

Pengaruh Ketinggian Tempat terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Kandungan Steviol Glikosida pada Tanaman Stevia (*Stevia rebaudiana*)

Effect of Altitude on Growth, Yield and Steviol Glycosides Content of Stevia Plant (*Stevia rebaudiana*)

Daniar Rafiatul Azkiyah, Tohari^{*)}

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

^{*)} Penulis untuk koresponden Email: toharidp@gmail.com

ABSTRACT

Altitude is a factor affecting growth and development of plant, including stevia plants. This experiment was conducted in Sleman Regency, Yogyakarta from July to November 2017 to learn the effect of altitude on growth, yield and steviol glycoside content of stevia plant. Stevia planted at 167 meter above sea level (masl) , 582 masl and 897 masl. Observations were made on environmental variables, growth variables (plant height, number of leaves, plant biomass), shoot/root ratio, yield variables, and steviol glycoside content (stevioside and rebaudiosida A). Regression was used to assess effect of altitude to the observed variables. The results showed that altitude is significantly correlated to air temperature which then affects growth (fresh and dry weight of root), yield (leaf and shoot dry weight) and steviol glycoside content (total stevioside content and ratio of rebaudiosida A to stevioside). Growth and development of stevia was also affected by altitude, thus the harvest time in the lowland was shorter than in the highland. At 167 masl, rebaudioside A content in leaf was higher than stevioside.

Keywords : Stevia, altitude, steviol glycoside

INTISARI

Ketinggian tempat merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman stevia. Percobaan ini dilakukan di Kabupaten Sleman, Yogyakarta pada bulan Juli hingga November 2017 untuk mempelajari pengaruh ketinggian tempat terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan steviol glikosida tanaman stevia. Tanaman stevia ditanam di tiga ketinggian tempat yang berbeda yaitu 167 meter di atas permukaan laut (mdpl), 582 mdpl dan 897 mdpl. Pengamatan dilakukan terhadap variabel lingkungan, variabel pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, biomasa tanaman), rasio tajuk/akar, variabel hasil, dan kandungan steviol glikosida (kandungan total steviosida dan rasio rebaudiosida A/steviosida). Berdasarkan data tersebut, digunakan analisis regresi untuk mengetahui pengaruh ketinggian tempat terhadap variabel yang diamati. Hasil percobaan menunjukkan ketinggian tempat berkorelasi secara signifikan terhadap suhu udara yang kemudian mempengaruhi pertumbuhan (bobot segar akar dan bobot kering akar), hasil (bobot kering daun dan tajuk) dan kandungan steviol glikosida (kandungan total steviosida dan rasio rebaudiosida A/steviosida). Pertumbuhan dan perkembangan tanaman stevia dipengaruhi oleh ketinggian tempat sehingga umur panen di dataran rendah lebih

pendek dibandingkan dataran tinggi. Di ketinggian 167 mdpl, kandungan rebaudiosida A lebih tinggi dibandingkan kandungan steviosida.

Kata kunci : Stevia; ketinggian tempat; kandungan steviol glikosida

PENDAHULUAN

Konsumsi gula berlebih mampu memicu munculnya gangguan kesehatan seperti diabetes, gigi berlubang dan obesitas. Dengan demikian dibutuhkan sumber pemanis alternatif yang aman dikonsumsi, salah satunya berasal dari tanaman stevia. Rasa manis yang dikandung dalam tanaman stevia berasal dari kelompok senyawa steviol glikosida, diantaranya adalah steviosida dan rebaudiosida A. Steviol glikosida memiliki rasa 200-300 kali lebih manis dibandingkan sukrosa, tidak bersifat kariogenik dan stabil pada berbagai lingkungan (Mizutani and Tanaka, 2004), tidak mengandung kalori, tidak dapat difermentasi bakteri (Brandle *et al.*, 1998) dan ekstrak daun stevia memiliki potensi sebagai antioksidan, antidiabetik, dan pelindung ginjal dalam tubuh manusia (Shivanna *et al.*, 2013).

