

Identifikasi Komposisi Kimia Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Kajian Literatur Potensi Insektisidanya

Identification of Chemical Composition of Liquid Smoke from Empty Fruit Bunches (EFB) and Literature Review of Its Insecticidal Potential

Yulia Padma Sari*, Untung Santoso, Faridawati Junjung Nindhiani, Panji Romadhan, Harlina Kusuma Tuti

Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

* Corresponding author e-mail: yuliapadmasari@ulm.ac.id

Received: 30 Mei 2026

Revised: 30 April 2026

Accepted: 7 May 2026

ABSTRACT

Background: Empty oil palm bunches (EFB) are underutilized solid waste. Liquid smoke from EFB pyrolysis contains bioactive compounds as an eco-friendly natural insecticide. **Objective:** This study analyzes the chemical composition of EFB liquid smoke and reviews its potential as a natural insecticide against plant pests. **Methods:** Liquid smoke was produced by EFB pyrolysis at 150–250°C for six hours. Chemical composition was analyzed using GC-MS. A literature review (2016–2026) evaluated the insecticidal potential of identified compounds. **Results:** GC-MS detected 60 compounds. The 19 compounds with highest relative content belonged to phenolics, heterocyclics, organic compounds, and organic acids. Phenol was the most dominant (21.68%), followed by pyridine (5.68%), p-cresol (4.23% and 1.86%), and 2-methyl-2-cyclopenten-1-one (4.14%). Literature indicates these compounds act as natural insecticides through multiple mechanisms: direct toxicity (membrane damage, protein denaturation, enzyme inactivation), metabolic disruption (inhibition of electron transport chain and ATP production), and behavioral changes (antifeedant and attractant). Synergistic effects between phenolics and ketones or pyridine derivatives may enhance insecticidal efficacy. **Conclusions:** EFB liquid smoke contains 60 compounds, with 19 major compounds from phenolics, heterocyclics, organic compounds, and organic acids, showing potential as natural insecticides. However, bioassays against model pests (e.g., *Spodoptera litura*, *Sitophilus oryzae*) and phytotoxicity tests are still required.

Keywords: Empty oil palm bunches; Liquid smoke; Natural insecticide

ABSTRAK

Pendahuluan: Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang belum dimanfaatkan secara optimal. Asap cair hasil pirolisis TKKS mengandung senyawa bioaktif sebagai insektisida alami ramah lingkungan. **Tujuan:** Penelitian ini menganalisis komposisi kimia asap cair TKKS dan meninjau potensinya sebagai insektisida alami terhadap hama tanaman. **Metode:** Asap cair dibuat melalui pirolisis TKKS pada suhu 150–250°C selama enam jam. Komposisi kimia dianalisis menggunakan GC-MS. Kajian literatur (2016–2026) dilakukan untuk mengevaluasi potensi insektisida dari senyawa yang teridentifikasi. **Hasil:** GC-MS mendeteksi 60 senyawa. Sebanyak 19 senyawa dengan kandungan relatif tertinggi berasal dari golongan fenolik, heterosiklik, senyawa organik, dan asam organik. Senyawa paling dominan adalah fenol (21,68%), diikuti piridin (5,68%), p-kresol (4,23% dan 1,86%), serta 2-metil-2-siklopenten-1-on (4,14%). Berdasarkan literatur, senyawa tersebut berperan sebagai insektisida alami melalui beberapa mekanisme: toksisitas langsung (kerusakan membran, denaturasi protein, inaktivasi enzim), gangguan metabolisme (penghambatan rantai transpor elektron dan produksi ATP), serta perubahan perilaku (antifeedant dan atraktan). Efek sinergis antara senyawa fenolik dengan keton atau turunan piridin diduga meningkatkan efektivitas insektisida. **Kesimpulan:** Asap cair TKKS mengandung 60 senyawa, dengan 19 senyawa utama dari golongan fenolik, heterosiklik, senyawa organik, dan asam organik, yang berpotensi sebagai insektisida alami. Namun, uji hayati terhadap hama model (misalnya *Spodoptera litura*, *Sitophilus oryzae*) dan uji fitotoksitas masih diperlukan.

