

## Pertumbuhan dan Produksi Rimpang Kencur (*Kaempferia galanga* L.) pada Ketinggian Tempat yang Berbeda

### (The Growth and Production of Galanga (*Kaempferia galanga* L.) in Different Altitudes)

Subaryanti<sup>1</sup>, Yohana Caecilia Sulistyaningsih<sup>2</sup>, Dyah Iswanti<sup>3</sup>, Triadiati Triadiati<sup>2\*</sup>

(Diterima Juni 2019/Disetujui Oktober 2019)

#### ABSTRAK

Kencur (*Kaempferia galanga* L.) merupakan salah satu tanaman obat potensial dengan permintaan yang cukup tinggi sehingga budi daya kencur masih cukup menjanjikan. Untuk memperoleh pertumbuhan dan produksi rimpang yang tinggi, ketersediaan aksesori kencur yang unggul merupakan faktor penting di dalam budi daya kencur. Pertumbuhan yang optimal dan produksi tinggi pada beberapa aksesori kencur akan diperoleh apabila dibudidayakan pada ketinggian tempat yang sesuai. Tujuan penelitian adalah mendapatkan aksesori kencur dengan pertumbuhan serta hasil yang baik pada lokasi dengan ketinggian tempat yang sesuai. Penelitian ini menggunakan metode rancangan petak terbagi, sebagai petak utama adalah ketinggian tempat dan aksesori kencur sebagai anak petak. Lokasi penanaman sebagai petak utama pada ketinggian 214 dan 780 mdpl. Aksesori kencur terdiri atas tujuh taraf, yaitu aksesori PBG (Purbalingga), CLP (Cilacap), PWJ (Purworejo), KRA (Karanganyar), PCT (Pacitan), MAD (Madiun), dan pembandingan GAL 2 (Galesia 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian tempat memengaruhi klorofil total daun, konduktansi stomata, laju transpirasi, laju fotosintesis, bobot kering rhizom, dan produksi. Jumlah daun dipengaruhi oleh ketinggian tempat dan aksesori kencur. Interaksi antara ketinggian tempat dan aksesori kencur memengaruhi luas daun dan kadar gula terlarut rimpang. Produksi rimpang kencur di daerah ketinggian 214 mdpl lebih tinggi daripada di daerah ketinggian 780 mdpl. Kencur dapat tumbuh baik dengan hasil yang baik pada daerah ketinggian 214 mdpl. Aksesori PBG (Purbalingga) dan PWJ (Purworejo) berpotensi untuk dikembangkan di lokasi dengan ketinggian 214 mdpl karena mempunyai produksi tinggi.

Kata kunci: *Kaempferia galanga*, ketinggian tempat, rimpang

#### ABSTRACT

Galanga (*Kaempferia galanga* L.) is one of the potential medicinal plants with high demand. Therefore, galanga cultivation was still quite promising. To obtain the optimum growth and high rhizome production, the superior galanga accessions are required. The optimal growth and high production of galanga accessions will be obtained if cultivated at the area with appropriate altitude. The purpose of the study was to obtain galanga accession with a better growth and high yield at the area with a suitable altitude. This study used split-plot design; altitude as a main plot and accession as a subplot. The location as a main plot consisted of altitudes of 214 and 780 masl. This study used seven accessions i.e., accession of PBG (Purbalingga), CLP (Cilacap), PWJ (Purworejo), KRA (Karanganyar), PCT (Pacitan), MAD (Madiun), and GAL 2 (Galesia 2) as control. The results showed that different altitudes significantly affected the total chlorophyll content, stomatal conductance, transpiration rate, photosynthesis rate, dry weight, and rhizome yield. The number of leaves was influenced by altitude and accession of galanga. The interaction between altitude and accession of galanga significantly affected the leaf area and the soluble sugar concentration in the galanga rhizome. The rhizome yield at low altitude was higher than in high altitude. PBG (Purbalingga) and PWJ (Purworejo) accessions have the potential to be developed in locations with an altitude of 214 masl.

Keywords: altitude, *Kaempferia galanga*, rhizome

#### PENDAHULUAN

Kencur (*Kaempferia galanga* L.) adalah terna aromatika yang tergolong ke dalam famili *Zingiberaceae* (temu-temuan). Terna aromatika ini berasal dari India dan sudah dibudidayakan di Sri

Lanka, Malaysia, Jawa, Cina, dan Afrika (Indrayan *et al.* 2007). Secara empiris, kencur berkhasiat untuk mengobati radang lambung, radang telinga, influenza, masuk angin, sakit kepala, batuk, diare, haid tidak lancar, mata lelah, dan keseleo (Widyaningrum *et al.* 2011). Kencur yang multifungsi ini menyebabkan permintaan akan kencur cenderung meningkat dari tahun ke tahun, yaitu sebesar 6,33% (Salim & Munadi 2017). Pada tahun 2015, total produksi kencur mencapai 35.972 ton dan terus meningkat sampai tahun 2016 mencapai 36.540 ton, namun pada tahun 2017 ada peningkatan produksi walaupun tidak

<sup>1</sup> Sekolah Pascasarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>2</sup> Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>3</sup> Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

\* Penulis Korespondensi: Email: adiatiipb@gmail.com

signifikan, yaitu sebesar 36.655 ton (BPS 2018). Luas areal penanaman kencur di Pulau Jawa mencapai 20.701 ha dengan produksi sebesar 3.583.526 ton simplisia, atau setara dengan 17.334.667 ton rimpang segar. Produksi tersebut belum mampu memenuhi permintaan pasar sebagai bahan baku industri yang mencapai 15.640,83 ton simplisia (BPS 2018).

Untuk memenuhi kebutuhan pasokan simplisia kencur di dalam negeri sebagian dipenuhi oleh kencur impor dari China, Malaysia, Thailand, India, Vietnam, Pakistan, dan Myanmar meskipun mutu simplisia kencur impor tersebut kurang memenuhi standar industri besar di Indonesia (Putri *et al.* 2014; Dinperindag 2014). Peningkatan permintaan pasar akan produk kencur, didukung dengan sifat tanaman yang dapat tumbuh di sebaran wilayah yang cukup luas, mendorong petani mengusahakan tanaman ini di daerah pengembangan baru.

Pengembangan penanaman kencur dalam beberapa tahun ini cukup pesat dan tersebar di berbagai tempat dengan ketinggian yang beragam. Pesatnya pengembangan penanaman kencur mendorong para petani dan pengusaha untuk menanam kencur pada berbagai kesempatan. Hal ini dapat menimbulkan kerugian seandainya secara kebetulan mendapatkan daerah yang tidak sesuai. Oleh karena itu, pemilihan daerah pengembangan penanaman harus memerhatikan kondisi lingkungan tumbuhnya. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan dan produksi kencur yang sangat ditentukan oleh kondisi lingkungannya. Setiap tanaman memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Kondisi lingkungan tempat tanaman berada selalu mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi mungkin saja masih berada dalam batas toleransi tanaman tersebut, tetapi sering kali tanaman mengalami perubahan lingkungan yang dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan produksi, bahkan kematian tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa setiap tanaman memiliki faktor pembatas dan daya toleransi terhadap lingkungan (Purwadi 2011). Faktor ekologi harus optimal untuk pertumbuhan dan produksi rimpang kencur yang baik. Faktor-faktor tersebut ialah curah hujan, ketinggian tempat, radiasi sinar matahari, serta kesuburan tanah (Rahardjo & Rosita 2003).

