

PENINGKATAN PRODUKSI DAN MUTU RIMPANG BENIH JAHE PUTIH BESAR MELALUI APLIKASI ZAT PENGATUR TUMBUH

The Production and Quality Improvement of Big White Ginger Seed Rhizomes by Plant Growth Regulator Application

DEVI RUSMIN⁽¹⁾, M.R SUHARTANTO ⁽²⁾, S. ILYAS (2), D. MANOHARA ⁽¹⁾ dan E. WIDAJATI ⁽²⁾

⁽¹⁾Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

¹Indonesian Spice and Medicinal Crops Research Institute

Jl. Tentera Pelajar No. 3, Bogor, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB

²Agronomy and Horticulture Departement, IPB University

Jl. Meranti, Kampus Darmaga, Bogor, Indonesia

E-mail: rdevirusmin@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan utama dalam pengembangan tanaman jahe putih besar (JPB) adalah terbatasnya ketersediaan rimpang benih bermutu dalam jumlah yang mencukupi, pada waktu diperlukan oleh pengguna. Permasalahan tersebut antara lain disebabkan oleh produksi dan mutu rimpang benih yang masih rendah, serta bobot rimpang benih yang cepat menyusut dan mudah bertunassaat di penyimpanan. Penulisan ini bertujuan untuk menginformasikan kepada pengguna tentang karakter pola pertumbuhan, keseimbangan hormonal dan perubahan fisiologis yang menjadi faktor perhatian utama dalam peningkatan produksi dan mutu JPB melalui aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT). Peningkatan produksi dan mutu dapat dicapai dengan penggunaan rimpang benih bermutu yang diperoleh melalui: penentuan pola pertumbuhan, pengaturan keseimbangan hormon, baik secara alami (pengaturan iklim mikro), maupun dengan pemberian ZPT selama proses produksi di lapangan dan di penyimpanan. Beberapa hasil penelitian membuktikan bahwa: (1) Pola pertumbuhan tajuk dan rimpang JPB selama pembentukan dan perkembangannya secara umum diklasifikasikan atas tiga fase yaitu: fase lambat 1–4 bulan setelah tanam (BST), cepat (> 4–6 BST), dan pemasakan (> 6 BST). Rimpang benih JPB umur 7 BST sudah dapat digunakan sebagai bahan tanaman. (2) Perbedaan lokasi tanam dan umur panen mempengaruhi pola keseimbangan hormon endogen tanaman (rasio hormon ABA/GA dan ABA/sitokinin (Zeatin) dan mutu rimpang benih JPB. Rasio ABA/sitokinin (zeatin) yang lebih tinggi pada rimpang benih umur 7 BST (5,0) dan 8 BST (4,7) dibanding rimpang benih umur 9 BST (4,2) untuk rimpang benih asal Nagrak, sehingga mampu

memicu dan mempertahankan dormansi sehingga benih JPB lebih tahan disimpan. (3) Periode dormansi benih rimpang JPB pecah setelah disimpan selama 2 bulan dan merupakan periode kritis atau periode yang tepat untuk aplikasi perlakuan penundaan pertunasan. (4) Aplikasi PBZ 400 ppm meningkatkan produksi JPB yang dinyatakan dalam bobot basah (22%) dan jumlah rimpang cabang (68%), dengan karakter rimpang: kecil, ruas pendek dan bernas, serta meningkatkan mutu dan daya simpan dibanding tanpa PBZ. (5) Aplikasi PBZ 1000 ppm, pada suhu ruang simpan 20 – 22 °C, dapat menekan susut bobot sebesar 15% dibanding kontrol, setelah disimpan selama 4 bulan dan dapat menekan persentase rimpang bertunas sebesar 26% setelah 3 bulan disimpan.

Kata kunci: Jahe, *Zingiber officinale* Rosc., pola pertumbuhan, produksi, mutu benih, penyimpanan, paclobutrazol

ABSTRACT

The main problems in the development of big white ginger plant (BWG) is the limited availability of quality seed rhizomes in sufficient quantities, at the time required by the user. Its caused by the production and quality of seed rhizomes are still low, and the seed rhizomes weight are rapidly shrinking and sprouting when in the storage. This Overview aims to inform users about the character of the pattern of growth, the balance of hormonal and physiological changes that are primarily focused on the production and seed quality improvement BWG through the application of plant growth regulator (PGR). Increased production and quality can be achieved by the use of quality seed

rhizomes obtained through: determination of growth patterns, hormonal balance regulation, both naturally (microclimate regulation), as well as by application of growth regulators (ZPT) during the production process in the field and in storage. Some research results showed that: (1) The growth pattern of the canopy and BGB seed rhizomes during its formation and development is generally classified into three phases: slow phase 1-4 months after planting (MAP), fast (> 4-6 MAP), and maturity (> 6 BST). (2) Differences in planting location and harvest age affect the balance pattern of plant endogenous hormones (ABA / GA and ABA / cytokinin (zeatin) hormone ratios) and the BGB seed rhizomes quality. ABA / cytokinin ratios are higher in BGB seedlings aged 7 MAP (5.0) and 8 MAP (4.7) compared to 9 MAP (4.2) for seed rhizomes from Nagrak, so they are able to trigger and maintain dormancy so they are more resistant to storage. (3) The dormancy period of BGB seed rhizomes break after stored for 2 months and this is a critical period or an appropriate period for sprouting inhibition treatment. (4) Application of PBZ 400 ppm increased production and quality of BGB seed rhizomes, namely: wet weight (22%) and number of branch rhizomes (68%) with rhizome characteristics: small, short and filled out internodes compared without PBZ. (5) Application of PBZ 1000 ppm, at a storage temperature of 20-22 °C, can reduce weight loss by 15% compared to control, after stored for 4 months and also can reduce the sprouting percentage of rhizomes by 26% after stored for 3 months.

Kata kunci: Ginger, *Zingiber officinale* Rosc., growth pattern, production, seed quality, storage, paclobutrazol,

