

Pengaruh Keberadaan Tunas, Aplikasi *Naphthalene Acetic Acid* dan *Gibberellic Acid* Terhadap Perkembangan Buah Muda Kakao

Effect of Flush Existence, NAA and GA Application on Cocoa Pod Development

Y.T.M. Astuti^{1*)}, A. Adi Prawoto²⁾ dan Kumala Dewi³⁾

Ringkasan

Penelitian bertujuan untuk mengetahui penyebab layu buah dari sudut alokasi fotosintat yang berkaitan dengan daya ambil buah dan tunas. Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan terhadap dua klon kakao, yaitu klon KW 163 dan klon KW 165 yang terdapat di Kebun Percobaan (KP) Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember, Jawa Timur. Pada setiap klon diperlakukan tunas dipelihara (T) dan tunas yang tumbuh dipangkas. Sementara itu, perlakuan zat pengatur tumbuh adalah aplikasi (*naphthalene acetic acid/NAA*) 250 mg L⁻¹, (*gibberellic acid/GA*) 250 mg L⁻¹ (G), gabungan NAA 250 mg L⁻¹ dan GA 250 mg L⁻¹ serta kontrol (K = tanpa aplikasi NAA maupun GA) dengan cara disemprotkan pada buah. Dengan demikian terdapat 2 x 4 perlakuan pada setiap klon, masing-masing kombinasi perlakuan diulang pada tiga tanaman. Parameter yang diamati adalah persentase layu buah, serta kandungan sukrosa, berat segar, berat kering, panjang dan diameter buah sehat dan layu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa daya ambil buah muda yang lebih rendah dibanding tunas menyebabkan proporsi alokasi fotosintat dari sumber menuju buah muda lebih rendah dibanding menuju tunas. Aplikasi NAA dan GA pada buah muda meningkatkan daya ambil buah sehingga meningkatkan alokasi fotosintat ke dalam buah muda. Bobot buah sehat maupun layu yang diperlakukan NAA maupun GA lebih tinggi dibanding kontrol. Kekurangan fotosintat pada buah muda akan menimbulkan perubahan metabolisme di dalam buah muda sehingga buah mengalami layu buah.

Summary

This experiment was carried out to study the photosynthate allocation between flush and young pods, and the effect of (naphthalene acetic acid) and (gibberellic acid) application to sink strength. Two cocoa clones KW 163 and KW 165 located in Kaliwining Experimental Station of Indonesian Coffea and Cocoa Research Institut were used on this experiment. Each clone was treated with flushes and without flush. Beside that, the young pods sprayed with NAA 250 mg L⁻¹, GA 250 mg L⁻¹, NAA 250 mg L⁻¹ dan GA 250 mg L⁻¹ and control (K = without NAA and GA). There were 2 x 4 treatment combinations for each clone, and replicated three trees for each combination. The parameter were cherelle wilt percentage, sucrose content, fresh and dry weight, long and diameter of healthy and wilting pods. The result showed that sink strength of young pods was lower than that of flushes, which caused application photosynthate translocation to

Naskah diterima (*received*) 19 Agustus 2010, disetujui (*accepted*) 19 November 2010.

1) Fakultas Pertanian, Institut Pertanian STIPER, Yogyakarta.

2) Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90, Jember, Indonesia.

3) Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

*) Alamat penulis (*Corresponding Author*): astuti_maria2000@yahoo.com

the young pods was lower. NAA and GA application to the pods could improve sucrose allocation, increased pod weight and cherelle wilt was suppressed. The lack of photosynthate on young pod cause metabolism change, so pod became cherelle wilt. But, there was still not known the optimum concentration and method of application of those growth regulators to obtained minimum cherelle wilt.

Key words: Cocoa, flush, pod, *naphthylacetic acid*, *gibberellic acid*, cherelle wilt.

PENDAHULUAN

Alokasi fotosintat meliputi alokasi hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan (Hendrix, 1995; Sonnewald & Willmitzer, 1992; Hendrix, 1995; Ramsperger-Gleixner *et al.*, 2004). Produktivitas tanaman tergantung pada translokasi fotosintat dari sumber (*source*) yakni daun ke buah. Peningkatan alokasi fotosintat menuju rosot (*sink*) ditentukan oleh interaksi sumber–rosot. Interaksi sumber–rosot ditentukan oleh daya ambil (Sonnewald & Willmitzer, 1992). Perubahan ukuran rosot seperti buah dan tunas untuk meningkatkan daya ambil antara lain ditentukan oleh perubahan berat kering rosot.

Kompetisi serta alokasi fotosintat antarbuah serta antara buah dan tunas berkaitan dengan daya ambil organ (Miller & Walsh, 1990). Goldschmidt & Koch (1996) melaporkan pada jeruk, alokasi fotosintat dari daun ke organ vegetatif dan reproduktif menimbulkan kompetisi fotosintat antara organ – organ tersebut. Flore & Layne (1996) menyatakan bahwa kompetisi fotosintat terlihat pada *Prunus*, antara lain *almond* (*Prunus amygdalus* L.), *peach* (*Prunus persica* L.), *apricot* (*Prunus ameriaca* L.). Alokasi fotosintat pada *Prunus* dipengaruhi daya ambil organ.

Dalam perkembangan biji, auksin berperan pada pembentukan meristem apikal calon batang dan akar (Grierson, 1995). Miller & Walsh (1990) yang meneliti pada buah *Prunus persica*

diperoleh hasil bahwa semakin besar berat biji maka kandungan IAA (*Indole Acetic Acid*) semakin tinggi, meskipun tidak ada penjelasan umur buah. Pada kakao, aplikasi NAA (*Naphthalene Acetic Acid*) dapat menginduksi perkembangan buah (Hasenstein & Savada, 2001). Nichols (1960) menyatakan bahwa kompetisi fotosintat antara buah satu dengan buah lainnya serta antara buah dan tunas kemungkinan dikendalikan oleh hormon.

