

PENEKANAN FLUKTUASI PRODUKSI CENGKEH (*Syzygium aromaticum*) DENGAN MEKANISME FISILOGI

Suppression of Fluctuations Clove (*Syzygium aromaticum*) Production With Fisiology Mecanism

IRENG DARWATI

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

Indonesian Spices and Medicinal Crops Research Institute

Jalan Tentara Pelajar No.3 Bogor 16111, Indonesia

E-mail:darwatikadarso2011@gmail.com

ABSTRAK

Produksi tanaman cengkeh berfluktuasi setiap 3-4 tahun sekali, disebabkan variasi perubahan iklim yang berpengaruh terhadap fitohormon dan juga ekspresi gen pembungaan. Perubahan iklim yang sangat sensitif pada tanaman cengkeh yaitu perubahan musim penghujan, penyinaran dan suhu. Hujan yang cukup dan diikuti musim kering 2-3 bulan sangat dibutuhkan untuk induksi pembungan dan perkembangan bunga cengkeh. Pembungaan cengkeh dikendalikan oleh faktor genetik, fisiologi, iklim dan cara budidaya yang saling berhubungan. Hujan yang terus menerus akan mempengaruhi penyinaran matahari berdampak pada mekanisme kerja gen CONSTANS (CO) yang mengatur gen pembungaan. Perubahan tunas vegetatif dan generatif diatur oleh ekspresi gen TFL1, gen ini juga akan mempengaruhi ekspresi LFY dan AP1 untuk perkembangan infloresen. Curah hujan yang optimal dan nutrisi yang cukup akan meningkatkan pertumbuhan tunas tanaman sehingga kandungan GA dan auksin endogen meningkat, dan berpengaruh pada inisiasi pembungaan yang berdampak terhadap menurun produksi serta menyebabkan fluktuasi hasil. Fluktuasi hasil cengkeh dapat dilakukan dengan pemberian zat penghambat pertumbuhan (*retardant*) dengan cara mengatur volume pembungaan. Beberapa penelitian aplikasi *retardant* yang telah dilakukan dapat menekan fluktuasi hasil cengkeh dengan baik. Pada tanaman cengkeh umur 5 tahun dengan pemberian paklobutrazol 2g/pohon dapat meningkatkan bobot kering bunga sebesar 2,68%. Sedangkan cengkeh umur 8 tahun dengan aplikasi paklobutrazol 2,5 g/pohon dan 30 tahun dengan paklobutrazol 5g/pohon memberikan hasil bunga kering 6,038 kg/pohon dan 15,75kg/pohon secara berurutan lebih tinggi dibanding tanpa pemberian retardan.

Kata kunci: fluktuasi, *Syzygium aromaticum*, fisiologi.

ABSTRACT

Clove plant production fluctuates every 3-4 years, this is due to variations in climate change that affect the phytohormone and also the expression of flowering gene. Climate change that is very sensitive to clove plants that changes the rainy season, irradiation and temperature. Adequate rain and followed by 2-3 months dry season is required for the induction and development flowering of clove. Cloves flowering is controlled by genetic, climatic and related physiology. Continuous rain will affect light intensity exposure and is associated with CONSTANS (CO) genes that depend on photoperiods, thus affecting other flowering genes. Changes of vegetative to generative shoots are governed by TFL1 gene expression, this gene will also affect the expression of LFY and AP1 for the development of inflorescence. High rainfall and sufficient nutrients will increase the growth of bud shoots so that the content of GA and auxin endogenous increases. Increased GA will suppress the initiation of flowering so that production will decrease and may cause fluctuations of the product. To overcome the fluctuation of production can be giving retardant to prevent excessive flowering and also increase the flowering so that the difference of production each year are not too high. Some studies of retardant applications that have been performed show good results. In cloves aged 5 years with the provision of 2g/tree paclobutrazol can increase the weight of dry flowers by 2.68%. While the 8-year-old cloves with the application of 2.5g/tree paclobutrazol and 30-year-old with 5g/tree paclobutrazol gave 6.038kg/tree and 15.75kg/tree dried flowers higher than without application of retardant, respectively.

Keywords: Fluctiation, *Syzygium aromaticum*, physiology

PENDAHULUAN

Tanaman cengkeh merupakan tanaman asli Indonesia yang sebagian besar merupakan perkebunan rakyat. Bunga cengkeh merupakan bahan baku utama industri rokok kretek Indonesia dengan serapan sebesar 95% (Wahyudi 2016), Kemajuan teknologi dan perkembangan industri hilir dalam pemanfaatan cengkeh seperti industri makanan, farmasi dan pestisida nabati untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman maupun larva penyebab penyakit demam berdarah (Cortés-Rojas *et al.* 2014), membuka peluang baru penyerapan produksi bunga cengkeh, termasuk untuk ekspor.

