

Vol. 12 No. 1, Bulan Maret Tahun 2024

## Review: Metabolit Sekunder pada Kelapa Sawit

Mira Ariyanti, Farida Farida, dan Uum Umiyati

Universitas Padjadjaran, Indonesia

[mira.ariyanti@unpad.ac.id](mailto:mira.ariyanti@unpad.ac.id)

(Received: Feb-05- 2024; Accepted: Feb-27-2024; Published: March-30- 2024)

### ABSTRACT

*Oil palm is known as a plantation crop that produces vegetable oil which is widely used in human life. Palm oil is produced from fresh fruit bunches (FFB) which originate from female flowers. Another part of the oil palm plant that has not been widely utilized is the oil palm leaves. When these leaves have been pruned, they will become abundant garden waste. Apart from that, there are empty palm oil bunches (tankos) which are classified as factory waste. Further research is needed regarding the compound content, especially the secondary metabolite content of midrib and tankos so that their utilization is optimal. The aim of this review is to determine the content of secondary metabolite compounds in oil palm plants and the potential for wider use. The method used is collecting library data, reading, analyzing and writing it down. The data and references used are scientific articles in national and international journals, textbooks, literature reviews and other sources. Based on the review, information was obtained that oil palm leaves contain several secondary metabolite compounds, especially saponins and phenols, while tankos contains phenol compounds. The amount of secondary metabolite compound content is not yet known for certain and this could be an opportunity to conduct research to determine the content of secondary metabolite compounds, especially for oil palm plants.*

*Keywords : oil palm, secondary metabolite, review*

### ABSTRAK

Kelapa sawit dikenal sebagai tanaman perkebunan penghasil minyak nabati yang penggunaannya cukup luas dalam kehidupan manusia. Minyak sawit dihasilkan dari tandan buah segar (TBS) yang berasal dari bunga betina. Bagian lain dari tanaman kelapa sawit yang belum banyak dimanfaatkan adalah daun kelapa sawit. Daun tersebut apabila telah dipangkas akan menjadi limbah kebun yang jumlahnya berlimpah. Selain itu ada tandan kosong kelapa sawit (tankos) yang tergolong sebagai limbah pabrik. Perlu telaah lebih lanjut mengenai kandungan senyawa terutama kandungan metabolit sekunder dari pelepah dan tankos agar pemanfaatannya optimal. Tujuan telaah review ini adalah mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder pada tanaman kelapa sawit dan potensi pemanfaatannya secara lebih luas. Metode yang digunakan adalah mengumpulkan data pustaka, membaca, menganalisis dan menuangkan dalam bentuk tulisan. Data dan referensi yang digunakan berupa artikel ilmiah pada jurnal nasional dan internasional, textbook, literarture review dan sumber lainnya. Berdasarkan telaah review diperoleh informasi bahwa pada daun kelapa sawit terkandung beberapa senyawa metabolit sekunder terutama saponin dan fenol, sedangkan pada tankos terkandung senyawa fenol. Besaran kandungan senyawa metabolit sekunder tersebut belum diketahui pasti dan hal tersebut dapat dijadikan peluang melakukan penelitian untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder khususnya untuk tanaman kelapa sawit.

Kata kunci : kelapa sawit, metabolit sekunder, review



## PENDAHULUAN

Pembahasan mengenai senyawa metabolit sekunder seringkali dikaitkan dengan metode analisis yang digunakan untuk mengekstraknya. Pada artikel review ini bahasan tidak berdasarkan metode analisisnya tetapi akan dibahas mengenai senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman kelapa sawit dan manfaatnya bagi tanaman dan bagi kehidupan manusia. Tulisan ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kandungan senyawa metabolit sekunder pada tanaman kelapa sawit dan potensi pemanfaatannya secara lebih luas.

Tanaman kelapa sawit selama ini dikenal sebagai tanaman penghasil minyak dengan buah sebagai organ targetnya. Bagian lain dari tanaman diantaranya akar, batang, daun, biji sebenarnya dapat dikaji lebih dalam khususnya mengenai kandungan senyawa metabolit sekundernya. Pemanfaatan bagian lain selain buah dari tanaman kelapa sawit dapat dikaitkan dengan pengolahan kembali limbah kebun dan limbah pabrik yang dihasilkan. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan limbah selama proses pemanenan, pemangkasan, penanaman kembali, dan pengolahan di pabrik, sekitar 53% dari berat kering limbah ini berasal dari daun kelapa sawit (Nordin et al, 2023). Limbah tersebut dapat diolah menjadi bahan penghasil senyawa metabolit sekunder yang bermanfaat. Beberapa informasi terkait dengan komposisi daun dan pelepah kelapa sawit menunjukkan bahwa kandungan bahan keringnya mencapai 48,78%, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) sebesar 51,87%, serat kasar sebesar 31,09%, lignin sebesar 16,9%, dan unsur lainnya termasuk protein kasar sebesar 5,3% serta silika sebesar 0,6%. (Imsya, 2008).

