



Effectiveness Of Liquid Smoke from Oil Palm Solid Waste Against *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: noctuidae)

Khairunissa Ainun¹, Fahri Rijal Giffari¹, Neneng Sri Widayani², Muhammad Fathussalam¹, Dudi Haryadi^{1*}, Indra Yuwono¹, & Danar Dono²

¹Universitas Langlang Buana, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40261

²Departemen Hama dan Penyakit, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Jawa Barat, Indonesia, 45363

*Corresponding Author: duem.isdudi@gmail.com

Received December 20, 2023; revised December 28, 2023; accepted December 28, 2023

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest producers of palm oil commodities in the world. Massive palm oil production to meet high demand can pose risks in increasing waste production. The processing of solid palm oil waste into liquid smoke through pyrolysis is carried out as an effort to mitigate environmental damage caused by greenhouse gases. Components in liquid smoke can be utilized as natural insecticides. This research aims to determine the potential of liquid smoke from solid palm oil waste, namely fiber and frond, to control *Spodoptera frugiperda*. The testing method uses a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 11 treatments repeated three times. Liquid smoke application is done by dipping the feed, which is then given to *S. frugiperda* instar II. The results show that liquid smoke from fronds causes higher mortality in *S. frugiperda* compared to liquid smoke from fibers. At a concentration of 4%, liquid smoke from fronds and fibers caused *S. frugiperda* mortality of 63.33% and 40%, respectively. Liquid smoke application also suppressed feed consumption by 72.98% lower than the control and caused an extension of time from instar II-VI at the 4% application concentration. The use of liquid smoke from palm fronds and fibers can be used as an insecticide as one of the pest control techniques and a solution for utilizing palm oil waste.

Keywords: feed consumption, larval development, mortality, fibers, fronds.

Keefektifan Asap Cair Dari Limbah Padat Kelapa Sawit Terhadap Ulat Grayak *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: noctuidae)

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu produsen komoditas kelapa sawit terbesar di dunia. Produksi kelapa sawit yang masif untuk memenuhi permintaan yang tinggi dapat beresiko pada peningkatan produksi limbah. Pengolahan limbah padat kelapa sawit menjadi asap cair melalui proses pirolisis dilakukan sebagai upaya mitigasi kerusakan lingkungan akibat gas rumah kaca. Komponen pada asap cair dapat dimanfaatkan sebagai insektisida alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari asap cair dari limbah padat kelapa sawit, yaitu serabut dan pelepah untuk mengendalikan *Spodoptera frugiperda*. Metode pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) menggunakan 11 perlakuan yang diulang tiga kali. Aplikasi asap cair dilakukan dengan pencelupan pakan yang selanjutnya diberikan pada *S. frugiperda* instar II. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair dari pelepah menyebabkan kematian *S. frugiperda* lebih tinggi dibandingkan asap cair dari serabut. Adapun pada konsentrasi 4% asap cair dari pelepah dan serabut menyebabkan kematian *S. frugiperda* berturut-turut 63,33% dan 40%. Aplikasi asap cair juga menekan konsumsi pakan hingga 72,98% lebih rendah dari kontrol dan menyebabkan perpanjangan waktu dari instar II-VI pada konsentrasi aplikasi 4%. Penggunaan asap cair dari pelepah dan serabut kelapa sawit dapat dijadikan insektisida sebagai salah satu teknik pengendalian hama dan solusi pemanfaatan limbah kelapa sawit..