PENDAHULUAN

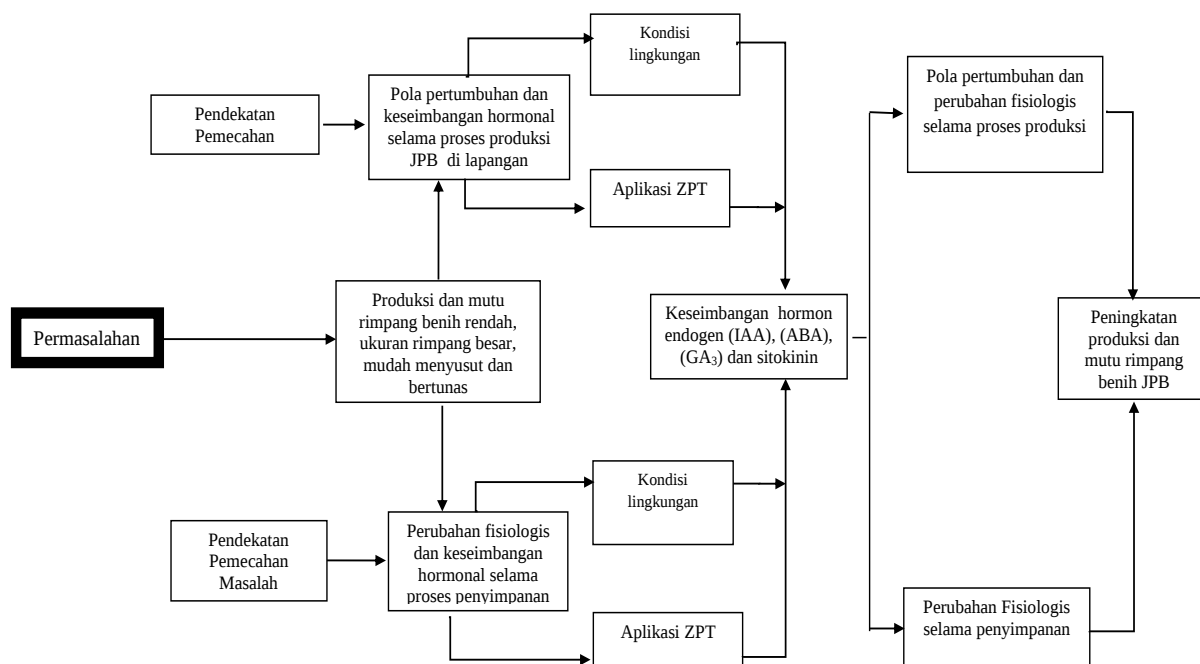
Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) merupakan salah satu jenis tanaman obat yang mempunyai banyak kegunaan baik sebagai rempah, bumbu penyedap, bahan baku industri obat tradisional, fitofarmaka, makanan dan minuman kesehatan, serta produk kosmetik dan perawatan tubuh (Ravindran dan Babu 2005; Rostiana *et al.* 2009). Permasalahan utama dalam produksi rimpang benih dan pengembangan tanaman jahe putih besar (JPB) adalah sulitnya menjangkau ketersediaan rimpang benih bermutu dalam jumlah yang mencukupi, pada waktu yang diperlukan oleh pengguna. Permasalahan tersebut antara lain disebabkan oleh produksi dan mutu rimpang

benih yang masih rendah, serta bobot rimpang benih yang cepat menyusut dan mudah bertunas selama penyimpanan (Sukarman *et al.* 2007 dan Sukarman 2013). Keterbatasan benih bermutu di pasaran menyebabkan harga benih jahe sangat tinggi, dan kenaikan harga benih tersebut sulit untuk dikendalikan.

Peningkatan produksi dan mutu dapat dicapai dengan penggunaan rimpang benih bermutu yang diperoleh melalui penentuan pola pertumbuhan, pengaturan keseimbangan hormon, baik secara alami melalui pengaturan iklim mikro, maupun dengan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) selama proses produksi di lapangan dan di penyimpanan (Rusmin 2016).

Penentuan pola pertumbuhan bertujuan untuk mengetahui waktu panen rimpang benih JPB yang optimal (saat masak fisiologis). Penggunaan bahan tanaman yang belum cukup umur menyebabkan rimpang benih cepat keriput dan mempunyai viabilitas yang rendah serta daya simpan yang rendah juga. Umur panen yang optimal dapat ditentukan dengan mempelajari pola pertumbuhan tanaman JPB selama proses produksi di lapang. Keseimbangan hormonal selama proses produksi di lapang berpengaruh terhadap produksi dan mutu rimpang benih JPB. Rusmin (2016) melaporkan bahwa keseimbangan hormon endogen akan mempengaruhi pola pertumbuhan, produksi dan mutu rimpang benih JPB yang dihasilkan. Perbedaan lokasi produksi yang dicirikan dengan perbedaan ketinggian tempat, jumlah curah hujan dan suhu akan mempengaruhi keseimbangan hormon endogen.

Selain perbedaan lokasi produksi dan iklim mikro, aplikasi zat pengatur tumbuh (ZPT) juga dapat mempengaruhi keseimbangan hormonal yang akan berpengaruh terhadap produksi dan mutu rimpang benih JPB yang dihasilkan (Rusmin 2016). Salah satu ZPT yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu dan daya simpan rimpang benih adalah melalui pemberian retardan. Senyawa retardan yang umum digunakan untuk meningkatkan produksi dan mutu umbi atau rimpang adalah paclobutrazol (PBZ).



Gambar 1. Mekanisme umum peningkatan produksi dan mutu rimpang benih JPB (Rusmin, 2016)

Paclobutrazol merupakan salah satu jenis retardan dari golongan senyawa triazoles yang berperan dalam menghambat biosintesis giberelin. Giberelin berperan dalam mendorong pembelahan, pemanjangan sel dan pemanjangan batang (Davies 2004; Chaney 2005). Falcon *et al.* (2006) menyebutkan bahwa giberelin dapat menunda proses pembentukan umbi pada tanaman kentang, sehingga pemberian zat penghambat tumbuh seperti PBZ dapat meningkatkan produksi umbi. Pada tanaman jahe, Ravindran dan Babu (2005) menyebutkan bahwa aplikasi PBZ meningkatkan kandungan pati pada rimpang benih.

Perubahan pola keseimbangan hormonal juga terjadi pada rimpang benih JPB selama proses penyimpanan. Perubahan keseimbangan hormon dapat terjadi secara alami selama proses penyimpanan, melalui modifikasi suhu dan kelembaban ruang simpan serta aplikasi PBZ pada rimpang benih sebelum disimpan. Perubahan keseimbangan hormonal ini mempengaruhi perubahan mutu fisiologis selama penyimpanan (penyusutan bobot, pertunasan/dormansi pecah, laju respirasi dan viabilitas) (Rusmin 2016).

Beberapa pendekatan dapat dilakukan untuk mengatasi masalah penyimpanan benih JPB, seperti pengaturan iklim mikro (suhu dan kelembaban ruang simpan), pemberian ZPT dan teknik pelapisan. Pelapisan benih diharapkan dapat menutupi lapisan alami yang rusak akibat panen sehingga dapat mengurangi penguapan air dan menekan laju respirasi selama penyimpanan sehingga diharapkan dapat mengurangi penyusutan bobot rimpang benih jahe. Pemberian retardan PBZ sebagai penambah materi pelapisan diharapkan dapat menekan pertunasan selama rimpang benih JPB di penyimpanan. Penurunan kandungan giberelin oleh PBZ dapat meningkatkan produksi asam absisat (ABA). Kandungan ABA endogen yang tinggi dapat memicu terjadinya dormansi tunas, sehingga dapat menghambat pertunasan selama di penyimpanan. Hamadina (2011) melaporkan bahwa ABA endogen yang tinggi memicu terjadinya dormansi tunas pada umbi Yam.