Senyawa metabolit umumnya terdapat pada semua makhluk hidup termasuk tumbuhan. Senyawa metabolit memegang peranan penting dalam aktivitas metabolisme tumbuhan yang dikelompokkan menjadi dua, yakni metabolit primer dan metabolit sekunder (Ngginak et al, 2017). Senyawa metabolit primer merupakan senyawa yang esensial bagi proses metabolisme

sel dan proses sintesis serta pemecahan zat-zat yang mendukung kelangsungan hidup tumbuhan. Jenis senyawa ini mencakup karbohidrat, protein, dan lemak. Sementara itu senyawa metabolit sekunder merupakan senyawa organik yang dihasilkan oleh tanaman tanpa peran langsung dalam proses fotosintesis, pertumbuhan, respirasi, atau fungsi dasar lainnya. Sebaliknya, senyawa-senyawa ini terlibat dalam pengaturan transportasi zat terlarut, translokasi, produksi protein, penggunaan nutrisi, diferensiasi, serta pembentukan karbohidrat, protein, dan lemak (Nuraeni, 2021).

Kajian metabolit sekunder pada tanaman kelapa sawit penting untuk dibahas sehingga dapat diketahui prospek pengembangannya baik untuk tanaman maupun kehidupan manusia.

## METODE

Penelitian menggunakan metode studi literatur. Metode ini dilaksanakan dengan mengumpulkan data pustaka, membaca, menganalisis dan menuangkan dalam bentuk tulisan. Data dan referensi yang digunakan berupa artikel ilmiah pada jurnal nasional dan internasional, *textbook*, literature review dan sumber lainnya.

## PEMBAHASAN

### **Jenis dan kandungan metabolit sekunder pada kelapa sawit dan peranannya bagi tanaman.**

Senyawa metabolit sekunder ada dalam tubuh tanaman disinyalir berfungsi sebagai pertahanan tanaman itu sendiri. Salah satu bagian tanaman kelapa sawit yang dapat diambil metabolit sekundernya adalah daun, disamping bagian lainnya. Daun kelapa sawit biasa disebut dengan pelepah kelapa sawit, dimana setiap pelepah terdiri dari 250 – 400 anak daun (Pahan, 2012). Pada tanaman kelapa sawit menghasilkan (TM), jumlah pelepah yang dipertahankan di pohon berjumlah 48-56 pelepah, selebihnya dipangkas dan menjadi limbah kebun yang dibiarkan begitu saja di

gawangan mati serta terdekomposisi secara alami. Sejauh ini pemanfaatan pelepah kelapa sawit adalah sebagai mulsa atau kompos. Selain mengandung unsur hara, pelepah kelapa sawit juga mengandung pula senyawa metabolit sekunder sehingga dapat lebih dimanfaatkan baik untuk kehidupan manusia (sebagai bahan obat-obatan) dan hewan (untuk pakan).

Senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada daun kelapa sawit mencakup triterpenoid/steroid, saponin, tanin, glikosida, flavonoid, dan alkaloid (Achmad, 2019). Kandungan saponin cenderung lebih tinggi pada daun yang masih muda, tetapi efek hemolitiknya biasanya kurang kuat daripada saponin yang dihasilkan oleh akar tanaman (Yanuartono, 2017). Menurut Fenwick, dkk. (1991), kandungan saponin lebih melimpah pada tanaman yang masih muda daripada yang sudah tua. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa triterpenoid saponin berfungsi sebagai senyawa pertahanan alami dalam tanaman (Fabio et al., 2014).

Saponin ditemukan pada hampir semua bagian tanaman termasuk bunga, buah, batang, daun, dan akar (Dumanau *et al.*, 2015). Senyawa ini termasuk kedalam komponen organik yang mempunyai kapasitas steroid yang baik. Molekul tersebut terbentuk dari serangkaian atom C dan H yang dimilikinya menjadikan saponin memiliki aktivitas biologis sehingga berperan sebagai anti bakteri. Saponin adalah jenis triterpen glikosida dan steroid yang diberi nama demikian karena karakteristiknya mirip dengan sabun (Anggraito, 2018). Keberadaan unsur yang larut lemak seperti steroid atau triterpen, bersama dengan unsur yang larut air seperti gula dalam satu molekul, menghasilkan sifat-sifat saponin yang menyerupai deterjen.