Kata kunci: Asap cair; Insektisida alami; Tandan kosong kelapa sawit

PENDAHULUAN

Serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) merupakan tantangan utama dalam sektor pertanian yang dapat menyebabkan penurunan produktivitas secara signifikan. Sebagai contoh, hama uret tebu (*Lepidiotia stigma*) dapat menurunkan hasil produksi hingga 50%, sementara ulat grayak (*Spodoptera litura*) dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman terong hingga 26,8% (Utami et al., 2021; Nabila et al., 2022). Hingga saat ini, pengendalian hama masih sangat bergantung pada penggunaan pestisida kimia sintetis. Namun, penggunaan bahan kimia ini secara berlebihan dan terus-menerus telah menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain: resistensi OPT, resurgensi hama, pencemaran lingkungan, serta residu berbahaya pada produk pertanian (Sinambela, 2024). Paparan insektisida yang terus menerus menyebabkan terganggunya kesehatan masyarakat, seperti kecacatan, gangguan pertumbuhan, dan bahkan kematian (Susanti et al., 2022). Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan pestisida alami dengan pemanfaatan asap cair (liquid smoke) dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS merupakan limbah padat terbesar dari industri kelapa sawit yang volumenya sangat tinggi (mencapai 23% per Ton Tandan Buah Segar) namun pemanfaatannya masih belum optimal (Nata et al., 2022).

Asap cair yang dihasilkan melalui teknologi pirolisis (dekomposisi bahan organik dengan pemanasan tanpa oksigen) memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif. Kandungan kimia utama yang berperan aktif dalam asap cair adalah: a) Fenol: Berfungsi sebagai agen antimikroba dan anti-fungi yang bekerja sebagai racun kontak dengan cara merusak protoplasma serta dinding sel patogen; b) Asam Organik (terutama Asam Asetat): Memberikan sifat masam (pH rendah) yang efektif menghambat pertumbuhan bakteri dan mengganggu metabolisme sel serangga hama; c) Senyawa Karbonil: Berkontribusi pada sifat antimikroba dan memberikan aroma khas yang dapat berfungsi sebagai penolak hama (repellent) atau penghambat makan (antifeedant) (Sari et al., 2025). Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair berpotensi sebagai insektisida alami yang efektif. Aplikasi asap cair tempurung kelapa pada konsentrasi 4,10% dilaporkan

mampu menyebabkan mortalitas walang sangat sebesar 50% (Cantika et al., 2023). Selain itu, penggunaan asap cair yang berasal dari limbah tanaman cabai dengan dosis 20 ml L⁻¹ air terbukti dapat menurunkan intensitas serangan larva *Plutella xylostella* hingga 2,15% (Kustiwi, 2023). Berdasarkan temuan tersebut, asap cair yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit memiliki prospek yang menjanjikan untuk dikembangkan sebagai alternatif insektisida alami dalam pengendalian hama tanaman.

Untuk mengetahui potensi asap cair TKKS sebagai pestisida alami, diperlukan kajian mengenai komposisi senyawa kimia yang terkandung di dalamnya. Analisis komposisi kimia umumnya dilakukan menggunakan metode Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) yang mampu mengidentifikasi berbagai senyawa volatil secara akurat (Putri et al., 2022). Informasi mengenai jenis dan dominansi senyawa yang terkandung dalam asap cair sangat penting untuk menilai kemungkinan aktivitas biologisnya terhadap hama tanaman.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi kimia asap cair yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit serta meninjau potensi senyawa yang terkandung di dalamnya sebagai insektisida alami hama tanaman berdasarkan kajian ilmiah yang relevan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber bahan insektisida alami yang lebih ramah lingkungan serta mendukung penerapan pengendalian hama terpadu dalam sistem pertanian berkelanjutan.

METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian bertempat di Laboratorium Terpadu Universitas Lambung Mangkurat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juli 2025.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah asap cair yang diperoleh dari pirolisis tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Sampel asap cair diperoleh dari proses pirolisis biomassa tandan kosong kelapa sawit yang berasal dari limbah pengolahan kelapa sawit. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat alat Gas

Chromatography–Mass Spectrometry dengan Headspace Sampler (GCMS-HS) (8890 GC/MSD5977B/HS7697A, Agilent) untuk menganalisis komposisi senyawa kimia dalam sampel asap cair TKKS, vial sampel, mikropipet, syringe injeksi, serta perangkat pendukung laboratorium lainnya.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis laboratorium dan studi literatur. Pembuatan asap cair dari tandan kosong kelapa sawit dilakukan melalui proses pirolisis. Analisis laboratorium dilakukan untuk mengidentifikasi komposisi senyawa kimia yang terdapat dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit menggunakan instrumen GC-MS. Tahap berikutnya dilakukan telaah pustaka untuk mengevaluasi potensi senyawa-senyawa yang telah teridentifikasi sebagai insektisida alami dalam pengendalian hama tanaman.

Pembuatan Asap Cair dengan Metode Pirolisis

Proses pembuatan asap cair dilakukan dengan menggunakan perangkat pirolisis khusus yang telah memenuhi kriteria keamanan, kekuatan, serta kedap udara selama pengoperasiannya. Tahapannya dimulai dengan memasukkan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) kering sebagai bahan baku ke dalam reaktor yang ditutup rapat dan dihubungkan ke sistem kondensor. Selanjutnya, pemanas (*burner*) diaktifkan untuk menjaga suhu di dalam reaktor pada kisaran 150-250 °C selama kurang lebih enam jam (Maulina & Putri, 2017). Asap yang dihasilkan dari proses ini kemudian dialirkan melalui pipa menuju kondensor untuk diubah menjadi bentuk cairan (embunan) (Dewi et al. 2021). Cairan asap tersebut dikumpulkan dalam wadah penampungan dan diakhiri dengan proses penyaringan guna membersihkan sisa-sisa material yang masih terbawa (Sari et al. 2018).

Persiapan Sampel untuk GC-MS

Sampel asap cair yang telah disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 kemudian ditambahkan Na_2SO_4 untuk menghilangkan partikel pengotor dan mengurangi kandungan air. Selanjutnya, filtrat dimasukkan ke dalam vial *headspace* dan ditutup rapat sebelum dilakukan pemanasan pada suhu tertentu hingga tercapai keseimbangan antara fase cair dan fase gas (Budaraga et al., 2016).

Analisis GC-MS

Analisis komponen kimia asap cair tandan kosong kelapa sawit dilakukan menggunakan metode GCMS-HS (Gas Chromatography Mass Spectrometry - Headspace Sampler) dengan pengaturan instrumen yang spesifik. Sampel diproses menggunakan alat *Headspace Sampler* dengan vial berukuran 20 ml, di mana waktu ekuilibrase vial berlangsung selama 15 menit dan durasi injeksi selama 0,50 menit. Suhu operasional pada sistem headspace diatur pada 100 °C untuk oven, 110 °C untuk loop, dan 115 °C untuk transfer line.

Dalam sistem kromatografi gas, kolom yang digunakan adalah tipe HP-5MS UI dengan gas pembawa berupa Helium (He) yang mengalir secara konstan pada laju 1,0 mL/menit. Injeksi sampel sebanyak 1 µL dilakukan dengan rasio split 50:1 pada suhu pemanas sebesar 250 °C. Suhu oven kromatografi dimulai pada 50 °C yang ditahan selama 2 menit, kemudian ditingkatkan dengan laju 10 °C/menit hingga mencapai 200 °C dan ditahan kembali selama 5 menit. Untuk deteksi massa, suhu sumber MS diatur pada 230 °C dan MS Quad pada 150 °C, dengan parameter pemindaian (*scan*) pada rentang massa 50 hingga 550 (Agilent, 2022).

Identifikasi senyawa dilakukan dengan membandingkan spektrum massa hasil analisis terhadap database pustaka spektrum massa NIST dan Wiley yang tersedia pada perangkat lunak MassHunter GCMS. Senyawa yang memiliki nilai similarity index lebih dari 80% dianggap sebagai senyawa yang teridentifikasi (Cui et al., 2022).