Kata Kunci: lama perkembangan, kematian, konsumsi pakan, pelepah, serabut

PENDAHULUAN

Limbah kelapa sawit merupakan sisa-sisa tanaman dan residu hasil pabrik pengolahan kelapa sawit yang tidak termasuk kedalam produk utama baik berupa limbah padat maupun cair. Menurut Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS)

(2018), setiap produksi 1 ton tandan buah segar akan menghasilkan limbah padat berupa serabut buah kelapa sawit (SBKS) sebesar 144 kg, cangkang kelapa sawit (CKS) 64 kg, serta 210 kg tandan kosong kelapa sawit (TKKS) (kadar air 65%). Cangkang atau tempurung kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang belum

termanfaatkan secara optimal (Yarman, 2006). Potensi pemanfaatan cangkang dilaporkan dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai bata beton ringan (Oktarina & Natalina, 2018), bahan bakar (Effendi, 2008), pengawet daging sapi (Assidiq *et al.*, 2018), dan sebagai pengendali hama (Khaidun & Haji, 2010). Biomassa serabut kelapa sawit biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap dan listrik (Hani *et al.*, 2018; Nabila *et al.*, 2023). Di sisi lain, biomassa pelepah kelapa sawit masih banyak dibiarkan membusuk di areal perkebunan untuk dijadikan sumber bahan organik.

Limbah kelapa sawit dapat mengakibatkan masalah lingkungan pengelolaan tidak dilakukan dengan baik. Komponen lignin yang cukup tinggi menyebabkan dekomposisi berlangsung lambat (Yuliansyah *et al.*, 2010). Salah satu upaya pengolahan limbah kelapa sawit adalah dengan melalui proses pirolisis asap cair. Asap cair merupakan larutan yang berasal dari dispersi asap bahan organik di dalam air yang terbuat melalui proses pirolisis atau pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian terhadap komponen senyawa kimia penyusun bahan-bahan tersebut (lignin, selulosa, dan hemiselulosa) menjadi padatan berupa karbon, cairan (asap cair dan tar), dan gas yang tidak terkondensasi (Tilman, 1981; Tahir, 1992). Produksi gas yang tidak terkondensasi dari proses pirolisis lambat (*slow pyrolysis*) dilepas ke udara, menghasilkan emisi yang cenderung lebih rendah (Qiu *et al.*, 2022). Asap cair biasanya beraroma menyengat dan berwarna coklat kekuningan, namun dapat diolah melalui proses pemurnian (*refining*) supaya aroma menjadi tidak menyengat (Fauziati & Sampepana, 2015). Senyawa-senyawa aromatik yang terkandung dalam asap cair dapat berpotensi dimanfaatkan untuk mengendalikan hama.

Ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) atau *the fall armyworm* (FAW) merupakan organisme yang asli berasal dari daerah tropis di belahan bumi barat dari Amerika Serikat hingga Argentina (Capinera, 2017). Organisme ini tersebar dan menjadi salah satu organisme pengganggu tanaman pada berbagai komoditas. Pada tahun 2019, hama ini telah dikonfirmasi keberadaannya di Indonesia tepatnya di Sumatera Barat (Susanto *et al.*, 2021). Sejak saat itu hama ini menginvasi dan menjadi hama utama di 25 dari 34 provinsi di Indonesia (Nonci *et al.*, 2019). Kemampuan *S. frugiperda* dalam bermigrasi jarak jauh adalah alasan kenapa organisme ini merupakan salah satu hama tanaman yang paling merusak di dunia (Westbrook *et al.*, 2016; Day *et al.*, 2017). *S. frugiperda* dilaporkan menyerang setidaknya 353 inang tanaman dari 76 famili diantaranya Poaceae, Fabaceae, Solanaceae, Asteraceae, Rosaceae, dan Brassicaceae, namun jagung yang merupakan inang paling disukai (Silva *et al.*, 2017; Montezano *et al.*, 2018; Kansime *et al.*, 2019). Hal ini yang menyebabkan FAW sampai saat ini masih menjadi salah satu hama yang sangat sulit untuk dikendalikan.

Penelitian ini menguji pemanfaatan biomassa limbah padat kelapa sawit menjadi asap cair sebagai insektisida terhadap hama *S. frugiperda*. Diharapkan asap cair dari limbah kelapa sawit dapat digunakan sebagai insektisida dan salah satu solusi pemanfaatan limbah kelapa sawit yang ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di Laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Percobaan dilakukan dengan metode eksperimental dalam Rancangan Acak kelompok (RAK) yang tersusun atas 11 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri dari asap cair dengan bahan utama serabut dan pelepah kelapa sawit dengan konsentrasi uji masing-masing 0,25%, 0,5%, 1%, 2%, dan 4%.