Selain pada daun kelapa sawit, pada tandan kosong kelapa sawit terkandung senyawa fenol. Tandan kosong kelapa sawit atau disebut dengan tankos merupakan limbah pabrik hasil sisaan pengolahan tanda buah segar (TBS) yang telah diambil minyaknya. Tandan kosong kelapa sawit adalah serabut-serabut yang tersisa setelah buah dipisahkan dari tandan buah segar dan kemudian disterilkan (melalui penguapan

pada tekanan 294 kPa selama 1 jam) (Shinoj *et al.*, 2011). Asap cair yang berasal dari proses pirolisis tankos sawit mengandung lebih dari 15 senyawa kimia. Menurut Faisal et al. (2020), di antara senyawa kimia yang terkandung dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit termasuk asam asetat, piridina, benzena, asam benzenesulfonat, fenol, dan toluena. Asam asetat dan fenol adalah senyawa-senyawa utama yang dominan dalam asap cair tandan kosong tersebut.

Senyawa fenolik umumnya terhubung dengan respons pertahanan pada tumbuhan. Selain itu, senyawa fenolik juga memiliki peran penting di berbagai proses lainnya, seperti menarik serangga untuk mempercepat proses polinasi, memberikan warna sebagai mekanisme kamuflase dan perlindungan terhadap herbivora, serta menunjukkan aktivitas anti-bakteri dan antijamur (Alasalvar *et al.*, 2001; Acamovic & Brooker, 2005; Edreva et al., 2008).

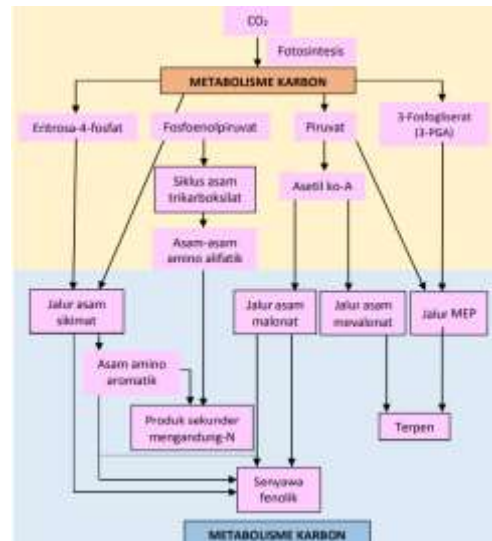
Secara umum fungsi senyawa metabolit sekunder bagi tanaman adalah untuk pertahanan diri dari tekanan biotik dan abiotik. Tumbuhan menghasilkan senyawa metabolit sekunder sebagai salah satu mekanisme untuk melindungi diri dari lingkungan yang tidak mendukung, seperti perubahan suhu dan (Novitasari, 2016). Menurut Bryant et al. (1983), konversi karbon untuk menghasilkan metabolit sekunder adalah sebuah mekanisme yang digunakan oleh tanaman untuk melindungi diri saat menghadapi stres, contohnya pembentukan fenil amida, akumulasi antosianin, dan poliamina sebagai respons terhadap tekanan dari lingkungan (Akula *et al.*, 2011). Secara alami tanaman memiliki mekanisme tertentu untuk tetap melangsungkan proses metabolisme meskipun pada kondisi lingkungan yang tidak memungkinkan. Salah satunya dengan mengeluarkan eksudat berupa senyawa metabolit sekunder. Pengaturan metabolit sekunder merupakan strategi yang digunakan oleh tanaman untuk melindungi diri dari lingkungan yang tercekam (Austen *et al.*, 2019).

## Mekanisme pembentukan metabolit sekunder pada tumbuhan

Pada daun kelapa sawit terkandung senyawa metabolit sekunder diantaranya saponin dan fenol, meskipun dalam hal ini belum diketahui pasti besaran kandungannya. Menurut Botahala (2020), terdapat tiga jalur utama yang terlibat dalam sintesis metabolit sekunder, yaitu jalur asam malonat, mevalonat, dan sikimat. Metabolit sekunder yang termasuk dalam jalur asam malonat meliputi asam lemak (seperti laurat, miristat, palmitat, stearat, oleat, linoleat, linolenik), poliasetilen, prostaglandin, makrolida, serta senyawa aromatik (seperti antraquinon dan tetrasiklin). Tanaman yang menghasilkan senyawa-senyawa ini meliputi jarak pagar, kelapa sawit, kelapa, jagung, kacang tanah, zaitun, bunga matahari, kedelai, wijen, kapas, coklat, dan alpukat (Mariska, 2013).