Rostiana *et al.* (2009) menyatakan bahwa tanaman kencur dapat tumbuh optimum pada ketinggian 50–600 mdpl dengan suhu udara 25–30°C, curah hujan 2500 atau ternaungi 25–30% hingga tanaman berumur 6 bulan, drainase tanah baik, tekstur tanah lempung sampai liat berpasir, dan pH tanah 5,5–6,5. Semua persyaratan tumbuh tersebut harus dipenuhi agar pertumbuhan dan produksi kencur optimal. Untuk mendukung usaha perluasan areal kencur, diperlukan informasi kesesuaian kondisi lingkungan tumbuh. Perbedaan ketinggian tempat mengakibatkan perbedaan karakteristik kondisi lingkungan yang meliputi

intensitas cahaya matahari, radiasi sinar, suhu udara, dan angin (Unal *et al.* 2013).

Pertumbuhan dan produksi tanaman adalah fungsi sejumlah besar proses metabolisme, yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan genetik (Özalkan *et al.* 2010), demikian halnya pada tanaman kencur. Luas daun fungsional, bobot kering biomassa tanaman, dan luas daun merupakan faktor utama pertumbuhan tanaman yang terrefleksi pada produksi. Selain itu, luas daun menunjukkan area fungsional untuk fotosintesis tanaman yang juga dipengaruhi oleh lingkungan (Rajput *et al.* 2017).

Berdasarkan hal tersebut maka usaha peningkatan produksi kencur perlu memperhatikan faktor tanah dan iklim, terutama tinggi tempat di atas permukaan laut, suhu, radiasi matahari, dan curah hujan, selain membutuhkan aksesori kencur unggul. Tujuan penelitian adalah mendapatkan aksesori kencur dengan pertumbuhan serta hasil yang baik pada lokasi dengan ketinggian tempat yang sesuai.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2017–Mei 2018. Penelitian ini merupakan uji pertumbuhan dan produksi beberapa aksesori tanaman kencur di dua lokasi dengan ketinggian 214 mdpl (Darmaga Bogor) dan 780 mdpl (Cisarua Bogor). Analisis pertumbuhan dan produksi dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, dan analisis kadar gula di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALITTRO) Bogor.

### Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan adalah hasil eksplorasi tanaman kencur di wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur yang merupakan sentra petani kencur. Dari hasil eksplorasi diperoleh tujuh aksesori kencur, yaitu aksesori PBG (Purbalingga), CLP (Cilacap), PWJ (Purworejo), KRA (Karanganyar), PCT (Pacitan), dan MAD (Madiun). Aksesori PBG dan CLP berasal dari Jawa Tengah dari ketinggian tempat 100 mdpl (dataran rendah), aksesori PWJ dan KRA berasal dari Jawa Tengah dari ketinggian tempat 300 mdpl (dataran sedang), aksesori PCT dan MAD berasal dari Jawa Timur dari ketinggian 600 mdpl (dataran tinggi). Varietas unggul kencur, yaitu GAL2 (Galesia 2) digunakan sebagai kontrol positif yang berasal dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) Bogor, Jawa Barat. Masing-masing wilayah tersebut merupakan sentra produksi kencur.

Parameter pertumbuhan meliputi jumlah daun, luas daun, klorofil total, parameter fotosintesis (laju fotosintesis, konduktansi stomata, dan laju transpirasi),

kadar gula terlarut, dan akumulasi fotosintat. Parameter produksi meliputi bobot rimpang segar. Jumlah daun dihitung secara manual, luas daun diukur dengan *Portable Area Meter* (LI-3000C), klorofil total diukur dengan Spektrofotometer (*Spectro Genesys*<sup>TM</sup>-20), parameter fotosintesis diukur dengan *Portable Photosynthesis System* (LI-COR 6400XT), kadar gula dianalisis secara titrimetri, dan akumulasi fotosintat diukur sebagai bobot kering tanaman. Bobot rimpang segar ditimbang menggunakan timbangan digital setelah terlebih dahulu dipisahkan dan dibersihkan dari akar-akar yang melekat.

### Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok-petak terbagi dengan 3 ulangan. Sebagai petak utama adalah ketinggian tempat dan akses tanaman kencur sebagai anak petak. Ketinggian tempat terdiri atas 2 taraf, yaitu 214 mdpl (lokasi A) dan 780 mdpl (lokasi B). Ketinggian 214 mdpl mewakili dataran rendah dan ketinggian 780 mdpl mewakili dataran tinggi. Dua lokasi tersebut mempunyai kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda. Akses tanaman kencur terdiri atas 7 taraf, yaitu akses PBG, CLP, PWJ, KRA, PCT, MAD, dan GAL2.

### Pelaksanaan Penelitian

#### • Persiapan bahan tanam dan pembibitan

Bahan tanaman berupa rimpang dengan jumlah mata tunas yang berkisar antara 2–3 buah dan bobot yang berkisar antara 5–10 g terlebih dahulu direndam dalam larutan fungisida dengan konsentrasi 1 g L<sup>-1</sup> air selama 5 menit (Suhertini & Lukman 2003). Sebelum ditanam, rimpang bibit ditunaskan terlebih dahulu dengan cara disemai di tempat yang teduh yang ditutup dengan kertas koran dan disiram setiap hari sampai muncul mata tunas dengan tinggi <1 cm (Rostiana *et al.* 2009).

#### • Penanaman dan pemupukan

Penanaman di dua lokasi dilakukan pada bulan Juni 2017. Bibit kencur dipilih dengan kriteria bobot 3–9 g, tinggi tunas <1 cm, sehat, dan mempunyai 2–3 bakal mata tunas. Bibit kencur ditanam pada lahan tanam berupa petak berukuran 2,4 x 1,2 m yang berisi 60 tanaman dengan jarak tanam 15 x 20 cm dan kedalaman 5–7 cm serta tunas menghadap ke atas. Jarak antar-petak percobaan adalah 50 cm. Lahan tanam diberi pupuk dasar, yaitu pupuk kandang (20 ton ha<sup>-1</sup>), pupuk urea (250 kg ha<sup>-1</sup>), SP 36 dan KCl (200 kg ha<sup>-1</sup>) atau setara dengan 8,64 kg pupuk kandang petak<sup>-1</sup>, 90 g urea petak<sup>-1</sup>, 70 g SP 36 dan KCl petak<sup>-1</sup>. Pupuk kandang diberikan dua minggu sebelum tanam. Pupuk urea diberikan pada 1, 2, dan 3 bulan setelah tanam (BST), SP 36 dan KCl diberikan sekaligus pada 3 BST (Rostiana *et al.* 2009).

#### • Pemeliharaan dan pemanenan

Penyiangan dilakukan secara periodik hingga masa vegetatif selesai dan pada saat memasuki fase pem-

entukan rimpang, penyiangan hanya dilakukan di tepi-tepi petak percobaan. Penanggulangan hama dengan penyemprotan pestisida dilakukan bila ada serangan. Pemanenan dilakukan pada saat tanaman kencur berumur 12 bulan, yaitu pada bulan Mei 2018 ketika pada bulan tersebut curah hujan sudah mulai tinggi. Indikator lainnya adalah daun-daun kencur sudah menguning, mengering, dan mulai luruh (Rostiana *et al.* 2009).

#### • Pengamatan

Peubah pertumbuhan yang diamati ialah jumlah daun, luas daun, parameter fotosintesis, klorofil total, gula terlarut, dan bobot kering. Peubah produksi yang diamati ialah bobot rimpang segar. Jumlah daun dihitung pada umur 1, 3, 5, 7, 9, dan 11 bulan setelah tanam (BST). Luas daun dan klorofil total diukur pada umur 2, 4, dan 6 BST. Parameter fotosintesis meliputi laju fotosintesis, konduktansi stomata, dan laju transpirasi, yang diukur pada daun yang sudah berkembang sempurna dan lebar penuh pada PAR 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{detik}^{-1}$ . Parameter fotosintesis diukur pada umur 2 (Juli 2017), 4 (September 2017), 6 (November 2017), dan 8 (Januari 2018) BST. Kadar gula terlarut diukur menggunakan metode Luff-Schroll (Wulandari 2017) pada umur 12 BST. Rimpang dipanen pada umur 12 BST, selanjutnya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 48 jam hingga bobot kering. Produksi rimpang segar dihitung setelah panen umur 12 BST (Mei 2018), pada bulan tersebut curah hujan sudah mulai tinggi. Indikator lainnya adalah daun-daun kencur sudah menguning, mengering, dan mulai luruh (Rostiana *et al.* 2009).