Berdasarkan permasalahan dalam pengembangan tanaman JPB telah dirangkum dan diulas beberapa penelitian untuk mengatasi permasalahan selama proses produksi di lapang dan di penyimpanan. Penulisan ini bertujuan

untuk menginformasikan tentang karakter pola pertumbuhan, keseimbangan hormonal dan perubahan fisiologis yang menjadi faktor perhatian utama dalam peningkatan produksi dan mutu JPB melalui aplikasi zat pengatur tumbuh (Gambar 1).

POLA PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN RIMPANG JAHE PUTIH BESAR

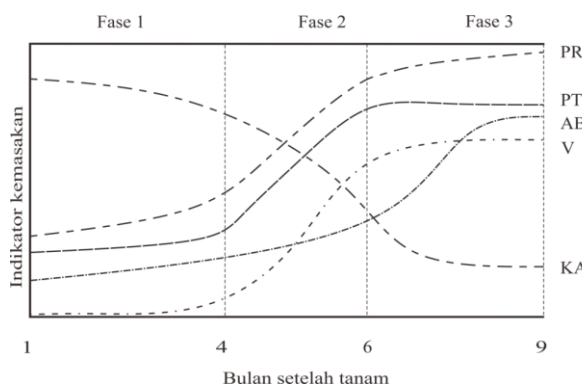
Mutu benih dipengaruhi oleh beberapa faktor selama pembentukan dan perkembangan rimpang, proses penanganan rimpang dan penyimpanan. Salah satu faktor yang mempengaruhi mutu benih selama pembentukan rimpang adalah umur panen. Umur panen sangat menentukan mutu benih jahe, hal ini berhubungan dengan kandungan cadangan makanan (kadar pati) yang terdapat dalam rimpang. Panen benih jahe yang belum cukup umur menyebabkan benih/rimpang cepat keriput dan mempunyai viabilitas yang rendah dan daya simpan yang juga rendah (Hasanah *et al.* 2004).

Umur panen rimpang benih JPB dapat ditentukan dengan mempelajari pola pertumbuhan dan perkembangan rimpang. Hasil penelitian Rusmin *et al.* (2018) menunjukkan bahwa pola pertumbuhan tajuk dan rimpang JPB selama pembentukan dan perkembangannya secara umum diklasifikasikan atas tiga fase yaitu: fase lambat 1–4 bulan setelah tanam (BST),

cepat (> 4–6 BST), dan pemasakan (> 6 BST). Rimpang cabang primer, sekunder dan tersier terbentuk selama fase pertumbuhan lambat. Rimpang cabang kuartier dan rimpang cabang selanjutnya berkembang pesat pada fase cepat. Pada fase pemasakan, peningkatan jumlah rimpang cabang dan bobot basah relatif stabil. Kadar air ($85.9 \pm 2.3\%$) dan bobot bahan kering ($14.1 \pm 2.3\%$) mulai konstan. Sebelumnya Rusmin (2016) menggambarkan pola pertumbuhan dan perkembangan rimpang JPB yang di produksi di Bogor, Jawa Barat (ketinggian 200 m dari permukaan laut, jumlah curah hujan 389 mm bulan⁻¹ dan suhu rata-rata 26°C) seperti terlihat pada Gambar 2.

Berdasarkan grafik pola pertumbuhan dan perkembangan rimpang benih JPB dapat ditentukan bahwa rimpang benih JPB umur 7 BST sudah mulai dapat digunakan sebagai bahan tanaman berdasarkan nilai viabilitas (V), akumulasi bahan kering (ABK), yang sudah maksimal, serta kadar air (KA) rimpang benih sudah rendah (Rusmin 2016). Hal lain Melati (2016) melaporkan bahwa rimpang benih JPB yang dipanen pada umur 8 BST menghasilkan pertumbuhan tanaman, produksi dan mutu rimpang benih terbaik.

Berbeda dengan hasil penelitian Rusmin *et al.* (2018), menurut Ravindran dan Babu (2005) pola pertumbuhan jahe dalam kondisi optimal secara umum dibagi atas 3 periode yang berbeda: fase pertumbuhan aktif (3–4 BST), fase pertumbuhan vegetatif lambat (4–6 BST) dan fase senesen (>6 BST). Pola perkembangan rimpang mengikuti kecenderungan yang sama dengan pola pertumbuhan tajuk, tetapi perkembangan rimpang masih berlangsung sampai panen. Perbedaan ini diduga karena perbedaan iklim mikro di lingkungan tumbuh tanaman. Pada tanaman rimpang-rimpangan lainnya seperti temu mangga, Policegoudra dan Aradhya (2007) membagi empat fase pertumbuhan dan perkembangan rimpang atas: fase pertumbuhan vegetatif 1–60 hari setelah tanam (HST), pertumbuhan dan inisiasi (60–150 HST), pemasakan (150–180 HST) dan senesen (180–240 HST). Fase-fase tersebut sangat penting untuk menentukan waktu panen yang tepat, dan dapat dijadikan dasar dalam input budidaya tanaman



Keterangan:

PR = perkembangan rimpang

KA = kadar air

PT = pertumbuhan tajuk

V = Viabilitas

Sumber: Rusmin (2016)

Gambar 2 Grafik hipotetik pola pertumbuhan dan perkembangan rimpang benih JPB yang diproduksi di Bogor

(manajemen hara, air, dan pengendalian OPT) sehingga produksi dan mutu benih yang dihasilkan optimal.

POLA KESEIMBANGAN HORMONAL DAN MUTU RIMPANG BENIH SELAMA PROSES PRODUKSI

Produksi dan mutu rimpang benih JPB juga sangat ditentukan oleh peran hormon endogen auksin (IAA), asam absisat (ABA), giberelin (GA) dan sitokinin selama pembentukan dan perkembangan rimpang. Hongpakdee *et al.* (2010) melaporkan bahwa peningkatan kandungan ABA dan Sitokinin selama pertumbuhan tanaman *Curcuma alismatifolia* (Zingiberaceae) yang ditanam di luar musim (*off season*) meningkatkan jumlah rimpang. Pada tanaman JPB, Rusmin (2016) melaporkan bahwa hormon endogen disamping berperan dalam meningkatkan produksi rimpang benih yang dihasilkan, juga berperan dalam mengontrol periode dormansi pada rimpang benih.

