAYATI Journal of Biosciences* 21(3) : 111-120.
- Diekmann M. 1996. Relationship between Flowering Phenology of Perennial Herbs and Meteorological Data in Deciduous Forests of Sweden. *Canadian Journal of Botany*, 74, 528–537.
- Engels C, E Kirkby and P White. 2012. Mineral nutrition, yield and source-sink relationships. pp. 85-133. In Marschner, P. (ed.). *Mineral Nutrition of Higher Plants* . 3rd ed. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Fenner M. 1998. The Phenology of Growth and Reproduction in Plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1(1), 78-91.
- Graham RD. 1975. Male Sterility in Wheat Plants Deficient in Copper. *Nature* 254 : 514-515.
- Handiman D. 1989. Pengaruh berbagai dosis zat pengatur tumbuh Cultar 250 SC terhadap pembungaan dan hasil cengkeh. Skripsi Jur. Budidaya Pertanian, Faperta UNPAD. 86 hlm.
- Hedden P and LE Graebe. 1985. Inhibition of Gibberellin Biosynthesis by Paclobutrazol in Cell-Free Homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* Embryos. *Journal of plant Growth Regulation*, 4: 111-122.
- Hirose N, K Takei, T Kuroha, T Kamada-Nobusada, H Hayashi and H Sakakibara. 2008. Regulation of Cytokinin Biosynthesis, Compartmentalization and Translocation. *Journal of Experimental Botany*, 59(1), 75-83.
- Horvath D. 2009. Common Mechanisms Regulate Flowering and Dormancy. *Plant Science*, 177(6), 523-531.
- Jungklang J and K Saengnil. 2012. Effect of paclobutrazol on patumma cv . Chiang Mai Pink under water stress, Songklanakarin J. Sci. Technol 34(4) : 361–366.
- Junttila O. 1980. Flower Bud Differentiation in *Salix pentandra* as Affected by Photoperiod, Temperature and Growth Regulators. *Physiol. Plant.* 49: 127–134.
- Kapoor S and H Takatsuji. 2006. Silencing Of An Anther-Specific Zinc-Finger Gene, MEZ1, causes Aberrant Meiosis and Pollen Abortion In Petunia. *Plant molecular biology*, 61(3): 415-430.
- Kurian RM and CPA Iyer. 1992. Stem Anatomical Characteristics in Relation to Tree Vigour in Mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Hort.* 50: 245–253.
- Luckwill LC and JM Silva. 1979. The Effects of Daminozide and Gibberellic Acid on Flower Initiation, Growth and Fruiting of Apple cv Golden Delicious. *J. Hort. Sci.* 54(3): 217–223.
- Martin PJ and AJ Dabek. 1987. Effect of paclobutrazol on the vegetative growth and flowering of young clove trees. *Trop. Agric.* 65(1):25-28.
- Meilan R. 1997. Floral induction in woody angiosperms. *New Forests*, 14(3), 179-202.
- Moningka FF, SD Runtuwuwu and JM Paulus. 2012. Respon pertumbuhan tinggi dan produksi tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) terhadap pemberian paclobutrazol. *EUGENIA*, 18(2) : 118-125.
- Nave N, E Katz, N Chayut, S Gazit and A Samach. 2010. Flower Development in the Passion Fruit *Passiflora edulis* Requires A Photoperiod-Induced Systemic Graft-Transmissible Signal. *Plant, cell & environment*, 33(12) : 2065-2083.
- Pharis RP and RW King. 1985. Gibberellins and Reproductive Development in Seed Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36: 517–568.
- Pharis RP, JE Webber and SD Ross. 1987. The Promotion of Flowering in Forest Trees by Gibberellin A4/7 and Cultural Treatments: A Review of the Possible Mechanisms. *For. Ecol. Man.* 19: 65–84.
- Philipson JJ. 1990. Prospects for Enhancing Flowering of Conifers and Broadleaves of Potential Silvicultural Importance in Britain. *Forestry* 63(3): 223–240.
- Rademacher, W. 2000. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. *Annual review of plant biology*, 51(1): 501-531.
- Roseli ANM, TF Ying and MF Ramlan. 2012. Morphological and physiological response of *Syzygium myrtifolium* (Roxb.) Walp. to paclobutrazol. *Sains Malaysiana*, 41(10): 1187-1192.
- Sakhidin dan SR Suparto. 2011. Kandungan Giberelin, Kinetin, dan Asam Absisat pada Tanaman Durian yang Diberi Paclobutrazol dan Etepon. *J Hort Indonesia* 2:21-26

- Sharma CP, PN Sharma, C Chatterjee, and SC Agarwala. 1991. Manganese Deficiency in Maize Affects Pollen Viability. *Plant and soil*, 138(1): 139-142.
- Sharma PN, C Chatterjee, SC Agarwala and CP Sharma. 1990. Zinc Deficiency and Pollen Fertility In Maize (*Zea mays*). *Plant and Soil*, 124(2): 221-225.
- Skene KGM. 1970. The Relationship between the Effects of Cccon Root Growth and Cytokinin Production in Bleeding Sap of *Vitis vinifera* L. *J. Exp. Bot.* 21(67): 418-431.
- Subhadrabandhu S and C Yapwattanaphun. 2001. Regulation Off-Season Flowering of Longan in Thailand. *Acta Hortic.* 558: 193-198
- Takahashi M, Y Terada, I Nakai, H Nakanishi, E Yoshimura, S Mori and NK Nishizawa. 2003. Role of Nicotianamine in the Intracellular Delivery of Metals and Plant Reproductive Development. *The Plant Cell*, 15(6): 1263-1280.
- Thangaselvabai T and T Selvakumar. 2011. Foliar nutrition for yield improvement in clove (*Syzgium aromaticum* L.). *Asian Journal of Horticulture*, 6(1): 5-7.
- Udensi OU, EA Edu, EV Ikpeme and MI Ntia. 2013. Response of Pigeon Pea Landraces [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] to Exogenous Application of Plant Growth Regulators. *Annual Review & Research in Biology*, 3(4) : 1-15.
- Wakhloo JL. 1975. Studies on the Growth, Flowering, and Production of Female Sterile Flowers as Affected by Different Levels of Foliar Potassium in *Solanum sisymbriifolium* Lam III. Interaction Between Foliar Potassium And Applied Daminozide, Chloromequat Chloride, And Chlorflorecol-Methyl. *Journal of Experimental Botany*, 26(3): 441-450.
- White LM. 1995. Predicting Flowering of 130 Plants at Eight Locations with Temperature and Daylength. *Journal of Range Management*, 48: 108-114.
- Wright SJ and CP Van Schaik. 1994. Light and the Phenology of Tropical Trees. *American Naturalist*, 143: 192-199.
- Zhang XZ, YB Zhao, CM LI, DM Chen, GP Wang, RF Chang and HR Shu. 2007. Potential Polyphenol Markers of Phase Change In Apple (*Malus domestica*). *Journal of Plant Physiology*, 164(5): 574-580.
- Zimmerman RH, WP Hackett and RP Pharis. 1985. Hormonal Aspects of Phase-Change and Precocious Flowering, pp. 79-115. In R. P. Pharis and D. M. Reid (Eds.) *Encyclopedia of Plant Physiology (NS)*, vol. 11. Springer-Verlag, Berlin.