



## **Isolasi dan Identifikasi Kandungan Metabolit Sekunder Jamur Endofit Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* linn.)**

**Dewi Chusniasih<sup>1\*</sup>, Najla Nur Azizah<sup>1</sup>, Salsa Pratiwi Mulyadi<sup>1</sup>, Fitri Rizki Oktariyani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Hui, Lampung Selatan, Lampung, Indonesia

\*[dewi.chusniasih@staff.itera.ac.id](mailto:dewi.chusniasih@staff.itera.ac.id)

### **Abstract**

*Turmeric is a plant that is often used as an ingredient in traditional medicine. Turmeric rhizome contains secondary metabolites such as alkaloids, triterpenoids, flavonoids, tannins, anthraquinones and polyphenols which have the potential to be used as antimicrobials and antioxidants. Endophytic fungi that live in plant tissue can produce the same metabolites as their host plants, so that endophytic fungi from turmeric rhizomes have the potential to produce secondary metabolites of medicinal ingredients. This research aimed to isolate endophytic fungi from turmeric rhizomes, and identify secondary metabolites produced by these endophytic fungi. Endophytic fungal isolates were carried out using the pour plate method, and purification was carried out on each colony which had different characteristics. Identification of secondary metabolites was carried out qualitatively. The results showed that there were 5 isolates of endophytic fungi from turmeric rhizomes, namely isolates J1, J2, J3, J4, and J5. The five isolates of endophytic fungi were positive for containing alkaloids, tannins and phenolics, but only isolates J2, J3 and J4 also produced saponins. The five isolates of endophytic fungi were reported not to produce flavonoid compounds. Secondary metabolites produced by endophytic fungi from turmeric rhizomes have the potential to be used as antimicrobial and antioxidant natural ingredients.*

**Keywords:** *Endophytic fungi; Secondary metabolites; turmeric rhizome;*

### **Abstrak**

Kunyit merupakan salah satu tanaman yang kerap digunakan sebagai bahan obat tradisional. Rimpang kunyit mengandung metabolit sekunder seperti alkaloid, triterpenoid, flavonoid, tanin, antrakuinon, dan polifenol yang berpotensi digunakan sebagai antimikroba dan antioksidan. Jamur endofit yang hidup pada jaringan tanaman dapat memproduksi metabolit yang sama dengan tanaman inangnya, sehingga jamur endofit asal rimpang kunyit berpotensi menghasilkan metabolit sekunder bahan obat. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi jamur endofit asal rimpang kunyit, dan mengidentifikasi metabolit sekunder yang dihasilkan jamur endofit tersebut. Isolat jamur endofit dilakukan dengan metode cawan tuang, dan pemurnian dilakukan pada setiap koloni yang memiliki karakter yang berbeda. Identifikasi metabolit sekunder dilakukan secara kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 5 isolat jamur endofit dari rimpang kunyit, yaitu isolat J1, J2, J3, J4, dan J5. Kelima isolat jamur endofit positif mengandung alkaloid, tanin, dan fenolik, namun hanya isolat J2, J3, dan J4 saja yang juga memproduksi saponin. Kelima isolat jamur endofit dilaporkan tidak menghasilkan senyawa flavonoid. Metabolit sekunder yang dihasilkan jamur endofit asal rimpang kunyit berpotensi sebagai bahan alam antimikroba dan antioksidan.

**Kata-kata kunci:** Jamur endofit; Metabolit sekunder; Rimpang kunyit;

## **PENDAHULUAN**

Keanekaragaman tumbuhan cukup tinggi di Indonesia, dan sebagian besar tersebar di kawasan hutan tropis. Umumnya metabolit tanaman berupa karotenoid dan polifenol terutama flavonoid memiliki aktivitas antioksidan dan antimikroba, sehingga banyak diformulasikan

sebagai bahan obat tradisional. Penggunaan bahan alami asli Indonesia sebagai bahan obat diperlukan untuk meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat dengan biaya relatif terjangkau (Haerani *et al.*, 2018). Kandungan antioksidan dan senyawa metabolit yang terdapat pada tanaman dapat digunakan sebagai bahan-bahan obat. Salah satu tanaman yang memiliki manfaat obat adalah tanaman kunyit (*Curcuma longa* Linn). Bagian spesifik pada tanaman kunyit yang memiliki kandungan metabolit sekunder yang kerap dimanfaatkan sebagai bahan obat yaitu rimpang kunyit.