#### Analisis Data (Gomez & Gomez 1995)

Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan di antara hasil yang diperoleh dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) dan uji Duncan. Perbedaan yang signifikan didefinisikan pada taraf 5% ( $P < 0,05$ ). Analisis statistik yang dilakukan menggunakan peranti lunak IBM SPSS *Statistics version* 21,0 tahun 2012 (New York, AS).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Pengamatan yang dilakukan di dua lokasi penelitian meliputi kondisi iklim dan analisis tanah. Kondisi iklim meliputi intensitas cahaya matahari, suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan hari hujan. Analisis tanah meliputi pH, bahan organik, kapasitas tukar kation (KTK), dan tekstur tanah. Lokasi A (214 mdpl) memiliki intensitas cahaya, suhu udara, dan curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan lokasi B (780 mdpl). Sebaliknya, kelembapan udara di lokasi A (214 mdpl) lebih rendah dibandingkan lokasi B (780 mdpl). Kondisi pH tanah di dua lokasi adalah agak masam, di lokasi A bahan organik dan KTK tergolong sedang, serta tanah bertekstur liat. Sebaliknya, tanah

di lokasi B, bahan organik tergolong rendah, KTK sedang, dan tekstur tanah berdebu. Kondisi iklim di dua lokasi penelitian pada ketinggian 214 dan 780 mdpl dari bulan Juni 2017–Mei 2018 dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil analisis tanah pada dua lokasi penelitian pada Tabel 2.

### Pertumbuhan Jumlah Daun dan Luas Daun

Jumlah daun dipengaruhi oleh perlakuan aksesi kencur ( $P < 0,05$ ) pada umur 1, 3, 7, 9, dan 11 BST untuk tanaman di lokasi A maupun B. Luas daun pada saat 2 dan 4 BST dipengaruhi oleh interaksi antar-perlakuan ( $P < 0,05$ ). Jumlah daun tertinggi dicapai pada waktu yang berbeda pada tanaman kencur yang ditanam di dua lokasi. Jumlah daun tertinggi untuk tanaman yang ditanam di lokasi A terdapat pada aksesi PWJ dan MAD (16 helai) pada 11 BST, namun tidak berbeda ( $P > 0,05$ ) dari PBG (14 helai) dan CLP (15 helai). Sementara itu, jumlah daun tertinggi di lokasi B terdapat pada aksesi PBG (10 helai) pada umur 9 BST dan berbeda ( $P < 0,05$ ) dari aksesi KRA (7 helai). Tanaman yang ditanam di lokasi A memiliki jumlah daun terbanyak, sedangkan tanaman di lokasi B memiliki jumlah daun yang relatif sedikit (Gambar 1a).

Luas daun kencur pada saat berumur 2 dan 4 BST dipengaruhi ( $P < 0,05$ ) oleh interaksi antara ketinggian tempat dan aksesi. Luas daun tertinggi di lokasi A

terdapat pada aksesi PBG ( $65,67 \text{ cm}^2$ ) pada umur 2 BST dan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) dari aksesi lainnya. Luas daun tertinggi ( $56,03 \text{ cm}^2$ ) di lokasi B terdapat pada aksesi PBG pula pada umur 4 BST, namun tidak berbeda ( $P > 0,05$ ) dari aksesi CLP ( $51,59 \text{ cm}^2$ ), PWJ ( $45,58 \text{ cm}^2$ ), dan MAD ( $55,44 \text{ cm}^2$ ) (Gambar 1b).

Semua aksesi tanaman kencur memperlihatkan pertumbuhan jumlah daun yang hampir serempak di lokasi penelitian, hanya saja penanaman di lokasi B menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan dengan di lokasi A, terutama dalam pertumbuhan jumlah daun dan luas daun. Pertumbuhan yang lambat diduga karena rendahnya intensitas cahaya matahari (43%) dan suhu udara ( $23^\circ\text{C}$ ) (Tabel 1). Menurut Rostiana *et al.* (2009), kencur dapat tumbuh optimal pada ketinggian 50–600 mdpl, suhu udara  $\pm 26\text{--}30^\circ\text{C}$ , dan intensitas cahaya matahari  $\pm 70\text{--}100\%$ . Namun demikian, jumlah daun pada awal pertumbuhan (3 BST) di lokasi B (780 mdpl) cenderung meningkat dan pada bulan berikutnya (5 BST) terjadi penurunan karena mengalami senesen. Ketersediaan air yang rendah di lokasi B pada umur 5 BST (Oktober 2017) merupakan faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya proses senesen tersebut. Data iklim di lokasi B selama pertumbuhan (Tabel 1) sebenarnya menunjukkan jumlah curah hujan yang cukup tinggi (129 mm), namun jumlah hari hujan lebih

Tabel 1 Kondisi iklim di lokasi penanaman pada ketinggian 214 dan 780 mdpl sejak bulan Juni 2017–Mei 2018

Lokasi	Waktu	Kondisi iklim						
		RH (%)	LPM (%)	CH (mm)	JH (hari)	Suhu udara ( $^\circ\text{C}$ )		
						Rata-rata	Maks	Min
A: Darmaga Bogor (214 mdpl)	Juni 2017	82	51	526	27	28	32	23
	Juli	81	55	207	22	28	32	23
	Agustus	76	64	355	26	28	33	22
	September	77	61	284	21	28	33	23
	Oktober	81	50	192	19	28	33	23
	November	82	37	130	18	28	32	23
	Desember	82	38	401	19	27	31	23
	Januari 2018	81	21	179	7	27	30	23
	Februari	86	30	281	12	27	30	23
	Maret	83	45	331	22	28	32	23
	April	85	43	319	22	28	32	23
	Mei	84	50	400	28	28	32	23
	Rataan	82	45	300	20,3	28	32	23
B: Cisarua Bogor (780 mdpl)	Juni 2017	84	44	687	29	23	26	19
	Juli	85	52	261	27	22	26	18
	Agustus	79	70	289	28	22	26	18
	September	81	69	402	27	23	27	18
	Oktober	87	49	129	10	23	26	19
	November	85	35	88	19	23	26	19
	Desember	84	49	228	16	22	25	19
	Januari 2018	86	26	50	7	22	25	19
	Februari	93	34	36	10	21	23	19
	Maret	86	38	368	27	23	26	19
	April	87	40	311	25	23	26	19
	Mei	87	41	427	27	23	26	19
	Rataan	85	43	273	21	23	26	19

Sumber: Stasiun Klimatologi Darmaga, Bogor.

