

RESPON MORFOFISIOLOGI *Cryptanthus zonatus* PADA CEKAMAN INTENSITAS CAHAYA RENDAH

The Morphophysiological Response of Cryptanthus zonatus on Low Light Intensity

Zulfa Ulinnuha^{1*}, Imastini Dinuariah¹

¹Program Studi Agroteknologi, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Dr Soeparno No. 63, Karangwangkal, Purwokerto Utara

*Sur-el: zulfaulinnuha@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Cryptanthus zonatus merupakan tanaman hias tropis yang banyak dijumpai sebagai komponen lanskap. Motif tanaman ini seperti garis motif pada tokek dan berwarna kemerahan. Intensitas cahaya adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi pigmen daun. Untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya pada pertumbuhan dan pigmen warna daun, Bromelia ditanam di bawah sinar matahari penuh dan di dalam ruangan untuk mengevaluasi kandungan pigmen warna daun. Hasil menunjukkan bahwa intensitas cahaya rendah dapat meningkatkan klorofil a, klorofil b, klorofil total dan karoten daun. Interaksi intensitas cahaya rendah dan posisi daun berpengaruh terhadap panjang dan lebar daun.

Kata kunci: *Cryptanthus zonatus*, klorofil, naungan

ABSTRACT

Cryptanthus zonatus is a tropical ornamental plant that is often found as a component of the landscape. The character of this plant is like a line motif on a gecko and is reddish in color. Light intensity is one of the important factors that affect leaf pigment. To determine the effect of light intensity on growth and leaf color pigments, bromeliads were grown in full sun and indoor to evaluate the content of leaf color pigments. The results showed that low light intensity could increase chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and leaf carotene. The interaction of low light intensity and leaf age affects leaf length and width.

Key words: *Cryptanthus zonatus*, chlorophyll, shade

PENDAHULUAN

Cryptanthus zonatus merupakan family Bromeliaceae, termasuk dalam tanaman *herbaceous perennial monocotil*. Tanaman hias ini memiliki nilai ekonomi yang baik. Selain itu, bentuk, keragaman jenis, dan corak warna yang menarik, membuatnya banyak digemari sebagai tanaman hias diluar ruangan dan di dalam ruang. Bentuk mini, membuat Bromelia sering digunakan sebagai *groundcover plants*, *miniatur garden* atau sebagai tanaman dalam pot. *Point of view plants* merupakan tanaman yang berfungsi sebagai aksesoris atau daya tarik dari suatu taman. Warna daunnya yang bervariasi dan mencolok merupakan titik poin kemenarikan suku Bromelia. (Negrelle *et al.*, 2012).

Bromelia tumbuh optimal pada suhu yang hangat berkisar 20-30° C dengan sinar matahari 60-80 %. Bagaimana cara meningkatkan pigmen warna daun merupakan hal yang penting untuk meningkatkan nilai ekonomi *Cryptanthus zonatus*. (Holcman dan Sentelhas, 2013).

Radiasi matahari merupakan faktor yang berpengaruh pada pertumbuhan Bromelia. Pada dasarnya, suku Bromelia peka terhadap radiasi matahari dalam jangka waktu yang panjang, kecuali jenis tertentu. Ciri Bromelia yang peka terhadap radiasi matahari adalah bromelia yang daunnya tipis, memiliki pigmen daun yang indah, dan cerah, permukaannya daunnya halus dan berduri kecil. Apabila tanaman ini terlalu lama berada dibawah radiasi matahari maka warna daun berubah menjadi kecokelatan sehingga daun menjadi seperti terbakar dan tanaman tersebut dapat mengalami kematian

(Arzaba-Villalba *et al.*, 2018).