Luas areal cengkeh cenderung meningkat setiap tahunnya yaitu 470.041 ha pada tahun 2010, menjadi 485.191 pada tahun 2011 dan 535.694 pada tahun 2015. Akan tetapi peningkatan areal tersebut tidak disertai dengan peningkatan produksi dengan proporsi yang sama karena adanya sifat fluktuasi hasil pada tanaman cengkeh, pada tahun 2010 produksi cengkeh nasional sebesar 98.386 ton turun menjadi 72.207 ton dan meningkat menjadi 139.641 ton pada tahun 2015. Berkenaan dengan fluktuasi hasil tersebut pada cengkeh dikenal adanya panen besar, sedang dan kecil, hal tersebut yang menyebabkan produktivitas cengkeh fluktuatif yaitu 323 kg/ha pada tahun 2010, meningkat menjadi 551 kg/ha pada tahun 2012 dan turun menjadi 363 kg/ha pada tahun 2014 serta meningkat kembali menjadi 413 kg/ha pada tahun 2015. (BPS 2015). Fluktuasi produksi yang terjadi berdampak pada ketidakstabilan pasokan bagi industri pengguna.

Fluktuasi produksi cengkeh disebabkan oleh karakter internal tanaman (genetik dan fisiologis) dan eksternal (iklim dan cara budidaya). Cengkeh adalah tanaman berbunga terminal dimana bunga terbentuk pada ujung kuncup. Terjadinya fluktuasi hasil tersebut karena pada masa pembungaan yang baik, hampir semua tunas membentuk bunga. Dalam keadaan demikian seluruh asimilat dan hara mineral

ditranslokasikan ke bunga, sehingga tanaman akan mengalami stress karena waktu itu hanya sedikit atau hampir tidak ada tunas-tunas baru yang aktif berfotosintesis untuk mengimbangi pengurasan hara oleh bunga-bunga yang sedang tumbuh (Runtunuwu *et al.* 2016). Pemulihan pucuk membutuhkan waktu dan asupan hara yang cukup. Bila hara mencukupi maka pemulihan pucuk akan berjalan dengan cepat sehingga penurunan produksi yang tajam pada tahun berikut dapat dicegah (Wahyudi 2013).

Fenomena anomali iklim yang sering terjadi dengan kondisi musim yang semakin ekstrim dan durasi yang semakin panjang menimbulkan dampak yang signifikan terhadap produksi pertanian dan perkebunan termasuk cengkeh. Cengkeh merupakan jenis tanaman perkebunan yang sensitif terhadap perubahan iklim terutama musim penghujan yang tidak menentu dan diikuti dengan perubahan temperatur. Tipe pembungan cengkeh terminal, sehingga diperlukan hujan yang cukup saat pembungaan dan diikuti dengan bulan kering sekitar 2-3 bulan. Perkebunan cengkeh yang dekat dan menghadap ke laut sangat baik untuk pertumbuhan dan produksi, kondisi malam hari suhu tidak terlalu dingin karena pengaruh laut, menyebabkan perbedaan suhu siang dan malam (embien suhu) tidak besar.

Dengan diketahuinya faktor faktor yang berpengaruh pada pembentukan bunga terutama faktor fisiologi yang berhubungan dengan zat pengatur tumbuh untuk induksi pembungaan diharapkan dapat menekan fluktuasi.

MEKANISME PEMBUNGAAN CENGKEH

Tanaman cengkeh merupakan tanaman tahunan yang memiliki kemampuan untuk melanjutkan pertumbuhan vegetatif setiap tahun setelah berbunga. Bunga tanaman cengkeh terbentuk pada ujung-ujung tunas atau disebut tipe pembungaan terminal. Siklus pembungaan tanaman cengkeh berputar dari perkembangan reproduksi ke vegetatif karena meristem reproduksi kembali ke keadaan vegetatif setelah berbunga. Tanaman seperti ini mempunyai sifat *irregular-bearing* yaitu tanaman tidak menghasilkan bunga secara regular dari tahun ke

tahun, pembungaan yang tinggi pada tahun tertentu akan diikuti pembungaan yang rendah pada tahun berikutnya sehingga produksi akan berfluktuasi (Martínez-Fuentes *et al.* 2013).

Pembungaan yang berlebihan pada tanaman yang mempunyai sifat *irregular-bearing* perlu dihindari karena semua pucuk tunas akan menghasilkan bunga, setelah panen diperlukan energi yang cukup untuk pembentukan tunas tunas baru. Tunas baru yang muncul belum tentu dapat menghasilkan bunga pada tahun berikutnya. Hal itu dikarenakan pertumbuhan tunas baru memerlukan fitohormon endogen yang tinggi antara lain GA dan IAA untuk pembelahan, perluasan sel dan deferensiasi sel (Weiss and Ori 2007), serta tunas baru belum siap untuk membentuk primordia bunga karena belum cukup dewasa. Pada tanaman cengkeh, tunas akan berubah menjadi dewasa dan muncul primordia bunga, secara visual morfologi ruas tunas berubah menjadi pendek karena kandungan GA endogen rendah. Hasil analisis kandungan giberelin daun yang berasal dari tunas pada fase vegetatif (212 ppm) lebih tinggi dibanding tunas dewasa pada fase pembungaan (114 ppm)

FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP PEMBUNGAAN CENGKEH

Tanaman yang mempunyai tipe pembungaan terminal seperti cengkeh, mangga, apel, dan strawberi sering mengalami fluktuasi hasil atau "*irregular bearing*", sifat dimana pada tahun tertentu tanaman mempunyai banyak cabang yang menghasilkan bunga dan pada tahun berikutnya cabang yang menghasilkan bunga menurun bahkan tidak ada cabang berbunga (Albani and Coupland 2010). Fluktuasi hasil tersebut dipengaruhi oleh internal tanaman (faktor genetik dan fisiologi, serta faktor eksternal(iklim dan cara budidaya)

A. Faktor genetik

Faktor genetik akan mempengaruhi fase vegetatif dan fase reproduktif. Fase vegetatif yaitu fase jaringan tanaman bersifat meristematis, dicirikan dengan pertumbuhan tunas yang banyak. Sedangkan fase reproduktif yaitu fase

pada saat pertumbuhan tunas menurun atau berhenti dan beralih ke fase pembungaan. Pembungaan pada tanaman cengkeh sangat kompleks, faktor endogen dan kondisi lingkungan saling berinteraksi

Beberapa interaksi jalur pembungaan pada tanaman tahunan dapat dipelajari melalui tanaman *Arabidopsis thaliana*, dengan mengamati gen homolog yaitu *terminal flower 1* (TFL 1). Gen TFL1 pada *A.thaliana* telah memberikan kontribusi besar bagi pemahaman tentang mekanisme molekuler yang mengatur kompetensi reproduksi pada tanaman tahunan. TFL1 juga memicu pengembangan meristem pembungaan yang tidak pasti (Ratcliffe *et al.* 1998). Selain itu, TFL1 merupakan gen yang berperan mengatur fase vegetatif menjadi fase generatif. TFL1 juga mengendalikan fisiologi tanaman dengan mengatur ekspresi LEAFY (LFY) dan APETALA1 (AP1) yang merupakan dua gen identitas meristem bunga penting pada tunas meristem apikal (*Shoot Apical Meristem*, SAM) (Danilevskaya *et al.* 2010).

LFY merupakan simpul jaringan kerja gen regulasi pembungaan dengan beberapa lintasan molekuler seperti fotoperiod, vernalisasi, autonomus dan lintasan giberellin (Blázquez and Weigel 2000). LFY mengarahkan pola organ bunga dengan mengaktifkan ekspresi gen homeotik bunga pada primodial bunga (Winter *et al.* 2011). Gen identitas meristem bunga LFY dapat diaktifkan dengan CONSTANS (CO) yang merupakan transkripsi faktor gen yang tergantung pada fotoperiode (Yang *et al.* 2014). Secara positif CO mengatur FLOWERING LOCUS T (FT), di mana merupakan sinyal perantara pembungaan yang antagonis dengan gen homolognya yaitu TFL1, karena berfungsi sebagai penghambat pembungaan (Yoo *et al.* 2010). FT mempengaruhi pembungaan, karena jika tidak ada ekspresi FT maka pembungaan tertunda dan sebaliknya bila ekspresi FT berlebihan akan menghasilkan pembungaan sebelum waktunya. Kondisi tersebut tidak tergantung CO atau fotoperiode (Kobayashi *et al.* 1999).

Pada saat tanaman memasuki fase vegetatif gen TFL1 akan terekspresi sehingga menekan gen pembungaan seperti LFY dan AP1.

Sebaliknya pada saat TFL1 ekspresinya menurun maka gen LFY dan AP1 meningkat (Kobayashi *et al.* 1999). Bila gen TFL1 berinteraksi dengan lingkungan dan faktor fisiologi (zat pengatur tumbuh dan hara tanaman) diduga akan mempengaruhi fluktuasi pembungaan atau *irregular bearing*.

Pada tanaman perennial, yang mempunyai tipe pembungaan terminal seperti cengkeh, apel, mangga kompetensi reproduksi bervariasi di antara meristem sehingga ketika menghadapi kondisi lingkungan yang menguntungkan hanya meristem yang kompeten yang melihat sinyal induktif bunga dan berdiferensiasi menjadi bunga dan buah.

