

Penentuan Kadar Fenolik Total pada Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Minyak Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis

Dwita Sari^{1*}, Ika Ucha Pradifta Rangkuti¹, Nur Ariyani Agustina², Sri Maryati², Dian Rosalina²

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia

²Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Teuku Umar

*Email korespondensi : dwita1803@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia yang menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam jumlah melimpah. TKKS diketahui mengandung senyawa fenolik yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan kadar total fenolik pada ekstrak TKKS, fase minyak TKKS, dan fase air TKKS. Sampel TKKS yang berasal dari hopper tankos serta minyak TKKS yang berasal dari keluaran bunch press diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Tasik Raja, PT AEP. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen deskriptif yang meliputi uji kualitatif senyawa fenolik dan uji kuantitatif menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 756 nm. Hasil uji kualitatif menunjukkan bahwa seluruh sampel positif mengandung senyawa fenolik yang ditandai dengan perubahan warna menjadi hijau kehitaman dan kuning jingga. Kadar total fenolik tertinggi diperoleh pada ekstrak TKKS dengan nilai rata-rata sebesar 133,0 mg/L GAE, diikuti oleh fase air sebesar 82,4 mg/L GAE dan fase minyak sebesar 76,9 mg/L GAE. Nilai tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan kadar fenolik pada buah kelapa sawit, yaitu sebesar 1,46 mg/L. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa fenolik pada TKKS dan minyak TKKS lebih tinggi dibandingkan dengan buah kelapa sawit, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan.

Kata kunci: tandan kosong kelapa sawit (TKKS), minyak TKKS, senyawa fenolik, soxhletasi, spektrofotometri UV-Vis.

ABSTRAK

Indonesia is the largest palm oil producer in the world, producing abundant waste of Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) which is rich in phenolic compounds that have the potential as a source of antioxidants. This study aims to identify and determine the total phenolic content in OPEFB extract, oil phase, and OPEFB water phase. OPEFB samples from the tankos hopper and OPEFB oil from the bunch press output were taken from the Tasik Raja PKS PT. AEP. This study used a descriptive experimental method with qualitative tests of phenolic compounds and quantitative tests using UV-Vis spectrophotometry at a wavelength of 756 nm. The qualitative test results showed that all samples were positive for containing phenolic compounds with a reaction of Blackish Green and Yellow-Orange color changes. The highest total phenolic content was found in the OPEFB extract with an average of 133.0 mg/L GAE, followed by the water phase (82.4 mg/L GAE) and the oil phase (76.9 mg/L GAE). These values are significantly higher than the phenolic content in oil palm fruit (1.46 mg/L). This study demonstrates that phenolic compounds in OPEFB and OPEFB oil are higher than those in oil palm fruit, making them suitable sources of antioxidants.

Keywords: OPEFB, OPEFB oil, phenolic compounds, soxhletation, UV-Vis spectrophotometry.

PENDAHULUAN

Sebagai produsen kelapa sawit terbesar di dunia, Indonesia memegang peran strategis dalam peta industri global dengan kontribusi signifikan terhadap pasokan minyak sawit mentah. Ekspansi lahan yang masif (dari 0,3 juta hektare pada tahun 1980 menjadi 14,8 juta hektare pada tahun 2020), menjadi basis utama pemerintah untuk mencapai target produksi 40 juta ton guna memenuhi kebutuhan pangan dan energi nasional (Syukri et al., 2024; Rangkuti, 2018). Namun, peningkatan kuantitas ini membawa tantangan ekologis yang besar, mengingat setiap satu ton Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah menghasilkan sekitar 0,23 ton biomassa lignoselulosa berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (Simanjuntak et al., 2021). Karakteristik lignoselulosa pada TKKS merupakan matriks kompleks yang menyimpan berbagai senyawa metabolit sekunder berharga (Adhityatama, 2017). Dengan struktur produksi yang menghasilkan 90% limbah biomassa : 10% minyak (Tsouko et al., 2019), terdapat trend peningkatan volume TKKS sebesar 3,1 juta ton pertahun yang memerlukan penanganan serius (Ilhami et al., 2024).