Gambar 1 menunjukkan jalur-jalur utama biosintesis metabolit sekunder. Saponin termasuk ke dalam metabolit terpen sehingga berdasarkan jalurnya, saponin dihasilkan melalui jalur asam mevalonat (MVA) dan jalur metileritritol fosfat (MEP) (Gambar 1). Jalur asam mevalonat (MVA) berlangsung di mitokondria, sedangkan jalur metileritritol fosfat (MEP) terjadi di kloroplas dan plastida lainnya (Anggraito, 2018). Sintesis dimulai dari asetil-KoA dan penggabungan unit-unit isopren berkarbon lima, menghasilkan terpen. Ada dua prekursor yang membangun tulang punggung terpen, yaitu isopentenil pirofosfat (IPP) dan dimetilalil pirofosfat (DMAPP), melalui berbagai iterasi, penyusunan ulang, dan siklisasi.

Senyawa fenol dihasilkan melalui jalur asam malonat dan jalur asam sikimat (Gambar 1). Senyawa fenolik mencakup beragam kelompok, termasuk flavonoid sederhana, asam-asam fenolat, flavonoid kompleks, dan antosianin.



Gambar 1. Jalur-jalur utama biosintesis metabolit sekunder (Taiz & Zeiger, 2015)

## Faktor yang mempengaruhi keberadaan metabolit sekunder pada kelapa sawit

Senyawa metabolit sekunder umumnya terdapat pada semua bagian tanaman. Hal yang membedakan adalah faktor pendorong munculnya metabolit sekunder dan kadarnya pada masing-masing bagian tanaman. Senyawa metabolit sekunder merupakan hasil dari metabolisme sekunder. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi metabolisme sekunder pada kelapa sawit. Faktor tersebut dapat berupa cekaman abiotik dan biotik.

Menurut Austen *et al*, (2019), saat tanaman mengalami cekaman abiotik maka metabolisme sekunder tanaman akan beralih ke jalur yang memakan energi yang banyak. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan hasil produksi tanaman kelapa sawit kontrol yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan pada pengujian material tahan kekeringan (Corley, 2018). Stres abiotik pada tanaman merupakan kondisi di mana faktor-faktor lingkungan di sekitarnya memberikan dampak negatif yang menyebabkan perubahan, bahkan hingga tingkat fungsional (Ben-Ari dan Lavi, 2012).

Cekaman abiotik yang dapat mempengaruhi metabolisme tanaman selain cekaman kekeringan dapat pula berupa cekaman salinitas dan suhu (Simamora *et al.*, 2021). Cekaman biotik yang mempengaruhi metabolisme pada tanaman berupa serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) terhadap tanaman tersebut. Seperti pada saat kelapa sawit yang diserang oleh *Ganoderma* maka tanaman kelapa sawit akan meningkatkan kandungan polyisoprenoid pada bagian yang terinfeksi (Afandi *et al.*, 2019). Analisis kromatografi gas telah mengungkap bahwa senyawa steroid dan derivat asam lemak melimpah dalam akar kelapa sawit yang terinfeksi oleh isolat *Ganoderma* (Isha *et al.*, 2019).

Seringkali, saponin sebagai salah satu senyawa metabolit sekunder menunjukkan konsentrasi paling tinggi dalam jaringan tumbuhan yang cenderung diserang oleh serangga, jamur, atau bakteri. Fenomena ini menandakan kemungkinan peran saponin sebagai elemen dalam sistem kekebalan tubuh tumbuhan (Yanuartono, 2017). Namun, pembentukan metabolit sekunder seringkali berhubungan dengan penurunan yang cukup besar pada biomassa. (Niinemets, 2015). Misalnya, pada tanaman kelapa sawit, terdapat penurunan produksi yang mencapai 18% dari kondisi kontrol dalam uji coba bahan toleran terhadap kekeringan (Corley *et al.*, 2018).

### **Pemanfaatan metabolit sekunder**

Hal yang perlu diperhatikan sebelum memanfaatkan senyawa metabolit sekunder tanaman adalah metode untuk memisahkan senyawa tersebut dari bahan asalnya. Metode yang digunakan diantaranya ekstraksi (pemisahan suatu zat), maserasi, spektrofotometri, kromatografi. Ekstraksi adalah proses pemindahan zat terlarut (solut) dari satu pelarut ke pelarut lain yang tidak dapat saling bercampur (Suleman, 2022). Lebih lanjut setelah proses pemisahan tersebut, senyawa metabolit sekundernya baru dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan.