Berdasarkan penelitian (Ningsih *et al.*, 2020), kunyit mengandung senyawa metabolit sekunder antara lain alkaloid, triterpenoid, flavonoid, tanin, antrakuinon, dan polifenol. Rimpang kunyit mengandung senyawa aktif yang disebut kurkumin, yang memberikan kunyit warna kuning cerah dan memiliki sifat antioksidan. Kurkumin memiliki kemampuan untuk melawan radikal bebas dalam tubuh yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan berperan dalam perkembangan penyakit. Kandungan kurkumin pada kunyit sebanyak 3-8% (Suprihatin *et al.*, 2020). Kurkumin memiliki sifat antiinflamasi, antioksidan dan antimikroba bahkan sebagai antikanker (D & Purwaningrum, 2018). Kurkumin diketahui memiliki kemampuan dalam modulasi beberapa molekul target dan menghambat faktor transkripsi (NF-kB), enzim (COX-1, COX-2, LOX), sitokin (TNF $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6) dan gen-gen antiapoptotik (BCL2, BCL2L1) (Shehzad & Lee, 2010).

Kandungan metabolit sekunder yang dimiliki pada tanaman juga dapat dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisme endofit seperti bakteri dan jamur yang hidup pada jaringan tanaman (Kuncoro & Sugijanto, 2011). Secara alamiah, mikroorganisme endofit akan menghasilkan senyawa metabolit yang sama dengan yang diproduksi tanaman inangnya, sebagai bentuk pertahanan diri pada cekaman yang sama. Mikroorganisme endofit di lingkungan masuk ke dalam jaringan tanaman melalui lentisel, stomata atau luka yang terdapat pada akar lateral dan akar yang sedang berkecambah (Murdiyah, 2019).

Metabolit sekunder secara alami dapat dihasilkan oleh tanaman obat ataupun mikroba endofit yang ada di dalam jaringan tanaman obat. Penggunaan tanaman obat sebagai sumber penghasil metabolit sekunder membutuhkan waktu yang lama. Selain itu tanaman obat juga membutuhkan biomassa sampel dalam jumlah besar. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit akan lebih banyak dibanding dengan tanaman obat. Kemampuan yang dimiliki jamur endofit ini dapat menggantikan tanaman obat sebagai sumber metabolit sekunder. Waktu yang dibutuhkan jamur endofit untuk melakukan duplikasi diri lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan dari tanaman obat sebagai tanaman inang. Jamur endofit dapat diandalkan untuk menghasilkan antibiotik atau antioksidan baru tanpa merusak lingkungan.

Selain itu proses yang dibutuhkan dengan menggunakan jamur endofit sebagai sumber metabolit sekunder jauh lebih ekonomis namun akan menghasilkan produk dalam jumlah banyak dengan waktu yang singkat sehingga akan menghemat biaya dan waktu (Kuncoro & Sugijanto, 2011).

Eksplorasi mengenai jamur endofit pada rimpang kunyit belum banyak dilakukan. Jamur endofit memiliki kemampuan untuk menghasilkan senyawa metabolit sekunder dalam jumlah banyak yang bermanfaat sebagai alternatif obat baru. Berdasarkan penelitian (Sontsa-Donhoung *et al.*, 2022), bakteri endofit yang diisolasi dari rimpang kunyit diketahui dapat mensintesis senyawa kurkumin, dan memiliki aktivitas sebagai antijamur dan antibakteri patogen, serta dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan. Jamur endofit dari rimpang jahe juga dilaporkan menghasilkan senyawa antimikroba seperti tyrosol dan asam lemak, dan memiliki aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan jamur patogen *Phytium* (Anisha & Radhakrishnan, 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian untuk mengisolasi jamur endofit pada rimpang kunyit dan mengidentifikasi metabolit yang dihasilkannya untuk memperoleh informasi dalam aspek pemanfaatan jamur endofit asal rimpang kunyit sebagai agen produksi bahan obat.