Giberelin (*gibberellic acid* = GA) merupakan senyawa diterpenoid yang mengatur berbagai proses perkembangan antara lain pada perkecambahan biji, pemanjangan sel, pertumbuhan daun dan perkembangan bunga dan buah dan diduga penting dalam perkembangan embrio selain auksin (Rock & Quatrano, 1995; Naqvi, 1999; Olszewski *et al.*, 2002; Hu *et al.*, 2008). Hull (1996) menyatakan bahwa selain auksin, giberelin juga berperan dalam meningkatkan daya ambil. Beberapa biji yang diketahui di dalamnya terjadi biosintesis GA adalah *Pisum sativum* (Ozga *et al.*, 2009), *Phaseolus vulgaris* (Rock & Quatrano, 1995), dan *Arabidopsis thaliana* (Olszweski, 2002). Orchard & Resnik (1982) menemukan bahwa aplikasi 25 dan 50 ppm NAA serta aplikasi 25 dan 50 ppm giberelin pada buah kakao yang berumur 4 minggu mampu menurunkan jumlah layu buah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab layu buah dari sudut alokasi fotosintat yang berkaitan dengan daya ambil buah dan tunas terkait dengan

a) pengaruh tunas, b) pengaruh aplikasi NAA dan GA, serta c) mengetahui interaksi antara perlakuan tunas dan aplikasi NAA dan GA.

BAHAN DAN METODE

Perlakuan penghilangan tunas dilakukan dengan kombinasi aplikasi NAA dan GA sebagai konfirmasi pengaruh keberadaan tunas dalam perkembangan buah muda kakao serta interaksinya dengan fungsi hormon. Tinjauan tersebut dilakukan terhadap dua klon kakao, yaitu KW 163 dan KW 165 yang ditanam di Kebun Percobaan (KP) Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember, Jawa Timur. Pada percobaan ini dilakukan aplikasi NAA 250 mg L⁻¹, GA 250 mg L⁻¹, gabungan NAA 250 mg L⁻¹ dan GA 250 mg L⁻¹ serta kontrol (K = tanpa aplikasi NAA maupun GA), dengan cara disemprotkan pada buah, dan dikombinasi dengan tunas yang dibiarkan dan pada tanaman tanpa tunas. Dengan demikian diperoleh 2 x 4 kombinasi perlakuan untuk masing-masing klon. Pada penelitian ini dipergunakan tiga tanaman contoh untuk setiap kombinasi perlakuan pada setiap klon. Aplikasi dilakukan satu kali terhadap buah hasil persarian buatan yang berumur dua minggu. Tanaman contoh dipilih tanaman yang memiliki umur sama dengan tinggi tanaman dan lebar tajuk hampir sama.

Analisis kandungan sukrosa dilakukan terhadap buah sehat dan buah layu umur 7 minggu. Kandungan sukrosa diukur pada umur 7 minggu karena zigot sebagai sel tunggal di dalam buah kakao mengalami pembelahan pertama sekitar 40 hari sesudah polinasi (umur buah sekitar 6 minggu) (Schroeder, 1958; Wood & Lass, 1985; Hasenstein & Zavada, 2001). Parameter yang diamati setiap minggu adalah jumlah buah layu, serta berat segar dan

berat kering, panjang dan diameter buah sehat dan buah layu dari umur buah dua sampai 12 minggu. Persentase layu buah kakao dihitung dengan pengurangan buah hasil polinasi dengan jumlah buah sehat. Dilakukan analisis sidik ragam dan uji Duncan pada aras 5%.

Prosedur Analisis Sukrosa

Analisis sukrosa dilakukan dengan menggunakan metode Black & Bagley (Cicek, 2001). Buah kakao ditimbang sebanyak 5 gram, kandungan lemak dihilangkan dengan metode *soxhlet*. Contoh yang telah bebas lemak ditambah dengan campuran ethanol : H₂O (80:20) dipanaskan dalam penangas air 80°C selama 30 menit, kemudian disentrifus 2000 rpm selama 10 menit. Supernatan ditambah Pb asetat 10% 2 ml dan disentrifus kemudian dipisahkan supernatannya. Pemisahan dilakukan dua kali. Kelebihan Pb asetat dihilangkan dengan ditambah Na oksalat 5% sampai tidak ada endapan. Larutan dimasukkan ke dalam labu takar 25 ml, ditambah ethanol: H₂O (80:20) sampai tanda. Setelah dikocok sampai homogen, disaring dengan filter milipori 0,45 µM, diinjeksikan ke dalam KCKT (Kromatografi Cair Kinerja Tinggi) dengan fase mobil H₂SO₄ 0,01 N dan laju alir 0,5 mL/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan penghilangan tunas dikombinasikan dengan aplikasi NAA dan GA ditujukan untuk mengetahui perkembangan buah. Tunas merupakan rosot yang menjadi kompetitor buah dalam menggunakan fotosintat, sedangkan GA dan NAA diketahui mempunyai peran dalam perkembangan buah kakao. Hasil uji penghilangan tunas yang dikombinasikan

dengan aplikasi NAA dan GA diharapkan dapat mengungkap penyebab layu buah dari tinjauan alokasi fotosintat serta hormon.

Persentase layu buah muda

Hasil penelitian alokasi fotosintat dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi NAA dan GA memperlihatkan bahwa persentase layu buah pada tanaman dengan perlakuan tunas lebih tinggi dibandingkan pada tanaman dengan perlakuan tanpa tunas (Tabel 1).

Tabel 1 memperlihatkan bahwa persentase layu buah pada tanaman dengan perlakuan tunas lebih tinggi dibandingkan tanpa tunas. Perbedaan persentase layu buah pada berbagai umur buah ini menunjukkan bahwa ada kompetisi yang mengakibatkan perubahan alokasi

fotosintat. Perubahan ini mengakibatkan terjadi penurunan alokasi fotosintat pada buah muda tertentu yang menyebabkan layu buah.

