

Review: Mekanisme Miko-Heterotrof Tumbuhan *Monotropa*

A Review: The Mechanism of Myco-Heterotroph in Monotropa

Nuril Azizah¹, Gita Ayu Khoirunnisa², Nuril Nuzulia³, Reza Selvyana Muhammad⁴, Mukhamad Su'udi^{5*}

^{1,2,3,4} Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Jl. Kalimantan No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kabupaten Jember 68121, Indonesia
email: ^{*5} msuudi.rda@gmail.com

ABSTRAK

DOI:
10.30595/jrst.v3i2.4142

Histori Artikel:

Diajukan:
20/03/2019

Direvisi:
05/07/2019

Diterima:
11/07/2019

Monotropa merupakan Angiospermae yang tidak berkolofil sehingga tidak mampu untuk melakukan fotosintesis. *Monotropa* mendapatkan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangannya melalui mekanisme miko-heterotrof, yaitu dengan berasosiasi dengan jamur mikoriza. Mikoriza bersimbiosis dengan akar tumbuhan autotrof untuk mendapatkan hasil fotosintesis, nutrisi tersebut kemudian ditransfer ke tumbuhan *Monotropa*. Sel-sel hifa yang berhubungan dengan epidermis akar tumbuhan autotrof dan *Monotropa* merupakan titik transfer nutrisi. Hifa mikoriza akan membentuk selubung (*sheath*) ke akar tumbuhan yang kemudian akan membentuk struktur *hartig net* yang menembus epidermis akar. *Hartig net* akan terus mengintrusi ke sel korteks akar yang kemudian akan membentuk *fungal pegs*. *Fungal pegs* ini yang akan menginduksi terbentuknya transfer sel untuk mentransfer nutrisi dari mikoriza ke *Monotropa*.

Kata Kunci: *Monotropa*, miko-heterotrof, mikoriza.

ABSTRACT

Monotropa is an achlorophyllous angiosperm and hence a non-photosynthetic plant. *Monotropa* is an obligately myco-heterotroph to fulfill its nutrition needs to grow and develop. Myco-heterotroph is the association between mycorrhiza and *Monotropa*. Mycorrhiza performs symbiosis with an autotroph plant to get nutrition and then transfers it to *Monotropa*. Hypae envelops the root of mycorrhiza and autotroph plant form a sheath, where the hyphae continues to grow into the epidermal cell of root and forms *hartig net*. *Hartig net* intrudes the cortical cell of both root of autotroph plant and *Monotropa* and then forms a feature called *fungal pegs*. The grow of *fungal pegs* in cortical cell induce the form of transfer cells which facilitate nutrition transfer from mycorrhiza to *Monotropa*.

Keywords: *Monotropa*, myco-heterotroph, mycorrhiza

1. PENDAHULUAN

Monotropa merupakan tumbuhan herba dari subfamili Monotropoidae (Ericaceae) yang terdiri dari 10 genus dan 15 spesies. *Monotropa* merupakan tumbuhan langka yang endemik di hutan lembab dan teduh di Amerika utara bagian barat. Pesebaran *Monotropa* juga terdapat di India, Jepang hingga Papua Nugini. *Monotropa uniflora* L. dan *Monotropa hypopitys* L. merupakan spesies yang tumbuh di area Palaeotropic dan Neotropic yang umum ditemukan. *Monotropa* memiliki tinggi rata-rata 10 – 30 cm, seluruh bagian tumbuhan. *Monotropa* berwarna putih, beberapa spesies berwarna merah muda pucat dan memiliki bercak hitam dibagian bunga dan batangnya. Batangnya tegak (*erectus*), bunganya menyerupai liontin yang merunduk kebawah dan akan tegak searah dengan batang ketika buah telah matang. Buahnya menyerupai kapsul, ketika buah matang maka biji akan tersebar yang membantu persebaran *Monotropa* (Pradhan, 2015) (Gambar 1).