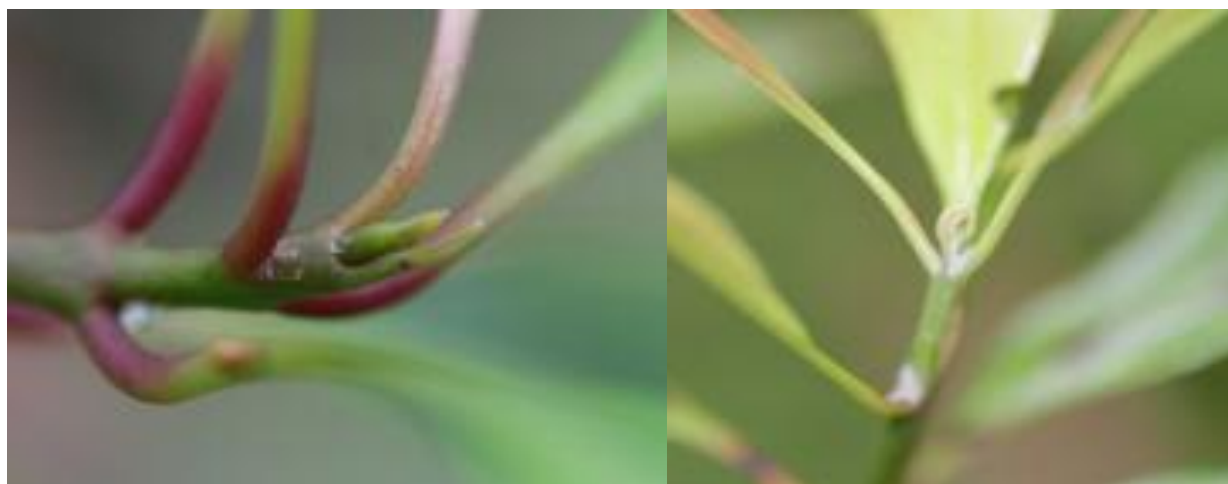
B. Faktor fisiologi (fitohormon)

Proses fisiologis dan tahapan morfologis berada di bawah kendali sejumlah sinyal eksternal dan faktor internal yang rumit selama perkembangan pembungaan. Faktor kunci yang mengendalikan fisiologi *alternate bearing* adalah fitohormon endogen yaitu auksin, sitokinin (CK), asam absisat, etilen, dan gibberelin (GA) (Baktir *et al.* 2004). Auksin dapat menjadi *mobile-signal* dan kemungkinan dapat merangsang sintesis GA pada meristem. Induksi pembungaan (Flower Induction, FI) pada tanaman perennial dihambat oleh IAA dan GA yang bekerja sama atau saling bebas dan menjadi hormon penginduksi. (Guitton *et al.* 2012).

Fotoperiodisitas dan gibberellins (GA) berperan sebagai integrator untuk memacu

ekspresi pembungaan, sedangkan GA bertindak langsung pada integrator bunga, respons perantara fotoperiodisitas terutama diarahkan melalui ekspresi gen *CONSTANS* (CO) (Hanke *et al.* 2007). Gibberelin tidak selalu memacu pembungaan pada tanaman tahunan. Aplikasi gibberelin eksogen dalam beberapa spesies tanaman tahunan dapat menyebabkan pembalikan dari perkembangan reproduksi ke vegetatif, meliputi munculnya sifat juvenile dengan terbentuknya daun baru. Pengukuran kandungan gibberelin endogen menunjukkan bahwa apek tunas juvenil mengandung kadar gibberelin lebih tinggi dari pada apek tunas dewasa (Bangerth 2009). Hal ini juga terlihat pada tanaman cengkeh dimana tunas dewasa yang akan membentuk primordia bunga mempunyai ruas yang pendek dibanding tunas juvenil (Gambar 1). Hal tersebut diduga bahwa kandungan GA endogen menurun pada saat inisiasi pembungaan sehingga ruas memendek. Sebaliknya tunas juvenil bila mempunyai kandungan GA endogen yang tinggi mengakibatkan ruas memanjang.

Hasil analisis kandungan GA endogen yang tinggi pada daun cengkeh (Tabel 1) berpengaruh terhadap induksi pembungaan yang mengakibatkan produksi bunga cengkeh menjadi rendah. Tabel. 1 menunjukkan bahwa kandungan GA endogen pada daun cengkeh saat primordia bunga tahun pertama lebih tinggi dibanding tahun kedua, sebaliknya produksi bunga basah per pohon pada tahun pertama lebih rendah



Gambar 1. Tunas bunga mempunyai ruas pendek (kiri); tunas juvenil mempunyai ruas yang panjang (kanan)

Tabel 1. Kandungan GA (ppm) pada daun cengkeh saat primordia bunga dan produksi bunga cengkeh basah (kg/pohon)

Tahun	GA (ppm)	Produksi bunga basah pohon (kg)
I	261	14,50
II	115	45,00

dibanding pada tahun kedua, hal ini membuktikan bahwa pada tanaman cengkeh GA endogen mempengaruhi pembungaan.

C. Faktor iklim

Faktor iklim yang berpengaruh terhadap pembungaan tanaman tahunan terdiri dari : (1) panjang hari, (2) suhu lingkungan, dan (3) ketersediaan air. Faktor tersebut akan berdampak pada induksi sinyal pembungaan yang diterima oleh meristem yang membedakan infloresen dan daun (Battey and Tooke, 2002; Bernier and Périlleux 2005).