Tunas pada kakao berupa satu seri dengan sekitar lima helai daun muda (Wood & Lass, 1985), sehingga ukuran tunas menjadi cukup besar. Selain itu, tunas merupakan organ yang memproduksi auksin (Bandurski *et al.*, 1995; Naqvi, 1999), sehingga tunas mempunyai kandungan auksin yang tinggi. Daya ambil ditentukan oleh ukuran dan aktivitas rosot. Aktivitas rosot ditentukan oleh hormon dan enzim yang bekerja di dalam rosot (Sonnewald & Willmitzer, 1992). Sedangkan auksin berperan dalam meningkatkan daya ambil (Miller & Walsh, 1990). Ukuran yang besar pada tunas serta kandungan auksin yang tinggi

Tabel 1. Persentase layu buah kakao klon KW 163 dan KW 165 dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi GA dan NAA pada berbagai umur buah

Table 1. Percentage of cherelle with in KW 163 and KW 165 cocoa clones as affected by flush removing and application of GA and NAA observed at several ages of pods

Perlakuan Treatment	Umur buah, minggu (<i>Pod age, weeks</i>)							
	3	6	9	12	3	6	9	12
	KW 163				KW 165			
KT	29.9 a	78.9 a	88.8 a	92.5 a	34.0 a	68.4 a	79.6 a	88.9 a
NT	28.8 a	48.8 bc	69.7 b	79.0 ab	29.3 a	44.3 cd	58.0 bc	61.7 c
GT	19.7 a	31.9 c	48.0 c	54.7 c	20.0 b	45.8 cd	69.0 a	75.7 b
NGT	26.3 a	45.0 bc	67.2 b	76.3 b	25.4 a	50.7 bc	67.2 ab	77.1 b
KTT	34.4 a	59.0 b	73.2 ab	78.5 ab	24.1 a	53.7 b	72.6 a	74.3 b
NTT	16.9 a	45.6 bc	70.5 ab	74.3 b	22.7 b	35.6 d	53.6 c	60.0 c
GTT	21.9 a	59.1 b	75.5 ab	78.0 ab	19.7 b	23.7 e	56.5 c	60.7 c
NGTT	24.3 a	45.0 c	66.4 b	67.0 bc	21.1 b	46.5 bc	70.4 a	75.7 b

Keterangan (*Note*): Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada aras 5% (*Figures in the same colomn followed by the letter(s) are not significantly different according to Duncan test at 5%*).

KT : kontrol dengan tunas (*control with flush*)

NT : aplikasi NAA dengan tunas (*NAA applied with flush*)

GT : aplikasi giberelin dengan tunas (*GA applied with flush*)

NGT : aplikasi NAA dan giberelin dengan tunas (*NAA and GA applied with flush*)

KTT : kontrol dan tunas dihilangkan (*control without flush*)

NTT : aplikasi NAA dan tunas dihilangkan (*NAA applied without flush*)

GTT : aplikasi giberelin dan tunas dihilangkan (*GA applied without flush*)

NGTT : aplikasi NAA dan giberelin dan tunas dihilangkan (*NAA and GA applied without flush*)

menyebabkan tunas memiliki daya ambil yang tinggi. Sedangkan buah kakao tumbuh perlahan selama 40 hari pertama karena zigot sebagai sel tunggal mengalami pembelahan pertama sekitar 40 hari sesudah polinasi dan embrio tumbuh sangat lambat sampai umur buah 70–75 hari (Schroeder, 1958; Wood & Lass, 1985; Hasenstein & Zavada, 2001). Embrio yang lambat membelah pada awal pembentukan buah memberikan indikasi rendahnya sintesis hormon di dalam buah. Ukuran buah muda yang kecil dengan kandungan auksin yang relatif rendah menyebabkan buah muda memiliki daya ambil yang rendah dibandingkan daya ambil tunas. Hal ini menyebabkan proporsi alokasi fotosintat dari daun sebagai sumber menuju buah muda lebih rendah daripada yang menuju ke tunas (Sonnewald & Willmitzer, 1992). Kekurangan fotosintat pada buah muda akan menyebabkan penurunan respirasi dan rangka karbon penyusun molekul struktural maupun fungsional (Liu *et al.*, 2004). Hal ini akan menyebabkan menurunnya fungsi dan struktur di dalam sel, yang berakibat pada layu buah.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa aplikasi NAA dan GA menurunkan jumlah layu buah muda. Diketahui bahwa auksin dan GA mengatur perkembangan buah (Bandurski *et al.*, 1995; Grierson, 1995). Hal ini diperkuat dengan penelitian Miller & Walsh (1990) bahwa pada buah *peach*, auksin berperan meningkatkan daya ambil buah dalam menyerap fotosintat. Hull (1996) menyatakan bahwa selain auksin, GA juga berperan dalam meningkatkan daya ambil fotosintat. Selain itu, Frigerio *et al.* (2006) menyampaikan bahwa terdapat interaksi peran GA dan auksin dalam berbagai pengaturan perkembangan jaringan. Auksin menginduksi ekspresi GA20ox dan GA3ox pada buah ercis. Pernyataan tersebut di atas sesuai dengan

hasil penelitian ini, bahwa aplikasi NAA dan GA meningkatkan daya ambil buah muda, sehingga menurunkan persentase layu buah.

Kandungan sukrosa

Kandungan sukrosa di dalam buah muda kakao berumur 7 minggu pada buah muda sehat dan layu pada klon KW 163 dan KW 165 tercantum pada Tabel 2.

Dari hasil ini terlihat bahwa kandungan sukrosa buah kakao klon KW 163 dengan perlakuan kontrol tanpa tunas lebih tinggi dibandingkan kandungan sukrosa dengan perlakuan kontrol dengan tunas, sedangkan kandungan sukrosa buah muda kakao klon KW 165 dengan perlakuan kontrol tanpa tunas tidak berbeda dengan perlakuan kontrol dengan tunas. Aplikasi NAA, GA, serta aplikasi NAA dan GA berpengaruh terhadap kandungan sukrosa. Kandungan sukrosa pada perlakuan tanpa tunas lebih tinggi dibanding perlakuan dengan tunas.

