

Mekanisme *active flypaper traps* pada *Drosera capensis* dalam interaksi non-mutualistik dengan serangga

Haris Cahyono¹, Wardza Izza Wulandari¹, Gilbert Geraldo Gunawan^{1,2}, Qori'atul
Mustafidah¹, Mukhamad Su'udi^{1*}

¹Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Jember, Jawa Timur, Indonesia. 68121

*E-mail: msuudi52@gmail.com

²Pusat Tanaman Karnivora Jember

Abstrak: *Drosera capensis* adalah spesies tumbuhan karnivora endemik wilayah Cape, Afrika Selatan yang dikenal memiliki bentuk dan fungsi fisiologis yang khas karena memiliki mekanisme *active flypaper traps*. Daun *D. capensis* memiliki tentakel yang dapat mengeluarkan cairan lengket untuk menangkap dan menyerap nutrisi dari mangsa yang diperoleh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keunikan *D. capensis* dalam memenuhi kebutuhan nutrisinya melalui berbagai interaksi dengan serangga. Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa studi literatur (*literature review*) sistematis dari berbagai artikel dan buku berisi informasi yang menunjang. Koleksi sumber referensi dilakukan melalui berbagai basis data ilmiah seperti *Researchgate*, *ScienceDirect*, dan *Google Scholar* dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang relevan. Berdasarkan hasil studi literatur menunjukkan bahwa fisiologi yang unik pada *D. capensis* yaitu dapat menarik mangsa secara visual (antosianin), *extra-floral nectar* (EFN), dan penciuman (volatil). Banyak serangga yang melakukan interaksi dengan tumbuhan ini khususnya kelompok Diptera dan Collembola yang menunjukkan adanya interaksi non-mutualistik. Mekanisme *active flypaper traps* pada *D. capensis* dilakukan melalui gerakan tigmonasti dengan menggulungkan daun untuk menangkap mangsa. Peristiwa ini dipicu oleh sinyal elektrik dan diikuti dengan aktivasi asam jasmonat yang terkait dengan produksi enzim pencernaan seperti protease. *D. capensis* juga memproduksi *gland cell* yang memiliki kandungan asam polisakarida yang membuat *D. capensis* memiliki lendir yang sangat lengket. Lendir tersebut berfungsi untuk menjerat dan menahan serangga, memfasilitasi transmisi sinyal elektrik, serta membantu dalam distribusi enzim pencernaan.

Kata Kunci: *active flypaper traps*, *Drosera capensis*, interaksi non-mutualistik, serangga, tumbuhan karnivora

Abstract: *Drosera capensis* is a carnivorous plant endemic to the Cape in South Africa with distinctive structural and physiological characteristics because it has an active flypaper traps mechanism to meet its nutritional needs. The leaves have tentacles with sticky liquid that are used to attract, capture, and absorb prey nutrients. The purpose of this study is to determine the uniqueness of *D. capensis* in meeting its nutritional needs through various interactions with insects. The method used in this research is a systematic literature review of various articles and books containing supporting information. The collection of reference sources was carried out through various scientific databases such as Researchgate, ScienceDirect, and Google Scholar with relevant inclusion and exclusion criteria. Based on the result of the literature study, it shows that the unique physiology of *D. capensis* can attract prey visually (anthocyanins), extra floral nectar (EFN), and olfactory (volatiles). Many insects interact with this plant, especially Diptera and Collembola groups, which show non-mutualistic interactions. The mechanism of active flypaper traps in *D. capensis* is carried out through triplastic movements by rolling the leaves to capture prey. This event is triggered by an electrical signal and followed by the activation of jasmonic acid, which is associated with the production of digestive enzymes such as proteases. *D. capensis* also produces gland cells that contain polysaccharide acids that make *D. capensis* have a very sticky mucus. The mucus serves to entangle and hold insects, facilitate the transmission of electrical signals, and aid in the distribution of digestive enzymes.

