

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BEE BREAD BERDASARKAN ASAL GEOGRAFIS, PELARUT EKSTRAKSI DAN METODE UJI: ARTIKEL REVIEW***Antioxidant Activity of Bee bread on Geographical Origin, Extraction Solvent, and Test Method: A Review Article*****Syakira Nurfajriya^{1*}, Marissa Angelina², Reki Kardiman¹**¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang²Pusat Riset Bahan Baku Obat dan Obat Tradisional-BRIN, Serpong*Email: syakanurfajriyaunp@gmail.com**Abstract**

Bee bread is a naturally fermented product produced by honey bees (*Apis mellifera*) composed of a mixture of bee salivary gland secretions, pollen, and honey, and is rich in bioactive compounds such as phenolics and flavonoids. The antioxidant activity of *bee bread* has been reported to vary and is influenced by geographical origin, bee species, extraction solvent, and analytical methods. This review article aims to compare the antioxidant activity of bee bread extracts from various geographic regions of bees based on the results of previous studies. The literature review consists of scientific articles published from 2017 to 2024 obtained from indexed databases such as Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Springer, and Scopus. The type of solvent, antioxidant testing technique, and activity results reported in the form of IC₅₀ or percentage inhibition were all included in the analysis. The results of the study showed that bee bread extracts from Malaysia, especially those extracted using 70% ethanol solvent, were reported to have the highest antioxidant activity. 70% ethanol solvent had the best effectiveness in extracting bioactive compounds. In conclusion, *bee bread* has the potential as a source of natural antioxidants that can be developed as functional food ingredients and health products.

Keywords: *Antioxidant Activity; Bee bread; Flavonoids; Phenolics; 70% Ethanol***Abstrak**

Bee bread adalah produk fermentasi alami yang dibuat oleh lebah madu (*Apis mellifera*) yang tersusun atas campuran sekresi kelenjar ludah lebah, serbuk sari, dan madu, dan kaya akan senyawa bioaktif seperti fenolik dan flavonoid. Aktivitas antioksidan *bee bread* dilaporkan bervariasi dan dipengaruhi oleh asal geografis, spesies lebah, pelarut ekstraksi, dan metode pengujian. Artikel review ini bertujuan membandingkan aktivitas antioksidan ekstrak *bee bread* dari berbagai wilayah geografis lebah berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Kajian pustaka terdiri dari artikel ilmiah yang diterbitkan dari tahun 2017 hingga 2024 yang diperoleh dari database terindeks seperti Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Springer, dan Scopus. Jenis pelarut ekstraksi, teknik uji antioksidan, dan hasil aktivitas yang dilaporkan dalam bentuk IC₅₀ atau persentase inhibisi semua dimasukkan dalam analisis. Hasil kajian menunjukkan bahwa ekstrak *bee bread* dari Malaysia, khususnya yang diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70% dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan tertinggi. Pelarut etanol 70% memiliki efektivitas terbaik dalam mengekstraksi senyawa bioaktif. Kesimpulannya, *bee bread* berpotensi sebagai sumber antioksidan alami yang dapat dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional dan produk Kesehatan.

Kata Kunci: *Aktivitas Antioksidan; Bee bread; Etanol 70%; Fenolik; Flavonoid*

PENDAHULUAN

Produk-produk dari lebah sudah sejak lama dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan obat-obatan alami, berkat kandungan nutrisinya yang kaya serta khasiat medisnya. Belakangan ini, antusiasme terhadap produk lebah semakin meningkat, seiring dengan tren makanan fungsional dan pola hidup sehat yang semakin populer. Di antara beragam produk lebah, produk pangannya menonjol sebagai komoditas unggulan yang menarik perhatian, karena studi menunjukkan potensi manfaat kesehatan yang cukup besar (Othman *et al.*, 2019). *Bee bread* adalah hasil fermentasi alami yang terdiri dari campuran serbuk sari, madu, dan cairan dari kelenjar ludah lebah, yang kemudian dibungkus rapi di dalam sarang dan dilapisi lilin. Saat disimpan di sarang, *bee bread* mengalami proses fermentasi asam laktat yang didorong oleh aktivitas bakteri dan ragi, sehingga menghasilkan produk dengan komposisi kimia yang lebih kuat dan kadar senyawa bioaktif yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *bee pollen* (Dranca *et al.*, 2020).