Sebagai sektor strategis nasional, industri kelapa sawit secara proaktif berkontribusi pada pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia melalui transformasi menuju konsep ekonomi biosirkular (PASPI, 2020); Fandira et al., 2023). Transisi ini merupakan respons terhadap tantangan pengelolaan limbah yang berisiko menimbulkan degradasi lingkungan serius jika tidak ditangani secara efektif dalam jangka pendek (Fandira et al., 2023). Melalui strategi integratif ini, fokus industri bergeser dari sekadar eksploitasi minyak menjadi pemanfaatan biomassa, seperti Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), melalui peningkatan nilai ekonominya (Septiani & Ni, 2025). TKKS memiliki potensi dijadikan sebagai sumber senyawa bioaktif fenolik yang berfungsi sebagai antioksidan alami bagi kesehatan sekaligus upaya mitigasi terhadap beban limbahnya (Wahyuningsih et al., 2011; Paspi, 2018). Senyawa fenolik ini terbukti memiliki aktivitas penangkap radikal bebas yang kuat, sehingga berpotensi besar untuk diaplikasikan dalam industri pangan fungsional (Tullah et al., 2023). Implementasi biosirkular ini tidak hanya mendukung kelestarian lingkungan, tetapi juga mendorong kesejahteraan ekonomi masyarakat melalui penguatan konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (Paspi, 2018; Septiani & Ni, 2025).

Meskipun penelitian terdahulu melaporkan bahwa biomassa kelapa sawit

mengandung fenolik (Abdullah dan Ramli, 2020) dan kadar fenolik total pada buah kelapa sawit mencapai 1,46 mg/L (Lestari et al., 2023), informasi mengenai kandungan dan distribusi senyawa fenolik pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) masih sangat terbatas. TKKS merupakan salah satu output yang dihasilkan dari proses pemipilan di pabrik kelapa sawit, yang masih mengandung sisa minyak sekitar 3–4% serta berbagai padatan lainnya (Sianturi, 2026).

Kandungan tersebut menunjukkan bahwa TKKS berpotensi menjadi sumber senyawa bioaktif yang bernilai tambah, termasuk senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan alami. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji kandungan fenolik pada TKKS dan produk turunannya masih jarang dilakukan. Selama ini, sebagian besar penelitian lebih berfokus pada kadar fenolik pada buah kelapa sawit, sedangkan informasi mengenai distribusi senyawa fenolik pada ekstrak TKKS, fase air TKKS, dan fase minyak TKKS yang dihasilkan dari proses bunch press masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan tidak hanya untuk menentukan kadar fenolik total pada TKKS, tetapi juga untuk membandingkan distribusi senyawa fenolik pada ketiga fraksi tersebut, sehingga dapat memberikan informasi awal mengenai potensi pemanfaatan masing-masing fraksi sebagai sumber antioksidan alami dan bahan baku bernilai ekonomi tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PKS Tasik Raja PT. AEP Labuhan Batu Selatan, Laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan dan Laboratorium Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) Medan. Waktu penelitian selama 4 bulan dari bulan Desember 2025 hingga bulan Maret 2026. Penelitian ini menganalisa adanya senyawa fenolik dan menghitung kadar fenolik total pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan minyak tandan kosong kelapa sawit hasil pressan dari mesin bunch press dengan pengulangan pengambilan sampel selama 3 hari berturut-turut yaitu pada hari kesatu, hari kedua dan hari ketiga.

Metode penentuan kadar fenolik total pada penelitian ini diadopsi dari prosedur Folin-Ciocalteu oleh Lestari et al. (2023), yang awalnya diaplikasikan pada buah kelapa sawit segar, namun dimodifikasi pada pretreatment sampel untuk menyesuaikan dengan matriks limbah lignoselulosa TKKS. Modifikasi tersebut meliputi pengalihan: metode maserasi menjadi ekstraksi panas kontinu (sokletasi), penambahan tahapan sentrifugasi (2000-2500 rpm, 15 menit) untuk memisahkan fase emulsi minyak, optimasi pembacaan spektrofotometri pada panjang gelombang 756 nm (sebelumnya 744,8 nm), serta efisiensi waktu inkubasi reaksi dari 120 menit menjadi 60 menit.

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan : Soklet merek Electromantle ME, Neraca digital merek Sartorius tipe BSA224S, mesin sentrifuse merek Fisher tipe FC 650 DN, dan Spektrofotometri UV-Vis merek Thermo Scientific tipe Genesys 150. Bahan yang digunakan : Etanol 96%, FeCl₃ (merck, 3%), pereaksi folin-ciocalteu, Na₂CO₃ 7,5%, aquadest, dan standar asam galat. Sampel tandan kosong kelapa sawit dan minyak tandan kosong kelapa sawit diambil di PKS Tasik Raja Palm Oil Mill PT. AEP (Anglo Estern Plantations), Kabupaten Labuhan Batu Selatan, Sumatra Utara.

