

POLA KERONTOKAN BUAH DAN KANDUNGAN HORMON ENDOGEN PADA BUAH JERUK PAMELO BERBIJI DAN TIDAK BERBIJI

Pattern of Fruit Drop and Endogenous Hormones in Seeded and Seedless Pummelo

Ummu Kalsum^{1,2}, Slamet Susanto^{3*}, Ahmad Junaedi³, Nurul Khumaida³⁺, Heni Purnamawati³

¹ Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (IPB University), Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor.

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya No. 100, Depok. email: ummukalsum89@gmail.com.

³ Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB University), Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor. email: slmtsanto@gmail.com; junaedi_agr@apps.ipb.ac.id; nurul_khumaida@apps.ipb.ac.id; henipurnamawati1@gmail.com

*) Penulis untuk korespondensi

+ wafat pada Maret 2020

Diterima 12 November; Disetujui 12 Desember 2022

ABSTRAK

Kerontokan buah tergantung pada kultivar, kandungan hormon, hara dan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pola kerontokan dan perubahan konsentrasi hormon yang terjadi dari beberapa kultivar pameo berbiji dan tidak berbiji. Desain percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan, yaitu Adas Duku dan Bali Merah 1 (pameo berbiji) serta Bali Merah 2 dan Jawa 1 (pameo tidak berbiji). Variabel pengamatan terdiri atas jumlah buah rontok, *initial* dan *final set*, kandungan gula total, konsentrasi GA₃, IAA dan asam absisat (ABA) buah. Hasil menunjukkan bahwa kedua kelompok (pameo berbiji dan tidak berbiji) mengalami kerontokan buah pada awal perkembangan buah, namun kerontokan buah saat fase pematangan buah hanya pada kedua kultivar pameo tidak berbiji. *Initial set* pameo berbiji (28.76%) lebih tinggi dibandingkan pameo tidak berbiji (21.75%). *Final set* pada pameo tidak berbiji menunjukkan bahwa Bali Merah 2 (12.95%) lebih tinggi dibandingkan Jawa 1 (9.20%). Buah yang akan rontok dari pameo berbiji dan tidak berbiji memiliki kandungan gula total <0.30%, sedangkan pada buah yang tidak rontok >0.30%. Konsentrasi GA₃ dan IAA buah pameo berbiji dan tidak berbiji mengalami peningkatan selama awal perkembangan buah (1 sampai 4 minggu setelah anthesis = MSA), sedangkan konsentrasi ABA mengalami penurunan pada 3 MSA.

Kata kunci: ABA, GA₃, Gula total, IAA, *Initial set*.

ABSTRACT

Fruit drop depends on the cultivar, hormone concentrations, nutrients and environment. This study aimed to examine the pattern of fruit drop and hormonal concentration changes that occur from several seeded and seedless pummelo cultivars. The experimental design used was a completely randomized design with four treatments, i.e. Adas Duku and Bali Merah 1 (seeded pummelo) and Bali Merah 2 and Jawa 1 (seedless pummelo). The observation variables consisted of the number of fruit drops, initial and final set, total sugar content, GA₃, IAA and abscisic acid (ABA) concentrations in the fruit. The results showed that both groups (seeded and seedless pummelo) occurred

fruit drop at the beginning of fruit development, but fruit drop during the fruit ripening phase was only in the two seedless pummelo cultivars. The initial set of seeded pummelo (28.76%) was higher than seedless pummelo (21.75%). The final set of seedless pummelo showed that Bali Merah 2 (12.95%) was higher than Jawa 1 (9.20%). The fruit drop of seeded and seedless pummelo has a total sugar content of $<0.30\%$, while in normal fruit $>0.30\%$. GA_3 and IAA concentrations of seeded and seedless fruit increased during the beginning of fruit development (1^{st} to 4^{th} weeks after anthesis = WAA), while ABA concentrations decreased at 3 WAA.

Keywords: ABA, GA_3 , a total sugar content, IAA, Initial set.

PENDAHULUAN

Produksi buah tergantung pada *fruit set* yang tinggi dan suksesnya retensi buah pada pohon sampai matang. Kerontokan bunga maupun buah seringkali terjadi menyebabkan berkurangnya jumlah buah panen. Ascough *et al.* (2005) menyatakan bahwa aspek kerontokan pada tanaman absisi biologi sel, peranan etilen, signal yang berhubungan dengan absisi, absisi buah muda dan proses pemisahan sel. Rackso *et al.* (2007) dan Khefifi *et al.* (2016) menyatakan bahwa kerontokan organ tanaman terjadi karena faktor genetis, perubahan lingkungan (suhu atau kelembaban), manajemen nutrisi yang rendah, ketidakseimbangan hormon serta kelembaban tanah yang tidak sesuai. Kerontokan buah pada jeruk dan jambu air dipengaruhi oleh kultivar (Khandaker *et al.* 2016; Adjei *et al.* 2017). Ketersediaan karbohidrat juga merupakan faktor pembatas utama untuk mendukung pembesaran buah (Iglesias *et al.* 2007). Buah yang kekurangan karbohidrat akan

berukuran kecil atau rontok. Kandungan karbohidrat pada buah yang bertahan di pohon umumnya berada dalam konsentrasi yang dapat memenuhi kebutuhan buah tersebut.

Karbohidrat dan keseimbangan hormon menjadi penyebab buah rontok sebelum panen, seperti pada buah pamelo Thailand cv. Thong Dee dan Khao Nam Phueng dimana total karbohidrat non-struktural dan konsentrasi auksin dari buah normal (bertahan dipohon) lebih tinggi dibandingkan buah rontok (Nartvaranant (2012).

Ascough *et al.* (2005) menyatakan bahwa peranan keseimbangan hormon menjadi hal penting dalam kerontokan organ tanaman. Fitohormon yang terlibat dalam perkembangan buah adalah auksin, giberelin dan sitokinin. Sitokinin dan auksin berperan dalam mendukung pembelahan dan perkembangan sel serta distribusi nutrisi dalam buah muda (He *et al.* 2009). Namun hormon promotor partum-buhan yang banyak terlibat dalam kerontokan buah selama pertumbuhan dan

perkembangan buah adalah auksin dan giberelin (Pattison *et al.* 2014; Khandaker *et al.* 2016; Suman *et al.* 2017). Hormon lain yang berkorelasi kuat dengan rontoknya buah muda pada apel adalah asam absisat (ABA) (Eccher *et al.* 2013). Eccher *et al.* (2013) dan Bihst *et al.* (2018) melaporkan bahwa ABA memiliki peran penting dalam pengaturan absisi suatu organ tanaman, yaitu mengaktifasi jalur signal transduksi pada zona absisi. Kerontokan setelah polinasi umumnya terjadi pada awal perkembangan buah atau saat buah akan memasuki periode panen namun dalam jumlah yang kecil (Ascough *et al.* 2005; Bisht *et al.* 2018). Kerontokan buah jeruk terjadi pada pamelos terjadi pada cv. Thong Dee dan Khao Nam Phueng (Nartvaranant 2012) dan dua kultivar jeruk (Red bloom dan Late Valencia) (Adjei *et al.* 2017).