Tingginya kandungan sukrosa pada buah dengan perlakuan tanpa tunas menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa tunas, kompetitor rosot berkurang, sehingga sukrosa yang menuju ke arah buah menjadi lebih tinggi. Dalam daun sebagai sumber, karbohidrat disintesis di dalam kloroplas dan disimpan sebagai fotosintat sementara, sedangkan sukrosa disintesis di dalam sitosol, untuk ditranslokasikan ke bagian tanaman yang lain sebagai rosot (Ramsperger-Gleixner *et al.*, 2004). Di dalam floem, sukrosa mengikuti arus sumber – rosot (Liakopoulos *et al.*, 2009). Fotosintat yang diterima rosot berasal dari sumber yang jumlahnya ditentukan oleh proporsi alokasi fotosintat (Sonnewald & Willmitzer, 1992). Proporsi alokasi fotosintat pada *Prunus* dipengaruhi

Tabel 2. Kandungan sukrosa buah kakao (mg/g) klon KW 163 dan KW 165 dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi GA dan NAA

Table 2. Sucrose content (mg/g) in pods of KW 163 and KW 165 cocoa clones as affected by flush removing and application of GA and NAA (mg/g dry weight)

Perlakuan <i>Treatment</i>	KW 163		KW 165	
	dengan tunas <i>with flush</i>	tanpa tunas <i>without flush</i>	dengan tunas <i>with flush</i>	tanpa tunas <i>without flush</i>
Kontrol (<i>Control</i>)	77.1 e	109.4 e	81.1 e	76.7 e
NAA	142.0 d	257.6 ab	146.1 d	198.0 bc
GA	221.2 b	260.7 ab	289.9 ab	330.9 a
NAA + GA	167.8 c	195.7 bc	182.2 bc	210.2 b

Keterangan (*Note*): Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada aras 5% (*Figures in the same column followed by the letter(s) are not significantly different according to Duncan test at 5%*).

oleh daya ambil organ yang sedang berkembang (Flore & Layne, 1996). Seperti telah disebutkan di atas, tunas merupakan bagian tanaman yang sedang aktif tumbuh yang memiliki daya ambil yang tinggi, sedangkan buah muda kakao yang berumur kurang dari 70 hari mempunyai daya ambil yang rendah. Daya ambil yang lebih tinggi pada tunas dibandingkan buah muda menyebabkan lebih rendahnya kandungan sukrosa buah muda pada perlakuan dengan tunas daripada tanpa tunas.

Aplikasi NAA dan GA terlihat meningkatkan kandungan sukrosa. Nichols (1960) menyatakan bahwa kompetisi fotosintat antara buah satu dengan buah lainnya serta kompetisi fotosintat antara buah muda dan tunas muda pada kakao kemungkinan dikendalikan fluktuasi kandungan hormon. NAA dan GA pada buah meningkatkan daya ambil buah kakao, sehingga meningkatkan masukan sukrosa ke dalam buah. Hal ini memperkuat dugaan adanya kompetisi alokasi fotosintat antara buah muda dan tunas yang mengakibatkan perubahan alokasi fotosintat ke arah buah. Kemampuan buah dalam memperoleh fotosintat dalam kompetisi tersebut ditentukan oleh daya ambil yang dimiliki oleh buah yang dipengaruhi oleh kandungan auksin dan GA di dalam buah.

Bobot segar buah kakao

Bobot segar buah kakao KW 163 dan KW 165 memperlihatkan perbedaan yang nyata antara buah muda yang sehat dan yang layu pada semua perlakuan (Tabel 3). Bobot segar buah pada tanaman tanpa tunas lebih berat dibandingkan pada tanaman dengan tunas pada berbagai umur. Bobot segar buah layu lebih ringan dibanding bobot segar buah sehat. Hal ini menunjukkan bahwa buah layu mengalami pengerutan dan ukuran mengecil, maka dapat dijelaskan bahwa pada buah layu, tidak terjadi input fotosintat.

Bobot buah ditentukan oleh masukan fotosintat ke dalam buah. Hal ini karena fotosintat yang diterima rosot dalam bentuk sukrosa dimanfaatkan untuk respirasi dan rangka karbon untuk pembentukan senyawa lain, termasuk senyawa cadangan makanan berukuran besar (Sonnewald & Willmitzer, 1992). Peristiwa ini menunjukkan bahwa bobot buah merupakan parameter yang menunjukkan jumlah fotosintat yang diterima oleh buah muda sebagai rosot. Bobot buah pada perlakuan dengan tunas lebih rendah dibandingkan buah tanpa tunas. Hal ini karena buah muda memiliki daya ambil yang rendah dibandingkan tunas, sehingga pada perlakuan dengan tunas, buah muda memperoleh fotosintat

Tabel 3. Bobot segar buah kakao (g) klon KW 163 dan KW 165 dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi GA dan NAA pada berbagai umur buah

Table 3. Pod flush weight (g) of KW 163 and KW 165 cocoa clones as affected by flush removing and application of NAA and GA observed at several pod age

Perlakuan Treatment	Umur buah, minggu (Pod age, week)								
	3	6	9	12	3	6	9	12	
Sehat (Healthy)		KW 163				KW 165			
KT	0.25 e	4.35 c	26.29 d	62.79 e	0.28 e	4.69 d	34.94 d	68.87 b	
NT	0.46 de	4.81 c	30.01 cd	95.04 ab	1.66 a	9.43 bc	46.00 ab	71.86 b	
GT	0.66 bcd	4.37 c	32.83 bcd	77.28 cde	0.55 de	7.09 ab	50.72 abc	78.55 ab	
NGT	0.32 e	5.17 bc	38.16 bc	81.16 bcd	1.11 ab	8.24 ab	59.17 cd	88.92 ab	
Layu (Wilt)		KW 163				KW 165			
KT	0.10 f	1.37 f	3.00 h		0.26 ef	1.23 g	5.70 ef		
NT	0.04 f	3.00 e	7.50 e		0.03 f	2.74 ef	6.55 e		
GT	0.11 f	1.23 f	5.00 g		0.33 e	1.15 g	6.45 ef		
NGT	0.11 f	3.08 d	7.00 f		0.05 f	0.67 g	5.42 fg		
KT	0.54 f	1.18 f	3.00 h		0.20 ef	1.24 g	3.00 g		
NT	0.04 f	0.45 f	3.00 h		0.16 e	2.90 e	5.47 ef		
GT	0.18 f	1.60 e	3.50 h		0.37 e	1.92 fg	5.00 fg		
NGTT	0.05 f	1.35 f	4.50 h		0.07 f	2.00 efg	5.00 fg		