Persiapan Asap Cair

Biomassa limbah padat kelapa sawit diperoleh dari perkebunan dan pabrik kelapa sawit milik PT Condong Garut, Jawa barat, Indonesia. Jenis limbah yang digunakan adalah serabut buah kelapa sawit dan pelepah kelapa sawit. Biomassa limbah sawit, masing-masing dikeringkan terlebih dahulu di bawah sinar matahari. Pembuatan asap cair menggunakan alat destilasi yang dimodifikasi dengan pemasangan *blower* sentrifugal dan separator berbentuk siklon untuk menyaring abu dan partikel yang terbawa dari asap yang terbentuk. Asap yang tersaring kemudian dialirkan menuju tabung kondensor untuk proses kondensasi. Hasil tetesan asap cair ditampung ke dalam wadah lalu ditutup rapat dan disimpan di pendingin.

Pengujian Asap Cair

Pengujian asap cair pada *S. frugiperda* dilakukan dengan metode celup daun pakan. Daun jagung pakan yang digunakan berukuran 4 x 4 cm. Pakan dicelup kedalam larutan asap cair sesuai konsentrasi perlakuan lalu ditiriskan hingga larutan kering angin. Pemberian pakan untuk larva uji yang sudah diberi perlakuan asap cair dilakukan pada 48 jam pertama. Selanjutnya, larva uji diberi pakan jagung semi (ukuran ketebalan 1 cm) tanpa perlakuan. Parameter yang diamati yaitu mortalitas larva uji, luas konsumsi pakan, lama perkembangan serangga uji dari instar II hingga VI, dan bobot pupa. Data dianalisis menggunakan analisis varians yang kemudian dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan menggunakan software SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh asap cair terhadap mortalitas larva uji

Asap cair dari limbah kelapa sawit memberikan efek insektisida terhadap hama *S. frugiperda*. Perlakuan asap cair pelepah dengan konsentrasi 4%, 2%, 1%, 0,5%, dan 0,25% menyebabkan kematian larva *S. frugiperda* berturut-turut 63,33%, 53,33%, 50,00%, 26,67%, dan 23,33%, sedangkan perlakuan asap cair serabut pada konsentrasi tersebut

menyebabkan kematian *S. frugiperda* sebesar 40,00%, 26,67%, 23,33%, 20,00%, dan 16,67%. Berdasarkan analisis statistik, pada pengamatan 2 dan 4 HSP tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan. Pada pengamatan 6 dan 12 HSP perlakuan terbaik adalah asap cair dari pelepah kelapa sawit pada konsentrasi

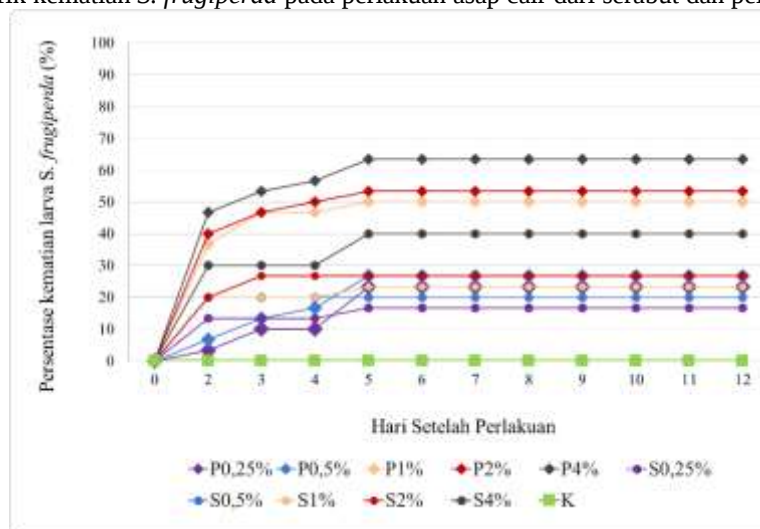
4% namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan pelepah 1% dan 2% serta serabut 4% (Tabel 1). Kematian serangga uji berlangsung sejak awal pengamatan, yaitu pada 2-5 HSP (Hari setelah perlakuan) (Gambar 1).