Preparasi Sampel

Sampel TKKS dan minyak TKKS diperoleh dari PKS Tasik Raja Palm Oil Mill PT. AEP, Kabupaten Labuhan Batu Selatan, Sumatra Utara. Pengambilan sampel dilakukan selama tiga hari berturut-turut sebagai ulangan penelitian. Sampel TKKS dikeringkan menggunakan oven, kemudian dipotong menjadi ukuran kecil dan ditimbang sebanyak 10 g. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode sokletasi dengan 250 mL etanol 96% hingga pelarut pada sifon tampak jernih. Ekstrak yang diperoleh disimpan pada suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$ sebelum dipipet menggunakan rotary evaporator. Sampel minyak TKKS dipisahkan menjadi fase minyak dan fase air menggunakan sentrifugasi pada kecepatan 2000–2500 rpm selama 15 menit, kemudian masing-masing fase disimpan dalam botol vial gelap pada suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$ hingga dilakukan analisis.

Uji Kualitatif

Pengujian kualitatif kandungan senyawa fenolik pada sampel ekstrak TKKS, fase minyak TKKS, dan fase air TKKS dilakukan dengan metode uji warna menggunakan pereaksi besi(III) klorida (FeCl₃). Prosedur pengujian disesuaikan berdasarkan

karakteristik fisik dari masing-masing fraksi sebagai berikut:

1. Pengujian Kualitatif pada Ekstrak TKKS dan Fase Air TKKS

Sebanyak 1 mL sampel (ekstrak TKKS atau fase air TKKS) dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering. Ke dalam tabung tersebut ditambahkan 3 tetes larutan FeCl₃. Campuran kemudian dihomogenkan dengan cara menjentikkan jari (*flicking*). Perubahan warna larutan diamati secara visual setelah reaksi berlangsung. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya perubahan warna larutan menjadi hijau pekat, biru tua, keunguan, atau hijau kehitaman, yang menandakan terjadinya pembentukan kompleks antara ion FeCl₃ dengan gugus hidroksil fenolik pada sampel (Lestari et al., 2023).

2. Pengujian Kualitatif pada Fase Minyak TKKS

Mengingat fase minyak memiliki sifat hidrofobik, preparasi sampel dilakukan terlebih dahulu melalui tahapan partisi cair-cair. Sebanyak 1 mL sampel fase minyak TKKS dilarutkan ke dalam 2 mL etanol di dalam tabung reaksi untuk menarik senyawa fenolik yang bersifat polar. Campuran tersebut dijentikkan jari secara kuat dan didiamkan hingga terbentuk dua lapisan yang terpisah secara sempurna. Lapisan supernatan (fase alkohol) yang berada di bagian atas dipipet secara hati-hati dan dipindahkan ke dalam tabung reaksi baru. Selanjutnya, ke dalam fase alkohol tersebut ditambahkan 3 tetes pereaksi FeCl₃ dan dihomogenkan. Keberadaan senyawa fenolik dikonfirmasi secara visual melalui pembentukan warna hijau tua atau kuning-oranye pekat pada larutan uji.

Uji Kuantitatif

Penentuan kadar fenolik total dilakukan menggunakan metode Folin–Ciocalteu. Sebanyak 0,5 mL sampel dicampurkan dengan 0,5 mL pereaksi Folin–Ciocalteu dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 4 mL larutan Na₂CO₃ 7,5% dan akuades hingga volume 10 mL. Campuran dihomogenkan menggunakan vortex selama 1 menit dan diinkubasi selama 60 menit dalam kondisi gelap. Absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang 756 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Larutan standar asam galat dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

Analisis Data

Untuk menentukan kadar fenolik total pada sampel, harus menentukan absorbansi sampel terlebih dahulu menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan asam galat sebagai larutan standar. Spektrofotometer UV-Vis adalah alat laboratorium yang menggabungkan fungsi pemancar cahaya (spektrometer) dan pengukur intensitas (detektor) untuk mengetahui jenis serta kadar suatu zat. Instrumen ini bekerja dengan cara menyinari sampel menggunakan sinar ultraviolet dan cahaya tampak, yang kemudian diserap oleh molekul dalam sampel tersebut. Pengukuran ini didasarkan pada Hukum Lambert-Beer, yang menjelaskan bahwa makin banyak cahaya yang diserap (absorbansi), maka makin tinggi pula konsentrasi zat yang terkandung di dalam sampel tersebut (Hasana, 2023). Asam galat digunakan sebagai larutan standar untuk menentukan kurva kalibrasi yang dibutuhkan untuk menghitung kadar fenolik total pada sampel (Sayakti et al., 2023). Kurva kalibrasi dibuat menggunakan larutan standar asam galat dengan konsentrasi 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 756 nm dengan tiga kali ulangan.

Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,006x + 0,02$$

$$x = (y - 0,02) / 0,006$$

dengan nilai koefisien korelasi $R^2=0,9993$.

Persamaan ini menunjukkan hubungan linear yang sangat baik antara absorbansi (y) dan konsentrasi (x) sesuai Hukum Lambert-Beer (Ulfa, Primadiamanti dan Novitasari, 2017). Kurva kalibrasi ini digunakan untuk menghitung kadar fenolik total sampel dengan rumus:

$$\text{Konsentrasi (mg/L)} = \frac{(\text{Absorbansi rata-rata}) - 0,02}{0,006}$$

Nilai standar deviasi dihitung menggunakan rumus:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

SD = standar deviasi

x_i = nilai pengamatan ke-i (absorbansi masing-masing ulangan)

\bar{x} = nilai rata-rata absorbansi

n = jumlah ulangan pengamatan

Σ = jumlah seluruh nilai

Standar deviasi kadar fenolik total diperoleh melalui transformasi persamaan kurva standar:

$$SD_{\text{fenolik}} = \frac{SD_{\text{absorbansi}}}{0,006}$$

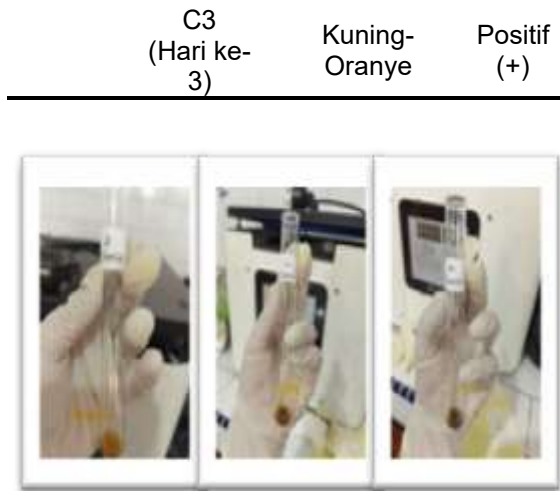
HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa fenolik hidrofilik terdapat pada Tandan Buah Segar (TBS), Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan daun kelapa sawit (Abdullah & Ramli, 2020). Metode sokletasi dipilih karena efektivitasnya dalam mengekstraksi senyawa aktif dari matriks lignoselulosa TKKS secara kontinu dan cepat (Ramayani et al., 2021). Penggunaan pelarut etanol 96% dipilih karena sifatnya yang mampu mengekstrak senyawa aktif polar dan non polar dengan baik (Pramushinta et al., 2025).

Dalam penelitian ini dilakukan analisis uji kualitatif senyawa fenolik melalui metode reaksi dengan penambahan $FeCl_3$ pada masing-masing sampel. Tabel 1 Menunjukkan bahwa ekstrak TKKS, Fase Air dan Fase Minyak TKKS mengandung senyawa fenolik ditandai adanya perubahan warna hijau kehitaman dan kuning-oranye. Gambar 1 menunjukkan hasil pengamatan adanya perubahan warna ekstrak TKKS dan minyak TKKS dari hasil uji kualitatif.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitatif Senyawa Fenolik (3 Replikat)

Jenis Sampel	Replikat	Warna yang Diamati	Kesimpulan
Ekstrak TKKS	A1 (Hari ke-1)	Hijau Kehitaman	Positif (+)
	A2 (Hari ke-2)	Hijau kehitaman	Positif (+)
	A3 (Hari ke-3)	Hijau kehitaman	Positif (+)
Fase Air TKKS	B1 (Hari ke-1)	Kuning-oranye	Positif (+)
	B2 (Hari ke-2)	Kuning-Oranye	Positif (+)
	B3 (Hari ke-3)	Kuning-Oranye	Positif (+)
Fase Minyak TKKS	C1 (Hari ke-1)	Kuning-Oranye	Positif (+)
	C2 (Hari ke-2)	Kuning-Oranye	Positif (+)