Studi Literatur

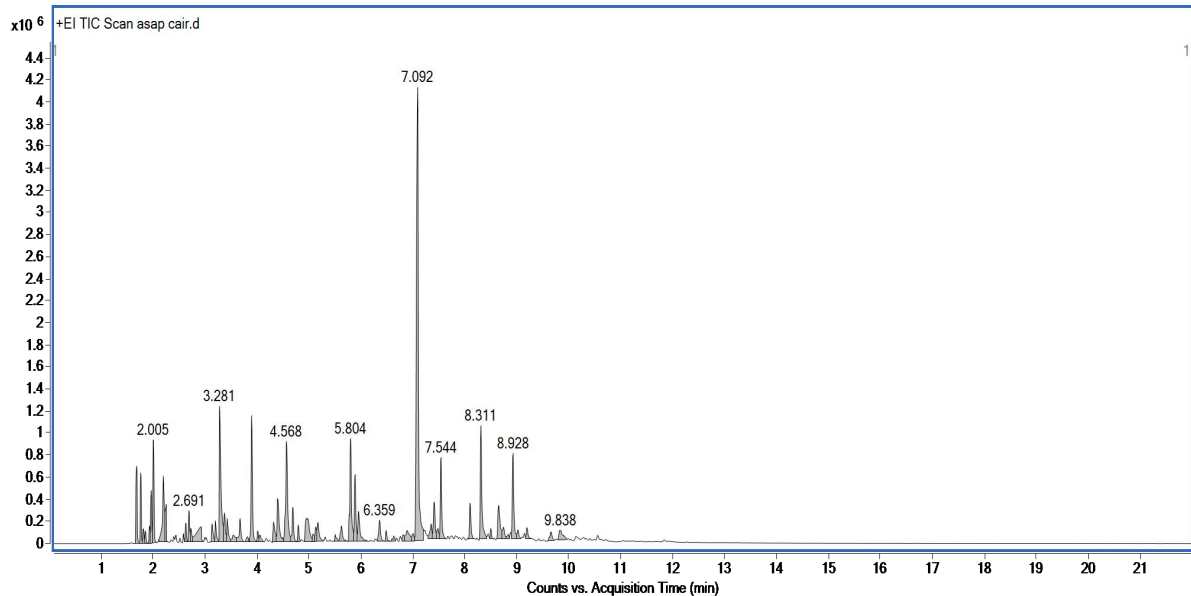
Studi literatur dilakukan dengan mengacu pada berbagai sumber literatur berupa data primer yang berasal dari jurnal nasional maupun internasional yang dipublikasikan dalam rentang waktu 10 tahun terakhir (2016–2026). Metode ini digunakan untuk mengkaji, mengevaluasi, dan mengintegrasikan berbagai pengetahuan yang telah ada (Marlina, 2025). Kajian literatur dilakukan untuk meninjau potensi senyawa-senyawa yang teridentifikasi dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit sebagai insektisida alami terhadap hama tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Senyawa Kimia Asap Cair TKKS

Hasil analisis komposisi kimia asap cair TKKS dengan GC-MS menunjukkan bahwa terdapat 60 jenis senyawa yang terdeteksi. Hal tersebut dapat dilihat dari puncak yang muncul pada kromatogram (Gambar 1). Persentase area sum dihitung sebagai perbandingan luas puncak masing-masing senyawa terhadap total luas

seluruh puncak yang terdeteksi. Dari 60 puncak tersebut, diambil 19 senyawa yang memiliki persentase area sum (jumlah relatif senyawa) yang paling besar. informasi mengenai 19 senyawa tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Kromatogram hasil analisis GC-MS asap cair tandan kosong kelapa sawit

Tabel 1. Hasil analisis senyawa kimia asap cair tandan kosong kelapa sawit menggunakan GC-MS