Tabel 1. Persentase kematian kumulatif *S. frugiperda* pada perlakuan asap cair dari serabut dan pelepah kelapa sawit

Konsentrasi asap cair (%)	Persentase Kematian <i>S. frugiperda</i> pada (HST) $\pm$ SE			
	2 ^{*tb}	4 ^{*tb}	6	12
P0,25%	3,33 $\pm$ 2,72	10,00 $\pm$ 4,71	23,33 $\pm$ 5,44abc	23,33 $\pm$ 5,44abc
P0,5%	6,67 $\pm$ 2,72	16,67 $\pm$ 5,44	26,67 $\pm$ 9,81 abcd	26,67 $\pm$ 9,81 abcd
P1%	36,67 $\pm$ 2,72	46,67 $\pm$ 9,81	50,00 $\pm$ 8,16 cde	50,00 $\pm$ 8,16 cde
P2%	43,33 $\pm$ 9,43	53,33 $\pm$ 14,14	53,33 $\pm$ 11,86 de	53,33 $\pm$ 11,86 de
P4%	46,67 $\pm$ 7,20	56,67 $\pm$ 10,89	63,33 $\pm$ 14,40 e	63,33 $\pm$ 14,40 e
S0,25%	13,33 $\pm$ 5,44	13,33 $\pm$ 5,44	16,67 $\pm$ 2,72 ab	16,67 $\pm$ 2,72 ab
S0,5%	20,00 $\pm$ 0,00	20,00 $\pm$ 0,00	20,00 $\pm$ 0,00 ab	20,00 $\pm$ 0,00 ab
S1%	20,00 $\pm$ 4,71	20,00 $\pm$ 4,71	23,33 $\pm$ 7,20 abc	23,33 $\pm$ 7,20 abc
S2%	20,00 $\pm$ 8,16	26,67 $\pm$ 5,44	26,67 $\pm$ 5,44 abcd	26,67 $\pm$ 5,44 abcd
S4%	30,00 $\pm$ 8,16	30,00 $\pm$ 8,16	40,00 $\pm$ 8,16 bcde	40,00 $\pm$ 8,16 bcde
K	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00 a	0,00 $\pm$ 0,00 a

Keterangan: P:asap cair dari pelepah kelapa sawit; S: asap cair dari serabut kelapa sawit; ^{*tb}: Tidak berbeda nyata; SE: Standar error

Gambar 1. Grafik kematian *S. frugiperda* pada perlakuan asap cair dari serabut dan pelepah kelapa sawi



Keterangan: P: Asap cair dari pelepah kelapa sawit; S: Asap cair dari serabut kelapa sawit

Hasil pengamatan pengaruh asap cair dari pelepah dan serabut kepala sawit menunjukkan bahwa komponen senyawa dalam asap cair memiliki aktivitas yang dapat mematikan larva *S. frugiperda*. Biomassa limbah padat kelapa sawit tersusun dari komponen lignoselulotik yang dapat terurai membentuk senyawa fenol, karbonil, asam karboksil termasuk asam asetat, alkohol, furan, dan lainnya (Haji, 2013). Beberapa senyawa tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif pestisida. Pada umumnya, asam asetat telah terdaftar dan diakui oleh komisi pestisida di Eropa dan

Amerika Serikat sebagai salah satu bahan aktif pestisida biologi (Hagner *et al.*, 2020).