Gambar 1 (a) Hasil pengamatan uji kualitatif fenolik ekstrak TKKS



(b) Hasil pengamatan uji kualitatif fenolik Fase Air TKKS



(c) Hasil pengamatan uji kualitatif fenolik Fase Minyak TKKS

Uji kualitatif senyawa fenolik pada ekstrak TKKS, fase air TKKS, dan fase minyak TKKS diidentifikasi menggunakan pereaksi $FeCl_3$. Prinsip pengujian ini didasarkan pada kemampuan ion Fe^{3+} untuk membentuk kompleks dengan gugus hidroksil (-OH) yang terdapat pada senyawa fenolik. Ketika larutan $FeCl_3$ ditambahkan ke dalam sampel yang mengandung fenol, atom oksigen pada gugus

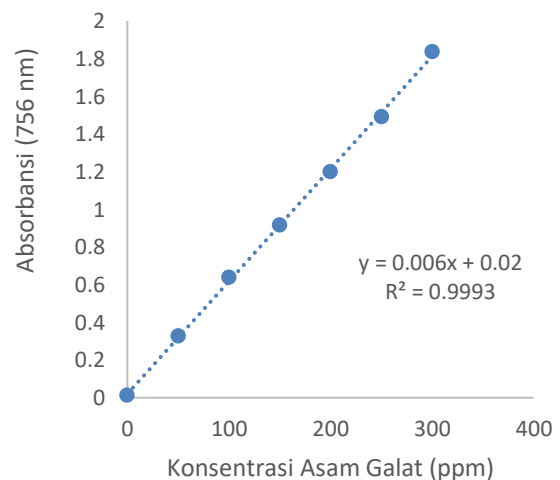
hidroksil akan berkoordinasi dengan ion Fe^{3+} sehingga terbentuk kompleks besi-fenolat. Pembentukan kompleks tersebut ditandai dengan munculnya perubahan warna menjadi ungu, biru, hijau, atau kehitaman, tergantung pada jenis dan struktur senyawa fenolik yang terdapat dalam sampel (Ayu, Pratiwi dan Nurbaeti, 2019). Reaksi ini menunjukkan adanya interaksi antara ion Fe^{3+} dan gugus fenolat yang menghasilkan senyawa kompleks berwarna, sehingga dapat digunakan sebagai indikator keberadaan senyawa fenolik dalam ekstrak tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Berikut hasil pengukuran absorbansi maksimum larutan standar asam galat, kurva kalibrasi asam galat, hasil absorbansi dan kadar fenolik total masing-masing sampel (dinyatakan dalam mg/L ekuivalen asam galat/GAE) serta kadar fenolik total per kelompok yang disajikan pada Tabel 2, 3, 4 dan 5.

Tabel 2. Hasil Absorbansi Maksimum Larutan Standar Asam Galat

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi 756 nm
0	0,011
50	0,325
100	0,637
150	0,915
200	1,198
250	1,49
300	1,834

Tabel 2 menjabarkan nilai absorbansi dalam kurva kalibrasi standar asam galat dengan berbagai konsentrasi, sementara Gambar 3 menggambarkan bahwa persamaan regresi linear asam galat. Kurva kalibrasi menghasilkan persamaan regresi $y = 0,006x + 0,02$ dengan $R^2 = 0,9993$.



Gambar 3. Kurva Standar Asam Galat

Tabel 3. Hasil Absorbansi dan Kadar Fenolik Total Sampel Kelompok A

Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Absorbansi (756 nm)	Absorbansi Rata-rata ± SD	Kadar Fenolik Total
A1 (Ekstrak TKKS Hari ke-1)	0,2005	P1 = 0,942 P2 = 0,912 P3 = 0,929	0,9277 ± 0,0150	151,28 ± 2,51
A2 (Ekstrak TKKS Hari ke-2)	0,5008	P1 = 0,793 P2 = 0,796 P3 = 0,806	0,7983 ± 0,0068	129,71 ± 1,13
A3 (Ekstrak TKKS Hari ke-3)	0,5008	P1 = 0,713 P2 = 0,718 P3 = 0,718	0,7163 ± 0,0029	116,05 ± 0,48

Hasil analisis kadar fenolik total pada ekstrak TKKS menunjukkan bahwa sampel A1 (hari ke-1) memiliki kadar fenolik total tertinggi yaitu 151,28 ± 2,51 mg/L, diikuti oleh sampel A2 (hari ke-2) sebesar 129,71 ± 1,13 mg/L, dan sampel A3 (hari ke-3) sebesar 116,05 ± 0,48 mg/L. Perbedaan kadar fenolik total pada sampel A1 dipengaruhi oleh berat sampel yang lebih rendah dan adanya variasi kandungan fenolik antar waktu pengambilan. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan kondisi bahan baku TKKS pada masing-masing hari, termasuk tingkat kematangan, proses pengolahan di pabrik, serta faktor lingkungan seperti oksidasi alami dan aktivitas mikroba sebelum proses ekstraksi.