Keywords: active flypaper traps, *Drosera capensis*, non-mutualistic interactions, insects, carnivorous plants

PENDAHULUAN

Tumbuhan karnivora (*Carnivorous plant*) merupakan tumbuhan yang mampu menangkap dan mencerna hewan terutama serangga dan organisme kecil lainnya untuk memperoleh nitrogen, fosfor, beberapa mikronutrien lain (Givnish et al., 2018; Luna-Samano et al., 2024). Tumbuhan karnivora memperoleh nitrogen dan sebagian besar adalah kelompok Angiospermae yang memiliki sifat polifiletik (Albert et al., 1992; Krol et al., 2012). Sifat polifiletik tersebut menunjukkan bahwa tumbuhan karnivora telah mengalami evolusi secara terpisah dari garis keturunan yang berbeda. Sifat tersebut dapat muncul pada tumbuhan yang berbeda karena beradaptasi dengan mengembangkan sifat yang mirip pada tekanan lingkungan yang sama misalnya pada kondisi lingkungan yang kekurangan unsur hara. Adaptasi tersebut dilakukan tumbuhan untuk memenuhi unsur nutrisi melalui perangkap khusus untuk memperoleh mangsa (Mithöfer, 2022). Tumbuhan karnivora mampu mangsa dan menyimpannya dalam perangkap khusus yang umumnya berasal dari daun. Mekanisme ini juga dapat dilakukan tumbuhan karnivora melalui bunga sebagai organ perangkap (Ellison et al., 2018; Płachno et al., 2018; Lin et al., 2021). Kelompok tumbuhan karnivora juga mempunyai berbagai metabolit sekunder (sekitar 170 senyawa) yang digunakan sebagai penarik mangsa, penangkapan, pencernaan, asimilasi nutrisi, pertahanan terhadap patogen dan herbivora serta daya tarik serangga penyerbuk (Hatcher et al., 2020). Tumbuhan karnivora juga mengeluarkan senyawa kimia seperti zat yang mudah menguap (aroma) atau nektar bunga, serta sinyal yang terlihat (warna) untuk meningkatkan daya tarik bunga terhadap serangga penyerbuk dan sebagai perangkap mangsa serangga (Jürgens et al., 2015).

Tumbuhan karnivora yang banyak dibudidayakan sebagai tanaman hias salah satunya adalah kelompok tumbuhan *Drosera* (Sundew). *Drosera* (Droseraceae) merupakan kelompok tumbuhan karnivora yang terdiri dari 250 spesies dan terdistribusi di seluruh dunia (Fleischmann et al., 2018). Salah satu spesies dari genus *Drosera* yang memiliki struktur perangkap dengan tentakel yang lengket (*flypaper traps*) adalah *Drosera capensis* (Lichtscheidl et al., 2021). *Drosera capensis* adalah spesies tumbuhan karnivora endemik wilayah Cape, Afrika Selatan yang sering dibudidayakan sebagai tanaman (Wordfloraonline, 2023). Kelompok tumbuhan *Drosera* ini mampu hidup dengan kondisi cekaman lingkungan, pH asam, dan tingkat nutrisi yang rendah sehingga memaksa tumbuhan ini untuk memodifikasi bagian daun dengan membentuk tentakel dan mengeluarkan cairan lengket untuk menangkap mangsa (serangga) dalam proses penyerapan nutrisi (Lowrie et al., 2017, Rice et al., 2017). Proses penyerapan nutrisi ini dilakukan melalui berbagai tahapan yang kompleks mulai dari penangkapan mangsa, pemecahan, sampai penyerapan nutrisi. Proses penyerapan nutrisi tidak melalui saluran pencernaan, tetapi tetap berada di organ yang menangkap mangsa. Penyerapan nutrisi terjadi dengan bantuan mukus, cairan *pitcher*, asam, dan protein, serta enzim yang diproduksi dalam perangkap. *Drosera* akan menyerap nutrisi yang diperoleh melalui berbagai protein transmembran dan aktivitas endositosis dengan cara yang mirip seperti sel hewan (Freund et al., 2022).