Kultivar yang berbeda diduga akan memiliki karakteristik yang berbeda pada kerontokan pada buahnya, seperti waktu rontok buah maupun jumlah buah retensi. Dengan demikian, perlu ditelaah fenomena kerontokan buah dan proses fisiologi yang terjadi didalam buah jeruk pamelos berbiji dan tidak berbiji.

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh informasi periode spesifik kerontokan buah selama perkembangan

buah serta menjelaskan proses fisiologi yang terjadi selama perkembangan buah yang menjadi penyebab kerontokan buah pada jeruk pamelos berbiji dan tidak berbiji.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober 2018 sampai Agustus 2019 di Desa Tambakmas, Kecamatan Sukomoro Kabupaten Magetan. Analisis gula total dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Analisis GA₃, indole-3-acetic acid (IAA) dan asam absisat (ABA) dilaksanakan di Laboratorium Residu Bahan Agrokimia Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Bogor.

Bahan yang digunakan adalah tanaman pamelos berumur 5-6 tahun yang berasal dari bibit cangkok, plastik transparan, pupuk NPK 15:15:15, pupuk kandang, *ice gel* dan senyawa kimia dalam analisis pamelos. Alat yang digunakan adalah thermohygrometer, jangka sorong, timbangan digital dan alat untuk analisis senyawa kimia.

Desain Percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 1 faktor, yaitu kultivar (Bali Merah 1, Bali Merah 2, Jawa 1 dan Adas Duku). Setiap perlakuan

diulang 5 kali. Sampel yang digunakan adalah 20 cabang sekunder yang relatif seragam diameternya (1.3 – 1.5 cm) diambil dari sisi barat, timur, selatan dan utara tanaman. Kebun yang digunakan terdiri atas 4 kebun yang menerapkan pemeliharaan tanaman yang sama, dimana setiap kebun terdiri atas 1 kultivar. Pemupukan pada tanaman jeruk pabelan menggunakan pupuk NPK sebanyak 2 kg/pohon yang diterapkan pada awal musim penghujan (yaitu November 2018) serta pupuk kandang sebanyak 10-12 kg/pohon diterapkan pada awal musim kemarau (yakni Mei 2019). Pemupukan diaplikasikan pada lubang yang dibuat mengelilingi pohon (jaraknya \pm 1.5 m dari batang utama) setelah pupuk dimasukkan kemudian ditutup kembali dengan tanah. Pemangkasan dilakukan pada cabang/ranting kering, sakit atau posisi yang tidak tepat. Pemberongsongan buah pada 4 MSA untuk menghindari hama. Pengendalian gulma secara manual hanya dibawah tajuk tanaman.

Perubahan yang diamati terdiri atas waktu rontok buah (MSA), diamati setiap minggu sampai buah panen (24 MSA), *initial set* (%) dilakukan pada 4 MSA dan *final set* pada 12 MSA, jumlah buah panen (buah), kandungan gula dan hormon buah. Kandungan gula total buah (%) diukur

menggunakan metode *anthrone* (AOAC, 1990). Sampel 0,2 g buah ditumbuk halus + 5 ml H₂O + 20 ml etanol 80% panas lalu dikocok lalu disentrifugasi, supernatant diuapkan lalu ditara menjadi 100 ml. Larutan 1 ml + 1 ml H₂O + 5 ml *anthrone* (9, 10 dihidro-9-oxoanthracene) 0,1% kemudian dipanaskan pada 100°C selama 12 menit. Kandungan gula total diukur dengan spektrofotometer UV-Vis $\lambda=$ 630 nm. Kandungan GA₃ (ppm) diukur menggunakan metode Linskens dan Jackson (1987). Sampel segar 5 g dihaluskan, diekstraksi menggunakan etil asetat 3x10 ml. Sampel dilarutkan dalam 10 ml metanol 80 kemudian disaring lalu dianalisis menggunakan HPLC dengan fase gerak metanol dan asam asetat (60:40) (v/v), fase diam (kolom) C-18, kecepatan alir fase gerak 1 ml/menit, tekanan saat injeksi 900 psi dan detektor $\lambda=$ 254 nm. Kandungan IAA (ppm) diukur dengan metode Maulana *et al.* (2018) yang dimodifikasi. Pelarutnya adalah methanol 65% dengan laju fase gerak 0,5 ml/menit. Modifikasi pada detektor $\lambda=$ 254 nm dikarenakan sensitivitas yang lebih tinggi. Kandungan ABA (ppm) diukur menggunakan metode Kelen *et al.* (2004) yang dimodifikasi. Sampel segar 10 g dihaluskan lalu diekstraksi. Larutan ekstraksi 1 g dihomogenkan dalam 5 ml

methanol 6,8 mM H₃PO₃ (v/v) yang mengandung 100mM ammonium asetat pH 6,5. Pelarutnya dimodifikasi dengan penambahan butylated hydroxytoluene (BHT) 45µM agar larutan tidak mudah teroksidasi. Sampel dihomogenkan dalam *ice bath* 4°C selama 30 menit, lalu disentrifuge pada 5000x selama 10 menit. Larutan murni dilarutkan dalam 50 ml methanol 20% (v/v) dianalisis menggunakan HPLC fase diam C-18, fase cair methanol asetat dan detector λ= 260 nm.