Monotropa merupakan tumbuhan Angiosperm yang tidak berklorofil (Kong *et al.*, 2015; Lutz & Sjolund, 1973; Snetselaar & Whitney, 1990; Young *et al.*, 2002) (Gambar 1). Beberapa ilmuwan menyebutkan kandungan klorofil *Monotropa* sangat rendah (kurang dari 0,001 mg/ g berat basah) sehingga tidak mampu berfotosintesis (Lutz & Sjolund, 1973). *M. hypopitys* dan *M. uniflora* mendapatkan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangannya melalui mikoriza. Mikoriza merupakan jamur yang berasosiasi dengan akar tumbuhan autotrof yang mendapatkan sumber nutrisi dari hasil fotosintesis tumbuhan autotrof tersebut (Kong *et al.*, 2015; Lutz & Sjolund, 1973; Snetselaar & Whitney, 1990; Young *et al.*, 2002). *M. hypopitys* dan *M. uniflora* berasosiasi dengan mikoriza, nutrisi mikoriza yang didapatkan dari tumbuhan autotrof kemudian diserap oleh *Monotropa*. Interaksi antara mikoriza dan *Monotropa* menunjukkan bahwa *Monotropa* merupakan parasit secara tidak langsung kepada tumbuhan autotrof, sehingga *Monotropa* dikenal bersifat epiparasit (Snetselaar & Whitney, 1990). Asosiasi ini dikenal dengan miko-heterotrof (Pradhan, 2015).



Gambar 1. Morfologi bunga dan batang *M. uniflora* (Kong *et al.*, 2015).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode telaah atau ulasan ilmiah. Penulisan dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber autentik terkait mekanisme miko-heterotrof pada *Monotropa* yang diperoleh dari berbagai jurnal/artikel ilmiah dan buku. Sumber informasi untuk referensi dikoleksi dengan menggunakan kata kunci *Monotropa*, mikoriza, dan miko-heterotrof.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Miko-heterotrof

Tumbuhan merupakan organisme autotrof yang dapat mengolah makanannya sendiri melalui proses fotosintesis atau kemosintesis. Proses fotosintesis dapat berlangsung karena tumbuhan memiliki klorofil (Leake *et al.*, 2004; Taiz & Zeiger, 2002). *Monotropa* merupakan kelompok tumbuhan yang tidak memiliki klorofil (aklorofil) sehingga *Monotropa* tidak dapat melakukan fotosintesis. Nutrisi untuk menunjang kebutuhan hidupnya didapatkan dengan cara berasosiasi dengan jamur mikoriza (Kong *et al.*, 2015; Lutz & Sjolund, 1973; Snetselaar & Whitney, 1990; Young *et al.*, 2002). Mikoriza merupakan jamur yang bersimbiosis dengan akar tanaman hijau (autotrof). Hubungan antara hifa mikoriza dengan akar tumbuhan hijau membantu perluasan penyerapan air dan zat hara. Mikoriza merupakan organisme heterotrof sehingga mendapatkan nutrisi dari hasil fotosintesis tumbuhan hijau (Taiz & Zeiger, 2002). Miko-heterotrof merupakan interaksi yang terjadi antara mikoriza dengan *Monotropa*. Interaksi yang dimaksud berupa asosiasi hifa mikoriza dengan akar *Monotropa*, sedangkan pada sisi lainnya mikoriza memperoleh sumber nutrisi dari hasil simbiosis dengan tumbuhan hijau. Maka dari itu, *Monotropa* secara tidak langsung bersifat

parasit terhadap tumbuhan hijau (Kong *et al.*, 2015; Lutz & Sjolund, 1973; Snetselaar & Whitney, 1990; Young *et al.*, 2002) (Gambar 2).