Keterangan (Notes): Lihat Tabel 1 (see Table 1).

yang kurang dibandingkan tunas, sedangkan pada perlakuan tanpa tunas, buah muda tidak mengalami kompetisi fotosintat dengan tunas. Fotosintat yang lebih banyak yang diterima oleh buah muda tanpa tunas dibandingkan buah muda dengan tunas menyebabkan bobot buah muda tanpa tunas lebih tinggi dibandingkan buah muda dengan tunas.

Bobot kering buah muda

Bobot kering buah kakao KW 163 dan KW 165 memperlihatkan ada perbedaan antarperlakuan (Tabel 4). Pada berbagai umur buah, bobot kering buah pada perlakuan tanpa tunas lebih besar dibandingkan buah dengan tunas. Bobot kering

buah dengan aplikasi GA dan NAA lebih besar dibandingkan tanpa aplikasi. Ada pengaruh nyata aplikasi NAA dan GA, sedangkan bobot kering buah sehat jauh lebih besar dibandingkan buah layu dan perbedaan bobot kering tersebut semakin besar pada umur buah yang semakin bertambah.

Aplikasi NAA dan GA meningkatkan bobot segar dan bobot kering buah sehat. Bobot buah merupakan parameter banyaknya fotosintat yang diterima buah. Sedangkan produktivitas suatu tanaman tergantung pada translokasi fotosintat dalam bentuk sukrosa dari sumber (daun) ke buah (sebagai rosot). Distribusi fotosintat pada tumbuhan umumnya dipengaruhi oleh kondisi buah (Gifford & Evan, 1981; Sturgis & Rubery,

1982). Peningkatan bobot kering buah pada aplikasi NAA dan GA menunjukkan bahwa NAA maupun GA mampu meningkatkan daya ambil buah sehingga translokasi fotosintat ke arah buah menjadi lebih besar. Interaksi nyata antarperlakuan dalam pengaruhnya terhadap bobot segar dan bobot kering memperkuat dugaan bahwa ada kompetisi alokasi fotosintat antara buah muda dan tunas yang mengakibatkan perubahan alokasi fotosintat ke arah buah. Kemampuan buah dalam memperoleh fotosintat dalam kompetisi tersebut ditentukan oleh daya ambil yang dimiliki oleh buah yang dipengaruhi oleh kandungan auksin dan GA di dalam buah.

Panjang buah muda

Panjang buah kakao KW 163 dan KW 165 memperlihatkan perbedaan yang nyata antara buah muda yang sehat dan yang layu pada semua perlakuan (Tabel 5). Pada umur 12 minggu, panjang buah layu tidak diamati. Panjang buah (Tabel 5) memperlihatkan ada pengaruh nyata perlakuan penghilangan tunas dengan aplikasi NAA dan GA pada KW 163 dan KW 165 berturut-turut mulai umur 6 dan 4 minggu. Panjang dan diameter merupakan dimensi ruang atau volume. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh

Tabel 4. Bobot kering buah kakao (g) klon KW 163 dan KW 165 dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi GA dan NAA pada berbagai umur buah

Table 4. Pod dry weight (g) of KW 163 and KW 165 cocoa as affected by flush removing and application of NAA and GA observed at several pod ages

Perlakuan <i>Treatment</i>	Umur buah, minggu (<i>Pod ages, weeks</i>)							
	3	6	9	12	3	6	9	12
Sehat (<i>Healthy</i>)	KW 163				KW 165			
KT	0.15 cd	1.07 bcd	4.10 b	7.00 c	0.10 d	1.00 ab	3.70 bc	7.00 c
NT	0.13 de	0.68 e	6.20 a	10.00 ab	0.11 cd	0.76 bc	4.00 a	8.00 bc
GT	0.16 c	1.29 abc	4.64 b	9.32 ab	0.10 d	1.18 a	3.93 b	7.50 c
NGT	0.11 e	1.40 a	4.50 b	9.04 b	0.12 bc	1.00 ab	4.58 a	8.80 bc
KTT	0.28 a	1.34 e	3.69 c	7.20 c	0.19 a	0.70 bc	3.59 c	7.50 c
NTT	0.14 cde	0.92 f	4.22 b	8.99 c	0.21 a	1.10 a	4.50 a	10.56 a
GTT	0.16 cd	1.21 abc	4.10 b	13.53 a	0.16 b	0.59 c	3.00 c	8.92 b
NGTT	0.23 b	1.00 cde	4.80 ab	8.95 c	0.12 c	1.26 a	4.95 ab	9.98 bc
Layu (<i>Wilt</i>)								
KT	0.03 f	0.10 j	0.56 j		0.07 ef	0.28 de	1.20 de	
NT	0.02 f	0.38 gh	1.56 de		0.10 e	0.30 de	1.20 def	
GT	0.03 f	0.40 g	1.15 h		0.01 j	0.17 e	1.21 de	
NGT	0.03 f	0.38 h	1.35 f		0.03 fgh	0.10 e	1.01 ef	
KTT	0.03 f	0.17 ij	1.01 i		0.03 hij	0.16 e	0.90 f	
NTT	0.01 f	0.08 j	1.53 e		0.04 efg	0.39 d	1.30 d	
GTT	0.02 f	0.25 i	1.65 d		0.03 ij	0.44 d	1.30 d	
NGTT	0.02 f	0.26 hi	1.22 g		0.03 ij	0.26 de	1.22 de	

Keterangan (*Notes*): Lihat Tabel 1 (*see Table 1*).

terhadap perkembangan biji. Di dalam biji terdapat embrio dan endosperm. Hal ini menunjukkan bahwa fotosintat yang diperoleh buah sebagian dipergunakan untuk pembentukan endosperm dan perkembangan embrio. Embrio yang berkembang akan meningkatkan sintesis auksin dan GA. Kandungan auksin dan GA yang lebih besar di dalam buah akan meningkatkan daya ambil buah, sehingga buah mampu tumbuh dan berkembang. Pada penelitian ini, penghilangan tunas meningkatkan panjang dan diameter buah. Daya ambil tunas yang tinggi menyebabkan buah kurang dalam memperoleh fotosintat.