Pemanfaatan pada bidang pertanian khususnya, saponin dapat berfungsi sebagai pestisida nabati dimana saponin dapat memberikan efek *anti-feeding* pada serangga dengan menghambat enzim - enzim yang bekerja sehingga kinerja dari alat pencernaan dan pemanfaatan protein serangga tersebut menurun (Muta'ali, 2015). Saponin dengan sifatnya yang antimikroba, antibakteri, dan antifungi, serta antivirus turut membantu tanaman kelapa sawit dalam mencegah serta menanggulangi serangan hama dan penyakit tanaman. Racun yang ditimbulkan oleh saponin disebut dengan sapatoksin dan tergolong racun dengan toksisitas tinggi.

Dalam penggunaannya dalam konteks kesehatan, saponin juga dapat mengurangi kadar kolesterol dalam darah dan memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan sel tumor (Yanuartono, 2017). Senyawa saponin telah diaplikasikan dalam bidang farmasi karena diketahui memiliki aktivitas sebagai obat antijamur, antibakteri, dan anti-tumor (Bintoro dkk, 2017). Saponin steroid memiliki peran farmakologis dalam pengobatan berbagai penyakit seperti reumatik, anemia, diabetes, sifilis, disfungsi ereksi, dan juga memiliki sifat antijamur. Di sisi lain, saponin triterpen berfungsi sebagai agen antibakteri, antijamur, antiinflamasi, dan ekspektoran (Evans, 2002). Saponin menunjukkan beragam sifat biologis termasuk kemampuan hemolitik, aktivitas anti-moluska, efek antivirus, aktivitas sitotoksik atau anti-kanker, pengaruh pada kadar kolesterol (hipokolesterolemia), serta sifat antiprotozoal (Yanuartono, 2017). Saponin terbukti memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan jamur dan memberikan perlindungan terhadap tumbuhan dari serangan serangga. Selain itu, saponin juga memiliki sifat anti-karsinogenik dan berperan sebagai pengatur fermentasi dalam rumen (Suparjo, 2008).

Saponin bermanfaat sebagai antibakteri, antivirus, antikanker (sitotoksik) dan efek hipokolesterolemia (Achmad, 2019; Zumaro dkk., 2021). Selain itu pada daun kelapa sawit terkandung senyawa metabolit sekunder berupa

polifenol (Kresnawaty dkk., 2023). Dilaporkan bahwa efek antioksidan dari polifenol juga dapat mengurangi tingkat kolesterol dan menghambat perkembangan aterosklerosis (Langseth, 2000; Septiana & Asnani, 2013). Menurut Nordin *et al* (2023), daun kelapa sawit memiliki potensi untuk digunakan sebagai antibakteri dan antibiofilm secara alami yang ekonomis, ramah lingkungan, dan menghasilkan lebih sedikit efek samping

Selain bagi tumbuhan dan manusia, saponin juga bermanfaat bagi hewan. Penggunaan senyawa saponin sebagai agen perlindungan protein, pelepasan amonia dapat diperlambat serta memacu biosintesis mikroba pada rumen (Ani *et al.*, 2015). Saponin pada pakan ternak memberikan manfaat berupa meningkatkan pertumbuhan, sistem imunitas, kualitas daging ternak, mengurangi protozoa pada hewan ruminansia, serta mengurangi bau kotoran pada hewan ternak.

Saponin dapat digunakan sebagai pestisida untuk mencegah dan mengatasi serangan hama dan penyakit pada tanaman. Menurut Mahmud dkk (2023), saponin dapat mengganggu proses metabolisme tubuh yang dapat menghambat aktivitas serangga yang pada akhirnya mengakibatkan kematian serangga tersebut. Kandungan fenol dan asam yang terkandung pada tandan kosong kelapa sawit juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan insektisida alami yang bermanfaat dalam mengurangi penggunaan insektisida kimia yang dapat berdampak negatif pada lingkungan apabila digunakan secara terus menerus (Sari dkk., 2018).

Senyawa fenol memiliki fungsi sebagai perlindungan terhadap sinar UV-B dan nekrosis untuk menjaga keutuhan DNA dari dimerisasi dan kerusakan (Hanin dan Pratiwi, 2017). Meskipun fenol memiliki sifat toksik (Oktaviani dan Haris, 2016), namun juga memiliki berbagai sifat lainnya seperti bakteriosid, antimetik, antiasmatik, antihelminik, analgetik, antimikroba, antiinflamasi, serta meningkatkan motilitas usus (Tahir dkk., 2017). Senyawa ini memainkan peran penting sebagai agen

pencegah dan pengobatan berbagai gangguan kesehatan, termasuk arteriosklerosis, disfungsi otak, diabetes, dan kanker (Garg *et al.*, 2016).