## **Metode**

### ***Isolasi Jamur Endofit pada Rimpang Kunyit (Curcuma longa Linn.)***

Isolasi jamur endofit dilakukan dengan metode tanam langsung berdasarkan metode (Hasiani *et al.*, 2015). Rimpang kunyit dibersihkan menggunakan aquadest untuk menghilangkan kotoran yang berada di bagian permukaan rimpang kunyit, lalu direndam dengan menggunakan etanol 70% selama 1 menit, kemudian direndam dengan NaOCl selama 3 menit, dan dilanjutkan dengan perendaman menggunakan etanol 70% selama 1 menit. Langkah selanjutnya yaitu rimpang kunyit ditiriskan dan dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 1x1 cm, kemudian diletakkan di atas media PDAC (*Potato Dextrose Agar Chloramphenicol*). Inokulasi sampel dilakukan menggunakan cawan petri dan dilakukan secara triplo, yaitu setiap cawan petri berisikan 3 potong sampel rimpang kunyit. Kemudian inkubasi selama 2-14 hari pada suhu 25-27 C.

### **Pemurnian Isolat Jamur Endofit**

Pemurnian jamur endofit dilakukan untuk memisahkan koloni jamur endofit yang memiliki morfologi yang berbeda. Isolat jamur yang tumbuh pada media, dipindahkan

menggunakan ose ke dalam cawan petri yang berisi media PDAC. Jamur endofit diinkubasi pada suhu ruang selama 3-5 hari, jika terdapat koloni jamur yang berbeda secara makroskopis maka dipisahkan dengan cara memindahkan ke cawan petri lainnya sehingga diperoleh isolat murni.

### ***Produksi Metabolit Sekunder***

Produksi metabolit sekunder jamur endofit dilakukan untuk memperoleh hasil metabolit jamur dalam jumlah banyak, sehingga dapat dilakukan untuk pengujian selanjutnya. Metabolit sekunder diproduksi dengan menggunakan media *Potato Dextrose Broth* (PDB). Koloni jamur yang sudah dilakukan pemurnian pada media PDAC diambil ke dengan menggunakan ose sebanyak 3 potong biakan jamur dengan ukuran 1x1 cm. Kemudian potongan jamur diinokulasikan ke dalam media cair PDB sebanyak 50 mL dan diinkubasi selama 3-5 hari. Setelah itu diambil 20 mL dan dipindahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi media PDB 250 mL. Lalu dilakukan fermentasi dengan menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm (putaran/menit) selama 14 hari pada suhu ruang. Hasil fermentasi kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm dalam waktu 20 menit. Bagian supernatan diambil dan disaring menggunakan kertas saring. Miselium yang mengendap diambil dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40°C selama 3 jam, kemudian direndam menggunakan pelarut metanol selama 2 hari. Hasil ekstraksi disaring dan ekstrak miselium jamur endofit dikeringkan menggunakan waterbath. Ekstrak yang didapatkan kemudian dilakukan pengujian (Hasiani *et al.*, 2015).

### ***Skrining Metabolit Sekunder***

#### ***Identifikasi alkaloid***

Sebanyak 0,5 mL sampel ditambahkan dengan 5 tetes kloroform dan 5 tetes pereaksi Mayer (Pada 20 mL aquades dilarutkan 1 g KI dan ditambahkan 0,271 g HgCl<sub>2</sub> hingga semua larut). Hasil positif akan terbentuk endapan berwarna jingga.

#### ***Identifikasi flavonoid***

Sebanyak 0,5 mL sampel ditambahkan dengan 0,5 g Mg dan 5 mL HCl pekat. Terbentuknya warna merah tua menjadi indikator adanya senyawa flavonoid.

#### ***Identifikasi Saponin***

Sebanyak 0,5 mL sampel ekstrak ditambahkan dengan 0,5 mL aquades lalu dikocok selama 30 detik. Terbentuknya buih atau busa menjadi indikator adanya senyawa saponin pada ekstrak.

### **Identifikasi Tanin**

Sebanyak 1 mL sampel ditambahkan dengan 3 tetes larutan FeCl<sub>3</sub> 5%. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya warna hijau atau kebiruan.