Sebaliknya, pada penghilangan tunas, buah akan memperoleh fotosintat yang lebih banyak sehingga buah mampu berkembang. Hal ini membuktikan bahwa kompetisi alokasi fotosintat menjadi penyebab terjadinya layu buah.

Panjang buah kakao KW 163 dan KW 165 memperlihatkan ada perbedaan antarperlakuan (Tabel 5). Pada umur buah sampai dengan 6 minggu terlihat belum menunjukkan perbedaan, setelah buah berumur lebih dari itu, terlihat ada perbedaan antarperlakuan. Panjang buah pada perlakuan tanpa tunas lebih panjang dibandingkan buah dengan tunas. Panjang

Tabel 5. Panjang buah kakao (cm) klon KW 163 dan KW 165 dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi GA dan NAA pada berbagai umur buah

Table 5. Pod length (cm) of KW 163 and KW 165 cocoa clones as affected by flush removing and application of NAA and GA observed at several pod ages

	Umur buah, minggu (<i>Pod ages, weeks</i>)							
	3	6	9	12	3	6	9	12
Sehat (<i>Healthy</i>)								
	KW 163				KW 165			
KT	2.2 a	5.8 a	9.2 abc	11.0 d	2.3 a	5.4 a	7.1 d	9.8 b
NT	2.3 a	5.2 a	8.5 bc	11.4 c	2.4 a	5.8 a	10.5 a	14.6 a
GT	2.2 a	5.3 a	7.8 c	11.4 bc	2.3 a	5.3 a	9.5 bc	13.1 a
NGT	2.4 a	6.2 a	7.8 c	10.8 d	2.5 a	6.0 a	9.8 ab	14.8 a
KTT	2.3 a	5.4 a	7.7 c	10.9 d	2.3 a	4.9 a	8.9 c	12.0 ab
NTT	2.2 a	5.8 a	10.2 a	12.4 b	2.3 a	5.6 a	9.5 bc	12.9 ab
GTT	2.3 a	5.1 a	10.3 a	12.3 ab	2.5 a	5.8 a	10.1 ab	13.7 a
NGTT	2.3 a	5.6 a	9.7 ab	15.2 a	2.4 a	5.7 a	8.9 c	12.4 ab
Layu (<i>Wilt</i>)								
KT	0.53 b	0.41 d	1.45 d	1.33 b	2.63 cd	4.91 e		
NT	1.00 b	2.50 c	5.66 d	1.15 b	3.29 c	3.50 hi		
GT	1.18 b	2.61 bc	4.66 d	1.32 b	2.50 cd	4.28 fg		
NGT	1.00 b	3.68 b	4.60 d	1.04 b	1.81 d	3.17 i		
KTT	1.17 b	2.63 bc	2.50 d	1.77 b	2.21 cd	3.00 i		
NTT	0.80 b	2.11 c	3.48 d	1.46 b	2.43 cd	3.90 gh		
GTT	1.15 b	2.75 bc	3.80 d	1.17 b	3.33 c	4.50 ef		
NGTT	0.95 b	3.06 bc	3.78 d	1.23 b	2.25 cd	3.00 i		

Keterangan (*Notes*): Lihat Tabel 1 (*see Table 1*).

buah dengan aplikasi GA dan NAA lebih panjang dibandingkan tanpa aplikasi. Ada pengaruh nyata aplikasi NAA dan GA, serta ada interaksi nyata antara penghilangan tunas dan aplikasi NAA dan GA, sedangkan panjang buah sehat jauh lebih panjang dibandingkan buah layu dan perbedaan panjang tersebut semakin besar pada umur buah yang semakin bertambah.

Diameter buah muda

Diameter buah kakao KW 163 dan KW 165 memperlihatkan perbedaan yang nyata antara buah muda yang sehat dan yang layu pada semua perlakuan (Tabel 6).

Pada umur buah sampai dengan 6 minggu (KW 163) terlihat belum menunjukkan perbedaan, setelah buah berumur lebih dari itu, terlihat ada perbedaan antarperlakuan. Diameter buah pada perlakuan tanpa tunas lebih besar dibandingkan buah dengan tunas. Diameter buah dengan aplikasi GA dan NAA lebih besar dibandingkan tanpa aplikasi. Ada pengaruh nyata aplikasi NAA dan GA, serta ada interaksi nyata antara penghilangan tunas dan aplikasi NAA dan GA. Terdapat diameter buah (Tabel 6) menunjukkan ada pengaruh nyata perlakuan penghilangan tunas dengan aplikasi NAA dan GA pada KW 163 dan KW 165 berturut-turut mulai umur 3 dan

Tabel 6. Diameter buah kakao (cm) klon KW 163 dan KW 165 dengan perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi GA dan NAA pada berbagai umur buah

Table 6. Pod diameter (cm) of KW 163 and KW 165 cocoa clones as affected by flush removing and application of NAA and GA observed at several pod ages