Fenol dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan insektisida alami yang bermanfaat dalam mengurangi penggunaan insektisida kimia yang dapat berdampak negatif pada lingkungan apabila digunakan secara terus menerus (Sari dkk., 2018). Asam fenol yang berada dalam asap cair tankos dapat dimanfaatkan sebagai bahan insektisida (Indrayani *et al.*, 2011). Pestisida alami ini terbukti efektif dalam mengontrol berbagai hama yang sering menyerang tanaman pangan, termasuk wereng coklat, ulat grayak, ulat jengkal, dan kutu daun (Sari *et al.*, 2018; Ahadiyat *et al.*, 2020)

### **Tantangan dan peluang pemanfaatan metabolit sekunder**

Besaran kandungan metabolit sekunder pada tanaman kelapa sawit terutama pada bagian yang tidak dipanen belum banyak diketahui. Perlu telaah literatur yang lebih detail sehingga dapat diperoleh informasi mengenai kandungannya terutama pada bagian daun, batang, akar kelapa sawit. Diperlukan pengetahuan metode ekstraksi yang cukup efisien dan efektif untuk melakukan pemisahan metabolit sekunder dari bagian tanaman kelapa sawit. Hal ini menimbulkan tantangan tersendiri dalam meneliti mengenai senyawa metabolit sekunder terutama pada tanaman kelapa sawit.

Peluang pemanfaatan metabolit sekunder dari bagian tanaman kelapa sawit masih sangat besar terutama untuk kesehatan tanaman dan kesehatan manusia. Penelitian tentang metabolit sekunder masih menjadi salah satu bidang penelitian yang besar untuk mengidentifikasi peran dan karakteristik farmakologis dari tiap-tiap metabolit tersebut (Kabera *et al.*, 2014).

## KESIMPULAN

Telaah review mengenai kandungan senyawa metabolit sekunder pada tanaman kelapa sawit diperlukan untuk memberikan gambaran informasi mengenai senyawa apa saja yang terkandung pada bagian tanaman kelapa sawit terutama bagian tanaman yang berpotensi menjadi limbah diantaranya daun dan tandan kosong (tankos) kelapa sawit. Tulisan tersebut membahas tentang senyawa metabolit sekunder dalam tanaman kelapa sawit terutama daun dan tankos dan manfaatnya bagi tanaman dan manusia. Daun kelapa sawit mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder seperti saponin dan fenol, yang memiliki berbagai manfaat, termasuk antibakteri, antivirus, dan efek hipokolesterolemia. Terdapat tantangan dalam penelitian mengenai kandungan metabolit sekunder pada bagian yang tidak dipanen dari tanaman kelapa sawit, serta peluang besar untuk pemanfaatannya dalam bidang pertanian, kesehatan, dan farmasi.