Stevia berasal dari pegunungan Amambay, Paraguay. Penanaman di Indonesia pertama kali dilakukan pada tahun 1977 atas kerjasama dengan Jepang di Tawangmangu, Jawa Tengah. Hingga kini penanaman stevia banyak dilakukan di dataran tinggi. Sari *et. al.* (2015) melakukan sebuah penelitian terhadap tanaman stevia di dataran rendah di Yogyakarta dan menyatakan adanya kandungan steviosida yang rendah akibat suhu yang tinggi. Diduga bahwa suhu tinggi menyebabkan adanya gangguan metabolisme yang menghambat pertumbuhan dan pembentukan steviol glikosida pada tanaman stevia. Namun, informasi mengenai hasil dan pertumbuhan tanaman stevia masih sangat terbatas terutama pada ketinggian tempat yang berbeda. Dengan demikian penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh ketinggian tempat terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan steviol glikosida pada tanaman stevia.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli–November 2017 di kabupaten Sleman, DIY dengan ketinggian tempat yang berbeda. Bahan tanam yang digunakan adanya bibit tanaman stevia yang berasal dari Tawangmangu, Jawa Tengah. Bibit ditanam pada polibag 25 cm x 25 cm dengan media tanam berupa campuran tanah dan pupuk kandang (3:1). Tanah yang digunakan adalah tanah regosol yang berasal dari daerah kecamatan Depok, Sleman, Yogyakarta. Bibit kemudian dipindahkan ke tiga lokasi dengan ketinggian tempat yang berbeda. Lokasi pertama berada di kecamatan Depok

dengan ketinggian 167 mdpl, lalu lokasi kedua berada di kecamatan Pakem dengan ketinggian 582 mdpl dan yang terakhir berada di kecamatan Cangkringan dengan ketinggian 897 mdpl. Sebelum dilakukan pengamatan, tanaman stevia dibiarkan beradaptasi dengan lingkungan di masing-masing ketinggian tempat selama 3 minggu. Paracetamol digunakan pada 2 minggu pertama masa adaptasi. Selama penelitian, irigasi diberi setiap hari pada sore hari. Pencegahan dan penanganan gejala patogen dilakukan dengan penyemprotan fungisida Dithane dan Antracol.

Pengamatan dilakukan terhadap variabel iklim, pertumbuhan, hasil dan kandungan steviol glikosida. Variabel iklim terdiri dari suhu udara, kelembaban udara relatif dan intensitas cahaya matahari yang diamati setiap seminggu sekali pada pukul 08.00 WIB (pagi), 12.00 WIB (siang) dan 16.00 WIB (sore). Pertumbuhan tanaman diamati pada tanaman sampel dan tanaman sampel destruktif. Pengamatan terhadap tanaman sampel dilakukan secara rutin setiap seminggu sekali, meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun. Pengamatan destruktif dilakukan pada minggu ke-5 dan minggu ke-8 setelah pindah tanam (mspt) yang meliputi bobot segar dan bobot kering pada organ akar, tajuk dan total. Nilai rasio tajuk/akar diperoleh dari hasil pembagian nilai bobot kering tajuk dengan bobot kering akar. Tanaman stevia dipanen ketika memasuki fase generatif. Variabel hasil panen dilihat dari bobot kering tajuk dan bobot kering daun per tanaman. Pengujian kandungan steviol glikosida dilakukan terhadap senyawa steviosida dan rebaudiosida A menggunakan RP-HPLC (Martono *et. al.*, 2016). Hasil kuantifikasi digunakan untuk menghitung kandungan total steviosida dan rebaudiosida per tanaman serta rasio rebaudiosida A terhadap steviosida. Pengaruh ketinggian terhadap variabel pengamatan dianalisis dengan uji regresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh ketinggian tempat terhadap tanaman berkaitan erat dengan faktor lingkungan. Pada penelitian ini, data hasil pengamatan terhadap variabel iklim dianalisis dengan analisis varians dan analisis regresi. Analisis varians terhadap rerata variabel disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan analisis varians diketahui bahwa suhu udara pada lokasi memiliki perbedaan yang signifikan baik pada pagi, siang maupun sore. Adanya suhu yang lebih tinggi dataran rendah menyebabkan kapasitas uap air meningkat, sehingga kelembaban udara relatif berkurang terutama di siang hari. Selain itu, dalam penelitian ini terdapat perbedaan yang signifikan pada intensitas cahaya matahari pada

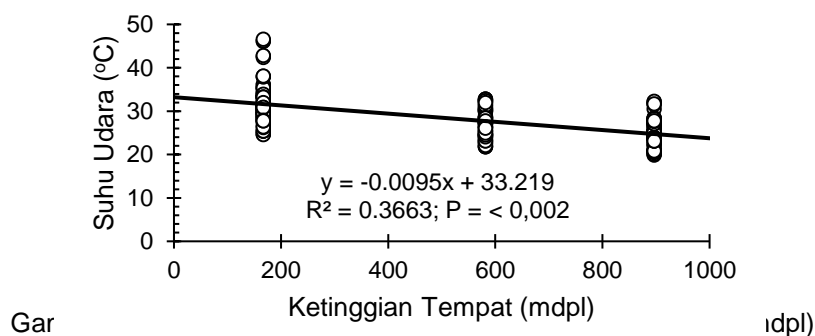
waktu sore. Rendahnya nilai intensitas cahaya matahari dapat disebabkan adanya naungan seperti awan, pohon atau bentuk naungan lainnya.