Tanaman Bromelia memiliki daun yang beraneka ragam. Tanaman ini merupakan tanaman hias penting karena keunikan karakteristik warna daunnya. Keragaman warna yang tinggi pada tanaman ini disebabkan oleh perubahan persebaran pigmen, konsentrasinya dan proporsinya pada daun Bromelia (Holcman dan Sentelhas, 2013). Perubahan ini merupakan hasil interaksi genetik dan faktor lingkungan. Iklim mikro, nutrisi tanah dan air telah lama dipahami sebagai faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan intensitas cahaya juga merupakan faktor lingkungan yang penting. Pada daun yang berwarna kehijauan, klorofil dominan sehingga menyebabkan daun berwarna hijau. Intensitas cahaya dapat mempengaruhi kandungan klorofil, karotenoid, dan anthosianin pada daun yang menyebabkan perbedaan warna pada warna daun. Telah terbukti bahwa jenis tumbuhan yang berbeda memiliki kemampuan beradaptasi yang berbeda terhadap intensitas cahaya (Müller *et al.*, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui intensitas cahaya optimum untuk pertumbuhan dan meningkatkan nilai jual dengan meneliti pengaruh intensitas cahaya pada perubahan pewarnaan, dan kandungan pigmen meliputi klorofil a, klorofil b, klorofil total dan karotenoid.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di desa Karang Kemiri, Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas, Penelitian berlangsung selama tiga bulan mulai Maret sampai Juni 2021.

Bahan yang digunakan antara lain: tanaman *Chryptanthus zonatus* usia tujuh bulan, sekam, pupuk kandang, aquadest, acetone. Alat yang digunakan penelitian ini antara lain timbangan digital, gunting, penggaris, alat tulis, gelas ukur, kamera, *handsprayer*, *thermohigrometer*, tabung reaksi, mortar, vortex, spektrofotometer dan kertas saring.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial dengan 2 faktor yaitu faktor pertama adalah naungan terdiri dari 2 taraf, meliputi tanpa naungan atau *outdoor* (0%) dan dengan naungan *indoor* (75%). Faktor kedua adalah posisi daun yang terdiri dari tiga taraf, meliputi posisi daun

ke dua (D1), daun ke empat (D2), dan daun ke enam (D3). Kombinasi perlakuan yaitu 6 perlakuan dengan 3 kali ulangan.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan Analisis of Varians (ANOVA) dan apabila berbeda nyata dilakukan uji lanjut BNJ taraf kesalahan 5%.

Tanaman ditanam pada tanah, sekam, pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1. Tanaman dibagi menjadi 2 tingkat intensitas cahaya, yaitu ditanam pada lahan terbuka dan di dalam ruangan (*indoor*). Pengamatan iklim mikro meliputi intensitas cahaya, rata-rata suhu dan kelembaban relative pada pagi hari diukur pukul 07.00 s.d. 07.20, siang hari diukur pada pukul 12.00 s.d 12.20. Pengamatan morfologi meliputi jumlah daun, panjang daun dan lebar daun dilakukan masing-masing daun ke dua (D1), daun ke empat (D2) dan daun ke enam (D3).

Kandungan klorofil total dan karotenoid diukur dengan menggunakan metode spektrofotometri mengikuti prosedur (Croft & Chen, 2017). Daun *Chryptanthus zonatus* diambil dari tiga bagian sebagai ulangan. Masing-masing daun dari D1, D2, dan D3 dari dua kondisi intensitas cahaya berbeda diambil seberat 0,15 gram dan digerus dengan mortar. Sampel daun tersebut kemudian diekstraksi dengan 15 ml aseton 80%, diaduk hingga warna terlepas dari jaringan. Ekstrak kemudian disaring menggunakan kertas saring. Larutan ekstrak klorofil yang mengendap kemudian diaduk menggunakan vortex hingga seluruh bahan terlarut. Filtrat yang didapat ditempatkan dalam cuvet lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 480nm, 645nm dan 663nm. Kandungan klorofil total dan karotenoid dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Klorofil a (mg/l)} = 12,7 (A.663) - 2,69 (A.645)$$

$$\text{Klorofil b (mg/l)} = 22,9 (A.645) - 4,68 (A.663)$$

$$\text{Klorofil total (mg/l)} = (8,02 \times A663) + (20,2 \times A645)$$

$$\text{Karotenoid } (\mu\text{mol/g}) =$$

$$\frac{(A480 + (0,114 \times A663)) - (0,638 \times A645 \times V \cdot 10^3)}{112,5 \times W}$$

$$1 \mu\text{mol/L} = 27,25 \text{ mg/l}$$

Keterangan:

V = volume ekstrak (ml),

W = bobot sample (g)

A480 = absorbansi pada λ 480 nm

A645 = absorbansi pada λ 645 nm

A663 = absorbansi pada λ 663

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Iklim Mikro

Hasil pengamatan iklim mikro pada tanaman yang ditanam *indoor*, yaitu meliputi rata-rata intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif terdapat pada Tabel 1. Hasil menunjukkan adanya perbedaan intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban pada lingkungan di sekitar tanaman

yang berada pada lingkungan terbuka dan tanaman yang ditanam *indoor*. Hal ini menyebabkan tanaman memberikan respon yang berbeda pada kondisi tersebut. Pada lingkungan *indoor* terjadi penurunan intensitas cahaya sehingga berpengaruh pada suhu dan kelembaban yang semakin meningkat.

Tabel 1. Rerata suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya pada lingkungan tanpa naungan dan dengan naungan

Perlakuan	Suhu udara pagi (°C)	Suhu udara siang (°C)	Kelembaban udara pagi (%)	Kelembaban udara siang (%)	Intensitas cahaya pagi (lux)	Intensitas cahaya siang (lux)
<i>Outdoor</i>	24,13	27,93	66,50 b	63,50 b	856,33 a	3.126,33 a
<i>Indoor</i>	23,50	24,60	68,83 a	66,53 a	466,67 b	624,67 b

Keterangan: angka dalam kolom dan baris yang sama pada masing-masing peubah yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut BNJ taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan tingkat naungan mempengaruhi kelembaban dan intensitas cahaya pada pagi dan siang hari. Intensitas cahaya di luar ruangan pada pagi hari lebih tinggi 45,50% dibandingkan dengan intensitas cahaya di dalam ruangan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1, bahwa intensitas cahaya siang di luar ruangan rata-rata mencapai 3.126,33 lux, sedangkan di dalam ruangan rata-rata 624,67 lux. Radiasi matahari sangat berpengaruh pada pertumbuhan, selain itu radiasi matahari juga menunjukkan pengaruh pada iklim mikro pada sekitar tanaman (Indrawan dan Agus, 2017). Hal ini berakibat pada faktor iklim mikro yang lain, yaitu suhu udara dan kelembaban. Intensitas cahaya yang tinggi akan mempengaruhi suhu semakin tinggi, namun kelembaban udara semakin rendah.

Kelembaban udara siang hari di luar ruangan yaitu 63,50%, lebih rendah dibandingkan kelembaban udara di dalam ruangan yaitu 66,53%. Kelembaban udara merupakan gambaran kandungan uap air di udara yang dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban *nisbi* maupun defisit tekanan uap air. (Valladares *et al.*, 2016). Kelembaban udara pada siang hari menunjukkan penurunan, hal ini disebabkan intensitas cahaya matahari relatif lebih besar mengenai tanaman, baik pada kondisi di lahan terbuka maupun di dalam ruangan.

Suhu udara di luar ruangan pada pagi hari 24,13°C dan meningkat 3,33°C menjadi 27,93°C

pada siang hari. Suhu udara pagi di dalam ruangan 23,50°C dan hanya meningkat 1,37°C pada siang hari. Perbedaan suhu udara pada pagi dan siang hari disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang diterima oleh tanaman. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat (Rezai *et al.*, 2018), bahwa semakin tinggi intensitas cahaya maka akan menyebabkan semakin tinggi suhu dan kelembaban semakin rendah.

Karakter Morfologi Tanaman

Perubahan iklim mikro pada *Cryptanthus zonatus* dengan perbedaan tingkat naungan telah menghasilkan respon pertumbuhan yang berbeda. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Li *et al.*, 2014), (Rezai *et al.*, 2018) (Yustiningsih, 2019), tanaman yang adaptif pada tempat naungan memiliki daun yang lebih besar dan lebih tipis untuk meningkatkan pemanenan cahaya. Penelitian ini juga memberikan hasil bahwa panjang dan lebar daun meningkat sejalan dengan meningkatnya naungan.