## REFERENCES

- Acamovic, T. & Brooker, J.D. 2005. Biochemistry of Plant Secondary Metabolites and Their Effects in Animals. *Proceeding of Nutrition Society*. 64: 403-412.
- Achmad, S., & Naingolan, M. 2019. Isolasi Golongan Senyawa Saponin dari Daun Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Afandi, D., Basyuni, M., Putri, L. A. P., Chalil, D., Syahputra, I. 2019. Expression of Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Polyisoprenoids in Response to *Ganoderma boninense* infection. *Biodiversitas*. 20(1): 68-76. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200109>
- Ahadiyah, Y., Rostaman, R., & Fauzi, A. 2020. Pengaruh Aplikasi Asap Cair Tempurung Kelapa dan Pupuk NPK terhadap Hama dan Penyakit Pada Padi Gogo. *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan*. 4(3): 153-160.
- Akula, R., & Ravishankar, G. A. 2011. Influence of Abiotic Stress Signals on Secondary Metabolites in Plants. *Plant Signal Behaviour*. 6(11): 1720-31.
- Alasalvar, C., Grigor, J. M., Zhang, D. L., Quantick, P. C., & Shahidi, F. 2001. Comparison of Volatiles, Phenolics, Sugars, Antioxidant Vitamins, and Sensory Quality of Different Colored Carrot Varieties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49: 1410-1416.
- Anggraito, Y. U., Susanti, R., Iswari, R. S., Yuniastuti, A., Lisdiana, W. H., Habibah, N. A., & Bintari, S. H. 2018. Metabolit Sekunder dari Tanaman: Aplikasi dan Produksi. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang (UNNES), Semarang.
- Ani, A. S., Pujaningsih, R. I., & Widiyanto. 2015. Perlindungan Protein Menggunakan Tanin dan Saponin Terhadap Daya Fermentasi Rumen dan Sintesis Protein Mikrob. *Jurnal Veteriner*. 16(3): 439 - 447.
- Austen, N., Walker, H. J., Lake, J. A., Phoenix, G. K., & Cameron, D. D. 2019. The Regulation of Plant Secondary Metabolism in Response to Abiotic Stress: Interactions Between Heat Shock and Elevated CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1463. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01463>
- Ben-Ari, G., & Lavi, U. 2012. Marker-assisted selection in plant breeding. In *Plant Biotechnology and Agriculture*. 163-184. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381466-1.00011-0>
- Bintoro, A., Ibrahim, A. M., & Situmeang, B. 2017. Analisis dan Identifikasi Senyawa Saponin dari Daun Bidara (*Zhizipus Mauritania* L.). *Jurnal ITEKIMA*. 2(1):84-94.
- Botahala, L. 2020. Deteksi Dini Metabolit Sekunder pada Tanaman (Early Detection of Secondary Metabolites in Plants).
- Bryant, J. P., Chapin, F. S. I., Klein, D. R. 1983. Carbon Nutrient Balance of Boreal Plants in Relation to Vertebrate Herbivory. *Oikos*. 40: 357-68.
- Corley, R. H. V., Rao, V., Palat, T., & Praiwan, T. 2018. Breeding for Drought Tolerance in Oil Palm. *Journal of Oil Palm Research*. 30(1),26-35.
- Dumanau, J. M., Caroline A.W., Poli, A. F., 2015. Penetapan Kadar saponin Pada Ekstrak Daun Lidah Mertua (*Sansevieria varietas gravimetri. S. trifasciata* Laurentii) *Jurnal Ilmu Prain secara dan Teknologi Kesehatan*. 2(2): 65-69.

- Edreva, A., Velikova, V., Tsonev, T., Dagnon, S., Gürel, A. L., & Aktas, L. 2008. Stress-protective Role of Secondary Metabolites: Diversity of Functions and Mechanisms. *Genetic Application of Plant Physiology*. 34: 67-78.
- Evans, W. C. 2002. *Trease and Evans Pharmacognosy. 15th edition*. Edinburgh, Saunders
- Fabio, G. D., Romanucci, V., Marco, A. D., & Zarrelli, A. 2014. Triterpenoids from *Gymnema sylvestre* and Their Pharmacological Activities. *Molecules*. 10956-10981.
- Faisal, M., Gani, A., Mulana, F., Desvita, H., & Kamaruzzaman, S. 2020. Effects of Pyrolysis Temperature on the Composition of Liquid Smoke Derived from Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Rasayan Journal of Chemistry*. 13(1): 514–520. <https://doi.org/10.31788/RJC.2020.1315507>
- Fenwick, G.R., Price, K. R., Tsukamoto, C., & Okubo, K. 1991. Saponins. In: Mello, F.J.P.D., Duffus, C.M., Duffus, J.H. (Eds.), *Saponins in Toxic Substances in Crop Plants*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge
- Garg, N., Abdel-Aziz, S.M., & Aeron, A. 2016. *Microbes in Food and Health*, Springer. Switzerland 42 - 45.
- Hanin, N. N. F., & Pratiwi, R. 2017. Kandungan Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Paku Laut (*Acrostichum aureum* L.) Fertile dan Steril. *Journal Of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 2 (1): 51- 56. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv128>
- Imsya A. 2008. Konsentrasi N-amonias, Kecernaan Bahan Kering dan Kecernaan Bahan Organik Pelepah Sawit Hasil Amoniasi Secara In Vitro. *Prodising. Seminar. Nasional Teknol. Peternak dan Vet.* 111–115
- Indrayani, Y., Oramahi, H. A., & Nurhaida. 2011. Evaluasi Asap Cair Sebagai Bio-Termitisida untuk Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* sp. *Jurnal Tengkuwang*, 1(2): 87–96.
- Isha, A., Akanbi, F. S., Yusof, N. A., Osman, R., Mui- Yun, W., & Abdullah, S. N. A. 2019. An NMR Metabolomics Approach and Detection of *Ganoderma boninense* - Infected Oil Palm Leaves Using MWCNT-Based Electrochemical Sensor. *Journal of Nanomaterials*. 1–12. <https://doi.org/10.1155/2019/4729706>
- Kabera, J.N., Semana, E., Mussa, A.R., and He, X. 2014. Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2, 377-392.
- Kresnawaty, I., Permatasari, G. W., Widodo, W., & Santoso, D. 2023. Uji Aktivitas Antioksidan dan Biotransformasi Ekstrak Etanol dan Heksana Daun Kelapa Sawit untuk Suplemen Kesehatan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 33(3): 207-215.
- Langseth L. 2000. Antioxidants and Their Effect on Health. Schmidl, M. K., & Labuza, T.P. (Eds.). *Essentials of Functional Foods*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Mahmud, Y., Dewi, K. A., & Oktari, R. D. 2023. Efektivitas Ekstrak Daun Kapuk Randu (*Ceiba pentandra* Grant) dalam Mortalitas Hama Ulat Api (*Setora nitens* Walk) Pada Tanaman Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Integrasi Pertanian Dan Peternakan*. 1(1): 118–126. <https://semnasfpp.uin-suska.ac.id/index.php/snipp>
- Mariska, I. 2013. *Metabolit Sekunder: Jalur pembentukan dan Kegunaannya*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik. Diakses dari <http://biogen.litbang.pertanian.go.id/>
- Muta'ali, R. 2015. Pengaruh Ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea indica*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Spodoptera litura* F (*Doctoral dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Ngginak, J., Mangibulude, Jubhar. C., & Rondonuwu, F. S. 2017. The Identification of Carotenoids and Testing of Carotenoid Antioxidants from Sand Lobster (*Panulirus homarus*) Egg Extract. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*.
- Niinemets, Ü. 2015. Uncovering the Hidden Facets of Drought Stress: Secondary Metabolites Make the Difference. *Tree Physiology*, tpv128.
- Nordin, N., Khan, H., & Ahsan, J. 2023. The Antibacterial Activity of Palm Oil (*Elaeis guineensis*) Leaf Extracts Against *Staphylococcus aureus*. *Compendium of Oral Science*. 10(1): 45–56. <https://doi.org/10.24191/cos.v10i1.21622>