Analisis Data

Data percobaan yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam taraf α=5%, jika hasil menunjukkan beda nyata maka dilanjutkan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf α=5% untuk perbandingan antar kultivar. Selain itu dilakukan uji kontras ortogonal untuk mengetahui perbedaan antar kelompok pamelo berbiji dan pamelo tidak berbiji. Uji korelasi juga dilakukan pada kandungan gula dan hormon buah pamelo terhadap retensi buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Agroklimat di Lokasi Riset

Curah hujan terjadi selama Oktober 2018 sampai Agustus 2019 bervariasi,

curah hujan tertinggi terjadi di bulan Februari sebesar 482 mm dengan curah hujan tahunan sebesar 1767 mm. Curah hujan tahunan tersebut berada dalam kisaran curah hujan yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman jeruk pamelo berdasarkan Cayabyab (2004), yakni 1500-1800 mm.

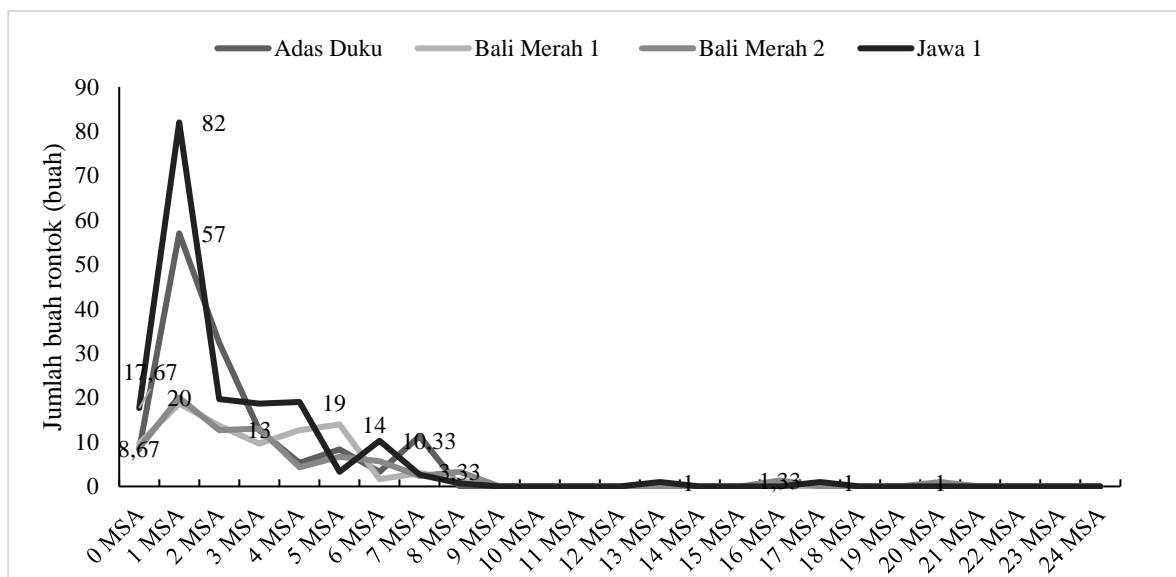
Suhu pagi hari berkisar 25.58-27.55°C, siang hari 30.56-40.13°C dan sore hari 27.72-33.24°C. Kelembaban udara pagi hari berada dalam kisaran 66.70-91.00% untuk pagi hari, 44.60-89.00% untuk siang hari, dan 50.90-81.70% untuk sore hari. Mayoritas dari suhu dan kelembaban udara di Magetan juga berada dalam kisaran optimal untuk budidaya jeruk pamelo. Menurut Cayabyab (2004), tanaman jeruk pamelo dapat tumbuh optimal pada suhu 25-30 °C dan kelembaban udara 50-85%.

Pola Kerontokan Buah Jeruk Pamelo

Kerontokan buah pada kelompok berbiji dan tidak berbiji menunjukkan pola yang berbeda (Gambar 1). Kerontokan buah pamelo berbiji hanya di awal perkembangan buah, yakni Adas Duku (0-7 MSA) dan Bali Merah 1 (0-8 MSA). Kelompok pamelo tidak berbiji memiliki kerontokan di awal perkembangan buah dan saat fase pematangan. Kerontokan

kultivar Bali Merah 2 terjadi pada 0-8 MSA namun kultivar Jawa 1 pada 0-7 MSA. Kerontokan pada fase pematangan terjadi pada 16 dan 20 MSA untuk Bali Merah 2 serta 17 MSA untuk Jawa 1 dengan jumlah kerontokan yang sangat kecil (yakni <0,5%). Kerontokan buah terjadi pada awal perkembangan buah dan fase pematangan sesuai dengan pernyataan Bisht *et al.* (2018) dimana absisi buah dapat terjadi pada awal perkembangan buah atau saat buah akan memasuki periode panen. Kerontokan pada awal perkembangan buah berkaitan dengan stadia kritis bunga dan buah.

Menurut Farro dan Pinedo (2010) stadia kritis bunga dan buah camu-camu terjadi pada 7 minggu pertama. Jumlah buah rontok tertinggi dari keempat kultivar dimiliki oleh Jawa 1 (mencapai 90.89%). Setiap kultivar menggambarkan jumlah buah rontok yang berbeda diduga karena kemampuan genetik yang berbeda serta pengaruh keseimbangan hormon di dalam buahnya. Li *et al.* (2017) dan Khefifi *et al.* (2020) melaporkan bahwa kerontokan buah dipengaruhi oleh unsur hara pada buah, kemampuan genetik, konsentrasi hormon dan lingkungan.



Gambar 1. Kerontokan Buah Pamelos selama Pembungaan dan Perkembangan Buah. MSA = Minggu Setelah Anthesis.

Tabel 1. *Initial Set*, *Final Set* dan Jumlah Buah Panen pada Jeruk Pamelo

Kultivar / Kelompok	<i>Initial set</i> (%)	<i>Final set</i> (%)	Jumlah buah panen (buah)
Berbiji			
Adas Duku	28.11a	10.89ab	22.3a
Bali Merah 1	29.40a	13.42a	11.0b
Tidak berbiji			
Bali Merah 2	29.44a	12.95ab	10.0b
Jawa 1	14.05b	9.20b	14.0b
Berbiji vs Tidak berbiji	**	tn	tn
Adas Duku vs Bali Merah 1	tn	tn	**
Bali Merah 2 vs Jawa 1	**	*	tn

Ket: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada BNJ $\alpha = 0.05$. *=berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.05$, **= berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.01$. tn= tidak berbeda nyata berdasarkan uji kontras ortogonal.