Beberapa spesies tanaman tahunan subtropis dan tropis, seperti mangga, leci, macadamia, alpukat, dan jeruk, pembungaannya diinduksi oleh suhu rendah/dingin. Suhu yang dibutuhkan untuk berbunga tanaman tersebut sekitar 15°C - 20°C (Nishikawa 2013). Di daerah tropika, induksi bunga nampak berhubungan dengan stress kekeringan dan rehidrasi setelah hujan deras pertama kali (Calle *et al.* 2010). Kekeringan atau suhu rendah yang diikuti dengan kondisi iklim yang menguntungkan untuk pertumbuhan dapat meningkatkan pembentukan bunga jeruk (Lovatt 1988; Shalom *et al.* 2012). Pada tanaman strawberi, bunga akan muncul pada temperature 12°C - 18°C dengan hari pendek 10-12 jam selama 21 hari, selanjutnya total bunga pertanaman akan menurun sejalan dengan meningkatnya temperature (Verheul *et al.* 2006).

Tanaman hortikultura seperti mangga, apel dan jeruk sangat sensitif terhadap perubahan dan variabilitas iklim, persediaan air yang memadai (curah hujan), suhu dan radiasi matahari yang optimal akan berpengaruh terhadap pembungaan. Oleh karena itu, bahkan variasi perubahan iklim (kenaikan suhu 1°C atau

Tabel 2. Waktu cengkeh mulai berbunga dan panen di wilayah Indonesia

No	Wilayah	Mulai berbunga	Panen
1	Sumatera	Oktober-November	April-Juni
2	Jawa	November-Januari	Mei-Juli
3	Maluku	Mei-Juli	Oktober-Januari

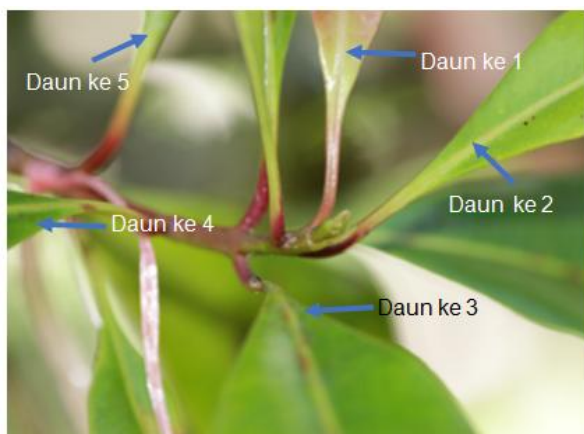


Gambar 2. Tunas baru yang tumbuh pada bekas panen

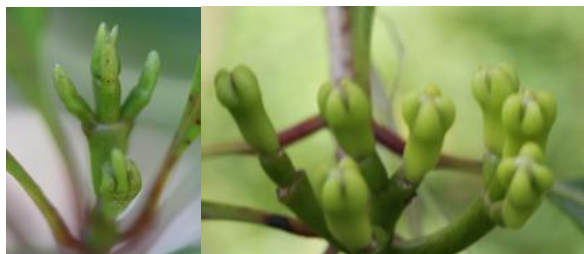
kekurangan maupun kelebihan air dalam waktu singkat) dapat mempengaruhi pembungaan dan kegagalan panen (Sthapit and Scherr 2012).

Pembungaan tanaman cengkeh di Indonesia tidak bersamaan pada semua daerah, hal ini disebabkan adanya perbedaan iklim dan tinggi tempat. Pada daerah dengan curah hujan yang tinggi menyebabkan primordia bunga akan berubah menjadi primordia daun sehingga produksi pada musim berikutnya akan menurun (Tabel 2).

Setelah panen, pada dahan tanaman cengkeh akan tumbuh tunas baru pada tunas bekas panen (Gambar 1). Tunas baru yang tumbuh tidak semuanya berbunga pada musim berikutnya. Apabila semua ujung tunas tanaman tumbuh bunga maka akan terjadi panen raya dan pada musim berikutnya bunga akan menurun atau tidak berbunga sama sekali. Inisiasi bunga cengkeh akan terjadi setelah 3 – 5 dari pasangan daun termuda keluar (Gambar 2). Apabila saat inisiasi pembungaan kondisi lingkungan mendukung yaitu dengan iklim yang kering maka bakal bunga akan berkembang membentuk



Gambar 2. Inisiasi pembungaan setelah satu set daun ke lima keluar.



Gambar 3. Perkembangan bunga cengkeh

rangkaian bunga (Gambar 3.). Jika saat pembentukan bunga turun hujan maka bakal bunga akan berubah menjadi bakal daun.

D. Faktor Budidaya.

Selain faktor genetik, fisiologi dan iklim, budidaya juga merupakan faktor yang tidak kalah penting dalam mempengaruhi fluktuasi hasil. Petani pada umumnya kurang intensif melakukan pemeliharaan tanaman cengkeh antara lain penyiangan dan pemupukan. Penerapan budidaya yang tidak sesuai SOP mengakibatkan fluktuasi hasil yang tinggi.