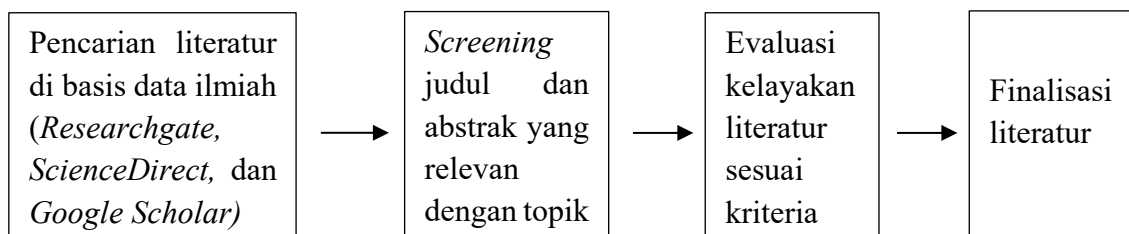
Drosera memproduksi nektar ekstra floral (EFN) untuk meningkatkan daya tarik terhadap serangga terutama semut. Hasil penelitian Syari et al., (2023), menyatakan bahwa nektar yang terdapat pada tumbuhan dapat menjadi salah satu faktor ketertarikan berbagai jenis serangga. Semakin banyak jenis serangga yang tertarik maka tumbuhan

karnivora akan dengan mudah memenuhi kebutuhan nutrisinya melalui berbagai interaksi. Berbagai komponen tumbuhan *D. capensis* memiliki kontribusi yang dapat membentuk suatu interaksi dengan serangga sehingga sangat menarik untuk dilakukan penelitian. Interaksi tersebut dilakukan *D. capensis* melalui mekanisme *active flypaper traps* dengan memproduksi cairan lengket pada bagian tentakel diikuti dengan respon aktif gerakan daun yang menggulung untuk menangkap dan mencerna mangsa.

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan *review* dengan tujuan untuk mengetahui mekanisme *active flypaper traps* pada *D. capensis* dalam interaksi non-mutualistiknya dengan serangga melalui pengumpulan data mengenai keunikan tumbuhan ini dalam memenuhi kebutuhan nutrisinya. Hasil yang diuraikan pada artikel dapat menjadi sumber informasi yang dapat membantu dalam upaya pelestarian spesies tanaman karnivora dengan memahami kondisi ekologis yang mendukung keberlangsungan hidupnya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur ilmiah tentang tumbuhan karnivora, tetapi juga membuka potensi aplikasi praktis yang lebih luas.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa studi literatur (*literature review*) sistematis dari berbagai artikel dan buku berisi informasi yang menunjang. Metode ini dimulai dengan mengoleksi sumber referensi dengan menggunakan kata kunci “*Drosera* sp., *Drosera capensis*, tumbuhan karnivora, *active flypaper traps*, interaksi non-mutualistik *Drosera capensis*, dan mekanisme *carnivory Drosera capensis*”. Koleksi sumber referensi dilakukan melalui berbagai basis data ilmiah seperti *Researchgate*, *ScienceDirect*, dan *Google Scholar*. Kriteria referensi yang digunakan yaitu merupakan artikel penelitian maupun *review* terkait spesies *D. capensis* serta interaksinya dengan serangga melalui mekanisme *active flypaper traps*. Referensi ditulis dalam bahasa Inggris ataupun Indonesia dengan periode publikasi 15 tahun terakhir dan tersedia dalam teks lengkap (*full text*). Referensi tidak akan digunakan jika tidak berkaitan dengan *Drosera capensis* serta mekanisme *active flypaper traps* serta melebihi periode publikasi 15 tahun terakhir kecuali jika tidak terdapat publikasi lain yang relevan. Referensi yang diperoleh kemudian diseleksi dan dijadikan dasar penulisan untuk mengkaji karakteristik dan interaksi *Drosera capensis* dengan serangga melalui mekanisme *active flypaper traps*. Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui ekstraksi informasi yang penting dan relevan sedangkan sintesis data dilakukan secara naratif dengan mengelompokkan referensi ke dalam beberapa kategori seperti karakteristik *Drosera capensis*, interaksi non-mutualistik, dan mekanisme *carnivory* pada *Drosera capensis*. Proses seleksi literatur dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.