	Umur buah, minggu (<i>Pod age, weeks</i>)							
	3	6	9	12	3	6	9	12
Sehat (<i>Healthy</i>)	KW 163				KW 165			
KT	0.87 a	1.79 a	3.64 b	5.14 de	0.82 a	1.70 ab	2.58 a	5.04 c
NT	0.88 a	1.91 a	3.80 ab	5.34 cd	0.80 a	1.82 a	3.43 a	5.43 ab
GT	0.54 a	1.73 a	2.98 a	5.40 bc	0.86 a	1.82 a	3.25 a	5.34 bc
NGT	0.51 a	1.82 a	3.82 ab	5.68 a	0.75 a	1.77 ab	2.82 a	5.54 ab
KTT	0.47 a	1.81 a	3.35 b	5.03 e	0.80 a	1.79 ab	3.33 a	5.32 bc
NTT	0.45 a	1.90 a	3.84 a	5.64 ab	0.77 a	1.54 b	3.83 a	5.76 a
GTT	0.42 a	1.83 a	3.91 a	5.89 a	0.79 a	1.30 ab	3.76 a	5.52 ab
NGTT	0.48 a	1.35 b	2.86 ab	5.44 bc	0.85 a	1.83 ab	3.38 a	5.65 ab
Layu (<i>Wilt</i>)								
KT	0.10 b	0.41 e	1.30 de		0.36 b	0.68 de	1.47 b	
NT	0.16 b	0.90 cde	2.00 c		0.35 b	1.08 cd	1.41 b	
GT	0.20 b	1.23 c	1.50 de		0.32 b	0.55 e	1.61 b	
NGT	0.16 b	1.27 c	1.76 cd		0.35 b	0.46 e	1.72 b	
KTT	0.42 b	0.87 cde	1.25 e		0.47 b	0.89 cde	1.45 b	
NTT	0.24 b	0.57 de	1.50 de		0.49 b	1.13 cd	1.75 b	
GTT	0.26 b	0.88 cde	1.33 de		0.39 b	1.30 c	1.70 b	
NGTT	0.25 b	1.07 cd	1.20 e		0.35 b	0.80 de	1.60 b	

Keterangan (*Notes*): Lihat Tabel 1 (*see Table 1*).

4 minggu. Sementara itu diameter buah sehat jauh lebih besar dibandingkan buah layu dan perbedaan diameter tersebut semakin besar pada umur buah yang semakin bertambah.

Pembahasan di atas menunjukkan bahwa kandungan sukrosa, bobot segar dan bobot kering serta panjang dan diameter buah merupakan dimensi pertumbuhan dan perkembangan buah kakao. Selain itu, parameter-parameter tersebut dapat menggambarkan proporsi alokasi fotosintat yang diperoleh buah dari sumber dalam kompetisinya dengan rosot yang lain. Proporsi fotosintat yang menuju ke arah buah ditentukan oleh daya ambil buah tersebut.

Daya ambil ditentukan oleh ukuran dan aktivitas rosot, sementara aktivitas rosot ditentukan oleh hormon dan enzim yang bekerja di dalam rosot. Aplikasi NAA dan GA merupakan upaya perubahan aktivitas rosot yang meningkatkan daya ambil buah dan meningkatkan kemampuan buah dalam bersaing dengan tunas untuk memperoleh fotosintat, sehingga menurunkan jumlah layu buah. Interaksi nyata yang ditunjukkan oleh perlakuan penghilangan tunas dan aplikasi NAA dan GA memperkuat dugaan pengaruh auksin dan GA dalam meningkatkan daya ambil buah muda kakao dalam kompetisi alokasi fotosintat antara buah muda dan tunas.

Pada kondisi tanaman dengan tunas, daya ambil buah muda yang lebih rendah daripada daya ambil tunas menyebabkan proporsi alokasi fotosintat dari sumber menuju buah muda lebih rendah dibandingkan tunas. Kekurangan fotosintat pada buah muda akan menyebabkan penurunan respirasi dan kekurangan rangka karbon penyusun molekul struktural maupun fungsional. Hal ini akan menyebabkan menurunnya fungsi dan struktur di dalam sel, yang berakibat pada layu buah. Hal ini membuktikan bahwa

kompetisi alokasi fotosintat menjadi penyebab terjadinya buah layu.

KESIMPULAN

1. Aplikasi NAA dan GA meningkatkan daya ambil buah dalam bersaing dengan tunas untuk memperoleh fotosintat, sehingga menurunkan jumlah layu buah.
2. Terdapat interaksi antara perlakuan tunas dan aplikasi NAA dan GA dalam meningkatkan daya ambil buah muda kakao dalam kompetisi alokasi fotosintat antara buah muda dan tunas.
3. Daya ambil buah muda yang lebih rendah dibanding tunas menyebabkan proporsi alokasi fotosintat dari sumber menuju buah muda lebih rendah dibandingkan tunas dan kemudian menyebabkan terjadinya layu buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvim, P.T. (1977). Cacao. p.291-296. *In*: Alvim, P.T. & T.T. Kozlowski (eds.). *Ecophysiology of tropical crops*. Academic press. New York.
- Bandurski, R.; J.D. Cohen; J.P. Slovin & D.M. Reinecke (1995). Auxin Biosynthesis and metabolism. *In*: P.J. Davies (ed.). *Plant Hormones; Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Christy, A.L. & D.B. Fisher (1978). Kinetics of ¹⁴C-photosynthate translocation in morning glory vines. *Plant Physiology*, 61, 283-290.
- Cicek, M. (2001). *Genetic Marker Analysis of Three Major Carbohydrates in Soybean Seeds*. Dissertation. Virginia Polytechnic Institute & State Univ. Blacksburg, Virginia.
- Flore, J.A. & D.R. Layne (1996). Whole plant sink – source relationships of selected