Bee bread kaya akan berbagai senyawa bioaktif, seperti senyawa fenolik, asam lemak tak jenuh, asam amino, vitamin, mineral, karotenoid, lipid, dan protein. Senyawa-senyawa ini berperan dalam berbagai fungsi biologis *bee bread*, terutama dalam aktivitas antioksidan melalui mekanisme penangkalan radikal bebas dan pencegahan reaksi oksidatif yang dipicu oleh stres oksidatif (Hudz *et al.*, 2017). Komposisi kimia dan kandungan *bee bread* bisa berbeda-beda, tergantung dari asal botani bahan bakunya, kapan dan di mana dikumpulkan, bagaimana penyimpanannya, dan metode serta pelarut yang digunakan untuk ekstraksi. Salah satu aktivitas biologis *bee bread* yang paling banyak dilaporkan adalah aktivitas antioksidan. Antioksidan penting untuk menangkal radikal bebas di dalam tubuh, yang bisa menyebabkan stres oksidatif dan berbagai penyakit degeneratif (Rahaman *et al.*, 2023). Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan sumber antioksidan alami, *bee bread* dengan kandungan fenolik dan flavonoidnya berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan makanan fungsional atau produk kesehatan yang berasal dari alam.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji aktivitas antioksidan *bee bread*, hasil-hasil penelitian tersebut masih tersebar dan dilaporkan dengan pendekatan yang beragam. Sampai saat ini, kajian yang secara komprehensif membandingkan hasil penelitian mengenai pengaruh asal geografis, jenis pelarut ekstraksi, dan metode uji terhadap aktivitas antioksidan *bee bread* secara terintegrasi masih terbatas. Oleh karena itu, artikel review ini bertujuan untuk mengkaji dan membandingkan hasil-hasil penelitian terdahulu mengenai aktivitas antioksidan ekstrak *bee bread*. Kajian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai potensi *bee bread* sebagai sumber antioksidan alami.

METODE

Artikel ini merupakan artikel review yang bertujuan menganalisis dan membandingkan aktivitas antioksidan dari ekstrak *bee bread*, dengan mempertimbangkan asal geografis sampelnya dan teknik ekstraksi yang diterapkan. Penelusuran literatur melalui database ilmiah terindeks, yaitu Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Springer, dan Scopus, menggunakan kata kunci utama seperti “*bee bread*”, “antioxidant activity”, “DPPH”, “ABTS”, serta “FRAP”. Artikel yang di inklusi meliputi artikel penelitian yang diterbitkan pada rentang tahun 2017–2024, secara spesifik melaporkan aktivitas antioksidan *bee bread*, serta mencantumkan informasi mengenai lokasi geografis, jenis pelarut ekstraksi, serta metode pengujian yang digunakan. Artikel yang tidak relevan dengan topik ini langsung dieliminasi. Dari hasil seleksi awal, sepuluh artikel memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara komparatif. Data disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah perbandingan antar studi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, aktivitas antioksidan *bee bread* menunjukkan perbedaan antar lokasi geografis, jenis pelarut ekstraksi, dan metode uji yang digunakan (Tabel 1). Dalam kajian ini, lokasi geografis direpresentasikan oleh negara asal sampel yang mencerminkan perbedaan zona iklim dan karakteristik lingkungan, seperti wilayah beriklim sedang, Mediterania, dan tropis. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan khususnya perbedaan iklim dan keanekaragaman sumber botani, bersama tingkat polaritas pelarut memainkan peran penting dalam menentukan seberapa efektif proses ekstraksi senyawa antioksidan dari *bee bread*. Dalam penelitian Can *et al.*, (2024) melaporkan bahwa faktor geografis dan lingkungan diketahui memengaruhi komposisi kimia produk lebah melalui perbedaan jenis tanaman berbunga dan ketersediaannya sepanjang tahun.