### **Pengujian kandungan fenolik**

Senyawa fenolik merupakan senyawa antioksidan yang dapat menangkap radikal bebas termasuk curcumin. Untuk mengetahui keberadaan senyawa fenolik pada ekstrak jamur endofit maka dilakukan uji antioksidan kualitatif fenolik dengan 1 ml ekstrak jamur endofit, larutan metanol sebanyak 0,5 ml, larutan asam galat 1 ml, dan larutan sampel 1 ml dimasukkan kedalam 3 tabung reaksi. Kemudian diberikan 5 ml reagen Folin- Ciocalteu yang sebelumnya dimurnikan menggunakan aquades pada perbandingan 1:10. Setelah homogen, larutan ditambahkan dengan natrium karbonat sebanyak 4,0 ml. Diinkubasi selama 10 menit lalu diamati perubahan warna pada larutan tersebut. Hasil positif ditunjukkan dengan terjadi perubahan warna menjadi biru (Rondonuwu *et al.*, 2017).

## **Hasil dan Pembahasan**

### **Isolat Jamur Endofit Rimpang Kunyit**

Pada penelitian ini dilakukan berbagai uji untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder dan kandungan antioksidan. Pada proses isolasi jamur endofit, diperoleh sebanyak 5 isolat jamur endofit yang kami peroleh dengan mengisolasi dari rimpang kunyit (*Curcuma longa* Linn.). Hasil isolasi dan pemurnian jamur endofit yang berasal dari rimpang kunyit disajikan pada Tabel 1. Karakterisasi makroskopis jamur endofit yang diperoleh dilakukan dengan mengamati berbagai karakter pada isolat seperti warna dan tekstur koloni, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Makroskopis Isolat Jamur Endofit Rimpang Kunyit

Isolat	Warna Koloni	Tekstur Koloni	Gambar
J1	Putih	<i>Cottony</i>	

J2	Hitam	<i>Powdery</i>	
J3	Hitam	<i>Powdery</i>	
J4	Hijau Kehitaman	<i>Cottony</i>	
J5	Coklat Kehitaman	<i>Powdery</i>	

Secara makroskopis, jamur dengan kode isolat J1 memiliki warna koloni putih kekuningan dan bertekstur pada permukaan koloni seperti kapas atau beludru. Isolat J2, J3, dan J5 memiliki warna koloni hitam atau kecoklatan dengan miselia putih. Ketiga isolat jamur tersebut tumbuh membentuk koloni seperti tepung dan cembung. Sedangkan isolat J4 memiliki warna koloni hijau tua dengan pinggiran berwarna putih dengan tekstur miselium seperti kapas.

Berdasarkan penelitian (Dion *et al.*, 2021), rimpang kunyit memiliki jamur endofit dengan Genus *Trichoderma*, *Aspergillus* dan *Fusarium*. Jamur endofit tersebut dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba pada beberapa bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

### **Kandungan Metabolit Sekunder Jamur Endofit**

Kelima isolat jamur endofit asal rimpang kunyit yang telah dimurnikan, kemudian dilakukan pengujian identifikasi senyawa fitokimia untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder pada isolat jamur endofit (Tabel 2). Hasil pengujian menunjukkan bahwa metabolit yang dihasilkan pada jamur endofit rimpang kunyit berbeda-beda antara isolat satu dengan yang lainnya. Kelima isolat jamur endofit positif mengandung alkaloid, tanin, dan fenolik, namun hanya isolat J2, J3, dan J4 saja yang juga memproduksi saponin. Kelima isolat jamur endofit dilaporkan tidak menghasilkan senyawa flavonoid.