Tabel 4. Hasil Absorbansi dan Kadar Fenolik Total Sampel Kelompok B

Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Absorbansi (756 nm)	Absorbansi Rata-rata ± SD	Kadar Fenolik Total
B1 (Fase Air TKKS Hari ke-1)	0,5005	P1 = 0,449 P2 = 0,452 P3 = 0,486	0,4623 ± 0,0207	73,72 ± 3,46

B2 (Fase Air TKKS Hari ke-2)	0,5006	P1 = 0,455 P2 = 0,463 P3 = 0,458	0,4587 ± 0,0040	73,11 ± 0,67
B3 (Fase Air TKKS Hari ke-3)	0,5007	P1 = 0,521 P2 = 0,514 P3 = 0,514	0,5163 ± 0,0040	82,72 ± 0,67

Hasil analisis kadar fenolik total pada fase air TKKS menunjukkan bahwa sampel B3 (hari ke-3) memiliki kadar fenolik total tertinggi sebesar 82,72 ± 0,67 mg/L, sedangkan sampel B1 (hari ke-1) dan B2 (hari ke-2) masing-masing memiliki kadar fenolik total sebesar 73,72 ± 3,46 mg/L dan 73,11 ± 0,67 mg/L. Nilai standar deviasi yang rendah pada sampel B2 dan B3 menunjukkan tingkat presisi pengukuran yang baik antarulangan. Sementara itu, sampel B1 memiliki standar deviasi yang lebih besar, mengindikasikan variasi hasil pengukuran yang lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh ketidakhomogenan sampel atau faktor teknis selama proses pengukuran absorbansi.

Tabel 5. Hasil Absorbansi dan Kadar Fenolik Total Sampel Kelompok C

Kode Sampel	Berat Sampel (g)	Absorbansi (756 nm)	Absorbansi Rata-rata ± SD	Kadar Fenolik Total (mg/L) ± SD
C1 (Fase Minyak TKKS Hari ke-1)	2,0079	P1 = 0,543 P2 = 0,530 P3 = 0,552	0,5417 ± 0,0115	86,95 ± 1,92
C2 (Fase Minyak TKKS Hari ke-2)	2,0063	P1 = 0,556 P2 = 0,564 P3 = 0,546	0,5553 ± 0,0090	89,22 ± 1,50
C3 (Fase Minyak TKKS Hari ke-3)	2,0072	P1 = 0,422 P2 = 0,432 P3 = 0,466	0,4400 ± 0,0224	70,00 ± 3,73

Hasil analisis kadar fenolik total pada fase minyak TKKS menunjukkan bahwa sampel C2 (hari ke-2) memiliki kadar fenolik total tertinggi yaitu $89,22 \pm 1,50$ mg/L, diikuti oleh sampel C1 (hari ke-1) sebesar $86,95 \pm 1,92$ mg/L, dan sampel C3 (hari ke-3) sebesar $70,00 \pm 3,73$ mg/L. Nilai standar deviasi yang relatif kecil pada seluruh sampel menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat presisi yang baik antar pengulangan. Namun, sampel C3 menunjukkan variasi yang lebih besar dibandingkan sampel lainnya, yang ditunjukkan oleh nilai standar deviasi yang lebih tinggi.