Tabel 1. Aktivitas Antioksidan Ekstrak *Bee bread* Berdasarkan Asal Geografis, Jenis Pelarut, dan Metode Uji

No	Asal <i>Bee bread</i>	Pelarut Ekstraksi	Aktivitas Antioksidan				Sumber
			DPPH		ABTS		
			IC ₅₀ (µg/mL)	% inhibisi	IC ₅₀ (mmol Trolox/g)	% inhibisi	
1	Ukraina	Etanol 50%	156 – 171	-	-	-	(Hudz <i>et al.</i> , 2017)
2	Malaysia	Etanol 70%	-	93,6	-	97,95	0,85 (Akhir <i>et al.</i> , 2017)
3	Malaysia	Etanol 70%	0,5173	-	-	-	(Rashid <i>et al.</i> , 2023)
		Etanol 95%	0,8597	-	-	-	
4	Rumania	Etanol 70%	-	-	0,02 – 0,07	-	(Ilie <i>et al.</i> , 2024)
5	Malaysia	Etanol 70%	2,139	-	-	-	106,7 (Suleiman <i>et al.</i> , 2021)
6	Malaysia	Etanol 70%	-	72,04 – 79,34	-	-	1,07 – 1,08 (Othman <i>et al.</i> , 2019)
7	Indonesia	Etanol 96%	5,884	-	-	-	- (Sari <i>et al.</i> , 2024)
8	Malaysia	Etanol 80%	-	70,1	-	-	- (Mohammad <i>et al.</i> , 2021)
9	Malaysia	Etanol 70%	-	93,95	-	-	- (Ng <i>et al.</i> , 2024)
		Hexane	-	72,89	-	-	-
10	Spanyol	Metanol	100	-	-	-	- (Mărgăoan <i>et al.</i> , 2019)
11	Turki	Etanol 95%	3,820	-	0,006	-	- (Mayda <i>et al.</i> , 2020)
12	Portugal	Etanol 80%	0,02	-	-	-	5,6 (Aylanc <i>et al.</i> , 2021)
13	Indonesia	Etanol 80%	15,84	-	-	-	- (Jaya <i>et al.</i> , 2020)
14	Ukraina	Etanol 80%	157,8	-	-	-	- (Ivanišová <i>et al.</i> , 2015)
15	Rumania	Air suling	1,14	-	4,86	-	- (Pukalskas <i>et al.</i> , 2016)

Bee bread yang berasal dari Ukraina, sebagai representasi wilayah beriklim sedang, ketika diekstraksi menggunakan etanol 50 – 80%, dilaporkan menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih rendah dibandingkan *bee bread* dari wilayah tropis. Nilai IC_{50} DPPH yang dilaporkan 156 – 171 $\mu\text{g/mL}$ (Hudz *et al.*, 2017) dan 157,8 $\mu\text{g/mL}$ (Ivanišová *et al.*, 2015). Aktivitas antioksidan yang lebih rendah berkaitan dengan perbedaan karakteristik iklim sedang yang bersifat musiman serta keanekaragaman tanaman berbunga yang relatif terbatas, sehingga memengaruhi jenis dan kadar senyawa fenolik yang terkandung dalam *bee bread*. Beberapa penelitian melaporkan bahwa daerah tropis cenderung memiliki keragaman flora yang lebih tinggi dan periode pembungaan yang lebih panjang, yang berkontribusi terhadap peningkatan kandungan senyawa bioaktif pada produk lebah (Rundel *et al.*, 2016).