Rusmin (2016) melaporkan bahwa perbedaan lokasi tanam dan umur panen mempengaruhi pola keseimbangan hormon endogen tanaman (rasio hormon) dan mutu rimpang benih JPB. Rimpang benih yang berasal dari Kelurahan Kayumanis, Bogor ketinggian 200 m dari permukaan laut (dpl), suhu rata-rata 26°C, jumlah curah hujan rata-rata pada saat produksi 389 mm bulan⁻¹ menghasilkan ABA/GA dan ABA/sitokinin yang relatif rendah dibanding Desa Nagrak, Sukabumi (550 m dpl) dengan suhu rata-rata 24°C jumlah curah hujan rata-rata pada saat produksi 190.6 mm bulan⁻¹. Kondisi ini menyebabkan rimpang benih JPB yang ditanam di daerah Nagrak mempunyai periode dormansi sehingga tumbuh lebih lama dan mempunyai daya tumbuh yang lebih rendah dibanding rimpang benih JPB asal Bogor (Tabel 1 dan 2). Hal ini disebabkan oleh tanaman JPB asal Nagrak menyesuaikan diri dengan kondisi ketersediaan air dan suhu yang lebih rendah sehingga tanaman akan memproduksi hormon ABA lebih banyak dibanding hormon endogen lainnya sebagai pertahanan terhadap cekaman suhu dan air (Tabel 1). Hal ini didukung oleh Faltusova *et al.* (2002) bahwa peningkatan

Tabel 1. Data iklim lokasi tanam JPB di daerah Bogor dan Nagrak (Sukabumi)

Data lokasi tanam	Lokasi asal rimpang benih JPB	
	Bogor	Nagrak (Sukabumi)
Ketinggian tempat (m dpl)	200	550
Rata-rata suhu (C)	26	24
Rata-rata curah hujan (mm bulan ⁻¹)	389	190,6

Sumber: Rusmin (2016)

Tabel 2. Pola keseimbangan hormon rimpang benih JPB, dalam mempengaruhi mutu benih JPB pada dua lokasi tanam yang berbeda.

Lokasi asal benih	Umur panen (BST)	Rasio hormon		Daya tumbuh (%)
		ABA/Sitokinin (zeatin)	ABA/GA	
Bogor	7	1,1	3,2	100
	8	1,1	3,1	80
	9	1,5	2,7	70
Nagrak (Sukabumi)	7	5,0	5,3	22,7
	8	4,7	5,3	24,0
	9	4,2	7,6	46,7

Sumber : Rusmin (2016)

kandungan ABA endogen selama cekaman suhu dingin berkaitan dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman suhu dingin.

Pola keseimbangan hormonal (rasio ABA/GA dan ABA/sitokinin (zeatin)) berperan dalam mengontrol dormansi tunas pada rimpang benih JPB, sehingga dapat mempengaruhi mutu benih (daya tumbuh, kecepatan tumbuh dan daya simpan. ABA berperan sebagai hormon yang menginduksi dan mempertahankan dormansi (*inhibitor*). Sitokinin dan GA dikenal sebagai promotor yang berperan dalam menghambat kerja ABA dalam mempertahankan periode dormansi. Periode dormansi ini sangat dibutuhkan agar JPB tidak bertunas selama penyimpanan. Horvath *et al.* (2003) melaporkan bahwa dormansi tunas terhenti atau tertundanya pertumbuhan yang nampak dari titik tumbuh atau meristem. Fenomena dormansi ini merupakan proses yang sangat kompleks yang diperlukan untuk kelangsungan hidup tanaman dari kondisi lingkungan yang tidak optimal. Periode dormansi juga sangat dibutuhkan untuk memecahkan problem di bidang pertanian

diantaranya penyimpanan dan distribusi organ vegetatif dalam bentuk umbi seperti kentang, ubi kayu dan bawang.

Rusmin (2016) melaporkan bahwa fenomena dormansi pada rimpang JPB lebih ditentukan oleh rasio ABA/sitokinin dibanding dengan ABA/GA. Rasio ABA/sitokinin ditentukan juga oleh umur panen rimpang benih. Rasio ABA/sitokinin yang lebih rendah pada umur 7 BST (1,1) dan 8 BST (1,1) dibanding umur 9 BST (1,5) untuk benih asal Bogor, tidak mampu memicu dan mempertahankan dormansi sehingga rimpang benih JPB umur 7 dan 8 BST tumbuh lebih awal dan mempunyai daya tumbuh yang lebih tinggi (100 dan 80%) dibanding rimpang benih umur 9 BST (70%). Sebaliknya rasio ABA/sitokinin yang lebih tinggi pada rimpang benih umur 7 BST (5,0) dan 8 BST (4,7) dibanding rimpang benih umur 9 BST (4,2) untuk rimpang benih asal Nagrak, sehingga mampu memicu dan mempertahankan dormansi sehingga benih rimpang lebih tahan disimpan (Tabel 2). Rusmin *et al.* (2015a) membuktikan bahwa rimpang benih umur 7 dan 8 mempunyai daya simpan terbaik karena menghasilkan masing-masing angka penyusutan bobot lebih rendah (24.7 dan 25.3%) dan tunas lebih pendek (0.30 dan 1.08 cm) dibandingkan dengan umur panen 9 BST (27.1% dan 1.6 cm) selama 4 bulan disimpan.

Hasil ini didukung oleh Suttle (2004) bahwa sitokinin endogen maupun eksogen berperan dalam memecahkan dormansi umbi kentang. Aplikasi sitokinin pada umbi kentang dikaitkan dengan menurunnya kandungan ABA pada mata tunas. Suttle (2004) melaporkan bahwa terdapat tiga kelompok hormon yang berperan dalam regulasi dormansi pada umbi kentang yaitu asam absisat, sitokinin dan etilen. ABA dan etilen berperan dalam menginduksi dormansi, tetapi untuk mempertahankan periode dormansi hanya dibutuhkan ABA. Peningkatan kandungan dan sensitivitas sitokinin berperan dalam menginduksi pelepasan dormansi. Hormon auksin dan giberelin mempunyai peran tidak langsung dalam mengontrol dormansi, yaitu berperan dalam mengatur pertumbuhan dan perpanjangan tunas. Ravisankar *et al.* (2012) melaporkan bahwa aplikasi sitokinin

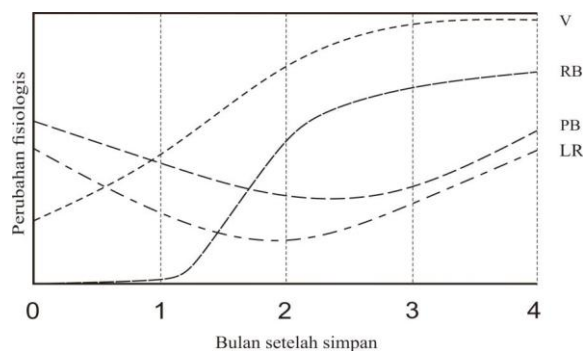
eksogen pada umbi *Cyperus rotundus* yang mengalami dormansi dapat meningkatkan persentase umbi bertunas dibanding giberelin. Berbeda dengan rimpangbenihJPB dan kentang, dormansi pada tunas tanaman apel, Dong *et al.* (2009) melaporkan bahwa perkecambahan mata tunas apel membutuhkan konsentrasi giberelin dan sitokinin yang tinggi, sehingga menyebabkan rasio GA/ABA dan (GA+sitokinin+IAA)/ABA yang tinggi.

POLA PERUBAHAN FISIOLOGIS DAN MUTU RIMPANG BENIH SELAMA PENYIMPANAN

Perubahan pola keseimbangan hormonal dalam mempengaruhi mutu rimpang benih JPB juga terjadi selama penyimpanan. Perubahan keseimbangan hormon dapat terjadi secara alami selama proses penyimpanan, dan dapat dipicu melalui aplikasi ZPT pada rimpang benih sebelum disimpan. Perubahan keseimbangan hormonal selama penyimpanan akan mempengaruhi pola perubahan mutu fisiologis penyimpanan (penyusutan bobot, pertunasan/dormansi pecah, laju respirasi dan viabilitas). Hal ini penting diketahui untuk menentukan waktu aplikasi peningkatan daya simpan yang tepat.