Tabel 1. Rerata suhu udara, kelembaban udara relatif dan intensitas cahaya matahari selama pengamatan (3 mspt-11 mspt)

		Ketinggian Tempat			p-value
		167 mdpl	582 mdpl	897 mdpl	
Suhu Udara (°C)	Pagi	28,9 a	24,4 b	23,3 b	< 0,001
	Siang	36,8 a	29,9 b	27,3 b	< 0,001
	Sore	30,0 a	27,1 b	24,6 c	< 0,001
Kelembaban Udara Relatif (%)	Pagi	71 a	74 a	65 a	0,12
	Siang	48 b	58 a	57 a	0,01
	Sore	65 a	68 a	71 a	0,38
Intensitas Cahaya (10 ³ lux)	Pagi	30,06 a	23,17 a	48,52 a	0,132
	Siang	74,46 a	86,78 a	58,83 a	0,207
	Sore	5,47 b	35,05 a	12,00 b	0,001

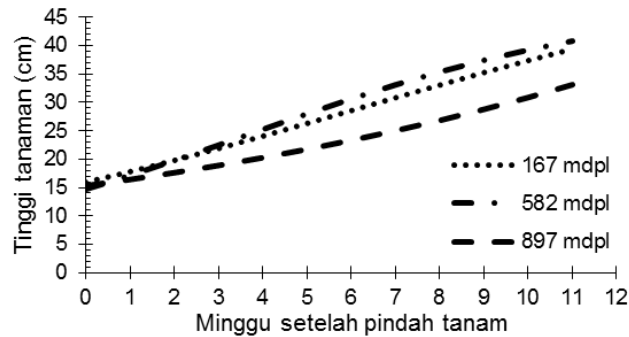
Keterangan: Angka diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji LSD Fischer ($\alpha=0,05$)

Pengaruh ketinggian tempat yang berbeda tidak terlepas dari adanya perbedaan suhu udara. Hubungan antara suhu udara dan ketinggian tempat disajikan dalam grafik regresi pada Gambar 1. Dalam penelitian ini teramati bahwa peningkatan ketinggian tempat sebesar 100 m menyebabkan penurunan suhu udara sebesar 0,95°C.



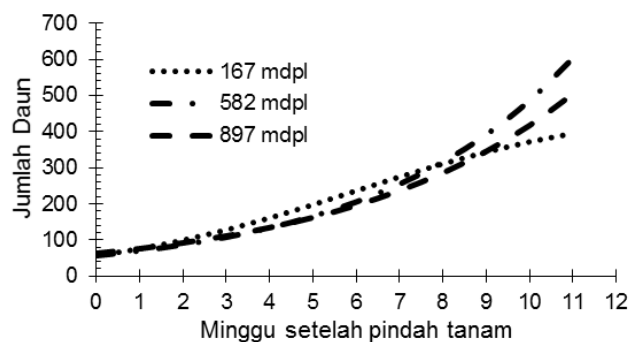
Pertumbuhan tanaman didefinisikan sebagai penambahan biomassa secara kuantitatif. Beberapa variabel yang dapat digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan tanaman adalah tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa tanaman. Hasil pengamatan tinggi tanaman disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui adanya hambatan pertumbuhan tinggi tanaman stevia di ketinggian 897 mdpl. Hal tersebut diduga sebagai salah satu upaya tanaman untuk beradaptasi terhadap kondisi suhu udara yang rendah (Yuliana *et. al.*, 2015). Grimstad

(1993) menjelaskan bahwa suhu yang rendah menghambat membran sel untuk memanjang berakibat berkurangnya panjang ruas batang tanaman.