Penelitian-penelitian awal tentang *Monotropa* menjelaskan bahwa mikoriza yang berasosiasi dengan *Monotropa* memberikan nutrisi pada akar *Monotropa* untuk melakukan injeksi pada akar tumbuhan hijau seperti mekanisme akar haustoria (Kamienski, 1881). Pendapat demikian digantikan dengan hipotesis bahwa nutrisi dari tumbuhan hijau ditransfer ke akar *Monotropa* melalui hifa mikoriza setelah percobaan yang dilakukan oleh Bjorkman pada tahun 1960 yang menambahkan logam ke tanah tempat *Monotropa* tumbuh. Kandungan logam di tanah menyebabkan akar *Monotropa* terisolasi dari asosiasi mikoriza sehingga *Monotropa* tumbuh sangat lambat. Bjorkman juga menunjukkan bahwa C14 yang diberi label glukosa dan fosfat yang diinjeksikan ke tumbuhan hijau di dekat *Monotropa* kemudian juga ditemukan di jaringan *Monotropa* namun tidak ditemukan pada tumbuhan lain di sekitar tumbuhan hijau tersebut (Björkman, 1960; Duddridge & Read, 1982). Topik terkait dengan miko-heterotrof kemudian semakin berkembang, terutama terkait dengan asosiasi anatomi antara sel epidermis hifa, epidermis sel tumbuhan hijau, dan *Monotropa* (Musfal, 2010).



Gambar 2. *Monotropa* yang diselubungi oleh mikoriza. Batang aklorofil dari *Monotropa* (*) dengan akar tumbuhan hijau (t) (Campbell, 1971).

3.2. Interaksi Tripartite

Hubungan antara tumbuhan hijau, mikoriza dan *Monotropa*, dikenal dengan interaksi *tripartite* karena menyertakan hubungan dari 3 organisme. Mikoriza yang berasosiasi dengan *Monotropa* bersifat spesifik (Cullings *et al.*, 1996). Beberapa penelitian tentang asosiasi ini menunjukkan perbedaan

jenis jamur yang berasosiasi antara *M. hypopitys* dan *M. uniflora*. Spesies *M. hypopitys* berasosiasi dengan jamur mikoriza suilloid (*Suillus* sp.) sedangkan *M. uniflora* berasosiasi dengan jamur dari famili Russulaceae dan ordo Helotiales (Selosse & Cameron, 2010). Mikoriza dari famili Russulaceae mencakup *Boletus* sp. (Castellano & Trappe, 1985). Mikoriza dari ordo Helotiales mencakup *Pezizella* sp. (Björkman, 1960). *Host* tumbuhan hijau yang turut dalam asosiasi ini dari beberapa famili yaitu, Pinaceae, Fagaceae dan Betulaceae. Tumbuhan dari famili Pinaceae meliputi *Pinus* sp., *Abies* sp. (Kernan & Finocchio, 1983), *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus* sp. dan *Fagus* sp. merupakan anggota dari Fagaceae serta *Betula* sp dari famili Betulaceae (Li *et al.*, 2011). Interaksi antara beberapa jenis *Monotropa* dan jamur mikoriza secara spesifik dijelaskan pada Tabel 1.

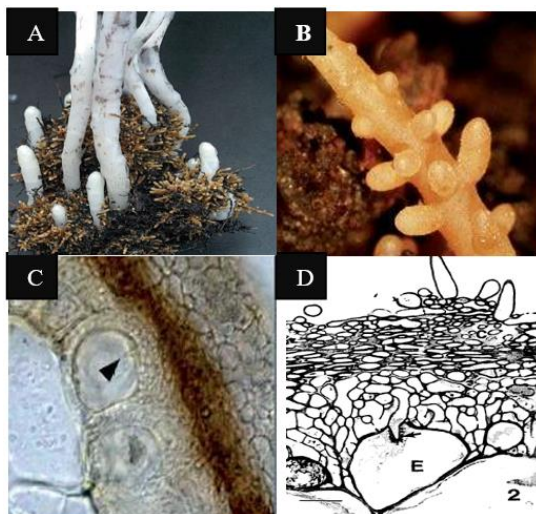
Tabel 1. Asosiasi jenis *Monotropa* dengan Mikoriza

<i>Monotropa</i>	Mikoriza	Referensi
<i>M. hypopitys</i>	<i>Suillus</i> sp.	Cullings <i>et al.</i> , 1996
<i>M. uniflora</i>	<i>Boletus</i> sp.	Yang & Pfister, 2006
<i>M. uniflora</i>	<i>Armillaria mellea</i>	Campbell, 1971
<i>M. uniflora</i>	<i>Pezizella</i> sp.	Björkman, 1960
Monotropeoideae	<i>Elaphomyces</i> spp.	Young <i>et al.</i> , 2002
Monotropeoideae	<i>Trichloma</i> sp.	Young <i>et al.</i> , 2002
<i>M. hypopitys</i>	<i>Rhizopogon</i> sp.	Young <i>et al.</i> , 2002