Initial set, Final Set dan Buah Panen

Initial set kelompok berbiji > kelompok tidak berbiji (Tabel 1). Persentase *initial set* antar kultivar dalam kelompok berbiji tidak memperlihatkan adanya perbedaan nyata namun pada kelompok tidak berbiji terlihat Bali Merah 2 lebih besar 2x lipat dibandingkan Jawa 1. Persentase *initial set* antar kultivar berkisar 28.11-29.44% pada ketiga kultivar, sedangkan pada Jawa 1 menghasilkan 14,05%. Kedua kelompok dan antar kultivar dari kelompok berbiji tidak terlihat adanya perbedaan pada *final set*-nya. Perbedaan *final set* hanya terlihat pada kedua kultivar pamelo tidak berbiji, dimana Bali Merah 2 (12.95%) >Jawa 1 (9.20%). *Final set* tertinggi dimiliki oleh Bali Merah 1>Bali Merah 2>Adas Duku>Jawa 1. *Initial set* dan *final set* umumnya dipengaruhi oleh sumber polen,

keseimbangan hormon serta iklim (Đorđević *et al.* 2012; Khefifi *et al.* 2020).

Jumlah buah panen tidak menunjukkan perbedaan nyata antara pamelo berbiji dan tidak berbiji serta antar kultivar dalam pamelo tidak berbiji (Tabel 6). Jumlah buah panen terbanyak terdapat pada Adas Duku yang memiliki konsentrasi GA₃ dan IAA yang tinggi serta kandungan ABA yang rendah pada 1-2 MSA. Tingginya hormon promotor dan rendahnya hormon inhibitor diduga menjadi penyebab jumlah buah panen yang tinggi.

Kandungan Gula Total pada Buah

Jeruk Pamelo

Kandungan gula total buah pamelo berbiji dan tidak berbiji tidak terlihat adanya perbedaan pada 1 sampai 4 MSA (Tabel 2). Kandungan gula total antar

anggota dalam kelompok pamelu berbiji terlihat perbedaan yang nyata pada 1 dan 3 MSA, sedangkan dalam pamelu tidak berbiji terlihat perbedaan nyata hanya pada 3 MSA. Pada semua kultivar terlihat bahwa kandungan gula total buah yang akan rontok < buah yang tidak rontok pada 1-4 MSA. Gula total merupakan karbohidrat non-struktural dalam jaringan/organ tanaman. Iglesias *et al.* (2007) menyatakan bahwa ketersediaan karbohidrat merupakan faktor pembatas utama untuk mendukung pembesaran buah.

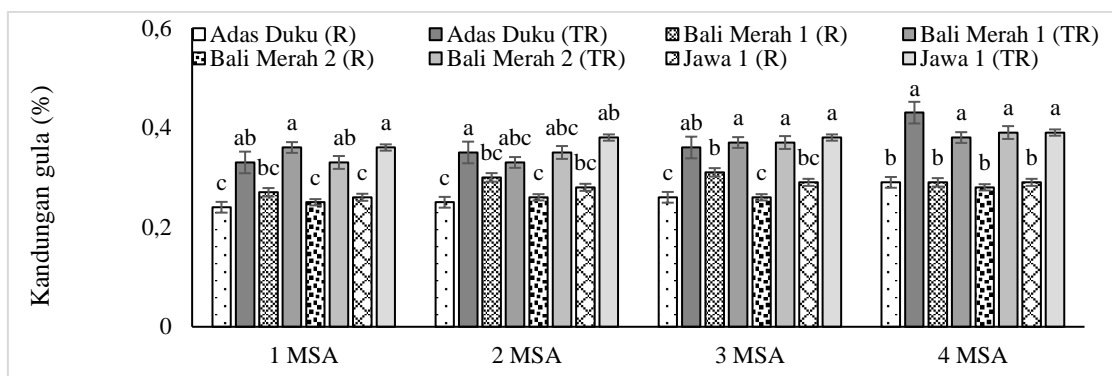
Kandungan gula buah yang akan rontok pada semua kultivar < buah tidak rontok (Gambar 2). Kandungan gula pada buah yang akan rontok < 0.30 % pada semua kultivar, sedangkan pada buah yang tidak rontok > 0.30 % saat buah berumur 1-4 MSA. Kandungan gula pada buah

yang tidak rontok mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur buah. Kandungan gula total berbeda signifikan antar kultivar pamelu, dimana kandungan gula tertinggi adalah Adas Duku (0.43% pada 4 MSA). Rendahnya gula total buah diduga menjadi penyebab buah muda mengalami kerontokan. Menurut Ruiz *et al.* (2001) rontoknya buah muda berkorelasi dengan kandungan karbohidrat di dalam buah serta berkaitan dengan kemampuan *sink* dalam berkompetisi sesama buah. Selanjutnya, Nartvaranant (2012) melaporkan bahwa kerontokan buah pada dua kultivar pamelu karena rendahnya translokasi fotoasimilat dari daun menuju ke buah. Dengan demikian buah pamelu agar mampu bertahan di pohon membutuhkan minimal 0,30% gula yang bertranslokasi ke dalam buah.

Tabel 2. Hasil Uji Kontras Ortogonal pada Kandungan Gula Total Buah

Pembandingan	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4 MSA
Berbiji Vs Tidak Berbiji	tn	tn	tn	tn
AD Vs BM 1	*	tn	**	tn
BM 2 Vs JW 1	tn	tn	*	tn
AD yang akan rontok Vs AD tidak rontok	**	**	**	**
BM 1 akan rontok Vs BM 1 tidak rontok	**	tn	**	**
BM 2 akan rontok Vs BM 2 tidak rontok	**	**	**	**
JW 1 akan rontok Vs JW 1 tidak rontok	**	**	**	**

Ket: *=berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.05$, **= berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.01$. tn= tidak berbeda nyata berdasarkan uji kontras ortogonal. AD = Adas Duku. BM 1 = Bali Merah 1. BM 2 = Bali Merah 2. JW 1 = Jawa 1.