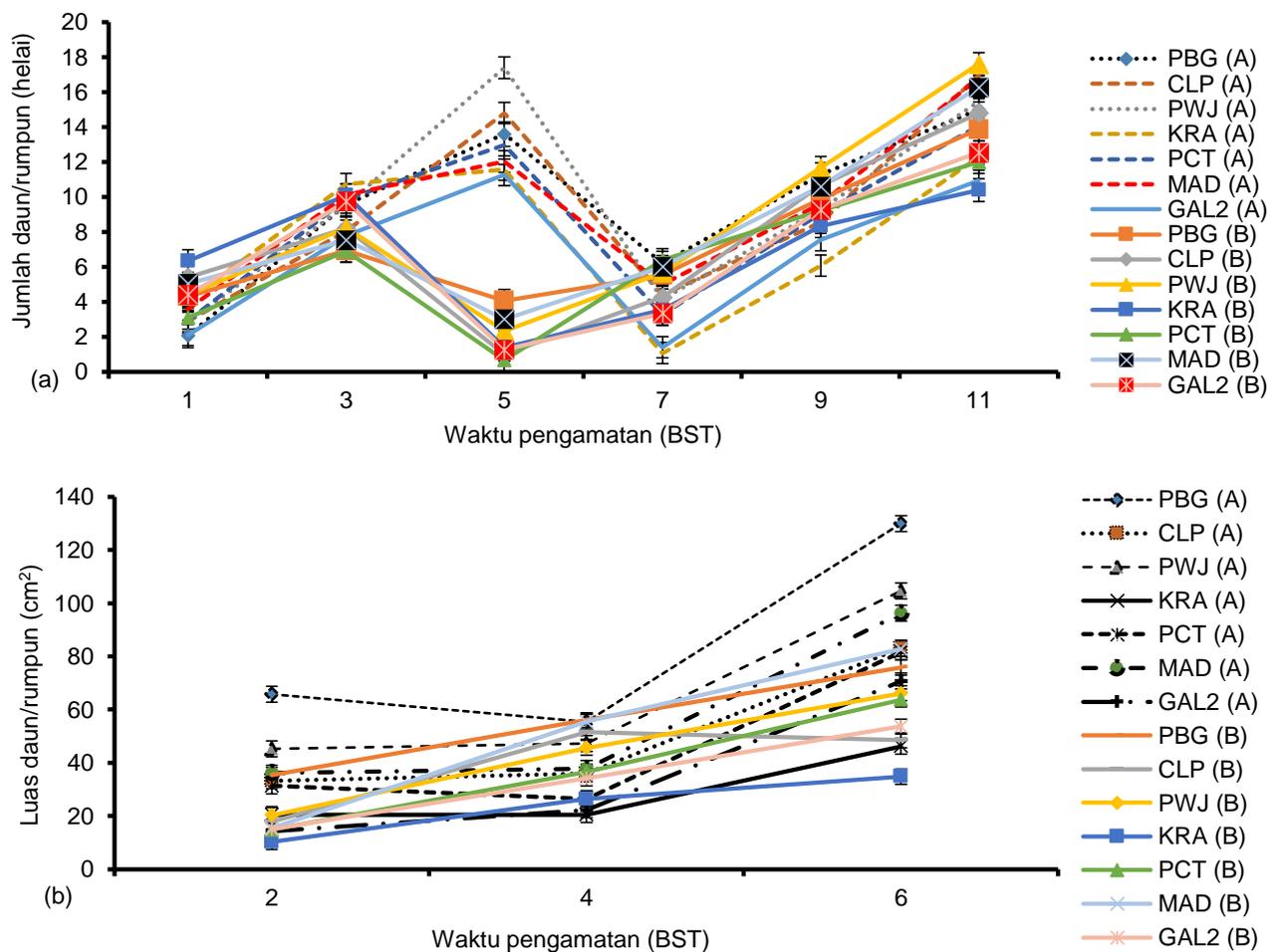
Keterangan: RH = Kelembapan; LPM = Lama penyinaran matahari; CH = Curah hujan; JH = Jumlah hujan; Maks = Maksimum; Min = Minimum; dan mdpl = Meter dari permukaan laut.

Tabel 2 Hasil analisis kesuburan tanah di dua lokasi penelitian

Jenis analisis	Darmaga Bogor (214 mdpl)	Cisarua Bogor (780 mdpl)
pH	5,03	5,43
C organik (%)	2,74	1,76
N total (%)	0,37	0,23
C/N rasio	6,80	5,40
P tersedia (ppm)	38,53	45,71
Basa dapat ditukar (me 100 g <sup>-1</sup> ):		
Ca	2,65	3,92
Mg	2,17	1,07
K	1,16	1,27
Na	0,22	0,15
KTK (me 100 g <sup>-1</sup> )	18,84	19,71
Tekstur (%):		
Pasir	9,70	9,90
Debu	10,30	28,70
Liat	80,10	61,40

Sumber: Laboratorium Pengujian, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB No. 055/04/LL/17.

Keterangan: mdpl = Meter dari permukaan laut.



Gambar 1 a) Pertumbuhan jumlah daun dan b) luas daun. Tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda A) 214 mdpl dan B) 780 mdpl. BST = Bulan setelah tanam; PBG = Purbalingga; CLP = Cilacap; PWJ = Purworejo; KRA = Karanganyar; PCT = Pacitan; MAD = Madiun; GAL2 = Galesia2; 2 BST = Fase vegetatif; 4 BST = Fase pertumbuhan maksimum; dan 6 BST = Fase senesen). Data menunjukkan nilai rata-rata ± SD.

sedikit (10 hari) daripada lokasi A (19 hari). Hujan lebat dan mendadak kurang menguntungkan bagi tanaman karena sebagian besar air akan hilang sebagai air larian (*running off*) sehingga tanah mudah tererosi.

Ketersediaan air yang kurang sampai pada umur 5 BST mengakibatkan sebagian besar (70%) daun kencur berwarna hijau kekuningan, mengering, dan luruh. Hal ini menyebabkan penurunan jumlah daun,

namun rimpang kencur masih mempunyai potensi untuk tumbuh dan pada bulan berikutnya tanaman mulai tumbuh kembali. Nihayati *et al.* (2013) melaporkan bahwa temulawak yang ditanam pada musim kemarau memiliki rentang waktu tumbuh hingga senesen yang lebih pendek dibandingkan dengan pada musim hujan, yaitu pada umur sekitar 4 BST, sedangkan pada musim penghujan, panjang tanaman dan jumlah daun tertinggi dicapai pada umur 6 BST.

Hal ini juga mengindikasikan bahwa tanaman yang tumbuh pada kondisi dingin atau bersuhu rendah akan mengalokasikan fotosintatnya ke arah tajuk (Luo *et al.* 2013). Tajuk merupakan *sink* yang kuat pada saat fase vegetatif pada saat sebagian besar fotosintat diakumulasikan ke arah tajuk dan selanjutnya diarahkan ke umbi (rimpang) pada saat fase pertumbuhan maksimum. Tajuk mengalami penurunan akumulasi fotosintat pada saat fase senesen, sedangkan umbi cenderung menjadi *sink* yang kuat pada fase ini. Hal ini terjadi karena adanya proses *nutrient remobilization*, yaitu pengangkutan nutrisi dari pembuluh floem daun dan batang senesen yang diatur oleh transport membran menuju organ penyimpanan (rimpang) (Maillard *et al.* 2015).