Semakin tinggi tingkat naungan akan meningkatkan kelembaban tanaman (Tabel 1). Kelembaban udara berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena mempengaruhi fotosintesis. Laju fotosintesis mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kelembaban sekitar tanaman (Widiastuti *et al.*, 2004), sehingga tanaman yang adaptif terhadap intensitas cahaya rendah akan meningkatkan panjang dan lebar daunnya sebagai upaya untuk meningkatkan fotosintesis

di lingkungan intensitas cahaya rendah (Baharuddin *et al.*, 2014).

Interaksi perlakuan naungan dan posisi daun memberikan pengaruh nyata terhadap panjang dan lebar daun. Daun terpanjang diperoleh oleh posisi daun ke tiga pada tanaman *indoor*, yaitu 21,83 cm, daun terpendek adalah posisi daun pertama pada tanaman *outdoor*, yaitu 13,27 cm. Daun terlebar diperoleh pada posisi daun ke tiga

tanaman *indoor*, yaitu 2,87 cm. Peningkatan luas daun merupakan salah satu bentuk adaptasi tanaman terhadap intensitas cahaya rendah sebagai upaya penyesuaian untuk memaksimalkan penangkapan cahaya yang jumlahnya terbatas dibandingkan dengan pada kondisi terbuka (Sirait, 2008).

Tabel 2. Pengaruh intensitas cahaya rendah dan posisi daun terhadap panjang dan lebar daun *Cryptanthus zonatus*

Posisi daun	Panjang daun		Lebar daun	
	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>
D1	16,27 bc	13,27 c	2,38 c	1,83 d
D2	19,07 abc	14,83 bc	2,87 ab	2,18 cd
D3	27,20 a	21,83 ab	3,20 a	2,40 bc

Keterangan : angka dalam kolom dan baris yang sama pada masing-masing peubah yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut BNJ taraf 5%.

Apabila radiasi matahari yang diperoleh tanaman berbeda, maka akan mempengaruhi ketersediaan energi cahaya yang akan diubah menjadi energi kimia. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa cahaya menginduksi adanya variasi pertumbuhan. Perubahan morfologis ini menunjukkan adanya adaptasi *Cryptanthus zonatus* yang baik terhadap perbedaan intensitas cahaya. Hasil penelitian menunjukkan tanaman yang tumbuh pada intensitas cahaya rendah (*indoor*) memiliki daun yang lebih panjang, warna hijau yang lebih pekat dibandingkan bromelia yang tumbuh pada cahaya penuh. Pada daun (D1) yang dinaungi memiliki nilai panjang lebih tinggi yaitu 16,27 cm dibandingkan daun yang tidak dinaungi yaitu 13,27 cm. Begitu pula pada daun D2 dan D3 juga memiliki daun yang lebih panjang pada kondisi naungan yaitu 19,07 dan 27,20 cm, dibandingkan dengan daun tanpa naungan yaitu hanya 14,83 cm dan 21,83 cm. Selain itu, lebar daun juga lebih tinggi pada daun yang ternaungi (*indoor*) yaitu pada D1 sebesar 2,38 cm, pada daun yang tidak ternaungi hanya sebesar 1,83 cm. Pada D2 dan D3 tanaman yang ternaungi (*indoor*) juga memiliki lebar daun lebih tinggi yaitu 2,87 cm dan 3,20 cm lebih lebar dibandingkan dengan tanaman yang tanpa naungan yaitu 2,18 cm dan 2,40 cm. Hal ini sesuai dengan penelitian (Susanto dan Sundari, 2016) bahwa panjang dan lebar daun meningkat akibat adanya perlakuan naungan, sebagai upaya peningkatan area pemanenan cahaya. Selain itu, menurut (Yusof *et al.*, 2021), peningkatan

ukuran daun juga bertujuan untuk menurunkan suhu daun, menurunkan potensi kehilangan air, dan menurunkan potensi kerusakan fotosistem daun.

Menurut (Supriyono *et al.*, 2017), peningkatan luas daun merupakan upaya tanaman dalam mengefisienkan penangkapan cahaya yang digunakan untuk fotosintesis secara normal pada kondisi naungan.