- crops: Prunus. *In*: E. Zamski & A.A. Schaffer (eds.). *Photo-assimilate Distribution in Plant and Crops: Sink – Source relationships*. Marcel Dekker, New York.
- Frigerio, M.; D. Alabadi; J.P. Gomez; L.G. Carcel; A.L. Phillips; P. Hedden, & M.A. Blazquez (2006). Transcriptional regulation of gibberellin metabolism genes by auxin signaling in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 142, 553–563.
- Goldschmidt, E.E. & K.E. Koch (1996). Whole plant sink – source relationships of selected crops: Citrus. *In*: E. Zamski & A.A. Schaffer (eds.). *Photoassimilate distribution in plant and crops: Sink – Source relationships*. Marcel Dekker, New York.
- Grierson, W. (1995). Fruit development, maturation, and ripening. *In*: Pessarakli (ed.). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Hasenstein, K.H. & M.S. Zavada (2001). Auxin modification of the incompatibility response in *Theobroma cacao*. *Physiologia Plantarum*, 112, 113–118.
- Hendrix, J.E. (1995). Assimilate transport and partitioning *in* M. Pessarakli (ed.). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Hu, J.; M.G. Mitchum; N. Barnaby; B.A. Ayele; M.Ogawa; E. Nam; W.C. Lai; A. Hanada; J.M. Alonso; J.R. Ecker; S.M. Swain; S. Yamaguchi, Y. Kamiya & T.P. Sun (2008). Potential sites of bioactive gibberellin production during reproductive growth in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 20, 320–336.
- Hull, R.J. (1996). Whole plant sink – source relationships of selected crops: turfgrasses. *In*: E. Zamski & A.A. Schaffer (eds.). *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Sink – Source relationships*. Marcel Dekker, New York.
- Kang, Y.; W.H. Outlaw; G.B. Fiore & K.A. Riddle (2007). Guard cell apoplastic photosynthate accumulation corresponds to a phloem-transport mechanism. *Journal Experimental Botomy*, 58, 4061–4070.
- Komisi Kakao Indonesia (2006). *Direktori dan Revitalisasi Agribisnis Kakao Indonesia*. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Liakopoulos, G.; S. Stavrianakou; D. Nikolopoulos; E. Karvonis; K.A. Vekkos; V. Psaroudi & G. Karabourniotis (2009). Quantitative relationships between boron and mannitol concentrations in phloem exudates of *Olea europaea* leaves under contrasting boron supply conditions. *Plant and Soil*, 10, 1007–1026.
- Liu, F.; C.R. Jensen & M.N. Andersen (2004). Pod set related to photosynthetic rate and endogenous ABA in soybeans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. *Annual of Botomy*, 94, 405–411.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Acad Press, London.
- Miller, A.N. & C.S. Walsh (1990). Indole-3-acetic acid concentration and ethylene evolution during early fruit drop development in peach. *Plant Growth Regulator*, 9, 37–46.
- Morris, D.A. (1996). Hormonal regulation of sink – source relationships: An overview of potential control mechanisms. *In*: E. Zamski & A.A. Schaffer (eds.). *Photoassimilate distribution in plant and crops: Sink – Source relationships*. Marcel Dekker, New York.
- Naqvi, S.S.M. (1999). Plant hormones and stress phenomena. *In*: M. Pessarakli (ed.). *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York.
- Nichols, R. (1960). Auxins of cacao and cherelle wilt. *Proceeding VII Inter-american Cacao Conference*. Trinidad and Tobago, 100–104.

- Olszewski, N.; T. Sun & F. Gubler (2002). Gibberellin signaling: Biosynthesis, catabolism, and response pathways. *The Plant Cell*, 14, 61–80.
- Orchard, J.E. & M.E. Resnik (1982). The effect of gibberellic acid and various auxins on ethrel induced wilt of Cacao. *8th International Cocoa Research Conference*. Quevedo. Ecuador, 223–228.
- Ozga, J.A.; D.M. Reinecke; B.T. Ayele; P. Ngo; C. Nadeau & A.D. Wickramarathna (2009). Developmental and hormonal regulation of gibberellin biosynthesis and catabolism in Pea fruit. *Plant Physiology*, 150, 448–462.
- Prawoto, A.A. (2000). Kajian morfologis, anatomis dan biokhemis layu pentil kakao serta perkembangan upaya pengendaliannya. *Pelita Perkebunan*, 16, 11–29.
- Ramsperger-Gleixner, M.; D. Geiger; R. Hedrich & N. Sauer (2004). Differential expression of sucrose transporter and polyol transporter genes during maturation of common plantain companion cells. *Plant Physiology*, 134, 147–160.
- Rock, C.D. & R.S. Quatrano (1995). The role of hormones during seed development. Metabolism. *In*: P.J. Davies (ed.). *Plant Hormones; Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Schroeder, C.A. (1958). Observations on the growth of cacao fruit. *Proceedings Septima Conferencia Interamericana de Cacao*. Palmira, Columbia, 381–393.
- Sonnewald, U. & L. Willmitzer (1992). Molecular approaches to sink – source interactions. *Plant Physiology*, 99, 1267–1270.
- Thorold, C.A. (1975). *Disease of Cocoa*. Clarendon Press, Oxford.
- Tjasadihardja, A. (1987). *Hubungan Antara Pertumbuhan Pucuk, Perkembangan Buah Serta Tingkat Kandungan Asam Indol Asetat di Dalam Biji dan Layu Pentil Kakao (Theobroma cacao L.)*. Desertasi. Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Turgeon, R. (2006). Phloem mengangkut: How leaves gain their independence. *Bio-science*, 56, 15–24.
- Turgeon, R. & R. Medville (2004). Phloem transport. A reevaluation of the relationship between plasmodesmatal frequencies and transport strategies. *Plant Physiology*, 136, 3795–3803.
- White, P.J. & P.H. Brown (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annal Botomy*, 105, 1073–1080.
- Wood, G.A.R. & R.A. Lass (1985). *Cocoa*. Longman, London.
- Zhang, L.Y.; Y.B. Peng, S.P. Travier; Y. Fan; Y.F. Lu; Y.M. Lu; X.P. Gao, Y.Y. Swen; S. Delrot & D.P. Zhang (2004). Evidence for apoplasmic phloem transport in developing apple fruit. *Plant Physiology*, 135, 574–586.