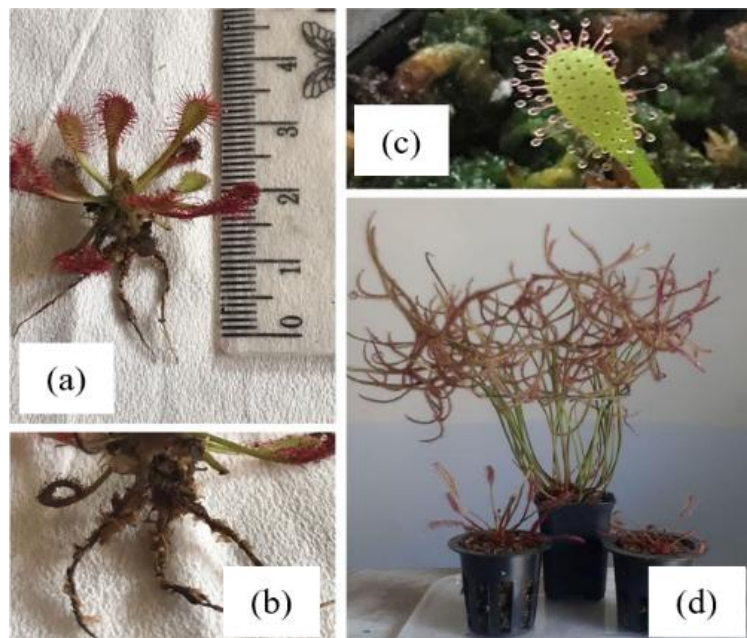


Gambar 1. Diagram alir proses seleksi literatur

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik *Drosera capensis*

Drosera capensis L. merupakan spesies endemik wilayah Cape Afrika Selatan dengan sebaran terbatas di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Portugal dan New Zealand serta memiliki status konservasi *Not threatened* (populasi yang masih banyak di habitat aslinya) (GBIF, 2023). *D. capensis* merupakan tumbuhan karnivora tahunan yang berbunga bebas, memiliki tinggi sekitar 15 cm serta memiliki batang pendek dengan akar yang berkembang dengan baik (Gambar 1) (SANBI, 2023). Karakteristik dari spesies ini yaitu memiliki tonjolan pada daunnya berupa tentakel yang dilengkapi dengan kelenjar dan beberapa jenis trikoma kelenjar kecil. Kelenjar tentakel pada daun tersebut mampu menghasilkan lendir yang lengket sebagai alat menangkap mangsa (Lichtscheidl *et al.*, 2021; Ivesic *et al.*, 2022). Panjang tentakel tergantung dengan posisi daun, pada daun bagian sentral lebih pendek daripada bagian marginal. Karakteristik khas dari spesies ini yaitu adanya tangkai yang berbentuk rambut dengan dilengkapi kepala yang ditutupi cairan lengket dan berkilau apabila di bawah sinar matahari sehingga dinamakan “cape sundew” (Naidoo & Samia, 2013).



Gambar 2. (a) *Drosera capensis* umur 4 bulan; (b) Akar; (c) Daun dengan tentakel; (d) *Drosera capensis* dewasa

Daun *D. capensis* memiliki efisiensi fotosintesis yang rendah jika dibandingkan dengan daun pada umumnya karena hidup pada kondisi habitat yang ekstrim dan minim akan nutrisi. Kondisi ini membuat *D. capensis* memodifikasi bagian daun sebagai bentuk adaptasinya untuk memperoleh nutrisi. Daun *D. capensis* dibagi menjadi 2 yaitu bagian proksimal tangkai daun dan bagian abaksial helai daun (Dong Hui *et al.*, 2015). Bagian tentakel pada daun menghasilkan cairan lengket yang menyerupai tetesan embun (Gambar 2) yang diduga mempunyai daya tarik tersendiri bagi mangsa (serangga). Cairan lengket tersebut mengandung polisakarida asam seperti manosa, ester sulfat, xilosa, galaktosa, dan asam glukuronat yang terlihat berkilau sehingga menarik perhatian serangga untuk hinggap di atasnya. Cairan tersebut dapat meningkatkan efektivitas

penangkapan mangsa karena dapat melekat kuat pada tubuh serangga (Freund *et al.*, 2022).