- Novitasari, A. E., & Dinda Z. P. 2016. Isolasi dan Identifikasi Saponin pada Ekstrak Daun Mahkota Dewa dengan Ekstraksi Maserasi. *Jurnal Sains*. 6 (12): 10-14.
- Nuraeni, Y., Wida, D. 2021. Pemanfaatan Metabolit Sekunder Tumbuhan sebagai Pestisida Nabati pada Tanaman Hutan. *Jurnal Galam*. 2 (1): 1-15
- Oktaviani, Z. P. And Haris, A. 2016. Sintesis ZnO-SiO<sub>2</sub> dan Aplikasinya pada Fotokatalis Degradasi Limbah Organik Fenol dan Penurunan Kadar Cd (II) secara Simultan. *Journal Kimia Sains dan Aplikasi*. 19(2): 45-49.
- Pahan, I. (2012). Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit. Penebar Swadaya Grup.
- Shinoj, S. P. S. M., Kochubabu, R., Visvanathan. 2011. Oil Palm Fiber (OPF) and Its Composites: A review. *ind. Crops Prod*. 33 :7–22.
- Sari, Y. P., Samharinto, & Langai, B. F. 2018. Penggunaan Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Pestisida Nabati untuk Mengendalikan Hama Perusak Daun Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *EnviroScientiae*. 14(3): 272–284.
- Septiana, A. T., & Asnani, A. 2013. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Sargassum duplicatum*. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 14(2): 79-86.
- Simamora, A. N., Wening, S. 2021. Kajian Metabolit Sebagai Pendukung Program Pemuliaan Kelapa Sawit. *Warta PPKS* 26(3): 162-177.
- Suleman, I. F., Rieny S., Shindy, H. M., Wila R. N. 2022. Identifikasi Senyawa Saponin dan Antioksidan Ekstrak Daun Lamun (*Thalassia hemprichii*). *Jambura Fish Processing Journal*. 4 (2): 94-102.
- Suparjo. 2008. Saponin: Peran dan Pengaruhnya Bagi Ternak Dan Manusia. Fakultas Peternakan. Jambi. <https://jajo66.files.wordpress.com/2008/06/saponin.pdf>
- Tahir, M., Muflihunna, A., & Syafrianti. 2017. Penentuan Kadar Fenolik Total Ekstrak Etanol Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 4(1): 215-218.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2015. *Plant Physiology*. 6 th Ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. 545-582.
- Yanuartono, H., Purnamaningsih, A., Nururrozi, & Indarjulianto, S. 2017. Saponin: Dampak terhadap Ternak (Ulasan). *Jurnal Peternakan Sriwijaya*. 6 (2): 79-90. ISSN 2303-1093
- Zumaro, M., Rija'i, H. R., Narsa, A. C., Sulistiarini, R., & Helmi, H. 2021. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). In *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*. 14:125-128.