Gambar 2. Kandungan Gula Total Buah. R= yang akan rontok. TR= tidak rontok

Tabel 3. Hasil Uji Kontras Ortogonal pada Konsentrasi GA₃ Buah Pamelo

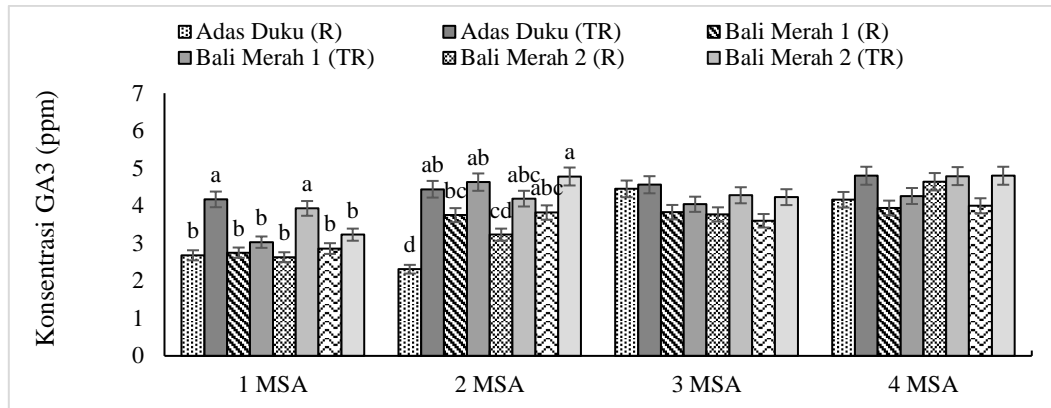
Pembandingan	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4 MSA
Berbiji Vs Tidak Berbiji	tn	tn	tn	tn
AD Vs BM 1	**	**	*	tn
BM 2 Vs JW 1	tn	*	tn	tn
AD akan rontok Vs AD tidak rontok	**	**	tn	*
BM 1 akan rontok Vs BM 1 tidak rontok	tn	**	tn	tn
BM 2 akan rontok Vs BM 2 tidak rontok	**	**	tn	tn
JW 1 akan rontok Vs JW 1 tidak rontok	*	**	*	*

Ket: *=berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.05$, **= berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.01$. tn= tidak berbeda nyata berdasarkan uji kontras orthogonal. AD = Adas Duku. BM 1 = Bali Merah 1. BM 2 = Bali Merah 2. JW 1 = Jawa 1.

Konsentrasi GA₃ Buah Jeruk Pamelo

Konsentrasi GA₃ buah pamelo berbiji dan tidak berbiji pada 1-4 MSA tidak menampakkan adanya perbedaan (Tabel 3). Konsentrasi GA₃ antar kultivar dari kelompok berbiji menunjukkan perbedaan yang nyata pada 1-3 MSA sedangkan pada kelompok tidak berbiji pada 2 MSA. Konsentrasi GA₃ pada buah yang akan rontok cenderung lebih rendah dibandingkan buah yang tidak rontok pada semua kultivar. Rendahnya kandungan GA₃ pada buah menginduksi kerontokan buah. Kejadian yang serupa terjadi pada beberapa buah jeruk (Pozo 2011;

Nartvaranant 2015). Pola perubahan konsentrasi GA₃ pada buah yang akan rontok diantara kedua kultivar kelompok berbiji terlihat berbeda, sedangkan konsentrasi GA₃ pada buah retensi menampakkan pola yang sama (yakni konsentrasi GA₃ meningkat seiring bertambahnya umur) (Gambar 3). Hal ini diduga berkaitan dengan peran GA₃ yang menjadi promotor pertumbuhan tanaman. Nartvaranant (2015) melaporkan bahwa konsentrasi GA₃ meningkat setelah pembelahan sel dikarenakan hormon tersebut berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan buah.



Gambar 3. Konsentrasi GA₃ Buah Rontok dan Tidak Rontok pada Pamelo. R= yang akan rontok. TR= tidak rontok

Tabel 4. Hasil Uji Kontras Ortogonal pada Konsentrasi IAA Buah Pamelo

Pembandingan	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4 MSA
Berbiji Vs Tidak Berbiji	**	**	tn	tn
AD Vs BM 1	tn	tn	tn	tn
BM 2 Vs JW 1	tn	tn	**	tn
AD akan rontok Vs AD tidak rontok	**	tn	**	*
BM 1 akan rontok Vs BM 1 tidak rontok	tn	tn	**	*
BM 2 akan rontok Vs BM 2 tidak rontok	**	**	**	**
JW 1 akan rontok Vs JW 1 tidak rontok	tn	tn	**	**

Ket: *=berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.05$, **= berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.01$. tn= tidak berbeda nyata berdasarkan uji kontras orthogonal. AD = Adas Duku. BM 1 = Bali Merah 1. BM 2 = Bali Merah 2. JW 1 = Jawa 1.

Konsentrasi GA₃ buah rontok pada keempat kultivar <3,90 ppm, sedangkan konsentrasi GA₃ pada buah yang tidak rontok >3,90 ppm.

Konsentrasi GA₃ buah yang akan rontok pada 1 MSA terendah dibandingkan tiga waktu lainnya diduga menjadi salah satu penyebab terjadinya kerontokan yang tertinggi pada semua kultivar. Rendahnya konsentrasi GA₃ didalam buah mempengaruhi kemampuan retensi buah tersebut pada pohon. Menurut Garmendia *et al.* (2019) dan Chauhan *et*

al. (2020) giberelin memiliki peranan yang penting bagi *fruit set* dan perkembangan buah.

Hormon Auksin

Konsentrasi IAA pamelo berbiji > pamelo tidak berbiji. Kedua kultivar dari kelompok berbiji tidak terlihat perbedaan konsentrasi IAA pada 1-4 MSA, sedangkan pada kelompok tidak berbiji terlihat perbedaannya hanya pada 3 MSA (Tabel 4). Konsentrasi IAA buah pamelo berbiji > pamelo tidak berbiji diawal fase

pertumbuhan buah diduga berkaitan dengan keberadaan biji.

Pattison *et al.* (2014) melaporkan bahwa biji merupakan sebuah sumber difusi maupun sebagai transport auksin, dimana konsentrasi auksin di biji lebih tinggi dibandingkan jaringan lainnya di dalam buah. Konsentrasi IAA pada kelompok berbiji hampir sama polanya pada buah yang akan rontok dan buah tidak rontok (Gambar 4). Konsentrasi IAA buah mengalami peningkatan pada 1-4 MSA, namun konsentrasi dari buah yang akan rontok < buah tidak rontok. Konsentrasi IAA yang akan rontok nilainya <4.37 ppm.