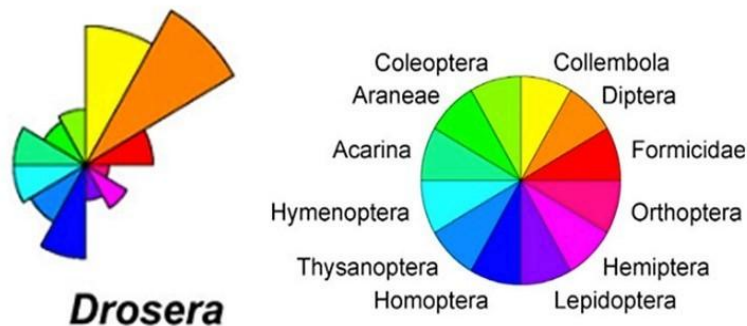
Gambar 3. *Gland hairs* pada *Drosera capensis* L. yang berumur 4 bulan

2. Interaksi non-mutualistik

Tumbuhan mampu memberikan sinyal terhadap organisme lain yang digunakan untuk memenuhi kebutuhannya. Tumbuhan karnivora memiliki perilaku khusus dalam menarik mangsanya yaitu melalui visual (antosianin), penciuman (volatil), dan nektar ekstra floral (EFN). *D. capensis* secara visual memiliki warna merah pada daun berupa kandungan antosianin yang memiliki daya tarik tersendiri bagi serangga diurnal tetapi tidak pada lalat buah (Pavlovic *et al.*, 2014; Mithöfer *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil penelitian Foot *et al.*, (2014), tumbuhan karnivora juga mampu melepaskan senyawa volatil dari daun sebagai perangkap mangsa. Menurut El-Sayed *et al.*, (2016), senyawa volatil tersebut digunakan untuk menarik mangsa dan mengusir serangga penyerbuk dari perangkap. Kelompok genus *Drosera* mengeluarkan senyawa volatil yang memiliki aroma bunga atau buah (Kreuzwieser *et al.*, 2014). Nektar ekstra floral (EFN) yang diproduksi oleh tumbuhan karnivora juga menjadi daya tarik bagi banyak serangga khususnya kelompok Diptera dan Collembola (Gambar 3). Produksi EFN pada tumbuhan karnivora terjadi di dekat zona perangkap sehingga serangga yang menjangkau nektar harus berada di area tersebut (Mithöfer *et al.*, 2022).

D. capensis memiliki sinyal elektrik dalam merespon adanya mangsa yang dibutuhkan atau tidak dibutuhkan dengan menggulungkan daunnya. Mekanisme penggulungan daun tersebut dilakukan untuk mengambil nutrisi dari tubuh mangsa melalui induksi enzim pencernaan. Mekanisme ini dimulai ketika reseptor tentakel daun menerima rangsangan sinyal mekanik dari adanya serangga yang hinggap. Rangsangan tersebut menyebabkan terbentuknya sinyal elektrik yang menyebabkan respon tigmomasti pada daerah tentakel hingga menyebabkan terjadinya pembengkokan ke arah

mangsa sampai seluruh daun menggulung untuk membungkus mangsa. Peristiwa ini akan diikuti dengan aktivasi asam jasmonat dan memicu ekspresi gen yang terkait dengan produksi enzim pencernaan yang memungkinkan daun mencerna serangga secara kimiawi. Daun *D. capensis* tidak akan menggulung jika rangsangan yang diperoleh tidak berasal dari mangsa yang dibutuhkan, misalnya adanya rangsangan berupa tetesan air. Menurut Palvovic *et al.*, (2023), rangsangan dengan tetesan air tidak memberikan efek responsif terhadap tentakel *D. capensis* sehingga tidak terjadi induksi enzim pencernaan melalui aktivitas proteolitik dan kelimpahan droserasin. Hal ini terjadi karena jalur persinyalan asam jasmonat yang menginduksi enzim pencernaan menjadi tidak aktif. Peran asam jasmonat selain sebagai penangkap mangsa juga terlibat dalam pertahanan dan pergerakan tanaman seperti fototropisme atau gravitropisme. Proses penangkapan mangsa pada tumbuhan karnivora juga dapat dilakukan melalui pembengkokan daun yang membentuk *outer stomach*. Gerakan ini di pengaruhi oleh fitohormon auksin pada sinyal endogen tumbuhan karnivora yang memungkinkan tumbuhan untuk menutup dan mencerna mangsa atau serangga yang ditangkap (Nakamura *et al.*, 2013). Tumbuhan karnivora bersifat mixotrofik yaitu mampu melakukan fiksasi karbondioksida serta menyerap nutrisi organik dan anorganik setelah menangkap dan mencerna mangsa. Tumbuhan karnivora memiliki lima karakteristik penting diantaranya: (1) menangkap dan menarik mangsa dalam perangkap khusus, (2) membunuh mangsa, (3) mencerna mangsa, (4) menyerap nutrisi mangsa yang dicerna, serta (5) memanfaatkan nutrisi yang didapat sebagai pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Mithöfer *et al.*, 2022).