Jika dibandingkan, toksisitas asap cair dari pelepah lebih baik dibandingkan asap cair dari serabut. Namun, pada konsentrasi yang cukup tinggi (4%) kematian akibat asap cair dari pelepah dan serabut kurang tinggi terhadap *S. frugiperda*. Kematian serangga tidak terjadi saat serangga uji pertama kali terpapar asap cair dari daun yang diberi perlakuan, sehingga dapat diketahui bahwa efek kontak dari asap cair dengan konsentrasi 4% kurang bekerja secara

optimal.. Kim et al. (2008) menyatakan bahwa efek kontak senyawa asam asetat dari asap cair berpotensi menimbulkan kerusakan permeabilitas kutikula yang berujung pada kematian serangga. Asam asetat memegang peran penting dalam mengendalikan hama yang memiliki struktur tubuh lunak seperti kutu daun dan siput (Hagner et al., 2020).

Pengaruh asap cair terhadap konsumsi daun pakan

Perlakuan asap cair juga memberikan efek antimakan terhadap konsumsi pakan *S. frugiperda*. Pada konsentrasi 2% dan 4% asap cair dari pelepah memberikan efek penghambatan makan hingga 72,98% atau konsumsi pakannya adalah 9,68%. Adapun pada aplikasi asap cair dari serabut, pada konsentrasi 4% memberikan efek penghambatan makan sebesar

65,85%. Namun pada konsentrasi serabut 0,25% konsumsi makan serangga uji lebih besar dari kontrol (Tabel 2). Hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya senyawa 2-metoksil-4-etil fenol atau guaiacol. Dilaporkan bahwa reseptor penciuman (OR) dari beberapa spesies serangga seperti *Drosophila melanogaster*, *Anopheles gambiae*, *Hylobius abietis*, dan *Spodoptera littoralis* memiliki sensitivitas terhadap senyawa guaiacol (Hallem & Carlson 2006; Axelsson et al., 2017; Revadi et al., 2020). Perlakuan guaiacol memberi respon atraktif pada stadia larva, tetapi bersifat repellent bagi imago betina yang mempengaruhi keputusan imago betina untuk melakukan oviposisi (Revadi et al., 2020). Penggunaan konsentrasi uji juga mungkin menyebabkan perbedaan respon serangga uji menjadi efek atraktif atau repellent.

Tabel 2. Persentase konsumsi pakan *S. frugiperda* pada perlakuan asap cair dari serabut dan pelepah kelapa sawit

Konsentrasi Asap Cair (%)	Konsumsi Pakan (%)±SE		Penghambatan (%)
P0,25%	23,97±	5,04 abc	33,07
P0,5%	22,70±	2,36 abc	36,62
P1%	16,10±	2,06 a	55,03
P2%	9,68±	4,36 a	72,98
P4%	9,68±	4,49 a	72,98
S0,25%	37,19±	4,95 c	-3,84
S0,5%	21,70±	0,91 abc	39,41
S1%	21,69±	1,77 abc	39,44
S2%	20,83±	3,93 ab	41,83
S4%	12,23±	2,73 a	65,85
K	35,813±	7,21 bc	-

Keterangan: SE: Standar Error, P:asap cair dari Pelepah kelapa sawit; S: asap cair dari serabut kelapa sawit, K: kontrol

Pengaruh asap cair terhadap lama perkembangan larva uji

Pengaruh asap cair terhadap lama perkembangan serangga uji menunjukkan bahwa asap cair dari pelepah dan serabut tidak memberikan perbedaan lama perkembangan lebih dari satu hari. Meskipun pada konsentrasi 4% baik pada asap cair pelepah dan serabut memberikan lama perkembangan lebih lama dari kontrol (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa asap cair tidak memberikan efek gangguan hormonal yang menyebabkan gangguan terhadap pergantian kutikula.