Rusmin (2016) menjabarkan perubahan mutu fisiologis rimpang benih JPB yang terjadi secara alami selama penyimpanan dalam bentuk grafik pola perubahan fisiologis (Gambar 3). Penyusutan bobot (PB) sejalan dengan peningkatan laju respirasi (LR). Penyusutan bobot (PB) selain disebabkan oleh aktivitas respirasi, juga disebabkan oleh penguapan air pada kulit rimpang dan pada luka-luka akibat panen, terutama setelah benih dipanen dan belum memasuki ruang simpan yang terkontrol. Penyimpanan rimpang benih JPB yang baik diharapkan dapat menekan penyusutan bobot rimpang selama di penyimpanan.

Menurut Rusmin (2016), penyusutan bobot dan laju respirasi tinggi pada awal simpan (suhu 29-22 °C), kemudian menurun selama rimpang mengalami periode dormansi (2 bulan setelah simpan). Pada saat periode dormansi pecah atau rimpang mulai bertunas (>2 bulan setelah



Keterangan:

V = viabilitas PB = penyusutan bobot

RB = persentase rimpang bertunas LR = laju respirasi

Sumber: Rusmin (2016)

Gambar 3 Grafik hipotetik pola perubahan fisiologis selama penyimpanan rimpang benih JPB asal Nagrak

simpan), penyusutan bobot dan laju respirasi kembali meningkat (Gambar 3). Hal yang sama pada umbi kentang dilaporkan oleh Pringle *et al.* (2009), bahwa laju respirasi tinggi pada waktu panen, kemudian menurun dengan kondisi simpan atau pada saat dorman dan kembali meningkat pada saat pertunasan atau dormansi pecah.

Persentase rimpang bertunas (PRB) dan Viabilitas (V) rendah pada awal simpan sampai 2 bulan penyimpanan, kemudian meningkat dan mencapai maksimal setelah disimpan 4 bulan (Gambar 3). Rusmin *et al.* (2015a) melaporkan bahwa daya tumbuh rendah pada awal simpan (< 50%), kemudian meningkat setelah 2 BSS. Daya tumbuh sudah seragam setelah disimpan selama 3 dan 4 bulan. Peningkatan pertunasan dan daya tumbuh diiringi juga dengan peningkatan kembali penyusutan bobot dan laju respirasi pada 4 BSS.

Hal ini menunjukkan bahwa rimpang benih JPB mengalami periode dormansi. Periode dormansi pecah setelah mengalami periode simpan selama 2 bulan. Hal ini diduga karena selama penyimpanan terjadi perubahan aktivitas fisiologis terutama perubahan keseimbangan hormonal yang mengarah pada pelepasan dormansi. Menurut Suttle (2004), dormansi pada umbi kentang akan hilang secara bertahap selama penyimpanan. Pecahnya dormansi umbi disertai

dengan perubahan-perubahan biokimia. Penurunan kandungan ABA, disertai dengan peningkatan kandungan dan sensitivitas sitokinin selama penyimpanan merupakan faktor utama penyebab pecahnya dormansi pada umbi kentang. Meilawati *et al.* (2018) melaporkan bahwa masa dormansi juga dimiliki oleh benih rimpang kunyit varietas Turina, sehingga mempunyai daya tumbuh yang lambat dibanding varietas lainnya.

Masa dormansi sangat diperlukan, agar tunas tidak muncul selama penyimpanan sehingga mutu rimpang benih dapat dipertahankan. Rasio ABA/sitokinin yang tinggi sangat diperlukan untuk mempertahankan dormansi rimpang benih jahe. Penyimpanan rimpang benih yang baik selain dapat menekan penyusutan bobot dan laju respirasi, juga diharapkan dapat menunda pertunasan atau menghambat pertumbuhan tunas sehingga tunas tidak memanjang. Periode dormansi (sebelum 2 BSS) merupakan periode kritis atau periode yang tepat untuk aplikasi perlakuan penundaan pertunasan.

PENINGKATAN PRODUKSI DAN MUTU RIMPANG BENIH JAHE PUTIH BESAR MELALUI APLIKASI PACLOBUTRAZOL

1. Peningkatan Produksi dan Mutu dengan Aplikasi PBZ selama Proses Produksi di Lapangan

Keseimbangan hormon endogen selain dipengaruhi secara alami oleh perbedaan ketinggian tempat, iklim mikro dan jumlah curah hujan, juga dapat dikontrol dengan pemberian zat pengatur tumbuh yaitu paclobutrazol (PBZ) secara eksogen. Pengontrolan pertumbuhan dalam meningkatkan produksi dan mutu oleh PBZ dilakukan dengan cara merubah keseimbangan hormon penting tanaman termasuk giberelin, ABA dan sitokinin (Fletcher *et al.* 2000).

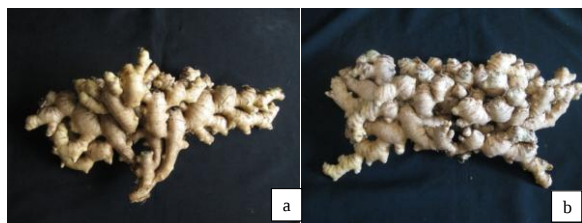
Rusmin *et al.* (2015b) melaporkan bahwa aplikasi PBZ 400 ppm saat tanaman berumur 4 bulan di lapangan dapat meningkatkan produksi (bobot basah rimpang dan jumlah rimpang cabang) (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh waktu aplikasi dan konsentrasi PBZ terhadap produksi rimpang benih JPB

Perlakuan	Bobot basah rimpang per tanaman (g)	Jumlah rimpang cabang(prop agul)	Bobot rimpang per rimpangcaban g
Waktu aplikasi (BST):			
Umur 4	1022.90	27.9	36.65
Umur 5	1014.86	26.7	38.64
Konsentrasi PBZ (ppm):			
0	939.06 b	19.7 d	47.98 a
100	1003.33 ab	25.1 c	40.39 ab
200	986.67 ab	27.5 bc	36.03 b
300	1018.67 ab	29.8 ab	34.02 b
400	1148.00 a	33.0 a	34.18 b

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Sumber : Rusmin *et al.* (2015b).



Gambar 4. Penampilan fisik rimpang JPB pada tanaman yang diberi perlakuan (a) 0 ppm dan (b) 400 ppm PBZ

Sumber : Rusmin (2016).