3.3. Perkembangan Mikoriza di Akar *Monotropa*

Relasi antara mikoriza dan *Monotropa* mendukung adanya transfer nutrisi. Struktur mantel hifa merupakan bagian yang memungkinkan adanya proses fisiologis transfer nutrisi ke sel epidermis *Monotropa* (Ravin *et al.*, 2016). Mantel (*sheath*) merupakan penebalan dari hifa yang melingkupi akar *Monotropa* (Klooster *et al.*, 2009). Hifa mikoriza mampu untuk menembus hingga ke jaringan korteks akar tumbuhan inang (endomikoriza) dan membentuk vesikula atau percabangan yang disebut arbuskula (Selosse & Cameron, 2010; Snetselaar & Whitney, 1990).

Perkembangan awal mikoriza diawali dari menempelnya hifa mikoriza ke akar tumbuhan hijau dan *Monotropa*. Hifa mikoriza tidak mampu membedakan antara akar tumbuhan hijau dan akar *Monotropa*, sehingga perkembangan hifa terjadi ke dua arah. Hifa mikoriza kemudian menyelubungi akar tumbuhan hijau dan *Monotropa*. Selubung tersebut merupakan kumpulan dari hifa tebal menyelubungi sel-sel epidermal yang disebut mantel (*sheath*). Hifa akan masuk kedalam jaringan epidermis yang disebut *hartig net*. Intrusi *hartig net* yang menembus jaringan korteks disebut *fungus pegs*. Perkembangan *fungus pegs* menginduksi pertumbuhan sel transfer. Hifa yang terus menerobos ke dalam sel korteks akar dianggap sebagai gangguan oleh *host cell* sehingga tumbuhan hijau dan *Monotropa* melakukan proteksi dengan menginvasi hifa mikoriza, akibat proses tersebut terbentuk struktur merupakan cikal bakal sel transfer yang berperan dalam transfer nutrisi dari mikoriza ke *Monotropa* (Snetelaar & Whitney, 1990; Young *et al.*, 2002).



Gambar 3. Proses berkembangnya mikoriza terhadap akar *Monotropa* (A) *Monotropa uniflora* (Cullings *et al.*, 1996), (B) Ujung hifa mikoriza (Cullings *et al.*, 1996), (C) potongan transversal mikoriza dengan mantel (Cullings *et al.*, 1996), (D) Intrusi hifa ke epidermis akar (berwarna coklat gelap) dan *Hartig net* disekitar epidermis (Musfal, 2010).

4. Kesimpulan

Asosiasi miko-heterotrof antara mikoriza dan *Monotropa* merupakan jalur penting bagi *Monotropa* untuk mendapatkan nutrisi. Mikoriza merupakan jamur yang bersimbiosis dengan akar tumbuhan hijau untuk mendapatkan nutrisi berupa hasil

fotosintesis yang kemudian nutrisi tersebut di transfer ke *Monotropa*. Hifa mikoriza akan membentuk selubung di akar tumbuhan inang yang kemudian menembus masuk ke dalam sel epidermis tumbuhan inang dan membentuk struktur yang disebut *hartig net*. *Hartig net* kemudian membentuk *fungus pegs*, struktur yang dapat menembus jaringan korteks sehingga memicu terbentuknya sel transfer. Sel transfer merupakan struktur yang memungkinkan terjadinya transfer nutrisi dari mikoriza ke *Monotropa*.