Tabel 2. Kandungan Fitokimia Isolat Jamur Endofit Rimpang Kunyit

Isolat	Alkaloid	Flavonoid	Saponin	Tanin	Fenolik
J1	+	-	-	+	+
J2	+	-	+	+	+
J3	+	-	+	+	+
J4	+	-	+	+	+
J5	+	-	-	+	+

Keterangan:

(+) = Positif mengandung senyawa metabolit sekunder

(-) = Negatif mengandung senyawa metabolit sekunder

Kolonisasi jamur endofit pada jaringan tanaman dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan yang tercekam, dan meningkatkan kemampuan bertahan hidup tanaman inang (Singh & Kumar, 2023). Biomolekul seperti polisakarida, polipeptida, asam lemak, dan glikoprotein diketahui dapat diproduksi oleh jamur endofit. Beberapa jamur endofit juga diketahui dapat memproduksi komponen fitokimia seperti alkaloid, terpenoid, saponin, fenolik, peptida, dan komponen alifatik (Chandran *et al.*, 2020) (Digra & Nonzom, 2023). Senyawa alkaloid, fenolik, dan terpenoid diketahui memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan (Singh & Kumar, 2023). Berdasarkan penelitian (Septiana *et al.*, 2020), jamur endofit asal bunga kunyit memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC<sub>50</sub> sebesar 247,90 µg/ml.

Alkaloid dan fenolik dilaporkan memiliki aktivitas dalam penghambatan pembentukan biofilm dalam mekanisme quorum sensing (Digra & Nonzom, 2023). Quorum sensing merupakan mekanisme yang digunakan oleh suatu koloni bakteri untuk pembentukan biofilm. Alkaloid dan fenolik dapat berperan sebagai quorum quenching - sinyal yang menghentikan

kemampuan mikroba patogen untuk berkoloni dengan mekanisme quorum sensing – sehingga menghentikan terbentuknya lapisan biofilm dan infeksi. Alkaloid dapat membentuk ikatan hidrogen dengan enzim, reseptor, dan protein karena alkaloid memiliki akseptor atom nitrogen dan gugus donor atom hidrogen amino. Berdasarkan informasi farmakologi, alkaloid dapat digunakan sebagai stimulan sistem syaraf pusat, agen anticholinergic, dan vasokonstriktor (Othman *et al.*, 2019).

Tanin menjadi salah satu senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan, karena memiliki gugus OH yang dapat digunakan sebagai donor hidrogen pada gugus radikal bebas. Senyawa saponin memiliki kemampuan membentuk senyawa intermediet hiperoksida yang meredam superoksida, hal ini dapat menyebabkan pencegahan kerusakan biomolekul akibat radikal bebas. Komponen fenolik juga dapat mendonorkan atom hidrogennya, sehingga radikal bebas menjadi tereduksi dan lebih stabil. Semakin banyak gugus hidroksil yang dimiliki senyawa fenolik, maka semakin besar aktivitas antioksidan yang diperoleh (Hasan *et al.*, 2022).

Kemampuan fungi endofit dalam memproduksi metabolit sekunder yang sama dengan inangnya menunjukkan adanya transfer silang antara tanaman inang dengan fungi endofit pada level gen. Keberadaan kandungan metabolit sekunder pada isolat jamur endofit asal rimpang kunyit memungkinkan pemanfaatannya sebagai sumber bahan alam yang berkelanjutan. Jamur endofit dapat diperbanyak dalam waktu yang singkat dan tidak membutuhkan biomassa tanaman dalam jumlah banyak, sehingga keragaman hayati tanaman obat dapat tetap dipelihara dengan baik.

## Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 5 isolat jamur endofit asal rimpang kunyit, yaitu isolat J1, J2, J3, J4, dan J5.
2. Kelima isolat jamur endofit asal rimpang kunyit positif mengandung alkaloid, tanin, dan fenolik. Isolat J2, J3, dan J4 juga positif mengandung saponin berdasarkan pengujian kualitatif.

## Daftar Pustaka

- Anisha, C., & Radhakrishnan, E. K. (2017). Metabolite analysis of endophytic fungi from cultivars of *Zingiber officinale* Rosc. identifies myriad of bioactive compounds including tyrosol. *3 Biotech*, 7(2), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0768-8>
- Chandran, H., Meena, M., Barupal, T., & Sharma, K. (2020). Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds.