Penyiangan. Perlu dilakukan disekitar tanaman dibawah tajuk terutama dimusim penghujan. Gulma yang tumbuh dapat sebagai inang penyakit, meningkatkan kelembaban di sekitar tanaman sehingga penyakit akan berkembang biak dengan cepat, persaingan dalam penyerapan hara yang diperlukan untuk proses fisiologi tanaman cengkeh.

Pemupukan. Tanaman cengkeh perlu diberi pupuk sesuai umur tanaman. Pemupukan

diberikan awal musim penghujan dan akhir musim penghujan. Tanaman cengkeh menjelang berbunga dan setelah panen diperlukan hara yang cukup untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif. Tanaman cengkeh yang kurang pemupukan mengakibatkan tunas baru yang tumbuh setelah panen sangat sedikit bahkan pada beberapa cabang tidak tumbuh sama sekali yang berakhir dengan kematian cabang bekas panen. Berkurangnya regenerasi tunas baru mengakibatkan produksi tahun berikutnya menurun. Tanaman yang kurang unsur hara akan mudah terserang hama penyakit.

PENEKANAN FLUKTUASI PEMBUNGAAN CENGKEH

Untuk mengatasi adanya tingkat fluktuasi yang tinggi pada tanaman cengkeh dapat dilakukan dengan induksi pembungaan dengan pemberian *retardant* paclobutrazol yang memblokir biosintesis giberelin. Giberelin adalah salah satu fitohormon yang merangsang pertumbuhan vegetatif. Bilamana produksi gibberellin dihambat, sel tetap membelah tapi sel-sel baru tersebut tidak memanjang sehingga pertumbuhan vegetatif tertekan (Sarker and Rahim 2012), GA yang rendah akan meningkatkan induksi pembungaan.

Faktor lingkungan akan berpengaruh pada fisiologi tanaman terutama zat pengatur tumbuh internal tanaman yang berpengaruh juga pada gen pengatur pembungaan yaitu TFL1. Lingkungan tumbuh terutama curah hujan yang tinggi menyebabkan pertumbuhan vegetatif tanaman cengkeh meningkat, pada kondisi ini kandungan giberelin (GA) pada tanaman meningkat sehingga meristem akan membentuk tunas vegetatif. Pertumbuhan vegetatif berhubungan dengan meningkatnya ekspresi gen TFL1 yang akan memblokir ekspresi gen pembungaan seperti LFY dan AP1. Menjelang pembungaan tanaman memerlukan kondisi bulan kering, mengakibatkan kandungan GA pada tanaman menurun, sehingga ekspresi TFL1 menurun dan gen pembungaan LFY dan AP1 meningkat. Pada saat meristem memasuki fase pembungaan terjadi hujan yang tinggi maka meristem tersebut dapat berubah ke fase vegetatif

sehingga terjadi peningkatan pertumbuhan vegetatif dan penurunan produksi. Pada kondisi pertumbuhan vegetatif tanaman cengkeh meningkat, maka kandungan GA juga meningkat, untuk mengatasi hal ini maka diperlukan zat penghambat tumbuh yang menghambat sintesis GA. Pemberian zat penghambat seperti paklobutrazol akan menurunkan sintesis GA dan diharapkan terjadi induksi pembungaan.

Paklobutrazol dengan dosis yang tepat dapat untuk induksi bunga dan kontrol *irregular bearing*. Paklobutrazol terlibat dalam peningkatan pembungaan mangga dengan memblokir biosintesis GA, dan mengurangi biosintesis GA, merubah meningkatkan ekspresi *FT-like*, *MiFT1* pada tanaman mangga tipe *alternate bearer* dan *MiFT3* tipe *regular bearer*. Sedangkan *TFL1-like*, *MiTFL1a* ekspresinya rendah saat berbunga pada tanaman perlakuan PBZ, dan ekspresi naik setelah selesai berbunga. Tetapi tanaman dengan GA, ekspresi *MiTFL1a* tetap rendah selama dan setelah berbunga (Krishna *et al.* 2017). Jalur sintesis gibberellin berperan penting dalam regulasi induksi bunga pada tanaman, pada umumnya giberelin (GA) mempromosikan pembungaan pada tanaman (seperti *Arabidopsis*) namun, pada kebanyakan pohon buah-buahan, seperti mangga, ia menghambat induksi bunga (Lenahan *et al.* 2006). Pada tanaman cengkeh terbukti bahwa GA saat memasuki pembungaan menurun dan secara morfologi ditandai dengan ruas tunas yang memendek.