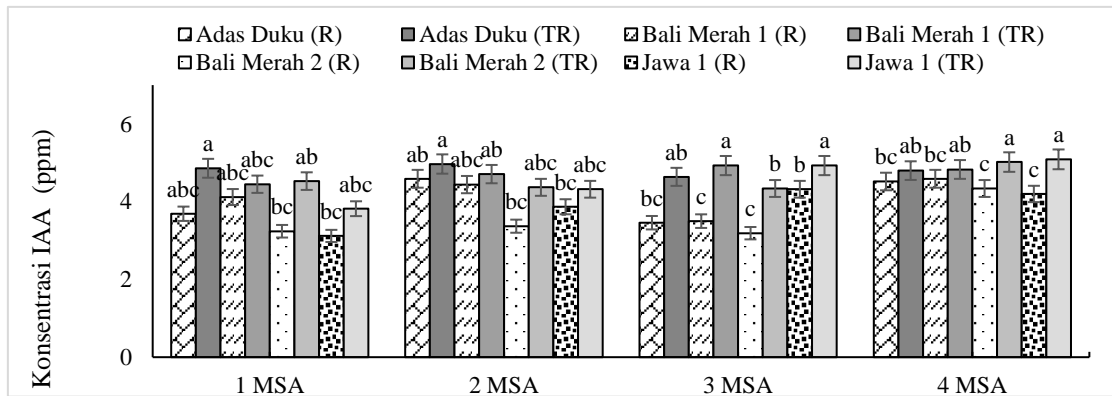
Tingginya konsentrasi IAA pada buah tidak rontok diduga karena peran IAA sebagai promotor pertumbuhan tanaman.

Menurut He *et al.* (2009) konsentrasi IAA buah tertinggi pada 23 hari setelah anthesis kemudian menurun secara perlahan sampai pada level stabil. Pandolfini (2009) dan Pattison *et al.* (2014) menyatakan bahwa IAA merupakan hormon yang berperan penting dalam mengontrol transisi dari ovarium menjadi buah saat fase pertumbuhan cepat. Selanjutnya, Nartvaranant (2015) mengungkapkan IAA memegang peranan

penting dalam pembelahan sel pada awal stadia pertumbuhan buah.

Hormon Asam Absisat (ABA)

Kelompok berbiji menghasilkan konsentrasi ABA buah yang berbeda antar kultivarnya pada 2 dan 3 MSA, sedangkan pada kelompok tidak berbiji terlihat perbedaannya hanya pada 4 MSA (Tabel 5). Konsentrasi ABA dari buah yang akan rontok berbeda signifikan dengan buah tidak rontok saat 3 MSA pada keempat kultivar. Eccher *et al.* (2013) dan Bihst *et al.* (2018) melaporkan bahwa ABA berperan penting dalam pengaturan absisi suatu organ tanaman. Konsentrasi ABA yang stabil dalam *fruitlet* akan mengaktifasi jalur signal transduksi pada zona absisi. Perubahan konsentrasi ABA dari pamelon berbiji pada 1-4 MSA memiliki pola yang hampir sama dengan pamelon tidak berbiji (Gambar 5). Penurunan ABA signifikan terjadi pada kedua kultivar pamelon berbiji dan Bali Merah 2 (pamelon tidak berbiji) pada 4 MSA dan diikuti penurunan kerontokan buah yang signifikan pula. Konsentrasi ABA buah Jawa 1 memperlihatkan tren yang berbeda dengan 3 kultivar lainnya, yaitu konsentrasi ABA pada 3 dan 4 MSA belum mengalami penurunan.

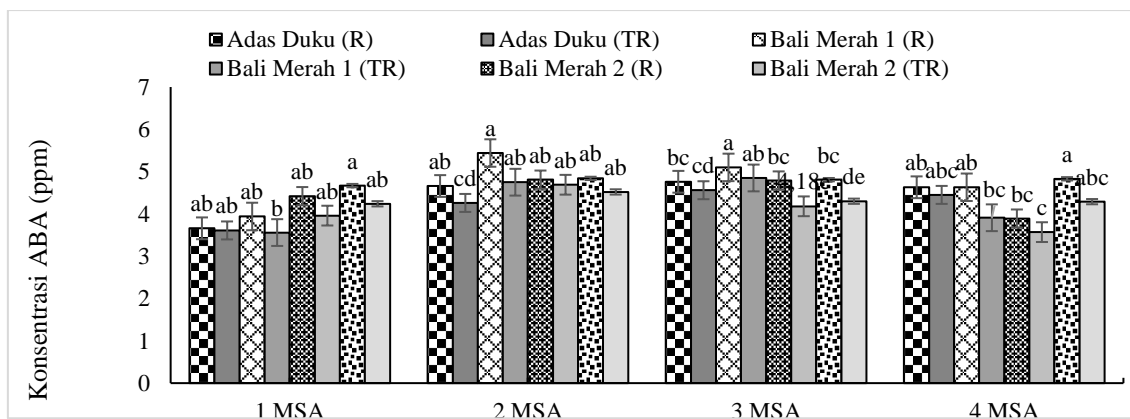


Gambar 4. Perubahan Konsentrasi IAA Buah Pamel. R = Buah yang akan Rontok. TR = Buah Tidak rontok. Angka yang Diikuti oleh Huruf yang Sama Tidak Berbeda Nyata Berdasarkan BNJ $\alpha = 0.05$.

Tabel 5. Hasil Uji Kontras Ortogonal Pada Konsentrasi ABA Buah Pamel

Pembandingan	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4 MSA
Berbiji Vs Tidak Berbiji	**	tn	**	tn
AD Vs BM 1	tn	**	**	tn
BMTB Vs JW 1	tn	tn	tn	**
AD akan rontok Vs AD tidak rontok	tn	tn	*	tn
BM 1 akan rontok Vs BM 1 tidak rontok	tn	*	**	*
BM 2 akan rontok Vs BM 2 tidak rontok	tn	tn	**	tn
JW 1 akan rontok Vs JW 1 tidak rontok	tn	tn	**	*

Ket: *=berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.05$, **= berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0.01$. tn= tidak berbeda nyata berdasarkan uji kontras orthogonal. AD = Adas Duku. BM 1 = Bali Merah 1. BM 2 = Bali Merah 2. JW 1 = Jawa 1.



Gambar 5. Perubahan Konsentrasi ABA Buah Pamel. R= Buah yang Akan Rontok. TR= Buah Tidak Rontok. Angka yang Diikuti Huruf yang Sama pada Setiap Minggu Tidak Berbeda Nyata Berdasarkan Uji BNJ $\alpha = 0.05$.