DAFTAR PUSTAKA

- Björkman, E. (1960). *Monotropa Hypopitys* L. — an Epiparasite on Tree Roots. *Physiologia Plantarum*, 13(2), 308–327.
- Campbell, E. O. (1971). Notes on the fungal associations to two *Monotropa* sp. in Michigan. *Michigan Botany*, 10, 63–67.
- Castellano, M. A., & Trappe, J. M. (1985). Mycorrhizal Associations of Five Species of Monotropoideae in Oregon. *Mycologia*, 77(3), 499.
- Cullings, K. W., Szaro, T. M., & Bruns, T. D. (1996). Evolution of extreme specialization within a lineage of ectomycorrhizal epiparasites. *Nature*, 379(6560), 63–66.
- Duddridge, J. A., & Read, D. J. (1982). An Ultrastructural Analysis of The Development of Mycorrhizas in *Monotropa hypopitys* L. *New Phytologist*, 92(2), 203–214.
- Kamienski, F. (1881). Die Vegetationsorgane der *Monotropa hypopitys* L. *Botanische Zeitung*, 29, 457–461.
- Kernan, M. J., & Finocchio, A. F. (1983). A New Discomycete Associated with the Roots of *Monotropa uniflora* (Ericaceae). *Mycologia*, 75(5), 916.
- Klooster, M. R., & Culley, T. M. (2009). Comparative analysis of the reproductive ecology of *Monotropa* and *Monotropopsis*: Two Mycoheterotrophic Genera in the Monotropoideae (Ericaceae). *American journal of botany*, 96(7), 1337–47.
- Kong, A., Cifuentes, J., Estrada-Torres, A., Guzmán-Dávalos, L., Garibay-Orijel, R., & Buyck, B. (2015). Russulaceae Associated with Mycoheterotroph *Monotropa uniflora* (Ericaceae) in Tlaxcala, Mexico: A Phylogenetic Approach. *Cryptogamie, Mycologie*, 36(4), 479–512.

- Leake, J. R., McKendrick, S. L., Bidartondo, M., & Read, D. J. (2004). Symbiotic Germination and Development of The Myco-Heterotroph *Monotropia Hypopitys* in Nature and its Requirement for Locally Distributed *Tricholoma* spp. *New Phytologist*, 163(2), 405–423.
- Li, J., Corajod, J., Stel, H. Vander, & Homkes, A. (2011). The Mycorrhizal System Of *Pterospora Andromedea* (Pine-Drops) In West Michigan Inferred From Dna Sequence Data. *The Michigan Botanist*, 50, 129–136.
- Lutz, R. W., & Sjolund, R. D. (1973). *Monotropia uniflora*: Ultrastructural Details of Its Mycorrhizal Habit. *American Journal of Botany*, 60(4), 339.
- Musfal. (2010). Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula Untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29(4), 154–158.
- Pradhan, P. (2015). Potential Distribution of *Monotropia uniflora* as a Surrogate for Range of Monotropoideae (Ericaceae) in South Asia. *Biodiversitas*, 16(2), 109–115.
- Ravin, N. V., Gruzdev, E. V., Beletsky, A. V., Mazur, A. M., Prokhortchouk, E. B., Filyushin, M. A., Kochieva, E. Z., Elena Z., Kadnikov, Vitaly V. Mardanov, Andrey V., Skryabin, Konstantin G. (2016). The Loss of Photosynthetic Pathways in the Plastid and Nuclear Genomes of the Non-Photosynthetic Mycoheterotrophic Eudicot *Monotropia hypopitys*. *BMC Plant Biology*, 16, 154–161.
- Selosse, M. A., & Cameron, D. D. (2010, February). Introduction to a Virtual Special Issue on Mycoheterotrophy: New Phytologist Sheds Light on Non-Green Plants. *New Phytologist*, 185(3), 591–593.
- Snetselaar, K. M., & Whitney, K. D. (1990). Fungal Calcium Oxalate in Mycorrhizae of *Monotropia uniflora*. *Canadian Journal of Botany*, 68(3), 533–543.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology 3rd Edition*. Sunderland: Sinauer Associates.
- Yang, S., & Pfister, D. H. (2006). *Monotropia uniflora* Plants of Eastern Massachusetts form Mycorrhizae with a Diversity of Russulacean Fungi. *Mycologia*, 98(4), 535–540.
- Young, B. W., Massicotte, H. B., Tackaberry, L. E., Baldwin, Q. F., & Egger, K. N. (2002). *Monotropa uniflora*: Morphological and Molecular Assessment of Mycorrhizae Retrieved from Sites in the Sub-Boreal Spruce Biogeoclimatic Zone in Central British Columbia. *Mycorrhiza*, 12(2), 75–82.