Fluktuasi dapat terjadi setelah panen raya, produksi akan menurun atau tidak berproduksi, hal ini disebabkan energy akan terkuras pada saat panen raya dan berpengaruh pada pembungaan tahun berikutnya. Pemberian paklobutrazol dapat menekan adanya panen raya dan fluktuasi hasil dapat ditekan. Penelitian Moningga *et al.* (2012) menunjukkan bahwa aplikasi paklobutrazol 2,5 g/pohon/tahun pada tanaman cengkeh umur 8 tahun dapat menghasilkan kandungan klorofil a (0,032 mg g⁻¹), klorofil b (0,004mg g⁻¹), bobot kering 1.000 butir (207 g) dan bobot kering/pohon (6,038 kg) lebih tinggi dibanding kontrol. Klorofil merupakan pikmen fotosintesis, dengan meningkatnya klorofil meningkat pula produksi

bunga yang merupakan hasil fotosintesis. (Abdul Jaleel *et al.* 2007). Aplikasi paklobutrazol 2 g/pohon/tahun pada tanaman cengkeh umur 5 tahun dapat meningkatkan jumlah bunga 13,76%, 1.000 butir bunga kering 1,32%, hasil bunga kering per pohon 2,68% (Runtunuwu *et al.* 2016). Tanaman cengkeh umur 30 tahun yang diberi paklobutrazol 5 g/pohon/tahun menghasilkan bunga kering/pohon (15,75 kg) lebih tinggi dibanding kontrol.

KESIMPULAN

Fluktuasi hasil cengkeh disebabkan oleh faktor internal (genetik, fisiologi) dan eksternal (iklim dan cara budidaya) yang saling berhubungan. Hujan yang terus menerus akan mempengaruhi penyinaran matahari berdampak pada mekanisme kerja gen *CONSTANS* (CO) yang mengatur gen pembungaan. Perubahan tunas vegetatif dan generatif diatur oleh ekspresi gen *TFL1*, gen ini juga akan mempengaruhi ekspresi *LFY* dan *AP1* untuk perkembangan infloresen. Curah hujan yang optimal dan nutrisi yang cukup akan meningkatkan pertumbuhan tunas tanaman sehingga kandungan GA dan auksin endogen meningkat, dan berpengaruh pada inisiasi pembungaan yang berdampak terhadap menurun produksi serta menyebabkan fluktuasi hasil. *Retardant* dapat digunakan untuk mengatur kandungan kadar GA dalam cengkeh agar volume pembungaan stabil

DAFTAR PUSTAKA

- Albani, M.C. and Coupland, G. 2010. Comparative analysis of flowering in annual and perennial plants. *Current Topics in Developmental Biology*. [Online] 91, 323–348. Available from: doi:10.1016/S0070-2153(10)91011-9.
- Baktir, I., Ulger, S., Kaynak, L. and Himelrick, D.G. 2004. Relationship of seasonal changes in endogenous plant hormones and alternate bearing of olive trees. *HortScience*. 39 (5): 987–990.
- Bangerth, K.F. 2009. Floral induction in mature, perennial angiosperm fruit trees: Similarities and discrepancies with