Gambar 4. Kelompok serangga yang melakukan interaksi dengan Genus *Drosera* (Sumber: Ellison *et al.*, 2009)

3. Mekanisme *carnivory*

Tentakel *D. capensis* akan membengkok ke arah mangsa dan kemudian menggulungkan helaian daun jika terdapat rangsangan secara langsung maupun tidak langsung dengan menyentuh tentakel di dekatnya atau berupa rangsangan kimia (McPherson, 2008). Respon gerakan daun tersebut disebut sebagai *thigmonastic* dan *thigmotropic* yang dapat berlangsung dari beberapa menit hingga berjam-jam (Williams, 2022). Mekanisme *active flypaper traps* pada *D. capensis* dalam perangkap mangsa dilengkapi dengan struktur yang kompleks dalam pembentukannya. *Flypaper trap* tersebut memiliki *gland cell* yang diproduksi di dalam aparatus golgi. *Gland cell* berbentuk cairan lengket menyerupai tetesan embun yang mengandung asam polisakarida dan gula kompleks serta air yang mampu membuat terpikatnya serangga terhadap *D. capensis* diikuti dengan sekresi enzim pencernaan. Proses pencernaan dan penyerapan nutrisi dari serangga atau mangsa akan dimulai setelah mangsa ditangkap oleh *gland cell* (Povlovic *et al.*, 2014; Naidoo & Samia, 2013).

Produksi *gland cell* pada *D. capensis* mempunyai implikasi terhadap interaksi biotik lainnya pada tumbuhan karnivora. *Gland* pada kelompok tumbuhan *Drosera* mengandung asam polisakarida yang terdiri dari arabinosa, galaktosa, asam glukuronat, manosa, dan xilosa (Gowda *et al.*, 1982; Erni *et al.*, 2008). Polisakarida tersebut membuat *D. capensis* memiliki lendir yang sangat lengket yang berfungsi untuk menjerat dan menahan serangga, memfasilitasi transmisi sinyal elektrik, serta membantu dalam distribusi enzim pencernaan. Polisakarida yang bersifat asam pada *D. capensis* sedikit dimodifikasi dan terdiri dari ester sulfat, galaktosa, asam glukonat, manosa, dan xilosa. Hasil penelitian Pavlonic *et al.*, (2014), menunjukkan bahwa *D. capensis* juga akan menyerap kandungan hara mineral dari mangsa yang merupakan sumber potensial yang baik untuk N dan P tetapi tidak untuk K, Ca dan Mg. Kandungan N dan P yang diperoleh dari serangga memiliki peran penting dalam pembentukan enzim fotosintesis seperti rubisco, sintesis asam amino, serta produksi enzim dan klorofil agar aktivitas fotosintesis dapat meningkat. Nutrisi yang diperoleh dari serangga dapat membantu mengoptimalkan proses fotosintesis pada *D. capensis* yang sebelumnya terhambat oleh defisiensi nutrisi.