Sebaliknya, sebagian besar *bee bread* yang berasal dari Malaysia, sebagai wilayah tropis dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi. Menurut hasil penelitian Akhir *et al.* (2017), dilaporkan bahwa ekstrak *bee bread* dengan pelarut etanol 70% menunjukkan persentase penghambatan radikal bebas yang tinggi pada uji DPPH dan ABTS masing-masing 93,6% dan 97,95%, serta nilai FRAP sebesar 0,85 mM Fe/g. Uji DPPH dan ABTS menggambarkan kemampuan senyawa antioksidan dalam menetralkan radikal bebas, sedangkan nilai FRAP mencerminkan kapasitas pereduksi ion besi, sehingga kombinasi ketiga parameter ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai aktivitas antioksidan (Prior *et al.*, 2005). Temuan serupa juga dilaporkan oleh penelitian Suleiman *et al.* (2021) dan Othman *et al.* (2019) yang menyebutkan bahwa antioksidan kuat pada *bee bread* asal Malaysia berdasarkan nilai IC_{50} dan nilai FRAP.

Selain wilayah tropis, *bee bread* asal Portugal yang mewakili Kawasan Mediterania juga dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang relatif tinggi. Aylanc *et al.* (2021), menunjukkan bahwa ekstrak *bee bread* dengan etanol 80% memiliki nilai IC_{50} DPPH sebesar 0,02 $\mu\text{g/mL}$ dan nilai FRAP sebesar 5,6 mM Fe^{2+}/g . Tingginya aktivitas ini berkaitan dengan karakteristik lingkungan Mediterania yang kaya akan tanaman aromatik dan penghasil senyawa fenolik, yang berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas antioksidan *bee bread* (Rundel *et al.*, 2016).

Pengaruh dari konsentrasi pelarut ekstraksi juga tampak konsisten pada berbagai penelitian. *Bee bread* asal Indonesia yang diekstraksi menggunakan etanol 80% menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 15,84 $\mu\text{g/mL}$ (Jaya *et al.* 2020) yang tergolong aktivitas antioksidan kuat. Sebaliknya, penggunaan etanol dengan konsentrasi sangat tinggi, seperti etanol 95–96%, cenderung menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih rendah, sebagaimana yang dilaporkan pada *bee bread* asal turki penelitian Mayda *et al.* (2020) dan asal Indonesia pada penelitian Sari *et al.*, (2024). Hal ini sejalan dengan penelitian Dai & Mumper (2010), yang melaporkan bahwa pelarut dengan polaritas sedang lebih efektif dalam mengekstraksi senyawa antioksidan, karena mampu melarutkan senyawa hidrofilik dan semi-polar secara bersamaan. Temuan tersebut juga didukung oleh penelitian (Rashid *et al.*, 2023) yang melaporkan bahwa ekstrak *bee bread* dengan etanol 70% menghasilkan nilai IC_{50} DPPH yang lebih kecil dibandingkan etanol 95%. Sementara itu, penggunaan pelarut air suling pada *bee bread* asal Rumania dilaporkan menghasilkan aktivitas antioksidan yang relatif rendah dibandingkan pelarut organik, dengan nilai DPPH sebesar 1,14 $\mu\text{g/mL}$ dan FRAP sebesar 4,86 mM Fe^{2+}/g (Pukalskas *et al.*, 2016). Hal ini menegaskan bahwa pemilihan pelarut merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi ekstraksi senyawa antioksidan dari *bee bread*.

Secara keseluruhan, hasil kajian literatur ini, menunjukkan bahwa perbedaan asal geografis yang berkaitan dengan zona iklim dan keanekaragaman botani, serta pemilihan pelarut dengan polaritas sesuai, merupakan faktor utama yang memengaruhi aktivitas antioksidan *bee bread*. *Bee bread* dari wilayah tropis dan Mediterania cenderung menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan wilayah beriklim sedang, sementara etanol 70 – 80% secara konsisten dilaporkan sebagai pelarut yang paling efektif untuk mengekstraksi senyawa antioksidan. Selain itu, penggunaan lebih dari satu metode uji antioksidan diperlukan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi *bee bread* sebagai sumber antioksidan alami.