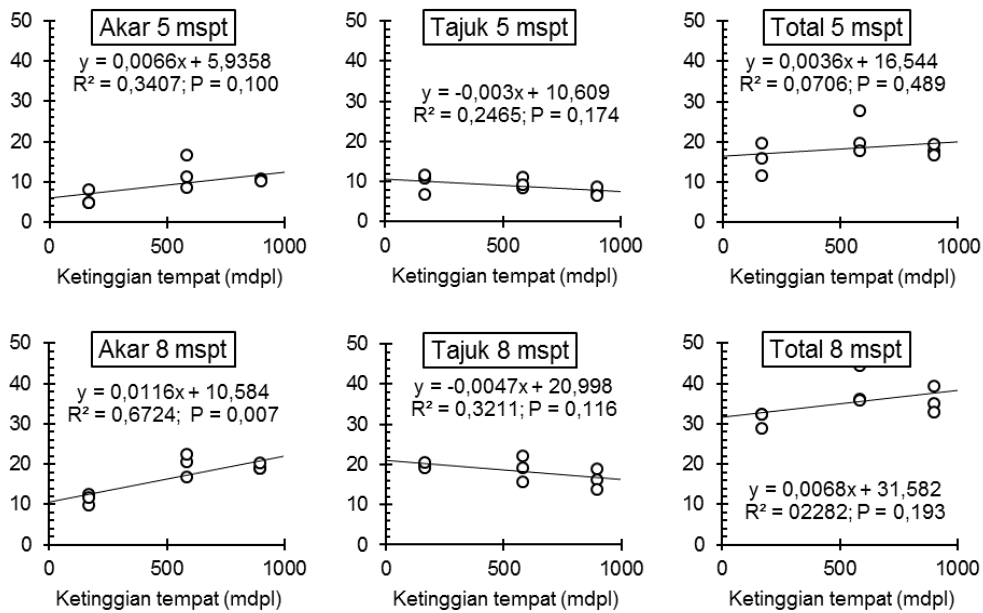


Gambar 2. Tinggi tanaman stevia yang ditanam di ketinggian tempat 167 mdpl, 582 mdpl, dan 897 mdpl

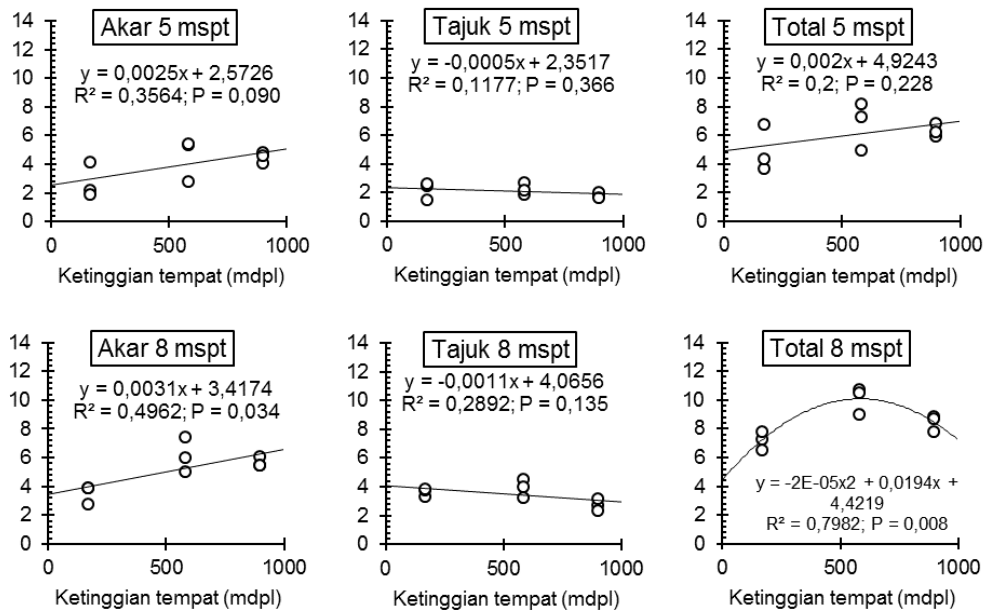
Gambar 3 selanjutnya menunjukkan pertumbuhan jumlah daun tanaman stevia, dimana pada 167 mdpl mengalami hambatan dalam pembentukan daun yang baru. Hal tersebut dapat dikaitkan dengan adanya perbedaan kelembaban udara relatif antar ketinggian 167 mdpl dengan ketinggian 582 dan 897 mdpl. Dalam penelitian Hirai *et al.* (2000) diketahui adanya pemunculan daun yang lebih banyak pada lingkungan dengan kelembaban udara yang tinggi dibandingkan lingkungan dengan kelembaban yang rendah.



Gambar 3. Jumlah daun tanaman stevia yang ditanam di ketinggian tempat 167 mdpl, 582 mdpl, dan 897 mdpl.