Menurut Rusmin *et al.* (2015b), Aplikasi PBZ 400 ppm meningkatkan produksi JPB yang dinyatakan dalam bobot basah (1 148 g/tanaman⁻¹) dan jumlah rimpang cabang (33 propagul tanaman⁻¹), dengan karakter rimpang: kecil, ruas pendek dan bernas dibanding tanpa PBZ (Gambar 4). Peningkatan jumlah anak rimpang, dengan rasio bobot rimpang/jumlah rimpang yang lebih kecil dibanding tanpa aplikasi PBZ, sangat penting dalam efisiensi penggunaan

bahan tanaman. Rostiana *et al.* (2009) melaporkan bahwa kebutuhan rimpang benih JPB cukup besar yaitu sekitar 2-3 ton/h. Peningkatan jumlah rimpang cabang dengan dengan karakteristik: ruas pendek, bernas (tebal) dan ukuran yang lebih kecil (dapat menekan kebutuhan benih lebih kurang 68% dibanding kontrol, sehingga penggunaan rimpang sebagai bahan tanaman lebih efisien.

Menurut Rusmin *et al.* (2015b) bahwa peningkatan produksi benih tersebut dicapai dengan cara menekan pertumbuhan tinggi tanaman dan pertambahan panjang batang semu. Penghambatan tinggi tanaman dan panjang batang ini akan mengalihkan arah pertumbuhan vegetatif dengan meningkatkan jumlah anakan, jumlah tunas, dan jumlah daun. Pada tanaman JPB peningkatan jumlah anakan dan jumlah tunas sangat diperlukan dalam peningkatan produksi rimpang benih, karena jumlah anakan dan jumlah tunas merupakan komponen produksi dari rimpang benih JPB. Aplikasi PBZ juga meningkatkan jumlah daun dan kandungan klorofil, sehingga akan meningkatkan aktivitas fotosintesis sehingga asimilat lebih banyak dialihkan ke pertumbuhan dan pengisian rimpang.

Hasil ini didukung oleh penelitian Rosita *et al.* (1993b), aplikasi PBZ 250 ppm yang diberikan melalui daun pada tanaman kencur saat umur 6 BST, dapat meningkatkan jumlah tunas dan bobot kering rimpang dibanding tanpa aplikasi PBZ. Selanjutnya Tekalign dan Hammes (2005) melaporkan bahwa aplikasi PBZ dapat meningkatkan produksi kentang dengan cara mengurangi pertumbuhan tunas, meningkatkan kandungan klorofil daun, meningkatkan laju fotosintesis, meningkatkan pemakaian air dan memodifikasi partisi bahan kering ke umbi. Selanjutnya hasil penelitian Dianawati (2013) aplikasi PBZ sebanyak 23.16 hingga 24.2 mg l⁻¹ dapat meningkatkan jumlah umbi, bobot umbi per tanaman, dan persentase stolon efektif pada kentang aeroponik.

Tabel 4 Pengaruh interaksi waktu aplikasi dan konsentrasi Paclobutrazol (PBZ) terhadap kandungan pati rimpang benih JPB

Konsentrasi PBZ (ppm)	Waktu aplikasi PBZ (BST)	
	4	5
	%.....	%.....
0	50.6 de	50.4 e
100	51.9 bc	50.5 e
200	52.4 abc	51.5 cd
300	52.1 abc	52.6 ab
400	52.6 ab	53.0 a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Sumber : Rusmin *et al.* (2015b).

Rusmin *et al.* (2015b) melaporkan bahwa aplikasi PBZ, juga meningkatkan mutu rimpang benih JPB melalui peningkatan kandungan pati (Tabel 4.). Kandungan pati sudah meningkat dengan aplikasi PBZ 100 ppm yang diaplikasikan saat tanaman umur 4 bulan.

Aplikasi PBZ dalam meningkatkan kandungan pati rimpang benih disebabkan oleh peningkatan kandungan klorofil dan jumlah daun, sehingga terjadi peningkatan fotosintesis. Penghambatan tinggi tanaman oleh PBZ juga akan mengalihkan sebagian besar fotosintat ke rimpang sebagai organ penyimpan (*sink*), sehingga sebagian besar fotosintat akan terakumulasi di rimpang benih dalam bentuk pati (Rusmin *et al.* 2015b). Aplikasikan PBZ dengan konsentrasi 250 ppm pada umur 4 bulan pada tanaman kunyit menghasilkan berat kering rimpang dan kadar pati tertinggi (Rosita *et al.* 1993b) dan aplikasi saat berumur 6 BST pada tanaman kencur (Rosita *et al.* 1993a).

Aplikasi PBZ 300 ppm sudah meningkatkan daya tumbuh, sedangkan kecepatan tumbuh, tinggi bibit, dan bobot kering bibit JPB meningkat pada aplikasi 400 ppm dibanding tanpa aplikasi PBZ (Tabel 5). Aplikasi PBZ dapat meningkatkan viabilitas rimpang benih (daya tumbuh dan kecepatan tumbuh), disebabkan oleh peningkatan kandungan pati sebagai cadangan energi untuk bertunas dan pertumbuhan tunas. Peningkatan sitokinin endogen oleh aplikasi PBZ diduga dapat mematahkan periode dormansi

Tabel 5. Pengaruh masing-masing waktu aplikasi dan konsentrasi Paclobutrazol (PBZ) terhadap viabilitas rimpang benih JPB

Perlakuan	Daya tumbuh (%)	Kecepatan tumbuh (% etmal ⁻¹)	Tinggi bibit (cm)	Bobot kering bibit (gram bibit ⁻¹)
Waktu aplikasi (BST):				
Umur 4	85.1	1.9	27.27	0.67
Umur 5	82.0	1.8	27.18	0.67
Konsentrasi PBZ (ppm):				
0	73.3 c	1.7 b	23.66 b	0.62 b
100	78.9 bc	1.6 b	26.14 b	0.65 b
200	84.4 abc	1.9 ab	24.03 b	0.62 b
300	86.1 ab	2.0 ab	28.01 ab	0.62 b
400	95.0 a	2.4 a	34.28 a	0.84 a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama pada masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Sumber : Rusmin *et al.* (2015b).

sehingga rimpang benih tumbuh lebih awal dibanding tanpa PBZ (Rusmin *et al.* 2015b).

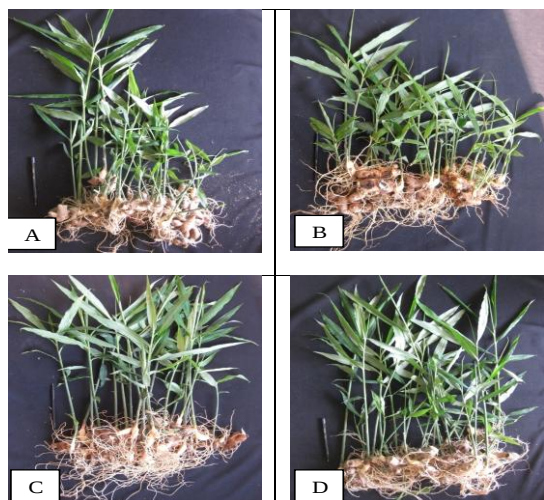
Aplikasi paclobutrazol saat tanaman di lapangan juga mampu meningkatkan daya simpan benih jahe. Hal ini dilihat dari penekanan penyusutan kadar air, persentase rimpang bertunas dan viabilitas benih setelah disimpan selama 4 bulan. Rusmin dan Melati (2019) melaporkan bahwa aplikasi PBZ 400 ppm menurunkan kadar air rimpangbenih JPB, tetapi meningkatkan persentase rimpang bertunas dan viabilitas benih setelah benih disimpan selama 4 bulan. Hal ini disebabkan peningkatan kandungan pati pada rimpang sebagai cadangan energi untuk bertunas dan pertumbuhan tunas. Berdasarkan nilai kecepatan tumbuh, tinggi dan bobot kering bibit, aplikasi PBZ 300-400 ppm menghasilkan vigor daya simpan yang lebih baik dibanding tanpa aplikasi PBZ setelah rimpang benih JPB disimpan selama 4 bulan.