Pengaruh asap cair terhadap bobot pupa uji

Pemberian asap cair pada pakan awal *S. frugiperda* instar II (selama 48 jam) menunjukkan adanya pengaruh terhadap bobot pupa. Pada perlakuan asap cair dari pelepah, lima konsentrasi yang digunakan mengakibatkan bobot pupa lebih besar dibandingkan kontrol. Pada perlakuan serabut konsentrasi 0,25% dan 2% bobot pupa lebih rendah dibandingkan kontrol, sedangkan pada konsentrasi lainnya (0,5%; 1%; 4%) bobot pupa lebih besar dibandingkan kontrol (Tabel 4). Pada hasil luas makan perlakuan serabut 0,25% (Tabel 3) menunjukkan adanya peningkatan daya makan dibandingkan kontrol. Hal ini memungkinkan adanya efek atraktif pada respon awal perlakuan, kemudian

dalam beberapa jam setelah perlakuan serangga menunjukkan efek *antifeedant* (Axelssen et al., 2017). Sehingga daya makan menurun pada hari selanjutnya dan berdampak pada bobot pupa lebih rendah dibandingkan kontrol.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan asap cair dari serabut dan pelepah kelapa sawit terhadap bobot pupa *S. frugiperda*

Perlakuan	N	Bobot pupa (g) (X ±SE)
P0,25%	23	0,2306±0,0099
P0,5%	22	0,2129±0,0070
P1%	15	0,2048±0,0062
P2%	14	0,2316±0,0075
P4%	11	0,2247±0,0100
S0,25%	25	0,1955±0,0069
S0,5%	24	0,2203±0,0056
S1%	23	0,2096±0,0077
S2%	23	0,1928±0,0079
S4%	18	0,2171±0,0065
K	30	0,2006±0,0074

Keterangan : n: jumlah pupa; X: Rata-rata; SE: standar error; P:asap cair dari Pelepah kelapa sawit; S: asap cair dari serabut kelapa sawit, K: kontrol.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan asap cair dari serabut dan pelepah kelapa sawit terhadap perkembangan larva *S. frugiperda*

Konsentrasi asap cair (%)	Lama perkembangan larva (X ±SE) (Hari)													
	N	II-III		N	II-IV		N	II-V		N	II-VI			
P0,25%	27	2,56	± 0,096	23	5,65	± 0,099	23	7,91	± 0,136	23	10,57	± 0,103		
P0,5%	26	2,69	± 0,091	22	5,64	± 0,137	22	7,95	± 0,150	22	10,68	± 0,099		
P1%	16	2,75	± 0,108	15	5,80	± 0,103	15	7,60	± 0,126	15	10,87	± 0,088		
P2%	18	2,83	± 0,118	14	5,50	± 0,134	14	7,57	± 0,132	14	10,86	± 0,094		
P4%	15	2,93	± 0,220	11	5,64	± 0,194	11	8,09	± 0,201	11	11,27	± 0,134		
S0,25%	26	2,42	± 0,097	25	5,76	± 0,102	25	7,96	± 0,165	25	10,52	± 0,100		
S0,5%	24	2,83	± 0,076	24	5,50	± 0,118	24	7,96	± 0,138	24	10,54	± 0,102		
S1%	24	2,58	± 0,101	23	5,65	± 0,099	23	8,00	± 0,151	23	10,48	± 0,104		
S2%	22	2,82	± 0,082	22	5,68	± 0,149	22	7,86	± 0,148	22	10,59	± 0,105		
S4%	21	2,95	± 0,142	18	5,94	± 0,095	18	8,06	± 0,184	18	11,06	± 0,124		
K	30	2,53	± 0,113	30	5,50	± 0,091	30	7,73	± 0,081	30	10,43	± 0,090		

Keterangan: X: Rata-rata; SE: Standar Error; N: jumlah larva, P:asap cair dari Pelepah kelapa sawit; S: asap cair dari serabut kelapa sawit, K: kontrol

Asap cair dari limbah kelapa sawit memberikan efek kematian, penekanan konsumsi pakan, bobot pupa, dan lama perkembangan larva dari instar II-VI. Pada penelitian Yatagai *et al.* (2002) perlakuan cuka kayu hasil proses *slow pyrolysis* berpengaruh positif terhadap mortalitas rayap. Komponen fenol yang dapat menurunkan persentase *survival rate* rayap paling baik adalah 2-metoksil-4-etil fenol (Yatagai *et al.*, 2002). Senyawa 2-metoksil-4-etil fenol dapat ditemukan juga dalam komposisi asap cair dari biomassa cangkang kelapa sawit (4,41%) (Haji *et al.*, 2013). Oleh karena itu, asam asetat dan fenol memegang peran penting pada kemampuan insektisidal asap cair.