Pigmen daun

Kandungan klorofil dan karoten pada penelitian ini mengalami peningkatan pada kondisi intensitas cahaya rendah. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan penyerapan cahaya pada kondisi intensitas cahaya rendah. Klorofil a pada tanaman *Crypthantus zonatus* yang ternaungi lebih tinggi 2,52 kali dibanding tanaman yang tidak ternaungi yaitu 5,18 mg/l. Kandungan klorofil b pada tanaman ternaungi juga lebih tinggi yaitu 2,57 mg/l dibandingkan dengan tanaman yang tidak ternaungi yaitu 0,76 mg/l, sehingga kandungan klorofil total pada tanaman yang ternaungi menjadi lebih tinggi yaitu 7,75 mg/l, dibandingkan tanaman yang tidak ternaungi 2,81 mg/l. Kandungan klorofil b meningkat pada kondisi ternaungi, hal ini bertujuan untuk meningkatkan pemanenan cahaya. Klorofil b lebih efektif menangkap sinar dibanding dengan klorofil a, sehingga tanaman yang toleran terhadap intensitas cahaya rendah beradaptasi dengan meningkatkan kandungan klorofil b pada kondisi naungan. Pada penelitian

ini, *Cryptanthus zonatus* selain beradaptasi dengan meningkatkan klorofil b, juga beradaptasi dengan meningkatkan klorofil a, sehingga kandungan klorofil total pada tanaman yang berada pada kondisi intensitas cahaya rendah juga lebih tinggi yaitu 7,75 mg/l dibanding pada tanaman pada lahan terbuka yaitu 2,81 mg/l. (Supriyono *et al.*, 2017)

menyatakan bahwa umur daun dan tahapan fisiologis suatu tanaman merupakan faktor yang mempengaruhi kadar klorofil pada daun tanaman tersebut. Berikut adalah tabel pengaruh intensitas cahaya terhadap kandungan klorofil a dan b, klorofil total, nisbah klorofil a/b dan karoten daun.

Tabel 3. Pengaruh intensitas cahaya rendah terhadap klorofil a, klorofil b, klorofil total, nisbah klorofil a/b, karoten *Cryptanthus zonatus*

Perlakuan	Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)	Klorofil total (mg/l)	Nisbah klorofil a/b	Caroten ($\mu\text{mol/g}$)
Taraf intensitas cahaya					
<i>Indoor</i>	2,05 b	0,76 b	2,81 b	5,56	0,12 b
<i>Outdoor</i>	5,18 a	2,57 a	7,75 a	2,03	0,28 a
Posisi daun					
D1	3,74	1,76	5,49	3,91	0,22
D2	3,17	1,43	4,60	5,27	0,17
D3	3,93	1,81	5,75	2,21	0,21

Keterangan: angka dalam kolom yang sama pada masing-masing peubah yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut BNJ taraf 5%.

Adaptasi tanaman terhadap naungan salah satunya dengan meningkatkan penyerapan cahaya pada kondisi kekurangan cahaya dengan cara meningkatkan kandungan klorofil per satuan luas daun (Sulistyowati *et al.*, 2019). Klorofil b lebih efektif dalam menyerap cahaya matahari dibandingkan klorofil a. (Rezai *et al.*, 2018). Namun, pada hasil penelitian ini terjadi peningkatan pada klorofil a dan klorofil b, sehingga berdasarkan analisis data tidak ada pengaruh naungan terhadap nisbah klorofil a/b. Peningkatan konsentrasi klorofil bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya secara keseluruhan. Hasil penelitian ini sejalan dengan (Yusof *et al.*, 2021, Ritonga *et al.*, 2018, Sulistyowati *et al.*, 2019), yang menyebutkan bahwa salah satu karakteristik penyesuaian terhadap intensitas cahaya rendah adalah dengan meningkatkan kandungan klorofil. Peningkatan panjang dan lebar daun juga berkaitan dengan peningkatan *light harvesting complex* (LHC) dan perluasan antena pada fotosistem II sehingga

meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya. Menurut (Susanto dan Sundari, 2016) menyebutkan bahwa cahaya menyediakan sumber energi untuk fotosintesis, namun cahaya yang berlebihan dapat menyebabkan fotooksidasi pada klorofil. Peningkatan panjang daun dan luas permukaan daun serta peningkatan warna hijau merupakan respon fisiologis untuk meningkatkan area penangkapan cahaya dan konsentrasi pigmen fotosintetik (klorofil).