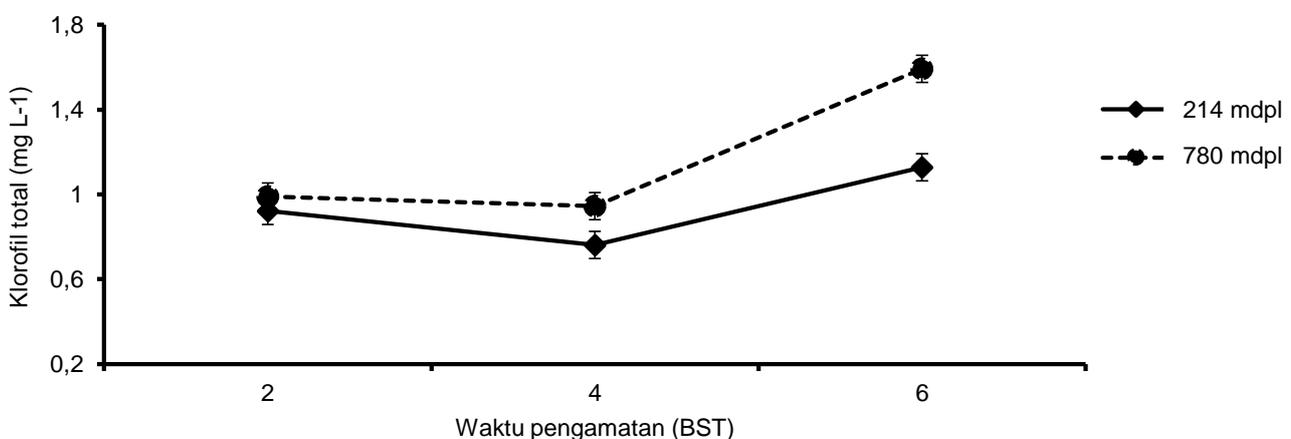
### Kandungan Klorofil Total

Kandungan klorofil total pada daun semua aksesori tanaman kencur dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Klorofil total pada aksesori tanaman kencur di lokasi B (780 mdpl) nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan pada lokasi A (214 mdpl), namun demikian kandungan klorofil total pada semua aksesori tanaman kencur pada umur 6 BST di dua lokasi tersebut tidak berbeda ( $P > 0,05$ ). Hal ini diduga terkait dengan intensitas cahaya matahari yang rendah di lokasi B (35%) dibandingkan dengan pada lokasi A (37%) sebagai bentuk adaptasi tanaman kencur dalam menghadapi cekaman lingkungan. Kitajima & Hogan (2005) menyatakan bahwa kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total pada intensitas cahaya matahari rendah lebih tinggi karena tanaman melaku-

kukan adaptasi penyerapan jumlah cahaya terbatas. Rahardjo (2011) melaporkan bahwa konsentrasi klorofil total pada tanaman jahe meningkat secara nyata dengan adanya penurunan intensitas cahaya (kondisi ternaungi). Klorofil total tertinggi pada aksesori tanaman kencur di lokasi B pada umur 6 BST diperoleh pada aksesori PWJ ( $1,48 \text{ mg L}^{-1}$ ) namun tidak berbeda ( $P > 0,05$ ) dari aksesori tanaman kencur lainnya. Kandungan klorofil total pada aksesori tanaman kencur dapat dilihat pada Gambar 2.

### Fotosintesis Tanaman Kencur

Parameter fotosintesis tanaman kencur yang diukur meliputi konduktansi stomata, laju transpirasi, dan laju fotosintesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konduktansi stomata dan laju transpirasi tanaman kencur dipengaruhi oleh ketinggian tempat ( $P < 0,05$ ) (Tabel 3). Konduktansi stomata dan laju transpirasi tanaman kencur di lokasi A (214 mdpl) nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) pada fase vegetatif (2 BST). Hal ini diduga dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang tinggi (55%) di lokasi tersebut. Intensitas cahaya yang tinggi akan merangsang bukaan stomata dan meningkatkan suhu daun sehingga molekul air akan keluar ke atmosfer lebih cepat. Peningkatan suhu daun menyebabkan udara mampu membawa lebih banyak kelembapan sehingga transpirasi juga meningkat. Stomata merupakan saluran untuk pertukaran gas antara tanaman dan lingkungan atmosfer dan stomata juga mempunyai hubungan yang erat dengan transpirasi. Semakin banyak dan lebar stomata maka laju transpirasi akan meningkat (Permanasari & Sulistyaniingsih 2013). Suhu udara ( $28^\circ\text{C}$ ) di lokasi A pada umur 2 BST juga merupakan faktor lingkungan yang mempunyai kontribusi besar terhadap laju transpirasi dan evaporasi, yaitu semakin tinggi suhu udara maka laju transpirasi dan laju evaporasi juga semakin cepat (Nurkhasanah *et al.* 2013). Rahardjo (2011) melaporkan bahwa intensitas cahaya yang tinggi pada tanaman jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) akan meningkatkan konduktansi stomata dan ber-



Gambar 2 Kandungan klorofil total daun tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda (BST = Bulan setelah tanam; 2 BST = Fase vegetatif; 4 BST = Fase pertumbuhan maksimum; dan 6 BST = Fase senesen). Data menunjukkan nilai rata-rata  $\pm$  SD.

Tabel 3 Konduktansi stomata dan laju transpirasi tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda pada setiap fase pertumbuhan

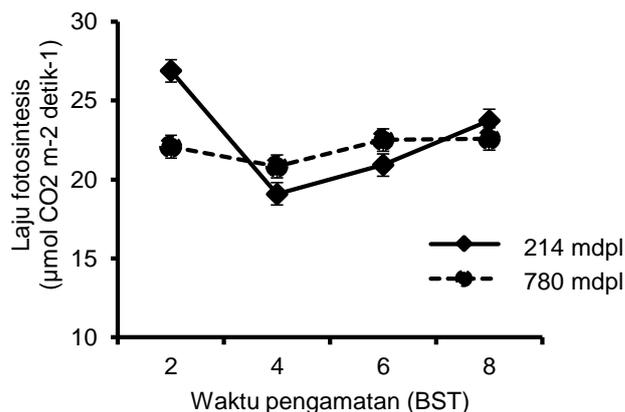
Fase pertumbuhan	Lokasi	Konduktansi stomata (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> detik <sup>-1</sup> )	Laju transpirasi (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> detik <sup>-1</sup> )
Vegetatif (2 BST)	A	0,17 <sup>a</sup>	5,49 <sup>a</sup>
	B	0,13 <sup>a</sup>	3,58 <sup>b</sup>
Pertumbuhan maksimum (4 BST)	A	0,33 <sup>b</sup>	8,78 <sup>a</sup>
	B	0,35 <sup>a</sup>	8,64 <sup>b</sup>
Senesen (6 BST)	A	0,31 <sup>a</sup>	10,42 <sup>b</sup>
	B	0,31 <sup>a</sup>	10,97 <sup>a</sup>
Pengisian rimpang (8 BST)	A	0,65 <sup>b</sup>	14,39 <sup>a</sup>
	B	0,71 <sup>a</sup>	14,06 <sup>b</sup>

Keterangan: Lokasi A = 214 mdpl dan lokasi B = 780 mdpl. Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama pada fase pertumbuhan yang berbeda menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT ( $\alpha=5\%$ ).

korelasi positif dengan peningkatan laju fotosintesis, laju transpirasi, serta akumulasi biomassa dan karbohidrat.

Laju fotosintesis tanaman kencur dipengaruhi oleh ketinggian tempat ( $P<0,05$ ). Laju fotosintesis tanaman kencur di lokasi A nyata lebih tinggi ( $P<0,05$ ) dibandingkan dengan pada lokasi B pada fase vegetatif (2 BST) dan pengisian rimpang (8 BST), sedangkan pada fase pertumbuhan maksimum (4 BST) dan senesen (6 BST) laju fotosintesis di lokasi A lebih rendah ( $P>0,05$ ) dibandingkan dengan di lokasi B. Rata-rata laju fotosintesis tanaman kencur pada umur 2, 4, 6, dan 8 BST di lokasi A berturut-turut adalah sebesar 26,87; 19,09; 20,92; dan 23,73  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ detik}^{-1}$  dan di lokasi B berturut-turut adalah sebesar 22,07; 20,82; 22,49; dan 22,57  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ detik}^{-1}$ . Laju fotosintesis tanaman kencur di lokasi A mengalami penurunan pada saat fase pertumbuhan maksimum (4 BST-September 2017). Hal ini diduga disebabkan oleh tanaman kencur yang tercekam. Kondisi suhu udara yang cukup tinggi (28°C) di lokasi tersebut pada kurun waktu tertentu berdampak pada peningkatan suhu daun hingga di atas suhu optimum (Anten *et al.* 2010). Suhu ideal untuk pertumbuhan kencur adalah 25–30°C (Rostiana *et al.* 2009). Kondisi ini berakibat pada penghambatan kerja enzim-enzim dalam proses fotosintesis sehingga laju fotosintesis pun menurun (Smith & Ennos 2003). Laju fotosintesis yang tinggi berbanding lurus dengan kenaikan laju fotosintat (Lakitan 2011).