- Biotechnology Reports*, 26, e00450. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00450>
- D, K., & Purwaningrum, Y. (2018). *Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder pada tanaman kunyit dalam mendukung peningkatan pendapatan masyarakat Utilization of secondary metabolite in the turmeric plant to increase community income*. 17(1), 544–549.
- Digra, S., & Nonzom, S. (2023). An insight into endophytic antimicrobial compounds: an updated analysis. In *Plant Biotechnology Reports* (Vol. 17, Issue 4). Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/s11816-023-00824-x>
- Dion, R., Maharani, N. A., Akbar, M. F., Wijayanti, P., & Nurlindasari, Y. (2021). Review: Eksplorasi Pemanfaatan Jamur Endofit pada Tanaman Curcuma dan Zingiber sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 5(1), 16–29. <https://doi.org/10.46638/jmi.v5i1.167>
- Haerani, A., Chaerunisa, A. Y., & Subranas, A. (2018). Artikel Tinjauan: Antioksidan untuk kulit. *Farmaka*, 16, 135–151.
- Hasan, H., Ain Thomas, N., Hiola, F., Nuzul Ramadhani, F., & Ibrahim, A. S. (2022). Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Kulit Batang Matoa (*Pometia pinnata*) Dengan Metode 1,1-Diphenyl-2 picrylhidrazyl (DPPH). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 2(1), 67–73. <https://doi.org/10.37311/ijpe.v2i1.10995>
- Hasiani, V. V., Ahmad, I., & Rijai, L. (2015). ISOLASI JAMUR ENDOFIT DAN PRODUKSI METABOLIT SEKUNDER ANTIOKSIDAN DARI DAUN PACAR (*Lawsonia inermis* L.). *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 1(4), 146–153.
- Kuncoro, H., & Sugijanto, N. E. (2011). Jamur Endofit, Biodiversitas, Potensi dan Prospek Penggunaannya Sebagai Sumber Bahan Obat Baru. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, 1(3), 247–262. <https://doi.org/10.25026/jtpc.v1i3.35>
- Murdiyah, S. (2019). Fungi endofit pada berbagai tanaman berkhasiat obat di kawasan hutan vergreen Taman Nasional Baluran dan potensi pengembangan sebagai petunjuk parktikum mata kuliah mikologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(1), 1–10. <http://ejournal.umm.ac.id/index.php/jpbi>
- Ningsih, A. W., Nurrosyidah, I. H., & Hisbiyah, A. (2020). Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica*) Terhadap Rendemen dan Skrining Fitokimia. *Journal of Pharmaceutical-Care Anwar Medika*, 2(2), 49–57. <https://doi.org/10.36932/jpcam.v2i2.27>
- Othman, L., Sleiman, A., & Abdel-Massih, R. M. (2019). Antimicrobial activity of polyphenols and alkaloids in middle eastern plants. *Frontiers in Microbiology*, 10(MAY). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00911>
- Rondonuwu, S. D. J., Suryanto, E., & Sudewi, S. (2017). Kandungan Total Fenolik dan Aktivitas Antioksidan dari Fraksi Pelarut Sagu Baruk (*Arenga microcharpa*). *Chemistry Progress*, 10(1), 2–5.
- Septiana, E., Yadi, Y., & Simanjuntak, P. (2020). Antioxidant Activity of Endophytic Fungi Isolated from Turmeric Flowers. *Biosaintifika*, 12(2), 268–273. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v12i2.24396>
- Shehzad, A., & Lee, Y. S. (2010). Curcumin: Multiple molecular targets mediate multiple pharmacological actions: A review. *Drugs of the Future*, 35(2), 113. <https://doi.org/10.1358/dof.2010.35.2.1426640>
- Singh, V. K., & Kumar, A. (2023). Secondary metabolites from endophytic fungi: Production, methods of analysis, and diverse pharmaceutical potential. *Symbiosis*, 90(2), 111–125. <https://doi.org/10.1007/s13199-023-00925-9>
- Sontsa-Donhoung, A. M., Bahdjolbe, M., Hawaou, & Nwaga, D. (2022). Selecting Endophytes for Rhizome Production, Curcumin Content, Biocontrol Potential, and Antioxidant Activities of Turmeric (*Curcuma longa*). *BioMed Research International*, 2022.

<https://doi.org/10.1155/2022/8321734>  
Suprihatin, T., Rahayu, S., Rifa'i, M., & Widyarti, S. (2020). Senyawa pada Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.) yang Berpotensi sebagai Antioksidan. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 5(1), 35–42. <https://doi.org/10.14710/baf.5.1.2020.35-42>