2. Peningkatan Mutu dengan Aplikasi PBZ selama Proses Penyimpanan

Proses penyimpanan benih JPB dikatakan berhasil apabila mampu menekan: (1) penyusutan bobot, (2) penurunan kadar air, (3) respirasi, (4) persentase rimpang bertunas dan (5) mempertahankan viabilitas sampai ≥ 4 bulan penyimpanan. Aplikasi PBZ juga mempengaruhi mutu benih jahe selama di penyimpanan. Rusmin *et al.* (2015c) dan Rusmin (2016) melaporkan bahwa perlakuan pelapisan lilin (4%) dengan aplikasi PBZ 1000 ppm, pada suhu ruang simpan 20 – 22 °C, dapat menekan susut bobot sebesar 15% dibanding kontrol, setelah disimpan selama 4 bulan dan dapat menekan rimpang bertunas sebesar 26% setelah 3 bulan disimpan. Pada pengujian mutu benih, aplikasi PBZ 1000 dan 1500 ppm pada suhu ruang simpan 20 – 22 °C dapat meningkatkan daya tumbuh, kecepatan tumbuh, tinggi bibit dan bobot kering bibit di banding kontrol.

Menurut Rusmin *et al.* (2015c) dan Rusmin (2016) bahwa Aplikasi PBZ 1000 dan 1500 pada suhu penyimpanan 20–22 °C mampu lagi mempertahankan mutu rimpang benih JPB setelah 4 bulan disimpan. Hal ini terlihat dari persentase daya tumbuh ($> 90\%$) dan kecepatan tumbuh ($> 4\%$ etmal⁻¹) yang tinggi (Tabel 6).

Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Melati dan Rusmin (2018) bahwa perendaman benih JPB dengan larutan PBZ 1000 ppm selama 4 jam, kemudian disimpan di ruang AC dapat menekan penyusutan bobot, menekan kehilangan kadar air dan mempertahankan daya tumbuh tetap tinggi setelah 6 bulan disimpan.



Gambar 5 Performansi bibit JPB setelah 4 bulan disimpan: suhu 26-28 °C, 0 ppm PBZ (A), suhu 26-28 °C, 1500 ppm PBZ (B), suhu 20-22 °C, 0 ppm PBZ (C), dan 20-22 °C, 1500 ppm PBZ (D)

Sumber: Rusmin (2016)

Performansi bibit JPB dengan perlakuan pelapisan dan PBZ setelah 4 bulan disimpan dapat dilihat pada Gambar 5.

PROGRAM PENELITIAN PRODUKSI BENIH JAHE PUTIH BESAR KE DEPAN

Program penelitian produksi benih JPB ke depannya beranjak dari permasalahan: ketersediaan benih JPB yang terbatas akibat produksi dan mutu rimpang benih JPB yang masih rendah. Di samping faktor iklim yang mempengaruhi keseimbangan hormonal, produksi dan mutu rimpang benih yang rendah pada jahe juga disebabkan oleh serangan layu bakteri. Peningkatan produksi dan mutu benih dapat dilakukan dengan teknologi *Smart Farming* secara terintegrasi dengan memodifikasi mikroklimat pertanaman JPB serta pemanfaatan agensia hayati untuk pengendalian layu bakteri untuk menghasilkan benih rimpang JPB bermutu dan bebas seed born pathogen. Dengan diketahui pola pertumbuhan dan perubahan fisiologis rimpang benih, maka input hara, air dan pemberian agensia hayati pengendalian layu bakteri dapat diberikan sesuai fase pertumbuhan tanaman menjadi efisien dan tepat sasaran.

KESIMPULAN

Pola pertumbuhan tajuk dan rimpang JPB selama pembentukan dan perkembangannya secara umum diklasifikasikan atas tiga fase yaitu: fase lambat 1–4 bulan setelah tanam (BST), cepat ($> 4-6$ BST), dan pemasakan (> 6 BST). Rimpang benih JPB umur 7 BST sudah mulai dapat digunakan sebagai bahan tanaman.

Perbedaan lokasi tanam dan umur panen mempengaruhi pola keseimbangan hormon endogen tanaman (rasio hormone ABA/GA dan ABA/sitokinin) dan mutu rimpang benih JPB. Rasio ABA/sitokinin yang lebih tinggi pada rimpang benih umur 7 BST (5,0) dan 8 BST (4,7)

dibanding rimpang benih umur 9 BST (4,2) untuk rimpang benih asal Nagrak, sehingga mampu memicu dan mempertahankan dormansi sehingga benih JPB lebih tahan disimpan.

Periode dormansi benih rimpang JPB pecah setelah disimpan selama 2 bulan. Periode dormansi (sebelum 2 BSS) merupakan periode kritis atau periode yang tepat untuk aplikasi perlakuan penundaan pertunasan.

Aplikasi PBZ 400 ppm meningkatkan produksi JPB yang dinyatakan dalam bobot basah (22%) dan jumlah rimpang cabang (68%), dengan karakter rimpang: kecil, ruas pendek dan bernas, serta meningkatkan mutu dan daya simpan dibanding tanpa PBZ.

Aplikasi PBZ 1000 ppm, pada suhu ruang simpan 20 – 22 ° C, dapat menekan susut bobot sebesar 15% dibanding kontrol, setelah disimpan selama 4 bulan dan dapat menekan rimpang bertunas sebesar 26% setelah 3 bulan disimpan