Peningkatan laju fotosintesis di lokasi A kembali terjadi pada saat memasuki fase pengisian rimpang (8 BST-Januari 2018). Fase pengisian rimpang di lokasi A pada umur 8 BST diduga disebabkan oleh curah hujan (179 mm) dan hari hujan (7 hari) yang sedikit yang menandakan bahwa bulan tersebut adalah awal musim kering sehingga tanaman kencur sudah mampu beradaptasi. Berdasarkan pertumbuhan tajuk dan perkembangan rimpang, pola pertumbuhan temuan seperti kencur dan jahe dapat dikelompokkan menjadi 3 fase, yaitu fase vegetatif (1–4 BST), fase pembentukan rimpang (4–6 BST), dan fase pemasakan/pengisian rimpang (>6 BST) (Haryudin & Rostiana 2008; Rostiana *et al.* 2009; Syukur *et al.* 2015; Rusmin *et al.* 2018). Laju fotosintesis pada aksesi tanaman kencur dapat dilihat pada Gambar 3.

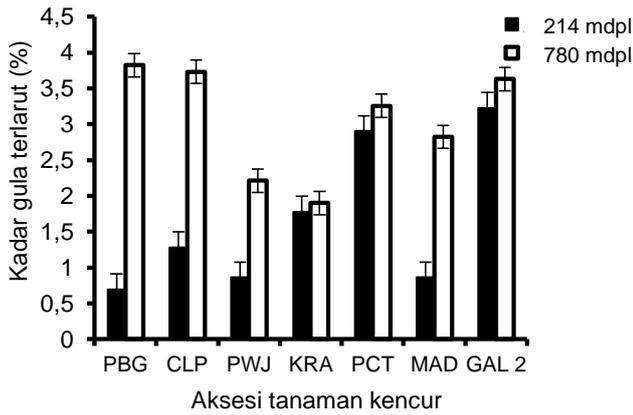


Gambar 3 Laju fotosintesis tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda (BST = Bulan setelah tanam; 2 BST = Fase vegetatif; 4 BST = Fase pertumbuhan maksimum; 6 BST = Fase senesen; dan 8 BST = Fase pengisian rimpang). Data menunjukkan nilai rata-rata ± SD.

### Kadar Gula Terlarut Rimpang

Kadar gula terlarut pada rimpang dipengaruhi oleh interaksi antara ketinggian tempat dan aksesi tanaman kencur ( $P<0,05$ ) pada saat panen umur 12 BST. Kadar gula terlarut pada rimpang kencur di lokasi B (780 mdpl) nyata lebih tinggi ( $P<0,05$ ) dibandingkan dengan pada lokasi A (214 mdpl). Kadar gula terlarut rimpang tertinggi di lokasi B diperoleh pada aksesi PBG (3,82%), namun tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ) dibandingkan dengan pada aksesi CLP (3,72%), dan GAL2 (3,63%), tapi selanjutnya berbeda ( $P<0,05$ ) dibandingkan dengan pada aksesi PWJ (2,21%), KRA (1,90%), PCT (3,26%), dan MAD (2,82%).

Gula terlarut yang terakumulasi pada rimpang kencur di lokasi B cenderung lebih tinggi (Gambar 4), Hal ini mengindikasikan adanya pertahanan tanaman kencur dalam menghadapi cekaman lingkungan di lokasi tersebut. Tekstur tanah yang berdebu di lokasi B (Tabel 2) menyebabkan air mudah hilang dari permukaan tanah ditambah dengan curah hujan yang rendah (273 mm) dibandingkan dengan lokasi A (300 m) (Tabel 1) sehingga kencur mengalami kekurangan air yang mengakibatkan kadar gula pada rimpang kencur di lokasi tersebut menjadi tinggi. Tekstur lempung berliat memiliki kisaran penyerapan air paling

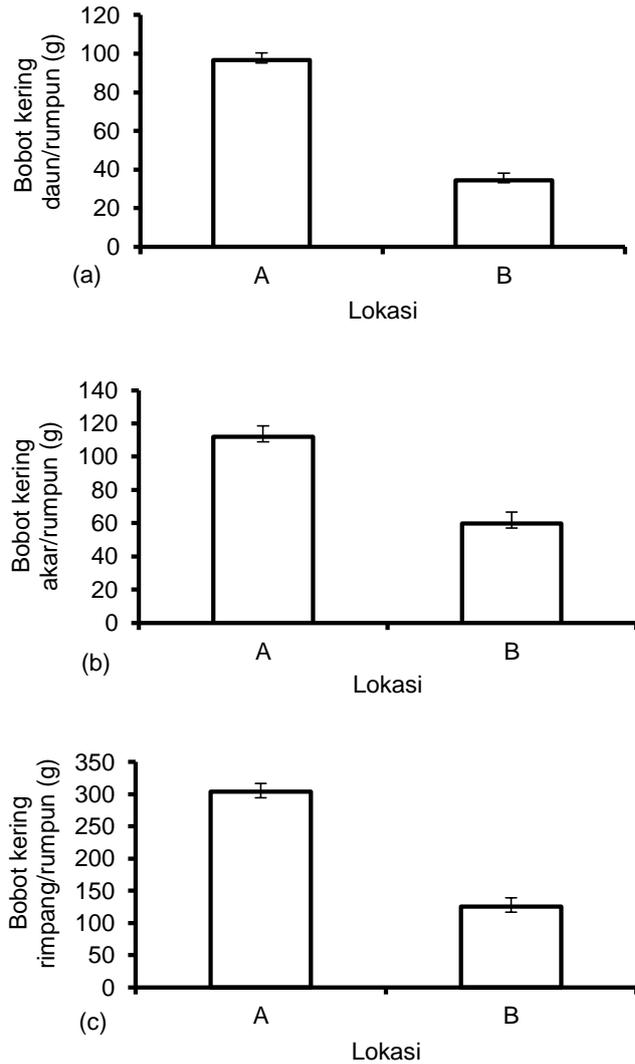


Gambar 4 Kadar gula terlarut pada rimpang tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda (PBG = Purbalingga; CLP = Cilacap; PWJ = Purworejo; KRA = Karanganyar; PCT = Pacitan; MAD = Madiun; dan GAL2 = Galesia 2). Data menunjukkan nilai rata-rata ± SD.

besar dibandingkan dengan lempung berdebu dan lempung berpasir (Doorenbos & Kassam 1979). Gula adalah golongan karbohidrat, seperti juga pati, pada rimpang kencur yang disimpan dalam amiloplas. Sintesis gula dalam sel tanaman menggunakan bahan baku sukrosa atau bentuk karbohidrat sederhana lainnya. Gula yang diakumulasi dapat digunakan sebagai substrat respirasi yang penting pada stadium pertumbuhan atau perkembangan tertentu rimpang (Lakitan 2011). Tanaman yang tumbuh di dataran tinggi membutuhkan energi yang lebih banyak sebagai tanggapan terhadap cekaman lingkungan dan gula yang diakumulasi dalam rimpang adalah sebagai salah satu mekanisme toleransi terhadap cekaman tersebut (Ma *et al.* 2015). Gula terlarut berperan sebagai osmoprotektan dan pelindung membran sel dari kerusakan (Yuanyuan *et al.* 2009). Gula yang merupakan fotosintat digunakan tanaman untuk pertumbuhan vegetatif dan sebagai cadangan makanan yang disimpan dalam jaringan penimbun yang dalam hal ini adalah rimpang (Kristian *et al.* 2016) dan gula terlarut ditranslokasikan melalui floem menuju jaringan *sink* untuk pertumbuhan tanaman (Braun *et al.* 2013).