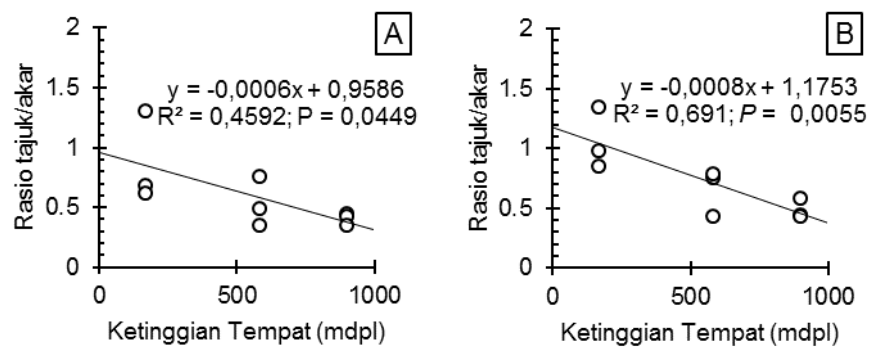
Gambar 4. Hubungan bobot segar tanaman stevia (g) terhadap ketinggian tempat (mdpl) pada pengamatan 5 mspt (atas) dan 8 mspt (bawah)



Gambar 5. Hubungan bobot kering tanaman stevia (g) terhadap ketinggian tempat (mdpl) pada pengamatan 5 mspt (atas) dan 8 mspt (bawah)

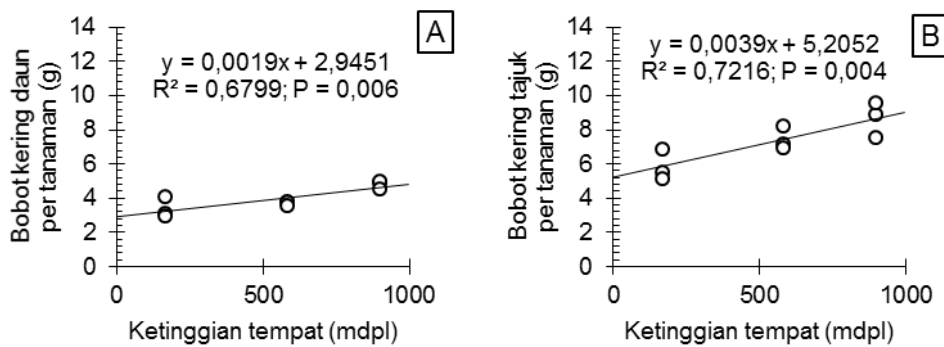
Bobot segar tanaman stevia (Gambar 4) tidak memiliki kecenderungan yang signifikan kecuali pada bobot segar akar 8 mspt. Bobot segar akar memiliki kecenderungan linear positif terhadap ketinggian tempat dengan persamaan $y = 0,0116x + 10,584$. Pada bobot kering (Gambar 5), hubungan regresi yang signifikan teramati pada bobot kering akar dan bobot kering total pada 8 mspt. Bobot kering akar memiliki kecenderungan linear positif dengan persamaan $Y = 0,0031x + 3,4174$. Hal tersebut

berkaitan dengan perbedaan suhu, sesuai dengan beberapa peneliti yang menyatakan adanya hambatan pertumbuhan akar di suhu tinggi (Du & Tachibana, 1994; Aidoo et al., 2016; Arai-Sanoh et al., 2010). Di sisi lain, pola linear negatif teramati pada biomasa tajuk tetapi tidak signifikan berdasarkan hasil uji terhadap koefisien regresi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perbedaan ketinggian tempat, khususnya suhu lingkungan, lebih besar pengaruhnya terhadap akar tanaman stevia dibandingkan tajuk. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Giri et al. (2017).



Gambar 6. Hubungan rasio bobot kering tajuk per bobot kering akar terhadap ketinggian tempat pada pengamatan 5 mspt (A) dan 8 mspt (B).