Kandungan karoten lebih tinggi pada tanaman yang ternaungi yaitu 0,28 $\mu\text{mol/g}$ dibandingkan tanaman yang tidak ternaungi yaitu 0,12 $\mu\text{mol/g}$. Hal ini sesuai dengan penelitian (Sulistyowati *et al.*, 2019) pada tanaman tomat yang ternaungi memiliki kandungan karotenoid yang lebih tinggi. Karoten berkaitan erat dengan klorofil pada tanaman, dikarenakan peran karoten yaitu menyerap sebagian cahaya matahari yang tidak tertangkap oleh klorofil pada kondisi naungan.



Gambar 1. (a) *Cryptanthus zonatus* pada kondisi cahaya penuh (b) *Cryptanthus zonatus* pada kondisi naungan.

Berbagai Bromelia menunjukkan variasi intraspesifik yang cukup besar, terutama pada warna daun. Faktor lingkungan terutama cahaya mempengaruhi bentuk vegetatif dan pigmentasi. (Carvalho, 1998). Selain terdapat perubahan kandungan klorofil a, klorofil b, klorofil total dan karoten pada daun (Tabel 3), juga terdapat perubahan pigmen anthosianin pada daun *Chryptus zonatus* pada kondisi naungan. Pada intensitas cahaya rendah, daun didominasi warna hijau, namun pada intensitas cahaya tinggi daun terlihat berwarna hijau keunguan, warna keunguan pada daun menghilang pada tanaman yang ternaungi sebagai upaya untuk memaksimalkan penangkapan cahaya sehingga pigmen non fotosintetik dihilangkan. Antosianin hanya ditemukan di vakuola sel epidermis. Antosianin adalah pigmen non kloroplas yang tergolong flavonoid yang terdapat di dalam kloroplas, berfungsi untuk mencegah kerusakan jaringan akibat radiasi sinar ultra violet. Peningkatan kandungan antosianin disebabkan intensitas cahaya matahari pada lingkungan terbuka lebih tinggi (Croft dan Chen, 2017) (Putri, 2019) (Priska *et al.*, 2018); (Hasidah *et al.*, 2017)).

KESIMPULAN

1. Intensitas cahaya dan suhu pada ruang terbuka lebih tinggi dibandingkan di dalam ruangan, namun kelembaban udara lebih rendah pada kondisi di dalam ruangan.
2. Interaksi antara posisi daun dan intensitas cahaya rendah berpengaruh meningkatkan panjang dan lebar daun.
3. Pengaruh intensitas cahaya rendah pada tanaman *Cryptanthus zonatus* dapat meningkatkan kandungan klorofil a, klorofil b, klorofil total dan karoten daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Arzaba-Villalba, C., Chazaro, Miguel, & Torres, G. (2018). Bromelia pinguin L. a valuable natural resource in the dry tropical forest of central Veracruz, Mexico. *Journal of the Bromeliad Society*, 62(2), 84–91.
https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Arzaba-Villalba/publication/325260925_Bromelia_pinguin_L_a_valuable_natural_resource_in_the_dry_tropical_forest_of_central_Veracruz_Mexico/links/5b01cf144585154aeb0608cf/Bromelia-pinguin-L-a-valuable-natural-res
- Baharuddin, R., Chozin, M.A., Syukur, M. 2014. Toleransi 20 genotipe tanaman tomat terhadap naungan. *J. Agron. Indonesi a*. 42(2):132-137.
- Croft, H., Chen, J.M. 2017. Leaf pigment content. In *Comprehensive Remote Sensing* (Vols. 1-9, Issue December). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10547-0>
- Hasidah, Mukarlina, Rousdy, D.W. 2017. Kandungan pigmen klorofil, karotenoid dan antosianin daun caladium. *Protobiont*. 6(2): 29-37.
- Holcman, E., Sentelhas, P.C. 2013. Bromeliads production in greenhouses associated to different shading screens. *Horticultura Brasileira*. 31(3): 386–391. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362013000300008>
- Indrawan, R R., Suryanto, A., Soelistyono, R. 2017. Kajian iklim mikro terhadap berbagai sistem tanam dan populasi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Jurnal*