Tabel 6. Ringkasan Kadar Fenolik Total per Kelompok

Kelompok	Rata-rata Kadar Fenolik Total (mg/L)	Deviasi Standar (mg/L)
A	132,34	17,76
B	76,52	5,38
C	82,06	10,50

Hasil uji kuantitatif menunjukkan rata-rata kadar fenolik total pada masing-masing sampel yaitu Ekstrak TKKS: 132,34 mg/L GAE, Fase Minyak TKKS: 76,52 mg/L GAE dan Fase Air TKKS: 82,06 mg/L GAE. Kadar fenolik total paling tinggi diperoleh ekstrak TKKS, kemudian fase air dan fase minyak. Perbedaan ketiga sampel ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Efektivitas Metode Ekstraksi dan Pelarut: Ekstrak TKKS memiliki kadar tertinggi (rata-rata 132,34 mg/L) karena menggunakan metode sokletasi dengan pelarut etanol 96%. Metode ini sangat efektif menarik senyawa aktif dari matriks lignoselulosa TKKS secara kontinu, sementara etanol 96% mampu melarutkan senyawa polar dan non-polar dengan sangat baik (Ahdiaty, 2022).
2. Sifat Hidrofilik Senyawa Fenolik: Senyawa fenolik pada kelapa sawit umumnya bersifat hidrofilik (suka air). Hal ini menjelaskan mengapa kadar fenolik pada fase air (82,06 mg/L) lebih tinggi dibandingkan pada fase minyak (76,52 mg/L), karena senyawa tersebut lebih mudah terlarut dalam air daripada minyak (Purbowati *et al.*, 2016).
3. Perbedaan Berat Sampel: Analisis menunjukkan adanya perbedaan berat pada masing-masing sampel yang digunakan dalam pengujian, yang secara langsung memengaruhi konsentrasi akhir yang terukur.
4. Variasi Waktu Pengambilan Sampel: Sampel diambil selama tiga hari

berturut-turut. Variasi waktu pengambilan ini memungkinkan adanya perbedaan kandungan alami senyawa fenolik pada bahan baku TKKS yang diolah di pabrik setiap harinya

5. Proses Pengolahan di Pabrik: Struktur serat TKKS dan proses mekanis di pabrik memungkinkan akumulasi senyawa fenolik menjadi lebih pekat pada bagian tertentu dibandingkan pada buah sawit segar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kadar fenolik total pada TKKS jauh lebih tinggi dibandingkan pada buah kelapa sawit yang hanya sebesar 1,46 mg/L (Lestari *et al.*, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses pengolahan di pabrik dan struktur serat TKKS memungkinkan akumulasi senyawa fenolik yang lebih pekat. Penggunaan pelarut etanol dan metode sokletasi terbukti efektif menarik senyawa aktif dari matriks lignoselulosa TKKS.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh sampel yang terdiri atas ekstrak Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), fase air TKKS, dan fase minyak TKKS terbukti mengandung senyawa fenolik berdasarkan uji kualitatif menggunakan pereaksi FeCl_3 . Analisis kuantitatif dengan metode Folin-Ciocalteu menunjukkan bahwa kadar fenolik total tertinggi terdapat pada ekstrak TKKS sebesar 132,34 mg/L GAE, diikuti fase air TKKS sebesar 82,06 mg/L GAE dan fase minyak TKKS sebesar 76,52 mg/L GAE. Nilai tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan kadar fenolik total pada buah kelapa sawit yang dilaporkan sebesar 1,46 mg/L.

Kebaruan penelitian ini terletak pada identifikasi dan perbandingan distribusi kadar fenolik total pada tiga fraksi berbeda yang berasal dari limbah TKKS, yaitu ekstrak TKKS, fase air TKKS, dan fase minyak TKKS hasil proses bunch press, yang hingga saat ini masih sangat terbatas dilaporkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah TKKS tidak hanya berpotensi sebagai biomassa padat, tetapi juga sebagai sumber senyawa fenolik alami yang bernilai tinggi. Temuan ini memberikan informasi awal yang penting bagi pengembangan pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku antioksidan alami serta mendukung konsep ekonomi sirkular dan peningkatan nilai tambah limbah industri kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, F., & Ramli, N. A. S. (2020). Identifikasi fenolik hidrofilik. Jurnal