**Akumulasi Fotosintat Tanaman Kencur**

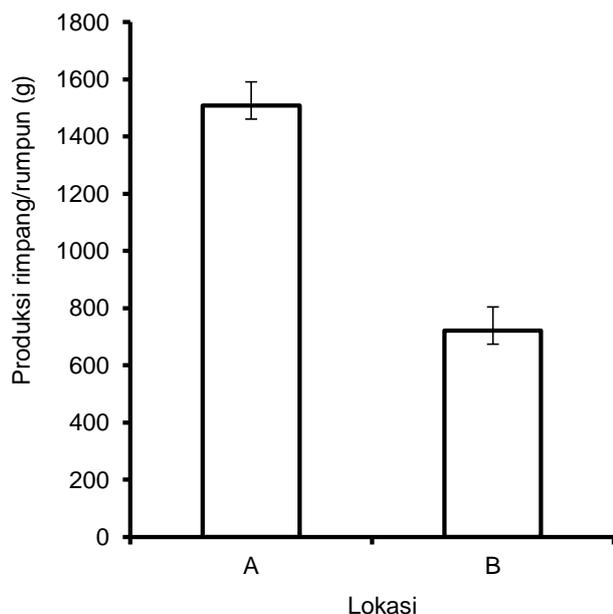
Akumulasi fotosintat tanaman kencur digambarkan oleh bobot kering yang terdapat pada bagian daun, akar, dan rimpang. Bobot kering daun (Gambar 5a), akar (Gambar 5b), dan rimpang (Gambar 5c) dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Bobot kering daun, akar, dan rimpang di lokasi A (214 mdpl) nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan pada lokasi B (780 mdpl) pada umur 12 BST. Di lokasi A, bobot kering daun ( $69,65 \text{ g rumpun}^{-1}$ ) dan bobot kering akar ( $105,39 \text{ g rumpun}^{-1}$ ) tertinggi terdapat pada aksesi kencur PBG namun tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ) dibandingkan dengan aksesi lainnya. Bobot kering rimpang tertinggi diperoleh pada aksesi PWJ ( $267,87 \text{ g}$



Gambar 5 a) Bobot kering daun, b) Akar, dan c) Rimpang. Tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda (A: 214 mdpl dan B: 780 mdpl). Data menunjukkan nilai rata-rata ± SD.

$\text{rumpun}^{-1}$ ) yang juga tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ) dibandingkan dengan aksesi lainnya.

Bobot kering merupakan gambaran dari alokasi fotosintat ke semua bagian tanaman (Pangaribuan 2010). Bobot kering daun, akar, dan rimpang tanaman kencur cenderung lebih tinggi di lokasi A, yang diduga dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang ada di lokasi tersebut (45%). Peningkatan laju fotosintesis terjadi ketika intensitas cahaya meningkat dan pada saat intensitas cahaya rendah maka laju fotosintesis menurun, selain juga dipengaruhi oleh ketersediaan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Martin *et al.* 2015). Setiap spesies tanaman mempunyai kisaran intensitas cahaya yang optimal untuk proses fotosintesis optimum untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi. Tanaman kencur membutuhkan intensitas cahaya sebesar  $\pm 70\text{--}100\%$  untuk pertumbuhan yang optimal (Rostiana *et al.* 2009). Energi cahaya akan diubah menjadi energi kimia dalam bentuk ATP dan NADPH yang digunakan



Gambar 6 Produksi rimpang tanaman kencur di ketinggian tempat yang berbeda (A: 214 mdpl dan B: 780 mdpl). Data menunjukkan nilai rata-rata  $\pm$  SD.

untuk mereduksi  $\text{CO}_2$  menjadi senyawa karbohidrat yang selanjutnya digunakan untuk menyusun struktur dan fungsi sel dalam tanaman (Anni *et al.* 2013).

### Produksi Rimpang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi rimpang dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Produksi rimpang kencur di lokasi A (214 mdpl) nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan pada lokasi B (780 mdpl) pada umur 12 BST (Gambar 6). Produksi rimpang yang cukup tinggi di lokasi A diduga dipengaruhi oleh ketersediaan cahaya (45%) di lokasi tersebut (Tabel 1). Cahaya sebagai sumber energi untuk reaksi anabolik fotosintesis akan meningkatkan laju fotosintesis di lokasi A (214 mdpl) yang mengakibatkan peningkatan laju translokasi fotosintat dari daun ke organ-organ penampung yang berfungsi sebagai limbung (*sink*) dalam hal ini rimpang (Lakitan 2011).

Produksi rimpang segar di lokasi A dari yang tertinggi sampai yang terendah berturut-turut adalah aksesori PBG (1440,61 g rumpun<sup>-1</sup>), PWJ (1401,39 g rumpun<sup>-1</sup>), MAD (1131,49 g rumpun<sup>-1</sup>), CLP (1101,57 g rumpun<sup>-1</sup>), PCT (1053,46 g rumpun<sup>-1</sup>), KRA (881,48 g rumpun<sup>-1</sup>), dan GAL 2 (797,63 g rumpun<sup>-1</sup>). Produksi rimpang pada tanaman lebih dipengaruhi oleh faktor genetik (Bermawie *et al.* 2013). Produksi rimpang dari aksesori-aksesori di lokasi A diduga memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam mengalokasikan fotosintat ke arah rimpang. Hal ini didukung oleh bobot kering rimpang yang juga tinggi. Perbedaan alokasi fotosintat ke bagian rimpang tersebut dipengaruhi oleh masing-masing aksesori pada saat memulai proses alokasi fotosintat ke arah rimpang dan kemampuan aksesori dalam mendistribusikan fotosintat tersebut (Condori *et al.* 2008). Selain faktor internal, faktor lingkungan

seperti intensitas cahaya yang tinggi dilaporkan berpengaruh pada peningkatan produksi rimpang jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) (Rahardjo 2011).

## KESIMPULAN

Respons beberapa aksesori tanaman kencur di dataran rendah (214 mdpl) dan dataran tinggi (780 mdpl) menunjukkan keragaman yang tinggi baik pada fase pertumbuhan hingga fase produksi. Kencur dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi di ketinggian 214 mdpl (dataran rendah). Pada lokasi tersebut, aksesori PBG dan PWJ menghasilkan luas daun (56,03 cm<sup>2</sup>) dan bobot kering daun (69,65 g rumpun<sup>-1</sup>) tertinggi. Aksesori PBG menghasilkan bobot kering akar (105,39 g rumpun<sup>-1</sup>) dan aksesori PWJ menghasilkan jumlah daun (16 helai), klorofil total (1,48 mg L<sup>-1</sup>), dan bobot kering rimpang (267,87 g rumpun<sup>-1</sup>). Aksesori PBG menghasilkan produksi rimpang (1440,61 g rumpun<sup>-1</sup>) tertinggi. Aksesori PBG (Purbalingga) dan PWJ (Purworejo) berpotensi untuk dikembangkan di lokasi dengan ketinggian 214 mdpl.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas dukungan dana penelitian melalui Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPP-DN) Dosen Tahun 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anni IA, Endang S, Sri H. 2013. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) di Bandungan Jawa Tengah. *Journal of Biology*. 2(3): 31–40.
- Anten NPR, Herrera RA, Schieving F, Onoda Y. 2010. Wind and mechanical stimuli differentially affect leaf traits in *Plantago major*. *New Phytologist*. 188: 554–564. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03379.x>
- Bermawie N, Syahid SF, Ajjah N, Purwiyanti S, Martono B. 2013. Stabilitas hasil dan mutu enam genotipe harapan jahe putih kecil (*Zingiber officinale* Rosc. var *amarum*) pada beberapa agroekologi. *Jurnal Littri*. 19(2): 58–65.
- [BPS]. 2018. *Statistik Tanaman Biofarmaka Indonesia*. Subdirektorat Statistik Hortikultura. Jakarta (ID): Indonesia. 71h. ISSN: 2339–0956.
- Braun DM, Wang L, Ruan Y. 2013. Understanding and manipulating sucrose phloem loading, unloading, metabolism, and signalling to enhance crop yield and food security. *Journal of Experimental Botany*.