No	Waktu Retensi	Area Sum (Kandungan Relatif) %	Nama	Formula
1	7.092	21.68	Phenol	C ₆ H ₆ O
2	3.281	5.68	Pyridine	C ₅ H ₅ N
3	4.568	4.79	1,1-Divinyl-1-silacyclobutane	C ₇ H ₁₂ Si
4	8.31	4.23	p-Cresol	C ₇ H ₈ O
5	5.804	4.14	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	C ₆ H ₈ O
6	3.899	4.08	1-Penten-3-one	C ₅ H ₈ O
7	8.928	3.17	Phenol, 2-methoxy-	C ₇ H ₈ O ₂
8	2.199	2.93	L-Serine, methyl ester	C ₄ H ₉ NO ₃
9	2.005	2.85	1,3-Cyclobutanediol, 2,2,4,4-tetramethyl-	C ₈ H ₁₆ O ₂
10	7.544	2.69	Butanoic acid, 2,2-dimethyl-, methyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂
11	5.89	2.35	Furan, 2-ethyl-5-methyl-	C ₇ H ₁₀ O
12	1.684	2.32	Propanal	C ₃ H ₆ O
13	4.952	2.3	1H-Imidazole-4-methanol	C ₄ H ₆ N ₂ O
14	4.397	2.25	4-Cyanoimidazole	C ₄ H ₃ N ₃
15	2.926	1.96	Propanoic acid	C ₃ H ₆ O ₂
16	8.648	1.86	p-Cresol	C ₇ H ₈ O
17	1.764	1.75	Hydrazine, trimethyl-	C ₃ H ₁₀ N ₂
18	5.953	1.58	Pyrazine, ethyl-	C ₆ H ₈ N ₂
19	7.412	1.55	1H-Indazole, 4,5,6,7-tetrahydro-	C ₇ H ₁₀ N ₂

Komposisi senyawa yang terkandung di dalam asap cair memiliki persentase yang berbeda, tergantung pada bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatannya. Hal ini terjadi karena setiap bahan dasar memiliki proporsi lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang tidak sama. Perbedaan kadar komponen tersebut menyebabkan terbentuknya senyawa dengan persentase yang bervariasi saat bahan-bahan tersebut melewati proses pirolisis (Utama et al., 2022). Selain itu, suhu pirolisis juga sangat memengaruhi karakteristik asap cair, termasuk komposisi kimia yang terkandung didalamnya (Yusnaini, 2025).

Hasil GC-MS menunjukkan bahwa asap cair dari tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia yang sangat kompleks dengan Phenol sebagai komponen paling dominan, yakni sebesar 21,68% pada waktu retensi (RT) 7,092. Tingginya kadar fenol ini mengindikasikan degradasi termal lignin yang kuat selama proses pembuatan asap cair (Hasibuan et al., 2024). Selain fenol, terdapat senyawa turunan fenolik lainnya yang signifikan yaitu p-Cresol, yang muncul di dua titik retensi berbeda (RT 8,31 dan 8,648) dengan total akumulasi sebesar 6,09%, serta Phenol, 2-methoxy- (guaiacol) sebesar 3,17% yang juga berkontribusi pada karakteristik aroma asap.

Hasil analisis juga menemukan bahwa asap cair ini mengandung berbagai senyawa heterosiklik dan organik lainnya dalam jumlah yang cukup besar. Pyridine ditemukan sebagai salah satu komponen utama dengan kadar 5,68%, diikuti oleh senyawa silikon organik 1,1-Divinyl-1-silacyclobutane sebesar 4,79%. Kandungan silikon organik yang terdeteksi diduga karena adanya kontaminasi dari alat pirolisis yang digunakan. Kehadiran senyawa keton juga cukup menonjol, diwakili oleh 2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl- (4,14%) dan 1-Penten-3-one (4,08%). Terdapat pula kandungan senyawa ester dan diol seperti L-Serine, methyl ester (2,93%) dan 1,3-Cyclobutanediol, 2,2,4,4-tetramethyl- (2,85%) yang memperkaya profil kimia produk ini.

Asam organik dan berbagai senyawa nitrogen juga ditemukan keberadaannya pada asap cair TKKS. Senyawa seperti Butanoic acid, 2,2-dimethyl-, methyl ester (2,69%), Propanal (2,32%), dan Propanoic acid (1,96%) menunjukkan adanya aktivitas oksidasi selama pirolisis. Komposisi ini juga dilengkapi dengan senyawa heterosiklik seperti Furan, 2-ethyl-5-methyl- (2,35%) serta turunan imidazol seperti

1H-Imidazole-4-methanol (2,3%) dan 4-Cyanoimidazole (2,25%). Komponen minor lainnya yang terdeteksi di bawah 2% mencakup Hydrazine, trimethyl-, Pyrazine, ethyl-, 1H-Indazole, 4,5,6,7-tetrahydro-, yang secara kolektif membentuk profil kimia unik dari asap cair tandan kosong kelapa sawit tersebut.