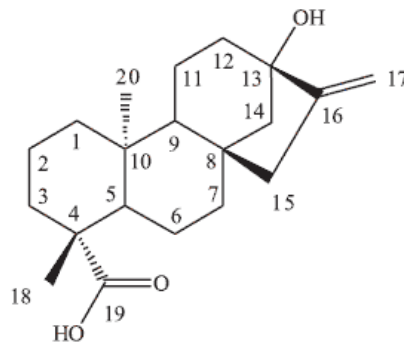
Perbedaan pola linear antara bobot kering tajuk dan bobot kering akar menandakan bahwa terdapat perbedaan distribusi bahan kering pada tanaman stevia di berbagai ketinggian tempat. Hal tersebut terlihat dari rasio tajuk/akar yang disajikan pada Gambar 6. Hasil uji terhadap koefisien regresi menyatakan adanya penurunan yang signifikan pada rasio tajuk/akar seiring bertambahnya ketinggian tempat. Hal tersebut menyatakan bahwa tanaman stevia di dataran tinggi lebih banyak mengakumulasi fotosintat pada organ akar dibandingkan organ tajuk. Peningkatan akumulasi fotosintat pada organ akar diduga sebagai bentuk adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan di dataran tinggi, seperti suhu yang rendah (Stenström et al., 2002; Yonghua et al., 2008; Yaqoob and Nachoo, 2017). Sebaliknya di dataran rendah, akibat adanya suhu tinggi maka laju laju respirasi (tajuk maupun akar) melebihi laju fotosintesis yang dilakukan kanopi yang kemudian berakibat dengan adanya keterbatasan karbohidrat dalam tanaman. Dalam keadaan tersebut, akar memiliki prioritas yang lebih rendah dibandingkan tajuk, sehingga karbohidrat lebih banyak diakumulasi pada organ tajuk dibandingkan akar (Xu & Huang, 2000).



Gambar 7. Hubungan bobot kering daun (A) dan bobot kering tajuk (B) tanaman stevia pada saat panen terhadap ketinggian tempat.

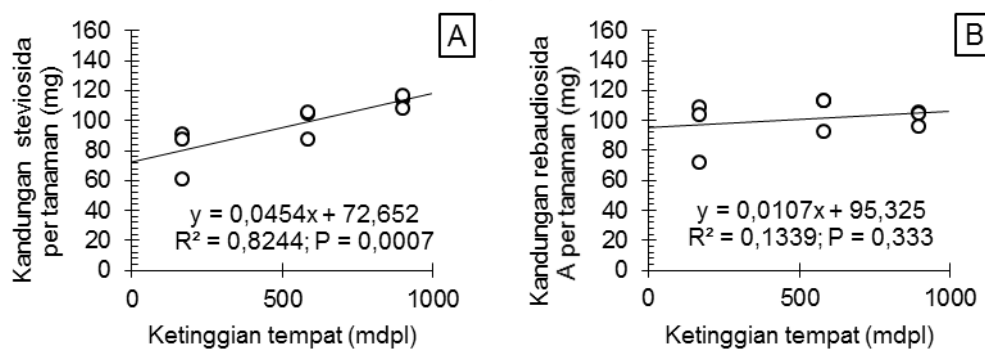
Pada variabel hasil panen, baik bobot kering daun maupun bobot kering tajuk, meningkat secara signifikan dengan bertambahnya ketinggian tempat (Gambar 7). Tanaman stevia dipanen ketika memasuki fase generatif. Dalam percobaan ini, akibat adanya perbedaan suhu udara, tanaman stevia mengalami perkembangan yang berbeda di tiap ketinggian tempat. Fitter & Hay (2002) menyatakan bahwa tanaman yang tumbuh pada kondisi suhu yang rendah umumnya membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menginisiasi perkembangan reproduktif. Hal tersebut menyebabkan umur panen stevia di dataran tinggi lebih panjang dibandingkan dataran rendah. Pada penelitian ini, tanaman stevia di ketinggian 167 mdpl dipanen pada 9 mspt. Kemudian tanaman stevia di ketinggian 582 mdpl dipanen pada 10 mspt, sedangkan pada ketinggian 897 mdpl dipanen pada 12 mspt. Bila dikaitkan dengan bobot kering tajuk baik pada 5 mspt dan 8 mspt, maka kecenderungan linear positif diduga diakibatkan oleh adanya umur panen yang berbeda. Umur panen yang lebih pendek di dataran rendah menyebabkan produksi yang dihasilkan pun lebih sedikit.

Steviol glikosida merupakan metabolit sekunder yang dibentuk melalui jalur MEP (metileritritol fosfat) dan memiliki jalur yang sama dengan sintesis asam giberelin. Dalam proses pembentukan steviol glikosida, terjadi reaksi hidrolisis pada atom C-13 dari senyawa asam kaurenolat membentuk steviol. Setelah itu, proses glikosilasi berlangsung dengan bantuan kelompok senyawa enzim *UDP-dependent glycosyltransferases* (UGT). UGT merupakan kelompok enzim yang mampu mengkatalisis transfer gugus glikosil dari molekul donor ke molekul akseptor dan membentuk ikatan glikosidik. Variasi steviol glikosida terbentuk akibat adanya kombinasi penambahan gugus glikol pada C-13 dan C-19 pada struktur steviol (Gambar 8) (Brandle and Telmer, 2007).