KESIMPULAN

Drosera capensis merupakan tumbuhan karnivora yang memiliki kemampuan fotosintesis rendah sehingga mengembangkan mekanisme *active flypaper trap* untuk penyerapan nutrisi yang diperoleh dari mangsa. Nutrisi yang diperoleh dari mangsa seperti N dan P akan meningkatkan aktivitas fotosintesis walaupun hidup pada lingkungan dengan kandungan hara yang terbatas. Mekanisme *active flypaper trap* ini terdapat pada daerah tentakel *D. capensis* yang menghasilkan lendir lengket dengan asam jasmonat memicu enzim pencernaan seperti protease untuk mencerna mangsa. Interaksi antara *D. capensis* dengan serangga dapat dilihat melalui fisiologinya yang unik yaitu secara visual (antosianin), penciuman (volatil), dan nektar ekstra floral (EFN) yang memiliki daya tarik terhadap mangsa. Pemahaman tentang mekanisme *active flypaper trap* ini dapat memperkaya pemahaman ilmiah tentang strategi adaptasi tumbuhan pada habitat yang kekurangan nutrisi serta memahami peran penting tumbuhan karnivora sebagai model dalam studi interaksi non-mutualistik. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi efisiensi mekanisme *flypaper traps* pada kondisi yang berbeda seperti variasi intensitas cahaya hingga kelembaban tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlassnig, W., Thomas, L., Marianne, K., & Ingeborg, L. (2010). Deadly glue- adhesive traps of carnivorous plants. *Biological Adhesive Systems*. 1-14. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0286-2_2.
- Albert, V. A., Williams, S. E., & Chase, M. W. (1992). Carnivorous plants: Phylogeny and structural evolution. *Science*, 257, 1491–1495. <https://doi.org/10.1126/science.1523408>.
- Dong Hui W., Wang D Q., Cui Y W., Yang L., Gu Xiao D., Song W F., & Li Feng. (2015). Photoperiod regulates cape sundew (*Drosera capensis*) gland secretion and leaf development. *Technical Refereed Contribution*, 44, 197-203. <https://doi.org/10.55360/cpn444.wd847>.
- Ellison, A. M., & Nicholas J. G. (2009). Energetics and the evolution of carnivorous plants-Darwin's 'most wonderful plants in the world'. *Journal of Experimental Botany*, 60(1), 19-42. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern179>.
- Ellison, A. M., & Adamec, L. (2018). *Introduction: What Is a Carnivorous Plant?*. Oxford: Oxford University Press.
- Erni, P., Varagnat, M., & dMcKinley G. H. (2008). Little shop of horrors: rheology of the mucilage of *Drosera* sp., a carnivorous plant. *AIP Conference Proceedings*, 1027, 579–581.