Potensi Asap Cair TKKS sebagai Insektisida

Profil kimia hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa asap cair dari tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi yang kompleks dengan dominasi senyawa fenolik, disertai keberadaan senyawa heterosiklik, karbonil, serta berbagai asam organik. Komposisi yang beragam ini menunjukkan bahwa asap cair tidak bekerja melalui satu mekanisme tunggal, melainkan melalui interaksi sinergis antar senyawa aktif yang memperkuat efek toksisitasnya terhadap serangga. Tidak hanya senyawa yang dominan, senyawa minor pun dapat memiliki efek insektisida bagi serangga hama.

Mekanisme senyawa fenolik sebagai insektisida sangat beragam, mulai dari merusak sistem saraf hingga mengganggu fungsi pernapasan serangga (Erdiansyah et al., 2021). Senyawa fenol dapat masuk ke tubuh serangga melalui kutikula maupun lubang alami (spirakel), yang kemudian menyebabkan kerusakan membran sel dan peningkatan kehilangan cairan tubuh sehingga terjadi dehidrasi dan kematian (Syah & Purwani, 2016). Selain itu, fenolik juga diketahui mampu mendenaturasi protein dan menginaktivasi enzim penting dalam proses metabolisme. Fenolik seperti fenol juga memiliki aktivitas sebagai antifeedant, yaitu menghambat atau menghentikan aktivitas makan hama (Zuhro, 2024). Dalam jangka panjang, efek ini dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, penurunan bobot tubuh, serta kegagalan perkembangan stadia serangga.

Pyridine merupakan senyawa volatil yang mudah menguap. Beberapa jenis turunan senyawa pyridine diketahui dapat dimanfaatkan sebagai umpan kimiawi (chemical lures) atau rangsangan penciuman (olfactory stimuli) yang menarik hama seperti thrips. Hasil penelitian yang dilakukan Davidson et al. (2007) menunjukkan bahwa penambahan senyawa pyridine tertentu dapat meningkatkan hasil tangkapan hama thrips pada perangkap lengket kuning (yellow sticky traps). Penambahan senyawa tersebut memberikan isyarat aroma

(odour) tambahan yang dieksploitasi oleh thrips dalam mencari inang atau pasangan.

Turunan senyawa keton juga berkontribusi dalam aktivitas biologis asap cair. Keton diketahui dapat berfungsi sebagai atraktan (penarik) bagi beberapa jenis serangga (Suherman, 2023), terutama karena sifatnya yang volatil sehingga mudah terdeteksi oleh reseptor penciuman serangga. Selain itu, beberapa keton bersifat reaktif dan mampu mengganggu integritas membran sel serta metabolisme energi. Dalam kondisi tertentu, keton juga dapat bertindak sebagai semiokimia, yaitu senyawa kimia yang memengaruhi perilaku serangga, baik sebagai penarik maupun penolak, tergantung pada jenis dan konsentrasinya (Serd, 2024).

Senyawa turunan asam organik yang masuk ke tubuh serangga, baik melalui konsumsi maupun kontak langsung, dapat menghambat rantai transpor elektron di mitokondria. Hambatan ini menyebabkan terganggunya proses pembentukan energi (ATP), sehingga sel tidak mampu menjalankan fungsi vitalnya hingga menyebabkan kematian pada serangga hama (Isa et al., 2019). Potensi asap cair tandan kosong kelapa sawit sebagai insektisida alami tidak hanya bergantung pada satu jenis senyawa tunggal, melainkan hasil dari interaksi sinergis berbagai senyawa aktif yang terkandung di dalamnya.