KESIMPULAN

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa variasi antioksidan *bee bread* tidak mencerminkan perbedaan hasil numerik antar penelitian, tetapi merupakan konsekuensi dari interaksi kompleks antara faktor

geografis, sumber botani, dan pendekatan metodologis yang digunakan. Secara konsisten, bee bread yang berasal dari wilayah tropis, seperti Malaysia dan Indonesia, cenderung menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan wilayah beriklim sedang. Pola ini dapat dijelaskan secara ilmiah melalui keanekaragaman flora tropis yang lebih tinggi ketersediaan sumber serbuk sari sepanjang tahun, yang berkontribusi terhadap akumulasi senyawa fenolik dan antioksidan dalam *bee bread*.

Selain faktor geografis, kajian ini menegaskan bahwa perbedaan metode ekstraksi merupakan sumber utama variasi hasil antar studi. Pelarut dengan polaritas sedang, khususnya etanol 70 – 80%, secara konsisten menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan etanol berkonsentrasi tinggi atau pelarut non-polar. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi ekstrak senyawa antioksidan pada *bee bread* sangat bergantung pada kesesuaian polaritas pelarut terhadap sifat kimia senyawa fenolik dan flavonoid yang dominan. Dengan demikian, perbandingan aktivitas antioksidan antar penelitian hanya dapat dilakukan secara bermakna apabila faktor metodologis ini dipertimbangkan secara kritis.

Lebih lanjut, perbedaan hasil yang diperoleh dari metode uji antioksidan seperti DPPH, ABTS dan FRAP menegaskan bahwa setiap metode merepresentasikan mekanisme antioksidan yang berbeda, sehingga penggunaan lebih dari satu metode uji menjadi penting untuk memperoleh gambaran kapasitas antioksidan *bee bread* secara komprehensif. Oleh karena itu, literatur review ini menekankan bahwa interpretasi potensi antioksidan *bee bread* tidak dapat dilepaskan dari konteks geografis, komposisi botani, serta pendekatan analisis yang digunakan.

Secara keseluruhan, sintesis kritis terhadap literatur yang ada menunjukkan bahwa *bee bread* memiliki potensi yang kuat sebagai sumber antioksidan alami, namun eksploitasi potensi tersebut memerlukan standarisasi metode ekstraksi dan evaluasi yang lebih terarah. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan *bee bread* sebagai bahan fungsional atau produk kesehatan, sekaligus mengidentifikasi kebutuhan penelitian lanjutan yang lebih terstandar untuk memperkuat perbandingan antar wilayah dan studi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, R. A. M., Bakar, M. F. A., & Sanusi, S. B. (2017). Antioxidant and antimicrobial activity of stingless bee bread and propolis extracts. In *AIP Conference Proceedings*, 1891(December 2016). <https://doi.org/10.1063/1.5005423>
- Aylanc, V., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Falcão, S. I., & Vilas-Boas, M. (2021). Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: Bioaccessibility and antioxidant activity. *Antioxidants*, 10(5), 651.
- Can, Z., Gidik, B., Kara, Y., & Kolaylı, S. (2024). Antioxidant activity and phenolic content of bee breads from different regions of Türkiye by chemometric analysis (PCA and HCA). *European Food Research and Technology*, 250(12), 2961 – 2971. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04597-7>
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313–7352.
- Dranca, F., Ursachi, F., & Oroian, M. (2020). Bee bread: Physicochemical characterization and phenolic content extraction optimization. *Foods*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/foods9101358>
- Hudz, N., Ivanova, R., Brindza, J., Grygorieva, O., Schubertová, Z., & Ivanišová, E. (2017). Approaches to the determination of antioxidant activity of extracts from bee bread and safflower leaves and flowers. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), 480–488. <https://doi.org/10.5219/786>
- Ilie, C. I., Spoiala, A., Geana, E. I., Chircov, C., Ficai, A., Ditu, L. M., & Oprea, E. (2024). Bee bread: a promising source of bioactive compounds with antioxidant properties-first report on some antimicrobial features. *Antioxidants*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/antiox13030353>
- Ivanišová, E., Kačániová, M., Frančáková, H., Petrová, J., Hutková, J., Brovarskyi, V., Velychko, S., Adamchuk, L., Schubertová, Z., & Musilová, J. (2015). Bee bread-perspective source of bioactive compounds for future. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinárstvo*, 9(1).