- Produksi Tanaman*. 5(1):92-99.
- Li, T., Liu, L.N., Jiang, C.D., Liu, Y. J., Shi, L. 2014. Effects of mutual shading on the regulation of photosynthesis in field-grown sorghum. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 137: 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.04.022>
- Müller, D.B., Kanashiro, S., Jocys, T., Tavares, A. R. 2020. Nitrogen uptake by ornamental bromeliad during atmospheric and tank developmental stages. *Idesia*. 38(1): 105-111. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000100105>
- Negrelle, R.R.B., Mitchell, D., Anacleto, A. 2012. Bromeliad ornamental species: Conservation issues and challenges related to commercialization. *Acta Scientiarum-Biological Sciences*. 34(1):91-100. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v34i1.7314>
- Priska, M., Peni, N., Carvalho, L., Ngapa, Y.D. 2018. Antosianin dan pemanfaatannya. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 6(2):79-97.
- Putri, O.N.E. 2019. Analisis kandungan klorofil dan senyawa antosianin daun pucuk merah (*Syzygium oleana*) berdasarkan tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. UIN Raden Intan. Bandar Lampung*.
- Rahayu, D., Rahayu, W.P., Lioe, H.N., Herawati, D., Broto, W., Ambarwati, S. 2015. Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan Fusarium. *Agritech*. 35(2): 156–163.
- Rezai, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Yousefi, M., Majidi, M.M. 2018. Effect of light intensity on leaf morphology, photosynthetic capacity, and chlorophyll content in sage (*Salvia officinalis* L.). *Horticultural Science and Technology*. 36(1):46-57. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20180006>
- Ritonga, A.W., Chozin, M.A., Syukur, M., Maharijaya, A., Sobir. 2018. Short communication: Genetic variability, heritability, correlation, and path analysis in tomato (*Solanum lycopersicum*) under shading condition. *Biodiversitas*. 19(4): 1.527-1.531. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190445>
- Sirait, J. 2008. Luas daun, kandungan klorofil dan laju pertumbuhan rumput pada naungan dan pemupukan yang berbeda. *Jitv*. 13(2): 109-116.
- Sulistyowati, D., Chozin, M.A., Syukur, M., Melati, M., Guntoro, D. 2019. Respon karakter morfo-fisiologi genotipe tomat senang naungan pada intensitas cahaya rendah. *Jurnal Hortikultura*. 29(1): 23-32. <https://doi.org/10.21082/jhort.v29n1.2019.p22-32>
- Supriyono, S., Arni Putri, R.B., Wijayanti, R. 2017. Analisis pertumbuhan garut (*Marantha arundinaceae*) pada beberapa tingkat naungan. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*. 19(1): 22. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v19i1.20926>
- Susanto, G., Sundari, T. 2016. Perubahan karakter agronomi aksesori plasma nutfah kedelai di lingkungan ternaungi. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 39(1): 1-6. <https://doi.org/10.24831/jai.v39i1.13180>
- Valladares, F., Laanisto, L., Niinemets, Ü., Zavala, M.A. 2016. Shedding light on shade: ecological perspectives of understory plant life. *Plant Ecology and Diversity*. 9(3): 237-251. <https://doi.org/10.1080/17550874.2016.1210262>
- Widiastuti, L., Tohari, Sulistyaningsih, E. 2004. The effects of light intensities and daminozide concentrations on the micro climate and the growth of potted chrysanthemum. *Ilmu Pertanian*. 11(2), 35-42.
- Yusof, F.F.M., Yaacob, J.S., Osman, N., Ibrahim, M.H., Wan-Mohtar, W.A.A.Q.I., Berahim, Z., Zain, N.A.M. 2021. Shading effects on leaf gas exchange, leaf pigments and secondary metabolites of polygonum minus huds., an aromatic medicinal herb. *Plants*. 10(3). <https://doi.org/10.3390/plants10030608>
- Yustiningsih, M. 2019. Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar cahaya langsung. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*. 4(2): 44-49. <https://doi.org/10.32938/jbe.v4i2.385>