Senyawa-senyawa tersebut bekerja melalui berbagai mekanisme, seperti memberikan efek racun langsung, mengganggu sistem metabolisme, hingga memengaruhi perilaku hama melalui sifat antifeedant (penolak makan) dan atraktan. Sebagai contoh, kombinasi antara senyawa fenolik dan keton menunjukkan adanya sinergi, di mana keton meningkatkan daya tarik atau intensitas kontak serangga dengan sumber senyawa, sementara fenolik berperan sebagai zat beracun. Interaksi ini meningkatkan tingkat paparan sehingga efektivitas insektisida menjadi lebih optimal. Kombinasi inilah yang menjadikannya alternatif pestisida ramah lingkungan yang menjanjikan dalam sistem pengendalian hama terpadu. Meskipun demikian, karena efektivitas tersebut saat ini masih bersifat prediktif, diperlukan uji hayati (bioassay) untuk memverifikasi kemampuan sebenarnya secara ilmiah.

KESIMPULAN

Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa terdapat 60 jenis senyawa yang terdeteksi pada asap cair tandan kosong kelapa sawit (TKKS). 19 senyawa dengan kandungan relatif paling banyak terdeteksi berasal dari kelompok senyawa fenolik, senyawa heterosiklik, organik, serta beberapa asam organik. Senyawa-senyawa tersebut dapat berperan sebagai insektisida alami dengan beberapa mekanisme berbeda yaitu toksisitas langsung, gangguan metabolisme, serta perubahan perilaku (antifeedant dan atraktan). Disamping itu, perlu uji hayati (bioassay) terhadap hama model seperti *Spodoptera litura* atau *Sitophilus oryzae* dan uji fitotoksitas.

REFERENCES

- Agilent. 2022. Agilent 8890, 8860, and 9000 GC Browser Interface: A Tutorial. <https://www.agilent.com/cs/library/whitepaper/public/wp-8890-8860-9000-browser%20interface-5994-4758en-agilent.pdf>.
- Budaraga, I.K., Arnim, Marlida, Y., & Bulanin, U. 2016. Characteristics of Cinnamon Liquid Smoke Produced Using Several Purification Techniques. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 3(2): 16-21.
- Cantika, Gabriella, N. Rahmadhani, dan W. Widayati. 2023. Potensi Pestisida Berbahan Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Pengendalian Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius*). *Agrisintech*, 4(1): 19-23.
- Cui, C., Zhu, L., Wang, Q., Liu, R., Xie, D., Guo, Y., Jiang, P. 2022. A GC-MS-based Untargeted Metabolomics Approach for Comprehensive Metabolic Profiling of Vancomycin-Induced Toxicity in Mice. *Heliyon*, 8(7).
- Davidson, M.M., Butler, R.C., Winkler, & Teulon, D.J. 2007. Pyridine Compounds Increase Trap Capture of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) In A Covered Crop. *New Zealand Plant Protection* 60: 56-60.
- Dewi, F.C., Tuhuteru, S, Aladin, A. dan Yani, S. 2021. Kajian Pemanfaatan Biopestisida Asap Cair Limbah Biji Buah Merah terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F). "Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan

- Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka”. Surakarta, Universitas Sebelas Maret. 5(1) : 083-1091.
- Erdiansyah, I, Ramadhani, M. F., & Damanhuri. 2021. Efektivitas Asap Cair Kulit Buah Randu untuk Mengendalikan Walang Sangit Padi. *Agrotechnology Research Journal*, 5 (1): 26-31.
- Hasibuan, R., Limbong, Y.W., Fazilla, R., & Pramananda, V. 2024. Effect of Pyrolysis Temperature and Time on Liquid Smoke Yield in Coconut (*Cocos nucifera* L.) Shells Pyrolysis Process. *The 10th International Conference on Energy Materials and Environment Engineering (ICEMEE 2024)*, 560: 1-4.
- Isa, I., Musa, W.J.A., 2 , & Rahman, S.W. 2019. Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pestisida Organik Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* F.). *Jambura Journal of Chemistry*, 01(1):15-20.
- Kustiwi, Wiwik. 2023. Efektivitas Asap Cair Berbahan Tanaman Cabai dalam Pengendalian Hama Ulat *Plutella xylostella* pada Kembang Kol. *Jurnal Agrosainta*, 7(1): 23-28.
- Maulina, S., & Putri, F.S. 2017. Pengaruh Suhu, Waktu, dan Kadar Air Bahan Baku Terhadap Pirolisis Serbuk Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(2): 35-40.
- Marlina, S. 2025. Analisis Literatur sebagai Metode Penelitian. *Jurnal Hukum Tata Negara dan Konstitusi*, 1(1): 1-7.
- Nabila, F., Ferisya, M.Z., Ameilia, M., Novitasari, J., Riyanti, T.E., Aprilia, T., Umayah, A., Gunawan, B., & Arsi, A. 2022. Intensitas Serangan Serangga Hama pada Terung (*Solanum melongena* L.) di Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10 Tahun 2022*, 504-512.
- Nata, I.F., Irawan, C., Putra, M.D., Wijayanti, H., Mardina, P., Ma’rifah, Y.N., Misnawati, & Priscila, S.B. 2022. Tandan Kosong Kelapa Sawit: Potensi dan Aplikasi. C.V. Banyubening Cipta Sejahtera. Banjarbaru.
- Putri, G.T., Utami, N., Susanti, & Bakri, S. 2022. Karakteristik GC-MS dalam Kandungan Senyawa Ekstrak Umbi *Cyperus rotundus* L. yang Berasal dari Provinsi Lampung dengan Dua Pelarut yang Berbeda. *JK Unila*, 6 (1): 1-6.
- Sari, Yulia P., Samharinto, dan B.F. Langai. 2018. Penggunaan Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Pestisida Nabati untuk Mengendalikan Hama Perusak Daun Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *EnviroScienteeae*, 14(3): 272-284.
- Sari, Y.P., Tuti, H.K., & Nindhiani, F.J. 2025. Kajian Literatur: Potensi Asap Cair sebagai Insektisida Alami untuk Pengendalian Hama Tanaman. *CEMARA*, 22 (1): 124-129.
- Serdo, D.F. 2024. Insects’ perception and behavioral responses to plant semiochemicals. *PeerJ*, 12:e17735.
- Sinambela, B.R. 2024. Dampak Penggunaan Pestisida dalam Kegiatan Pertanian terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan. *Jurnal Agrotek*, 8 (2): 178-187.
- Suherman, B.P.A. 2023. Aplikasi Perangkat Berbahan Dasar Buah Nanas (*Ananas comosus*) terhadap Tangkapan Imago Hama Uret (*Lepidiotia stigma* L.) Pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). Tugas Akhir. Program Studi Pengelolaan Perkebunan Politeknik LPP. Yogyakarta.
- Susanti, A., Hoesain, M., & Prastowo, S. 2022. The Impact of Synthetic Pesticide Applications on Public Health. *AGARICUS: Advances Agriculture Science & Farming*, 2 (2): 86–93.
- Syah, B. W., & Purwani, K. I. 2016. Pengaruh Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Spodoptera litura*. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2): 23-28.
- Utama, W.A. Pria, R. Yulia, L. Hakim, A. Lamona, S. Nurman, dan E. Surya. 2022. Asap Cair sebagai Insektisida Nabati melalui Proses Pembakaran dengan Variasi Suhu. *Serambi Saintia*, 10(1): 38-43.
- Utami, I. D., Muningsih, R., & Ciptadi, G. 2021. Identifikasi Tingkat Serangan Hama Uret (*Lepidiotia stigma* F.) pada Tanaman Tebu (*Saccharum* L) di Kabupaten Sleman. *Jurnal Pengolahan Perkebunan*, 1(1), 22–28.

- Yusnaini. 2025. Produksi dan Kualitas Asap Cair. PT Literasi Nusantara Abadi Grup. Malang.
- Zuhro, F. 2024. Senyawa Anti Feedant : Mekanisme Kerja dan Perannya sebagai Senyawa Aktif Pestisida. Jurnal Biosapphire, 3 (2): 98-108.

How to Cite This Article:

- Sari, Y. P., Santoso, U., Nindhiani, F. J., Romadhan, P., & Tuti, H. K. 2026. Identifikasi Komposisi Kimia Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Kajian Literatur Potensi Insektisidanya. *Dinamika Pertanian*, 42(1): 71-78