- Jaya, F., Rosyidi, D., Radiati, L. E., Minarti, S., Susilo, A., Muslimah, R. H., & Husolli, M. (2020). Antioxidant activity and microbiological quality of bee bread collected from three different species honey bee. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 475(1), 12033.
- Mărgăoan, R., Stranț, M., Varadi, A., Topal, E., Yücel, B., Cornea-Cipcigan, M., Campos, M. G., & Vodnar, D. C. (2019). Bee collected pollen and bee bread: Bioactive constituents and health benefits. *Antioxidants*, 8(12), 568. <https://doi.org/10.3390/antiox8120568>
- Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y. C., & Sorkun, K. (2020). Bee bread and bee pollen of different plant sources: determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(4), 1795–1809. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00427-y>
- Mohammad, S. M., Badrul Hisham, A. A., Mustapa, N. A., Chan, K. W., & Zawawi, N. (2021). Proximate analysis, antioxidant activity, and antibacterial activity of fish sausages fortified with bee bread extract. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 6657553. <https://doi.org/10.1155/2021/6657553>
- Ng, S. S., Kamal, N., Wan, K.L., Hazmi, I. R., Yusof, N. Y. M., Bakar, M. F. A., Jaapar, M. F., Sulaiman, N., & Sairi, F. (2024). Metabolomic fingerprints: seasonal and farm-specific differences in *Heterotrigona itama* bee bread. *Malaysian Applied Biology*, 53(4), 167–184.
- Othman, Z. A., Noordin, L., Ghazali, W. S. W., Omar, N., & Mohamed, M. (2019). Nutritional, phytochemical and antioxidant analysis of bee bread from different regions of Malaysia. *Indian J. Pharm. Sci*, 81(5), 955–960.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302.
- Pukalskas, A., Kazernavičiutė, R., & Balžekas, J. (2016). Evaluation of antioxidant activity and flavonoid composition in differently preserved bee products. *Czech Journal of Food Sciences*, 34(2), 133–142.
- Rahaman, M. M., Hossain, R., Herrera-Bravo, J., Islam, M. T., Atolani, O., Adeyemi, O. S., Owolodun, O. A., Kambizi, L., Daştan, S. D., Calina, D., & Sharifi-Rad, J. (2023). Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural products, and associated health benefits: An update. *Food Science and Nutrition*, 11(4), 1657–1670. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3217>
- Rashid, Z. M., Abd Rashid, K. A., & Anwar, N. Z. R. (2023). *Heterotrigona itama* bee bread extracts: effect of solvent polarity on extraction yield, chemical characteristics and antioxidant activity. *Journal Of Agrobiotechnology*, 14(1), 44–53.
- Rundel, P. W., Arroyo, M. T. K., Cowling, R. M., Keeley, J. E., Lamont, B. B., & Vargas, P. (2016). Mediterranean biomes: evolution of their vegetation, floras, and climate. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 47(1), 383–407.
- Sari, E. K. A., Ayu, D., Wardhani, S., Agustina, V., Hakim, L., Wulandari, R., Wibowo, N. A., & Chua, L. E. E. S. (2024). Identification of bioactive compounds and encapsulation of bee bread from *Heterotrigona itama* using a spray dryer with its antioxidant activity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(7), 2857–2865. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250707>
- Suleiman, J. B., Mohamed, M., Abu Bakar, A. B., Nna, V. U., Zakaria, Z., Othman, Z. A., & Aroyehun, A. B. (2021). Chemical profile, antioxidant properties and antimicrobial activities of Malaysian *Heterotrigona itama* bee bread. *Molecules*, 26(16), 4943. <https://doi.org/10.3390/molecules26164943>