Program penelitian teknologi produksi benih JPB ke depan yakni dengan menerapkan teknologi *Smart Farming* secara terintegrasi dengan memodifikasi iklim mikro pertanian JPB serta pemanfaatan agensi hayati untuk pengendalian layu bakteri dalam menghasilkan benih rimpang JPB bermutu dan bebas seed born pathogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaney, W.R. (2005) *Growth Retardants: A Promising Tool for Managing Urban Trees*. Purdue Extension document FNR-252-W.2005 <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/FNR/FNR-252-W.pdf>. [Accessed: 11 May 2011].
- Davies, P.J. (2004) *Plant Hormones*. In: *Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.750 p.
- Dianawati, M. (2013) *Produksi Benih Umbi Mini Kentang (Solanum tuberosum L.) secara Aeroponik melalui Induksi Pembungaan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Dong, Q., Wang, J.-Z., Guo, J.-M. & Heng, Z. (2009) The Relation Between Endogenous Hormones And Late-Germination In Buds Of Avrolles Apple. *Agricultural Sciences in China*. 8 (5), 564–571. doi:10.1016/S1671-2927(08)60247-3.
- Falcon, M.R., Bou, J. & Prat, S. (2006) Seasonal Control of Tuberization in Potato: Conserved Elements with The Flowering Response. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57, 151–180. doi:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105224.
- Faltusova, Z.K., Faltus, M. & Prasil, I. (2002) Absciscic Acid Content During Cold Hardening Of Barley And Wheat Cultivars With Different Freezing Tolerance. *Rostlinna Vyroba*. 48 (11), 490–493.
- Fletcher, R.A., Gilley, A., Sankhla, N. & Davis, T.D. (2000) Triazoles As Plant Growth Regulators And Stress Protectants. *Horticultural Reviews*. 24, 55–138.
- Hamadina, E.I. (2011) *The Control of Yam Tuber Dormancy: a Framework for Manipulation*. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- Hasanah, M., Sukarman & Rusmin, D. (2004) Teknologi Produksi Benih Jahe. In: *Plasma Nutfah dan Perbenihan Tanaman Rempah dan Obat*. Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat, XVI, p.(1) : 9–16.
- Hongpakdee, P., Siritrakulsak, P., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Ohyama, T. & Ruamrungsri, S. (2010) Changes in Endogenous Absciscic acid, trans-zeatin riboside, indole-3-Acetic acid Levels and The Photosynthetic Rate During The Growth Cycle of Curcuma alismatifolia Gagnep. in Different Production Seasons. *European Journal of Horticultural Science*. 75 (5), 204–213.
- Horvath, D.P., Anderson, J. V., Chao, W.S. & Foley, M.E. (2003) Knowing When To Grow: Signals Regulating Bud Dormancy. *Trends in Plant Science*. 8 (11), 534–540. doi:10.1016/j.tplants.2003.09.013.
- Meilawati, N.L.W., Melati & Rusmin, D. (2018) Pengaruh Jenis Benih Terhadap Efisiensi, Viabilitas, Pertumbuhan dan Produktivitas Tiga Varietas Kunyit. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 29 (2), 101–109. doi:10.21082/bullitro.v29n2.2018.101-109.
- Melati (2016) *Pengembangan Bahan Tanam Jahe Putih Besar (Zingiber officinale Rosc.) Melalui Biji, Rimpang Tunggal dan Rimpang Tunggal Kecil Bermutu Tinggi*. Institut Pertanian

Bogor.

- Melati & Rusmin, D. (2018) Pengaruh Perlakuan Penyimpanan Terhadap Viabilitas Rimpang Jahe Putih Kecil. *Jurnal Agronida*. 4 (1), 37–44.
- Policegoudra, R.S. & Aradhya, S.M. (2007) Biochemical Changes and Antioxidant Activity of Mango ginger (*Curcuma amada* Roxb.) Rhizomes During Postharvest Storage at Different Temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 46 (2), 189–194. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.04.012.
- Pringle, Bishop, C. & Clayton, R. (2009) Potatoes Postharvest. In: *CAB International*. MPG Books Group, India, p.29 p.
- Ravindran, P.N. & Babu, K.N. (2005) Ginger. The Genus *Zingiber*. In: *Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles*. New York: CRC Press, p.573 p.
- Ravisankar, D., Chinnamuthu, C.R. & Srimathi, P. (2012) Influence of Growth Promoting Substances on Dormancy Breaking and Sprouting of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) Tuber. *Research Journal of Agricultural Sciences*. 3 (6), 1213–1216.
- Rosita, S.M.D., Darwati, I. & Yuliani, S. (1993a) Pengaruh Paclobutrazol Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kencur. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia*. 3 (2), 27–28.
- Rosita, S.M.D., Darwati, I. & Yuliani, S. (1993b) Pengaruh Paclobutrazol Terhadap Produksi Dan Kualitas Rimpang Kunyit. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 8 (2), 108–110.
- Rostiana, O., Bermawie, N. & Rahardjo, M. (2009) Budidaya Jahe, Kencur, Kunyit dan Temulawak. In: *Standar Prosedur Operasional Budidaya Jahe*. Badan Litbang Pertanian. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.....Halaman
- Rusmin, D. (2016) *Peningkatan Produksi dan Mutu Rimpang Benih jahe Putih Besar Melalaui Pendekatan Pola Pertumbuhan dan Keseimbangan Hormonal dengan Aplikasi Paclobutrazol*. Institut Pertanian Bogor.
- Rusmin, D. & Melati (2019) Effect of Paclobutrazol Application Field on Seed Rhizome Quality of Ginger during Storability. *Jerami Indonesian Journal of Crop Science*. 1 (2), 47–54.
- Rusmin, D., Suhartanto, M.R., Ilyas, S., Manohara, D. & Widajati, E. (2018) Karakteristik Pola Pertumbuhan, Biokimia dan Fisiologi untuk Penentuan Umur Panen Rimpang Benih Jahe Putih Besar. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 29 (1), 9 – 20. doi:10.21082/bullittro.v29n1.2018.9-20.
- Rusmin, D., Suhartanto, M.R., Ilyas, S., Manohara, D. & Widajati, E. (2015a) Mutu Fisiologis Rimpang Benih Jahe Putih Besar Selama Penyimpanan Dengan Pelapisan Lilin Dan Aplikasi Paclobutrazol. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 26 (1), 25–34. doi:10.21082/bullittro.v26n1.2015.25-34.
- Rusmin, D., Suhartanto, M.R., Ilyas, S., Manohara, D. & Widajati, E. (2015b) Pengaruh Umur Panen Terhadap Perubahan Fisiologi Dan Viabilitas Benih Jahe Putih Besar Selama Penyimpanan. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 21 (1), 17–24.
- Rusmin, D., Suhartanto, M.R., Ilyas, S., Manohara, D. & Widajati, E. (2015c) Production and Quality Improvement of Ginger Seed Rhizome by Paclobutrazol Applications. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*. 21 (2), 132–146.
- Sukarman (2013) Produksi dan Pengelolaan Benih Jahe Putih Besar (*Zingiber officinale* Var. *officinale*) Melalui Proses Industri. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 32 (2), 76–84. doi:10.21082/jp3.v32n2.2013.p76-84.
- Sukarman, S., Rusmin, D. & Melati, M. (2007) Viabilitas Benih Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) Pada Cara Budidaya dan Lama Penyimpanan yang Berbeda. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 18 (1), 1–12.
- Suttle, J.C. (2004) Physiological Regulation of Potato Tuber Dormancy. *American Journal of Potato Research*. 81, 253–262.
- Tekalign, T. & Hammes, P.S. (2005) Growth Responses of Potato (*Solanum tuberosum*) Grown in A Hot Tropical Lowland to Applied Paclobutrazol: 1. Shoot Attributes,

Assimilate Production and Allocation.
Journal of Crop and Horticultural Science.
New Zealand. 33 (1), 35–41.
doi:10.1080/01140671.2005.9514328.