- Penelitian Kelapa Sawit, 32(2).
- Adhityatama, G. I. (2017). A comparative study on pyrolysis characteristic Indonesia biomass and low grade coal. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1–7.
- Ayu, S. I., Pratiwi, L., & Nurbaeti, S. N. (2019). Uji Kualitatif Senyawa Fenol Dan Flavonoid Dalam Ekstrak N-Heksan Daun Senggani (*Melastoma malabathricum* L.) Menggunakan Metode Kromatografi Lapis Tipis. Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN, 4(1), 1–6.
- Fandira, W., Solistiyowati, M., & Sibuea, T. (2023). Circular Economy: Strategi Utama Dukung Sustainable Development Goals (SDGs) guna Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. 3(1), 44–54.
- Ilhami, A., Hidayat, T., & Riandi, R. (2024). Analisis Trends Produksi dan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Pada Perkebunan Rakyat di Provinsi Riau. El-Jughrafiyah, 4(1), 14. <https://doi.org/10.24014/jej.v4i1.30039>
- Lestari, Ata, P. F., Yulianti, A. D., Hasan, H., Cahyo, R. N., Rahman, Z. A., Rahmadani, A., & Erika, F. (2023). Penentuan kadar fenolik dan flavonoid total pada buah kelapa sawit. 11(2), 158–167.
- Paspi, T. R. (2018a). Kontribusi Industri Sawit Pada Sdgs : Penghapusan Kelaparan, Perbaikan Gizi Dan Pertanian Berkelanjutan (Sdgs-2). IV(38).
- Paspi, T. R. (2018b). Kontribusi Industri Sawit Pada Sdgs : Penghapusan Kemiskinan (Sdgs-1). IV(36).
- Paspi, T. R. (2020). Kontribusi Industri Sawit Terhadap Pencapaian (Sdgs-1) I(31).
- Pramushinta, I., Ambarwati, N., & Jamlean, G. S. (2025). Perbandingan Uji Karakteristik Ekstrak Pelarut Etanol 70% dan Etanol 96% Pada Perendaman Ekstrak Bunga Pepaya (*Carica papaya* L.). 6, 13681–13689.
- Purbowati, I. S. M., Syamsu, K., Warsiki, E., & Sri, H. (2016). Stabilitas Senyawa Fenolik Dalam Ekstrak Dan Nanokapsul Kelopak Bunga Rosella Pada Berbagai Variasi Ph, Suhu Dan Waktu. 10(1), 31–40.
- Ramayani, S. L., Nugraheni, D. H., & Evan, A. R. (2021). Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Fenolik dan Kadar Total Flavonoid Daun Talas (*Colocasia esculenta* L.). 10(1), 11–16.
- Rangkuti, I.U.P. (2018). Rendemen dan Komponen Minor Minyak Sawit Mentah Berdasarkan Tingkat Kematangan Buah pada Elevasi Tinggi. Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian, 3(1).
- Saputri, A. D. S., & Sa'ad, M. (2023). Penetapan Kadar Fenolik Dan Flavonoid Fraksi Daun Insulin (*Smallanthus sonchifolius*) Secara Spektrofotometri UV-Vis. 6(1).
- Sayakti, P. I., Hidayatullah, M., Rakhmatullah, A. N., Muthia, R., & Stract, A. B. (2023). Penetapan Kadar Fenolik Total Ekstrak Etil Asetat Buah Okra Hijau (*Abelmoschus esculentus* L) 8(2), 56–61.
- Septiani, R., & Ni, F. (2025). Mewujudkan Keberlanjutan Perusahaan Kelapa Sawit Pendekatan Strategi Integratif dan Solusi Inovatif. 18(1), 71–74.
- Sianturi, L. I. (2026). Analisis Penggunaan Mesin Empty Bunch Press di PKS Aek Raso PT. Perkebunan Nusantara IV Regional 1. 3(1).
- Simanjuntak, A. L. S., Rangkuti., I. U. P., & Ginting, M. H. (2021). Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit: Pelepah Kelapa Sawit Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioetanol. 3(2).
- Syukri, M., Ucha, I., Rangkuti, P., Ali, K., Harahap, T., & Nurhidayat, T. (2024). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel pada Pembuatan Bio-Briket dari Pelepah dan Tandan Buah Kosong Kelapa Sawit. 13(2), 146–153.
- Tsouko, E., Fernandes, V., & Freire, M. G. (2019). Extraction of Phenolic Compounds from Palm Oil Processing Residues and Their Application as Antioxidants. 57(1), 0–3.
- Tullah, T. V., Yanti, E. F., & Nuri. (2023). Penetapan Kadar Fenolik Total dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kacang kedelai Kuning (*Glycine max* L.) Dengan Metode DPPH. Jurnal Ilmiah Farmasi Akademi Farmasi, 6(2), 31–39.
- Ulfa, A. M., Primadimanti, A., & Novitasari, H. (2017). Analisis Senyawa Fenolik Pada Ekstrak Segar Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav). Jurnal Kebidanan, 3(2), 57–63.
- Wahyuningsih, D., & Nugraheni, B. (2011). Uji Aktivitas Antioksidan Mikrokapsul Ekstrak Limbah Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Dengan Metode 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil (DPPH). 10(2), 928–939.