Hormon ABA diduga memiliki semakin lama terlihat semakin menurun hubungan erat dengan kerontokan buah diikuti oleh penurunan jumlah buah pamel terlihat pada konsentrasi ABA rontok. Nartvaranant (2015) dan Chen *et*

al. (2021) menyatakan bahwa akumulasi ABA yang tinggi meregulasi kerontokan buah di awal pertumbuhannya.

Korelasi antara Kandungan Gula, Hormon dan Retensi Buah

Korelasi antara kandungan gula, hormon buah dan retensi buah tersaji pada Tabel 6. Kandungan gula total berkorelasi positif ($r= 0.77$ sampai 0.85) namun ABA berkorelasi negatif dengan retensi buah dengan nilai $r=0.74$ sampai 0.79 . Konsentrasi IAA dan GA_3 berkorelasi positif dengan retensi buah pada 3-4 MSA.

Kandungan gula total berkorelasi positif terhadap konsentrasi GA_3 ($r = 0.37$). Menurut Iqbal *et al.* (2011) giberelin menstimulasi sintesis sejumlah enzim hidrolitik, seperti amilase yang berperan merombak amilum menjadi molekul gula sederhana sehingga meningkatkan gula total dalam jaringan. Selain itu, Thapliyal *et al.* (2016) melaporkan bahwa hormon GA_3 meningkatkan total gula dengan meningkatkan kapasitas buah untuk mengambil karbohidrat lebih banyak sehingga buah tidak mudah gugur dan dapat mencapai ukuran optimum.

Konsentrasi IAA berkorelasi positif dengan konsentrasi GA_3 ($r = 0.49$) diduga

berkaitan dengan peran kedua hormon yang menjadi promotor dalam pengaturan pembelahan dan pengembangan sel dalam buah. IAA dan GA_3 bekerja secara sinergis untuk peningkatan retensi buah. Menurut Fenn dan Giovanni (2021) kedua hormon tersebut berkomunikasi melalui Aux/IAA dan protein auxin responsive factors (ARF). Variasi perbedaan diantara Aux/IAA dan protein ARF merupakan kunci utama dari auksin dan giberelin untuk mengatur secara bersama-sama dalam banyak proses yang mendasari *fruit set*. Signaling GA dalam menekan DELLA kemudian ARF mengikat gen target promotor dan menstimulus perkembangan buah.

Konsentrasi ABA berkorelasi negatif terhadap retensi buah mengindikasikan bahwa konsentrasi ABA semakin tinggi menyebabkan penurunan buah retensi. Kumar *et al.* (2014) menyatakan peningkatan jumlah buah retensi berasosiasi dengan penurunan regulasi enzim pengkode gen biosintesis ABA, seperti 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase 1 (NCED1), neoxanthin synthase (NSY) dan peningkatan regulasi protein pengkode gen degradasi ABA (ABA-8'-hydroxylase CYP707A).

Tabel 6. Korelasi antara Kandungan Gula, Hormon dan Retensi Buah Pamelo

Variabel	Buah tidak rontok				Kandungan Gula Total (%)	Konsentrasi IAA (ppm)	Konsentrasi GA ₃ (ppm)
	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4 MSA			
Kandungan Gula Total (%)	0.27	0.77*	0.75*	0.85*			
Konsentrasi IAA (ppm)	0.27	0.40	0.89*	0.72*	0.21		
Konsentrasi GA ₃ (ppm)	0.56	0.58	0.72*	0.81*	0.37*	0.49**	
Konsentrasi ABA (ppm)	-0.22	-0.79*	-0.74*	-0.75*	0.06	-0.05	0.26

Buah tidak rontok (normal) dari pamelo berbiji dan pamelo tidak berbiji ditandai dengan kandungan gula, konsentrasi IAA dan GA₃ yang tinggi namun konsentrasi ABA-nya rendah. Hal berbeda terjadi pada buah yang akan rontok, yaitu pamelo memiliki kandungan ABA yang tinggi disertai rendahnya kandungan gula, IAA dan GA₃. Buah yang menunjukkan hasil serupa adalah pamelo Thong Dee dan Khao Nam Phueng (Nartvaranant 2012). Menurut Khefifi *et al.* (2020) absisi buah jeruk sangat kompleks atau berada dalam kontrol multifaktor (faktor genetik, kandungan gula, konsentrasi hormon dan kondisi lingkungan) yang dapat secara individu maupun faktor-faktor yang saling berhubungan.

KESIMPULAN

Kerontokan buah pamelo berbiji dan tidak berbiji terjadi pada 0-8 MSA.