- 65(7): 1713–1735. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert416>
- Condori B, Mamani P, Botello R, Patino F, Devaux A, Ledent JF. 2008. Agrophysiological characterisation and parametrisation of Andean tubers: Potato (*Solanum* sp.), oca (*Oxalis tuberosa*), isano (*Tropaeolum tuberosum*) and papalisa (*Ullucus tuberosum*). *European Journal of Agronomy*. 28: 526–540. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.12.002>
- Doorenbos J, Kassam A H. 1979. *Yield Respon to Water*. FAO-United Nations. Rome (IT): Irrigation and Drainage Paper. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-025675-7.50021-2>
- Gomez KA, Gomez AA. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Jakarta (ID): UI Press. 698h.
- Haryudin W, Rostiana O. 2008. Karakteristik morfologi bunga kencur (*Kaempferia galanga* L.). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 19(2): 109–116
- Indrayan AK, Kurian A, Tyagi PK, Shatru A, Rathi AK. 2007. Comparative chemical study of two varieties of attractive medicinal plant *Kaempferia galanga* L. *Natural Product Radiance*. 6(4): 327–333.
- Kitajima K, Hogan KP. 2005. Increase of chlorophyll a/b ratios during acclimation of tropical woody seedling to nitrogen limitation and high light. *Journal of Plant and Environmental Research*. 26: 857–865. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01017.x>
- Kristian H, Samanhudi, Sumiyati. 2016. Pengaruh tingkat naungan dan cekaman air pada pertumbuhan dan hasil dari jahe (*Zingiber officinale* var. *amarum*). *Journal of Agricultural Research*. 5(1): 1–5.
- Lakitan B. 2011. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta (ID): PT Raja Grafindo Persada. 205h.
- Luo W, Jiang Y, Lu X, Wang X, Li MH, Bai E, Han X. 2013. Patterns of plant biomass allocation in temperate grassland across a 2500 km transect in Northern China. *PloS One*. 8(8): 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071749>
- Ma L, Sun X, Kong X, Galvan JV, Li X, Yang S, Yang Y, Hu X. 2015. Physiological, biochemical, and proteomics analysis reveals the adaptation strategies of the alpine plant *Potentilla saundersiana* at altitude gradient of the Northwestern Tibetan Plateau. *Journal of Proteomics*. 112: 63–82. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2014.08.009>
- Maillard A, Diquelou S, Billard V, Laine P, Garnica M, Prudent M, Garcia-Mina J, Yvin J, Ourry A. 2015. Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency. *Frontiers in Plant Science*. 6: 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00317>
- Martín M, Noarbe DM, Serrot PH, Sabater B. 2015. The rise of the photosynthetic rate when light intensity increases is delayed in *ndh* gene-defective tobacco at high but not at low CO<sub>2</sub> concentrations. *Frontiers in Plant Science*. 6: 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00034>
- Nihayati E, Wardiyati T, Soemarno, Retnowati R. 2013. Rhizome yield of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) at N, P, K various level and N, K combination. *Agrivita, Journal of Agricultural Science*. 35(1): 1–11. <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p073-080>
- Nurkhasanah N, Wicaksono KP, Widaryanto E. 2013. Studi pemberian air dan tingkat naungan terhadap pertumbuhan bibit tanaman cabe jamu (*Piper retrofractum* Vahl.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(4): 34–41.
- Özalkan Ç, Sepetoğlu HT, Daur I, Şen O. 2010. Relationship between some plant growth parameters and grain yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) during different growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*. 15(1): 79–83.
- Pangaribuan HD. 2010. Analisis pertumbuhan tomat pada berbagai jenis pupuk kandang. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi III*. Lampung (id): Universitas Lampung.
- Permanasari I, Sulistyarningsih E. 2013. Kajian fisiologi perbedaan kadar lengas tanah dan konsentrasi giberelin pada kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Agrotek Indonesia*. 4(1): 31–39.
- Purwadi E. 2011. *Pengujian ketahanan benih terhadap cekaman lingkungan*. [internet] [diunduh tanggal 21 Oktober 2019]. Tersedia pada: <http://www.masbied.com>.
- Putri EIK, Rifin A, Novindra, Daryanto HK, Hastuti, Istiqomah A. 2014. Tangible value biodiversitas herbal dan meningkatkan daya saing produk herbal Indonesia dalam menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean 2015. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 19(2): 118–124.
- Rahardjo M, Rosita SMD. 2003. Agroekosistem Tanaman Obat. *Jurnal Bahan Alam Indonesia*. 2(3): 89–95.
- Rahardjo M. 2011. Pengaruh stress air, intensitas cahaya, konsentrasi CO<sub>2</sub> dan salinitas terhadap parameter fisiologis dan morfologis tanaman jahe (*Zingiber officinale* Rosc.). *Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe*. Bogor (ID): Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Rajput A, Rajput SS, Jha G. 2017. Physiological parameters leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate of

- different varieties of rice grown under different planting geometries and depths in SRI. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 5(1): 362–367. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2472>
- Rostiana O, Rosita SMD, Rahardjo M. 2009. Standar Prosedur Operasional Budidaya Kencur. *Circular*. 16: 13–24.
- 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. <https://doi.org/10.21082/bullitro.v29n1.2018.9-20>
- Salim Z, Munadi E. 2017. *Info Komoditi Tanaman Obat*. Jakarta (ID): Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Smith VC, Ennos AR. 2003. The effects of air flow and stem flexure on the mechanical and hydraulic properties of the stem of sunflowers *Helianthus annuus* L. *Journal of Experimental Botany*. 54(383): 845–849. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg068>
- Suhertini E, Lukman W. 2003. Teknik pembibitan tanaman garut dari rimpang. *Buletin Teknik Pertanian*. 8(1): 11–14.
- Syukur C, Yusron M, Trisilawati O. 2015. Keragaan karakter morfologi, hasil dan mutu enam aksesi jahe putih kecil di tiga agroekologi berbeda. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 26(1): 1–10. <https://doi.org/10.21082/bullitro.v26n1.2015.1-10>
- Unal BT, Guvensen U, Dereboylu AE, Ozturk M. 2013. Variation in the proline and total protein contents in *Origanum sipyleum* L. from different altitudes of spil mountain Turkey. *Pakistan Journal of Botany*. 45(S1): 571–576.
- Widyaningrum H, Rahmat A. 2011. *Kitab Tanaman Obat Nusantara disertai Indeks Pengobatan*. Yogyakarta (ID): MedPress. 1132h. ISBN (10) 979-911-031-9
- Wulandari DD. 2017. Kualitas madu (keasaman, kadar air, dan kadar gula pereduksi) berdasarkan perbedaan suhu penyimpanan. *Jurnal Riset Kimia*. 2(1): 16–22. <https://doi.org/10.20473/jkr.v2i1.3768>
- Yuanyuan M, Yali Z, Jiang L, Hongbo S. 2009. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress. *African Journal of Biotechnology*. 8(10): 2004–2010.