- annual/biennial plants and the involvement of plant hormones. *Scientia Horticulturae*. [Online] 122(2):153–163. Available from: doi:10.1016/j.scienta.2009.06.014.
- Batley, N.H. and Tooke, F. 2002. Molecular control and variation in the floral transition. *Current Opinion in Plant Biology*. [Online] 5 (1):62–68. Available from: doi:10.1016/S1369-5266(01)00229-1.
- Bernier, G. and Périlleux, C. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal*. [Online] 3 (1), 3–16. Available from: doi:10.1111/j.1467-7652.2004.00114.x.
- Blázquez, M. a and Weigel, D. 2000. Integration of floral inductive signals in Arabidopsis. *Nature*. [Online] 404 (6780), 889–892. Available from: doi:10.1038/35009125.
- BPS (2015). *Statistik Perkebunan Indonesia*. (December 2014).
- Calle, Z., Schlumberger, B.O., Piedrahita, L., Leftin, A., Hammer, S.A., Tye, A. and Borchert, R. 2010. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics. *Trees - Structure and Function*. [Online] 24 (5), 865–877. Available from: doi:10.1007/s00468-010-0456-3.
- Carol J.Lovatt, Y.Z. and K.D.H. 1988. Demonstration of A Change In Nitrogen Metabolism Influencing Flower Initiation In Citrus 1 Department of Botany and Plant Sciences, University of California , Riverside , CA 92521 , USA In this paper , a brief summary of the current knowledge on flowerin. *israel Journal of Botany*. 37, 181–188.
- Cortés-Rojas, D.F., de Souza, C.R.F. and Oliveira, W.P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): A precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. [Online] 4(2):90–96. Available from: doi:10.1016/S2221-1691(14)60215-X.
- Danilevskaya, O.N., Meng, X. and Ananiev, E. V. 2010. Concerted Modification of Flowering Time and Inflorescence Architecture by Ectopic Expression of TFL1-Like Genes in Maize. *Plant Physiology*. [Online] 153(1):238–251. Available from: doi:10.1104/pp.110.154211.
- Guitton, B., Kelner, J.J., Velasco, R., Gardiner, S.E., Chagné, D. and Costes, E. 2012. Genetic control of biennial bearing in apple. *Journal of Experimental Botany*. [Online] 63(1):131–149. Available from: doi:10.1093/jxb/err261.
- Hanke, M.-V., Flachowsky, H., Peil, A. and Hättasch, C. 2007. No flower no fruit—genetic potentials to trigger flowering in fruit trees. *Genes Genomes Genomics*. 1 (1):1–20.
- Kobayashi, Y., Kaya, H., Goto, K., Iwabuchi, M. and Araki, T. 1999. A pair of related genes with antagonistic roles in mediating flowering signals. *Science (New York, N.Y.)*. [Online] 286 (5446), 1960–1962. Available from: doi:10.1126/science.286.5446.1960.
- Krishna, B., Vyavahare, S.N., Chaudhari, R.S., Subramaniam, V. and Sane, P. V. (2017) Roles of *Flowering Locus T (FT)* and *Terminal Flower 1 (TFL1)* in flowering of mango. *Acta Horticulturae*. [Online] 1 (1183), 125–132. Available from: doi:10.17660/ActaHortic.2017.1183.17.
- Lenahan, O.M., Whiting, M.D. & Elfving, D.C. (2006) Gibberellic acid inhibits floral bud induction and improves ‘Bing’ sweet cherry fruit quality. *HortScience*. 41 (3), 654–659.
- Nishikawa, F. 2013. Regulation of Floral Induction in Citrus. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. [Online] 82 (4), 283–292. Available from: doi:10.2503/jjshs1.82.283.
- Ratcliffe, O.J., Amaya, I., Vincent, C. a, Rothstein, S., Carpenter, R., Coen, E.S. and Bradley, D.J. (1998) A common mechanism controls the life cycle and architecture of plants. *Development (Cambridge, England)*. [Online] 125 (9), 1609–1615. Available from: doi:10.1016/1369-5266(88)80006-2.
- S.D. Runtunuwu, Mamarimbing R., and Tumewu P., R.R.M.N. 2016. Pengaruh Paclobutrazol terhadap Kualitas Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L). *Jurnal Bioslogos*. 6 (2), 33–41.
- Sarker, B.C. and Rahim, M.. 2012. Vegetative

- growth, harvesting time, yield and quality of mango. *Bangladesh journal of Agricultural Research*. 37(June):335–348.
- Shalom, L., Samuels, S., Zur, N., Shlizerman, L., Zemach, H., Weissberg, M., Ophir, R., Blumwald, E. and Sadka, A. 2012. Alternate Bearing in Citrus: Changes in the Expression of Flowering Control Genes and in Global Gene Expression in ON-versus OFF-Crop Trees. *PLoS ONE*. [Online] 7 (10). Available from: doi:10.1371/journal.pone.0046930.
- Sthapit, S.R. and Scherr, S.J. 2012 *Tropical Fruit Tree Species and Climate Change*. Tropical Fruit Tree Species and Climate Change. [Online] Available from: http://ecoagriculture.org/documents/files/doc_420.pdf.
- Verheul, M.J., Sønsteby, A. and Grimstad, S.O. 2006. Interactions of photoperiod, temperature, duration of short-day treatment and plant age on flowering of *Fragaria × ananassa* Duch. cv. Korona. *Scientia Horticulturae*. [Online] 107 (2), 164–170. Available from: doi:10.1016/j.scienta.2005.07.004.
- Wahyudi, A. 2013. Peningkatan produksi cengkeh dengan penggunaan benih bermutu. *Warta Penelitian dan pengembangan Tanaman Industri*. 19 (1), 25–27.
- Wahyudi, A. (2016) Strategi Stabilisasi Kinerja Pasar Cengkeh Nasional. 15 (1), 73–86.
- Winter, C.M., Austin, R.S., Blanvillain-Baufumé, S., Reback, M.A., Monniaux, M., Wu, M.F., Sang, Y., Yamaguchi, A., Yamaguchi, N., Parker, J.E., Parcy, F., Jensen, S.T., Li, H. and Wagner, D. (2011) LEAFY Target Genes Reveal Floral Regulatory Logic, cis Motifs, and a Link to Biotic Stimulus Response. *Developmental Cell*. [Online] 20 (4), 430–443. Available from: doi:10.1016/j.devcel.2011.03.019.
- Yang, S., Weers, B.D., Morishige, D.T. and Mullet, J.E. 2014. CONSTANS is a photoperiod regulated activator of flowering in sorghum. 1, 1–15.
- Yoo, S.J., Chung, K.S., Jung, S.H., Yoo, S.Y., Lee, J.S. and Ahn, J.H. 2010. BROTHER of FT and TFL1 (BFT) has TFL1-like activity and functions redundantly with TFL1 in inflorescence meristem development in *Arabidopsis*. *Plant Journal*. [Online] 63 (2), 241–253. Available from: doi:10.1111/j.1365-313X.2010.04234.x.