Rontoknya buah yang terjadi saat memasuki fase pematangan hanya pada pamelo tidak berbiji (Bali Merah 2 dan Jawa 1) dengan persentase <0.5%. *Initial set* pamelo berbiji (28.76%) lebih tinggi dibandingkan pamelo tidak berbiji (21.75%). *Final set* terlihat perbedaannya hanya pada kultivar tidak berbiji (dimana Bali Merah 2 (12.95%) > Jawa 1 (9.20%)). Buah yang akan rontok (baik pada pamelo berbiji dan pamelo tidak berbiji) memiliki kandungan gula <0.30%, konsentrasi GA₃ <3.90 ppm, konsentrasi IAA <4.37 ppm serta konsentrasi ABA >4.42 ppm saat buah berumur 1 sampai 4 MSA. Jumlah buah panen terbanyak adalah Adas Duku diikuti oleh Jawa 1, Bali Merah 1 kemudian Bali Merah 2. Retensi buah pamelo berbiji dan tidak berbiji memiliki korelasi yang positif dengan kandungan gula, hormon IAA dan GA₃ namun berkorelasi negatif dengan konsentrasi ABA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih pada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas Program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjei PY, Boakye DA, Kwoseh C, Maalekuu BK, Ogyiri EA. 2017. Comparison of citrus pre-harvest fruit drop in three major citrus growing areas in Ashanti Region, Ghana. *Agric. Biol. J. N. Am.* 8(3):72-77. doi:10.5251/abjna.2017.8.3.72.77.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. AOAC int. Washington D.C
- Ascough GD, Nogemane N, Mtshali NP, Staden JV. 2005. Flower abscission: environmental control, internal regulation and physiological responses of plants. *South African J. Botany* 71(3&4):287-301.
- Bihst TS, Rawat L, Chakraborty B, Yadav V. 2018. A recent advance in use of plant growth regulators (PGRs) in fruit crops - A review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* 7(5):1307-1336. doi: 10.20546/ijcmas.2018.705.159.
- Cayabyab AM. 2004. Pummelo production. Davao City: A Publication of Department of Agriculture RFU XI Southern Mindanao Integrated Agricultural Research Center (SMIARC).
- Chauhan N, Sharma JB, Rana K, Mir W, Bakshi M. 2020. Effects of gibberellins and promalin on the growth and development of fruit crops: A review. *J Pharmacog. Phytochem.* 9(6):1284-1289.
- Chen P, Pei YL, Liang B, Zhang YS, Zhai XW, He SH, Kai WB, Sun YF, Leng P. 2016. Role of abscisic acid in regulating fruit set and ripening in squash (*Cucurbita pepo* L.). *New Zealand J. Crop and Hort. Sci.* 44(4):274-290. doi: 10.1080/01140671.2016.1212907.
- Đorđević M, Radičević S, Cerović R, Milošević N, Mitrović M. 2012. Initial and final fruit set in plum cultivar 'Pozna Plava' as affected by different types of pollination. *Acta Hort.* 968: 121-124. doi: 10.17660/ActaHortic.2012. 968.16.
- Eccher G, Botton A, Dimauro M, Boschetti A, Ruperti B. 2013. Early induction of apple fruitlet abscission is characterized by an increase of both isoprene emission and abscisic acid content. *Plant Physiol.* 161: 1952-1969. doi: 10.1104/pp.112.208470.
- Farro S, Pinedo M. 2010. Possible factors which produce fruit drop of *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, "camu camu" during the reproductive phenology in the collection "cinco cuencas" from the San Miguel experimental center-IIAP, Loreto, Peru. *Scientia Agropecuaria* 1(2010): 117-123.
- Fenn MA, Giovannoni JJ. 2021. Phytohormones in fruit development and maturation. *The Plant Journal* (2021) 105:446-458. doi: 10.1111/tpj.15112.
- Garmendia A, Beltran R, Zornova C, Garcí'a-Breijo FJ, Reig J, Merle H. 2019. Gibberellic acid in *Citrus* spp. flowering and fruiting: A systematic review. *PLOS ONE* September 26:1-24. doi: 10.1371/journal.pone.0223147.
- He J, Yu S, Ma C. 2009. Effects of plant growth regulator on endogenous hormone levels during the period of the Red Globe growth. *J. Agric. Sci.* 1(1):92-100.
- Iglesias DJ, Cercós M, Colmenero-Flores JM, Naranjo MA, Ríos G, Carrera E, Ruiz-Rivero O, Lliso I, Morillon R, Tadeo FR, Talon M. 2007. Physiology

- of citrus fruiting. *Braz. J. Plant Physiol.* 19 (4):333-362.
- Iqbal N, Nazar R, Khan MIR, Masood A, Khan NA. 2011. Role of gibberellins in regulation of source–sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science* 100(7):998-1007.
- Kelen M, Demiralay EC, Sen S, Ozkan G. 2004. Separation of abscisic acid, Indole-3-acetic acid, Gibberellic acid in 99 R (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) and Rose Oil (*Rosa damascene* Mill) by reversed phase liquid chromatography. *Turkey J. Chem.* 28:603-610.
- Khandaker MM, Idris NS, Ismail SZ, Majrashi A, Alebedi A, Mat N. 2016. Causes and prevention of fruit drop of *Syzygium samarangense* (wax apple): A Review. *Adv. Env. Biol.* 10(11):112-123.
- Khefifi H, Selmane R, Mimoun MB, Tadeo F, Morillon R, Luro F. 2020. Abscission of orange fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) in the Mediterranean Basin depends more on environmental conditions than on fruit ripeness. *Agronomy* 591(10):1-15. doi:10.3390/agronomy10040591.
- Kumar R, Khurana A, Sharma AK. 2014. Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits. *J.Exp. Botany* 65(16):4561-4575. doi:10.1093/jxb/eru277.
- Li LJ, Tan WS, Li WJ, Zhu YB, Cheng YS, Ni H. 2019. Citrus taste modification potentials by genetic engineering. *Int J. Mol. Sci.* 2019(20):1-16. doi:10.3390/ijms20246194.
- Linskens HF, Jackson JF. 1987. *High Performance Liquid Chromatography in Plant Sciences*. Springer-Verlag. London. 241 pp.
- Maulana YE, Agustini DM, Abdullah DKR, Alkandahri MY. 2018. Pengembangan metode analisis hormon tanaman kelompok auksin menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi. *Chimica et Natura Acta* 6(1):1-7. doi: 10.24198/cna.v6.n1.14791.
- Nartvaranant P. 2012. Physiological changes in pre-harvest dropped fruits in the pummelo cultivars ‘*Thong Dee*’ and ‘*Khao Nam Phueng*’. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 34(4):367-374.
- Nartvaranant P. 2015. Endogenous hormonal status in Pummelo fruitlets cultivar Thong Dee: relationship with pre-harvest fruit drop. *Songklanakarin J. Sci. Technol* 37(5):539-544.
- Pandolfini T. 2009. Seedless fruit production by hormonal regulation of fruit set. *Nutrients* 2009(1):168-177. doi:10.3390/nu1020168.
- Pattison R, Csukasi F, Catala´ C. 2014. Mechanisms regulating auxin action during fruit development. *Physiologia Plantarum* 151:62-72. doi:10.1111/ppl. 12142.
- Pozo LV. 2011. Endogenous hormonal status in citrus flowers and fruitlets: relationship with postbloom fruit drop. *Scientia Horticulturae.* 91:251-260.
- Racsó J, Leite GB, Petri JL, Zhongfu S, Wang Y, Szabó Z, Soltész M, Nyéki J. 2007. Fruit drop: The role of inner agents and environmental factors in the drop of flowers and fruits. *Intl. J. Hort. Sci.* 13(3):13–23.
- Ruiz R, Garcia-Luis A, Monerri C, Guardiola L. 2001. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. *Annals of Botany* 87:805-812. doi:10.1006/anbo.2001.1415.
- Suman M, Sangma PD, Meghawal DR, Sahu OP. 2017. Effect of plant regulators on fruit crops. *J. Pharmacognosy and Phytochemistry* 692):331-337.
- Thapliyal VS, Rai PN, Bora L. 2016. Influence of pre-harvest application of gibberellin and brassinosteroid on fruit growth and quality characteristics of pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai) cv. Gola. *J. Appl. Natural Sci.* 8(4): 2305-2310.