- Fleischmann A., Cross A. T., Gibson R., Gonella P. M., & Dixon K. W. (2018). *Systematics and Evolution of Droseraceae*. In: Ellison A.M., Adamec L. (eds) *Carnivorous Plants: Physiology, Ecology, and Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Foot, G., Rice, S.P., & Millet, J. (2014). Red trap colour of the carnivorous plant *Drosera rotundifolia* does not serve a prey attraction or camouflage function. *Biology Letters*, 10(4). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.1024>.
- Freund, M., Dorothe, G., Andreas, F., Kadeem, J. G., Qiashi, L., Tanya, R., Christian, A., Victor, A. A., Rainer, H., & Kenji, F. (2022). The digestive system of carnivorous plants. *Plant Physiology*, 190(1), 44-59. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac232>.
- Givnish, T. J., Sparks, K.W., Hunter, S. J., & dPavlovič, (2018). *A. Why Are Plants Carnivorous? Cost/Benefit Analysis, Whole-Plant Growth, and the Context-Specific Advantages of Botanical Carnivory*. Oxford: Oxford University Press.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2023). *Drosera capensis* L. <https://www.gbif.org/species/3191008>.
- Gowda D. C., Reuter, G., & Schauer, R. (1982). Structural features of an acidic polysaccharide from the mucin of *Drosera binata*. *Phytochemistry*, 21, 2297–2300. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(82\)85194-7](https://doi.org/10.1016/0031-9422(82)85194-7).
- Hatcher, C.R., Ryves, D.B., & Millett, J. (2020). The function of secondary metabolites in plant carnivory. *Annals of Botany*, 125, 399–411. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz191>.
- Ivesic, C., W. Adlassnig, M. Koller-Peroutka, L. Kress, & I. Lang. (2022). Snatching sundews—analysis of tentacle movement in two species of *Drosera* in terms of response rate, response time, and speed of movement. *Plants*, 11, 1-11. <https://doi.org/10.3390/plants11233212>.
- Jurgens, A., Taina, W., Amber, S., & Ashraf, M. E. (2015). The effect of trap colour and trap-flower distance on prey and pollinator capture in carnivorous *Drosera* species. *Functional Ecology*, 29, 1026–1037. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12408>.
- Kreuzwieser, J., Scheerer, U., Kruse, J., Burzlaff, T., Honsel, A., Alfarraj, S., Georgiev, P., Schnitzler, J., Ghirardo, A., Kreuzer, I., Hedrich, R., & Rennenberg, H. (2014). The Venus flytrap attracts insects by the release of volatile organic compounds. *Journal of Experimental Botany*, 65(2), 755–766. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert455>.
- Krol, E., Plachno., Adamec, L., Stolarz, M., Dziubińska, H., & Trębacz, K. (2012). Quite a few reasons for calling carnivores ‘the most wonderful plants in the world’. *Ann. Bot.*, 109(1), 47-64. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr249>.
- Lichtscheidl, I., Sue, L., Marieluise, W., Wolfram, A., Marianne, K. P., Sonja, B., Stefanie, K., & Peter, K. H. (2021). Gland cell response to feeding in *Drosera capensis*, a carnivorous plant. *Protoplasma*, 258(6), 1291-1306. <https://doi.org/10.1007/s00709-021-01667-5>.
- Lin, Q., Ané, C., Givnish, T. J., & Graham, S. W. (2021). A new carnivorous plant lineage (*Triantha*) with a unique sticky-inflorescence trap. *Proceedings of the National Academy of Science*, 118(33). <https://doi.org/10.1073/pnas.2022724118>.
- Lowrie, A., Alastair, R., Greg, B., Stewart, M., & Andreas, F. (2017). *Drosera of the World, Vol. 1: Oceania*. England: Redfern Natural History Productions.
- Luna-Samono, M. R., C. Martínez-Peralta., A. Gabriela Trejo-Loyo., & R. E. Alcalá. (2024). Ecological interaction of carnivorous plants: beyond the relationship with their prey. *Arthropod-Plant Interaction*. 18, 193-204. <https://doi.org/10.1007/s11829-024-10039-8>.
- McPherson S. (2008). *The Sticky-Leaved Carnivorous Plants*. England: Redfern Natural History Productions.
- Mithöfer, A. (2022). Carnivorous plants and their biotic interactions. *Journal of Plant Interactions*, 17(1), 333-343. <https://doi.org/10.1080/17429145.2022.2038710>.
- Nakamura, Y., Michael, R., Veronika, E. M., & Axel, M. (2013). Jasmonates trigger prey-induced formation of “outer stomach” in carnivorous sundew plants. *Proceeding of The Royal Society*, 280(1759). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0228>.
- Naidoo, Y., & Samia, H. (2013). Morphological investigation of glandular hairs on *Drosera capensis* leaves with an ultrastructural study of the sessile glands. *Botany*, 91(4), 234-241. <https://doi.org/10.1139/cjb-2012-0255>.
- Pavlovic, A., Miroslav, K., Michaela, L., dan Lubomir, A. (2014). Feeding on prey increases photosynthetic efficiency in the carnivorous sundew *Drosera capensis*. *Annals of Botany*, 113(1), 69-78. <https://doi.org/10.1093/aob/mct254>.

- Palvovic, A., Ondrej, V., dan Petr, T. (2023). Water cannot active traps of the carnivorous sundew plant *Drosera capensis*: on the trail of Darwin's 150-years-old mystery. *Plants*, 12(9), 1-11. <https://doi.org/10.3390/plants12091820>.
- Płachno, B. J., dan Muravnik, L. E. (2018). *Functional Anatomy of Carnivorous Traps*. Oxford: Oxford University Press.
- Rice, B. A., Robinson, A., dan Fleischmann, A. (2017). *Drosera of North America*. In: *Drosera of the World, Vol. 2: Oceania, Asia, Europe, North America*. Lowrie et al. eds. England: Redfern Natural History Productions.
- South Afrika National Biodiversity Institute (SANBI). 2023. *Drosera capensis* L. <http://pza.sanbi.org/drosera-capensis>.
- Syari, Y. R., Kanedi, M., Lili, C., dan Mahfut. (2023). Keanekaragaman serangga polinator di Taman Keanekaragaman Hayati Lumbok Seminung, Lampung Barat. *Konservasi Hayati*, 19(1), 58-64. <https://doi.org/10.33369/hayati.v19i1.26484>.
- Williams, S. E. (2022). Comparative physiology of the Droseraceae - How do tentacles bend and traps close?. *Proceedings The 4th International Carnivorous Plant Conference, Tokyo, Japan*, 77-81.