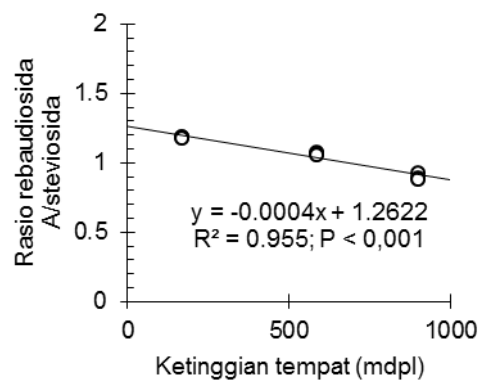
Gambar 8. Struktur senyawa steviol. Glikosilasi terjadi pada atom C-13 dan C-19.

Dalam tanaman stevia terdapat beberapa jenis steviol glikosida dan senyawa yang paling mendominasi adalah steviosida dan rebaudiosida A. Kandungan steviol glikosida tersebut didistribusikan pada seluruh bagian tanaman, tetapi dengan takaran yang berbeda. Organ daun memiliki kandungan steviosida yang paling tinggi, lalu kemudian bunga, batang, lalu akar (Ceunen & Geuns, 2013). Pada penelitian ini dilakukan pengujian kandungan steviosida dan rebaudiosida A pada tajuk maupun akar. Nilai kandungan yang didapatkan dari hasil pengujian lab dikalikan dengan bobot kering tanaman untuk mendapatkan kandungan total per tanaman. Hasil perkalian dianalisis dengan uji regresi dan disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan kandungan total steviosida (A) dan rebaudiosida A (B) per tanaman terhadap ketinggian tempat.

Berdasarkan hasil analisis diketahui terdapat peningkatan yang signifikan pada kandungan total steviosida setiap bertambahnya ketinggian tempat, sedangkan peningkatan senyawa rebaudiosida A tidak signifikan. Hal tersebut mempengaruhiimbangan antara rebaudiosida A per steviosida (Gambar 10). Berdasarkan hasil analisis regresi diketahui bahwa rasio rebaudiosida A/steviosida di dataran rendah lebih tinggi dibandingkan dataran tinggi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya suhu udara yang lebih tinggi di dataran rendah.



Gambar 10. Hubungan rasio kandungan total rebaudiosida A/steviosida terhadap ketinggian tempat.

Pada kondisi suhu yang tinggi, karbohidrat akan diprioritaskan pada organ tajuk. Pada tanaman kentang, kondisi suhu yang tinggi menyebabkan adanya peningkatan akumulasi sukrosa pada daun (Lafta and Lorenzen, 1995). Guleria *et. al.* (2011) menyatakan bahwa peningkatan kadar sukrosa dalam tanaman mampu meningkatkan biosintesis steviol glikosida. Selain itu, Ghobarni *et. al.* (2017) menyatakan adanya peningkatan ekspresi gen *UGT76G1* dan *UGT85C2* dengan adanya peningkatan sukrosa dalam tanaman stevia. Enzim *UGT76G1* digunakan untuk mengkatalisis proses pembentukan rebaudiosida A dari senyawa steviosida. Dengan adanya peningkatan biosintesis steviol glikosida dan transkripsi enzim *UGT76G1* dapat menyebabkan tanaman stevia di 167 mdpl lebih banyak mengakumulasi steviol glikosida dalam bentuk rebaudiosida A.

KESIMPULAN

1. Pengaruh utama ketinggian tempat terhadap tanaman stevia berkaitan erat dengan suhu udara.
2. Semakin tinggi suatu tempat penanaman stevia maka pertumbuhan tanaman meningkat, terutama pada variabel bobot segar dan bobot kering akar.
3. Masa vegetatif yang lebih panjang pada suhu yang rendah menyebabkan hasil panen stevia (bobot kering daun dan bobot kering tajuk) meningkat seiring bertambahnya ketinggian tempat.
4. Semakin tinggi ketinggian tempat maka kandungan total steviosida per tanaman meningkat secara signifikan sedangkan rasio rebaudiosida A/steviosida menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidoo, M.K., E. Bdolach, A. Fait, N. Lazarovitch. 2016. Tolerance to high soil temperature in foxtail millet (*Setaria italica* L.) is related to shoot and root growth and metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry* 106: 73-81.
- Arai-Sanoh, Y., T. Ishimaru, A. Ohsumi and M. Kondo. 2010. Effect of soil temperature on growth and root function in rice. *Plant Production Science* 13 (3): 235-242.
- Brandle, J.E., A.N. Starratt and M. Gijzen. 1998. *Stevia rebaudiana*: Its agricultural, biological, and chemical properties. *Canadian Journal of Plant Science* 78 : 527-536.
- Ceunen, S and J. M. C. Geuns. 2013. Influence of photoperiodism on the spatio-temporal accumulation of steviol glycosides in *Stevia rebaudiana* (Bertoni). *Plant Science* 198: 72 – 82.
- Du, Y.C. and S. Tachibana. 1994. Effect of supraoptimal root temperature on the growth, root respiration and sugar content of cucumber plants. *Scientia Horticulturae* 58: 289-301.
- Fitter, A.H. and R.K.M. Hay. 2002. *Environmental Physiology of Plants*. Third Edition. Academic Press, UK.
- Giri, A, S. Heckathorn, S. Mishra, C. Krause. 2017. Heat stress decrease level of nutrient-uptake and assimilation proteins in tomato roots. *Plants* 6, DOI: 10.3390/plants6010006.
- Grimstad, S.O. 1993. The effect of a daily low temperature pulse on growth and development of greenhouse cucumber and tomato plants during propagation. *Scientia Horticulturae* 53: 53 – 62.
- Ghorbani, T., D. Kahrizi, M. Saeidi, and I. Arii. 2017. Effect of sucrose concentrations on *Stevia rebaudiana* Bertoni tissue culture and gene expression. *Cell Mol. Biol.* 8: 33 - 37. (Abstr.)
- Guleria, P., V. Kumar and S. K. Yadav. 2011. Effect of sucrose on steviol glycoside biosynthesis pathway in *Stevia rebaudiana*. *Asian Journal of Plant Sciences* 8: 401 - 407.
- Hirai, G., T. Okumura, S. Takeuchi, O. Tanaka and H. Chujo. 2000. Studies on the effect of relative humidity of the atmosphere on the growth and physiology of rice plants. *Plant Production Science* 3(2): 129-133.
- Lafta, A.M. and J. H. Lorenzen, 1995. Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato. *Plant Physiology* 109: 637-643.
- Martono, Y., S. Riyanto, A. Rohman and S. Martono. 2016. Improvement method of fast and isocratic RP-HPLC analysis of major glycoside from *Stevia rebaudiana* leaves. *AIP Conference Proceedings* 1755: 080001.
- Mizutani, K and O. Tanaka. 2004. Use of *Stevia rebaudiana* Sweeteners in Japan *In: D. Kinghorn* (ed). *Stevia: The Genus Stevia*. Taylor & Francis, London
- Sari, C.R., P. Yudono, dan Tohari. 2015. Pengaruh takaran urea terhadap pertumbuhan dan kandungan steviosida tanaman stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni M.) pada berbagai umur panen di dataran rendah. *Vegetalika* 4: 56 – 69.

- Shivanna, N., M. Naika, F. Khanum and V.K. Kaul. 2013. Antioxidant, anti-diabetic and renal protective properties of *Stevia rebaudiana*. *Journal of Diabetes and Its Complications* 27: 103 - 113.
- Stenström, A. I.S. Jónsdóttir, and M. Augner. 2002. Genetic and environmental effects on morphology in clonal sedges in the Eurasian Arctic. *American Journal of Botany* 89: 1410-1421.
- Yaqoob, U., and I.A. Nawchoo. 2017. Impact of habitat variability and altitude on growth dynamics and reproductive allocation in *Ferula jaeschkeana* Vatke. *Journal of King Saud University - Science* 29: 19 - 27.
- Yonghua, L., Tiangxiang L., and Qi L. 2008. Plant height as a simple predictor of root to shoot ratio: Evidence from Alpine grasslands on the Tibetan Plateau. *Journal of Vegetation Science* 2: 245-252.
- Yuliana, Soemarno, B. Yanuwadi and A.S. Leksono. 2015. The relationship between habitat altitude, environmental factors and morphological characteristics of *Pluchea indica*, *Ageratum conyzoides* and *Elephantopus scaber*. *OnLine Journal of Biological Sciences* 3: 143-151.