Kandungan fenol dan asam asetat dari proses pirolisis setiap bahan cangkang, serabut, dan pelepah akan berbeda tergantung pada susunan komponen kimianya. Degradasi termal komponen lignin menghasilkan fenol (termasuk turunan guaiasil dan siring) dan sebagian besar menghasilkan tar (Maulina *et al.*, 2018; Muzyka *et al.*, 2023), sedangkan, hemiselulosa dan selulosa terdegradasi membentuk senyawa keton, aldehyd, furan, dan asam karboksilat (Muzyka *et al.*, 2023). Cangkang mengandung lignin (47,68%) yang paling tinggi dibandingkan selulosa (27,56%) dan hemioselulosa (22,32%) (Chang *et al.*, 2020), sedangkan serabut memiliki selulosa (43,00%) lebih tinggi dibandingkan hemiselulosa

(33,00%) dan lignin (22,00%) (Yasim-Anuar *et al.*, 2016). Pelepah juga memiliki selulosa (42,20%) lebih tinggi dibandingkan hemiselulosa (26,40%) dan lignin (22,30%) (Khalil *et al.*, 2010).

KESIMPULAN

Asap cair yang berasal dari pelepah mengakibatkan tingkat kematian *Spodoptera frugiperda* lebih tinggi dibandingkan dengan asap cair yang berasal dari serabut. Pada konsentrasi 4%, asap cair dari pelepah dan serabut secara berturut-turut menyebabkan kematian sebesar 63,33% dan 40% pada *S. frugiperda*. Perlakuan asap cair juga dapat mengurangi konsumsi pakan hingga 72,98% lebih rendah dibanding kontrol, dan dapat memperpanjang waktu perkembangan larva dari instar II-VI pada tingkat konsentrasi aplikasi 4%. Dengan demikian, pemanfaatan asap cair yang berasal dari pelepah dan serabut kelapa sawit dapat menjadi salah satu metode pengendalian hama, serta sebagai solusi pemanfaatan limbah kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari rangkaian proyek “Studi efektivitas destilasi asap limbah padat kelapa sawit menggunakan teknologi *distillation cyclone* sebagai insektisida alami ulat api” yang didanai oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS). Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Langlangbuana, Bandung, Indonesia dan Laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran yang telah mendukung berjalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Khalil AHPS, Poh BT, Issam AM, Jawaidd M, & Ridzuan R. 2010. Recycled polypropylene-oil palm biomass: The effect on mechanical and physical properties. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 29(8): 1117-1130. <http://dx.doi.org/10.1177/0731684409103058>.
- Assidiq F, Rosahdi TD, & Viera BVE. 2018. Pemanfaatan asap cair tempurung kelapa sawit dalam pengawetan daging sapi. *Jurnal Al-Kimiya*. 5(1): 34-41.
- Axelsson K, Konstanzer V, Rajarao GK, Terenius O, Seriot L, Nordenhem H, Nordlander G, & Borg-Karlson A. 2017. Antifeedants produced by bacteria associated with the gut of the pine weevil *Hylobius abietis*. *Microb Ecol* 74:177–184. <https://doi.org/10.1007/s00248-016-0915-5>.
- Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS). 2018. Potensi Limbah Kelapa Sawit Indonesia. Diakses melalui: <https://www.bpdp.or.id/Potensi-Limbah-Kelapa-Sawit-Indonesia> [16/12/2023].
- Capinera JL. 2017. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Department of Entomology and Nematology of University of Florida. IFAS Extension.
- Chang G, Shi P, Guo Y, Wang L, Wang C, & Gui Q. 2020. Enhanced pyrolysis of palm kernel shell wastes to bio-based chemicals and syngas using red mud as an additive. *Journal of Cleaner Production*. 272. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122847>.
- Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, Clotney V, Cock M, Colmenarez Y, Corniani N, Early R, Godwin J, Gomez J, Moreno PG, Murphy ST, Oppong-Mensah B, Phiri N, Pratt C, Silvestri S, & Witt A. 2017. Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*. 28(5): 196-201. DOI: 10.1564/v28_oct_02
- Effendi. 2008. Jambi Belum Ekspor Cangkang Kelapa Sawit. Diakses melalui <http://www.kabarindonesia.com/> [13/12/2023].
- Fauziati & Sampepana. 2015. Karakterisasi Komponen Aktif Asap Cair Cangkang Sawit Hasil Pemurnian. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 9(1): 65-72. <http://dx.doi.org/10.26578/jrti.v9i1.1705>
- Hagner M., Tiilikkala K, Lindqvist I, Niemela K, Wikberg H, Kalli A, & Rasa K. 2020. Performance of liquids from slow pyrolysis and hydrothermal Carbonization in plant protection. 11:1005-1016.
- Haji AG. 2013. Komponen kimia asap cair hasil pirolisis limbah padat kelapa sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 9(3):109-116.
- Hallem EA & Carlson JR. 2006. Coding of odors by a receptor repertoire. *Cell* 125:143–160. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.01.050>
- Hani MR, Mahidin M, Husin H, Hamdani H, & Khairil K. 2018. Oil palm biomass utilization as an energy source and its possibility use for polygeneration scenarios in Langsa City, Aceh Province, Indonesia. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 334 (2018) 012003.
- Kansiime MK, Mugambi I, Rwomushana I, Nunda W, Lamontagne-Godwin J, Rware H, & Day R. 2019. Farmer Perception of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) and Farm-level Management Practices in Zambia. *Pest Management Science*. 75(10): 2840-2850. <https://doi.org/10.1002%2Fps.5504>
- Khaidun I & Haji AG. 2010. Potensi Asap Cair Hasil Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit sebagai Biopestisida Antifeedant. *Prosiding Seminar Kimia FKIP Universitas Syah Kuala Darussalam*. Lampung. 552-555.
- Kim DH, Seo HE, Lee SC, Lee KY. 2008. Effects of wood vinegar mixed with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Anim. Cells Syst*. 12:47–52. <https://doi.org/10.1080/19768354.2008.9647153>
- Montezano DG, Specht A, Sosa-Gomez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes, Peterson JA, & Hunt TE. 2018. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*. 26(2): 286-300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- Muzyka R, Sobek S, Dudziak M, Ouadi M, & Sadjak M. 2023. A Comparative Analysis of Waste Biomass Pyrolysis in Py-GC-MS and Fixed-Bed Reactors. *Energies*. 16(8):3528. <https://doi.org/10.3390/en16083528>
- Nabila R, Hidayat W, Haryanto A, Hasanudin U, Iryani DA, Lee S, Kim S, Kim S, Chun D, Choi H, Im H, Lim J, Kim K, Jun D, Moon J, Yoo J. 2023. Oil palm biomass in Indonesia:

- Thermochemical upgrading and its utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 176: 113193.
- Nonci N, Kalqutny SH, Mirsam H, Muis A, Azrai M, & Aqil M. 2019. Pengenalan Fall Armyworm (*Spodoptera Frugiperda* J. Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung Di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Serealia. (In Indonesian).
- Oktarina D & Natalina. 2018. Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit untuk Bata Beton Ringan. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*. 2(1): 8-12.
- Qiu M, Liu L, Ling Q, Cai Y, Yu S, Wang S, Fu D, Hu B, & Wang X. 2022. Biochar for the removal of contaminants from soil and water: a review. *Biochar* 4(1).
- Revadi SV, Giannuzzi VA, Vetukuri RR, Walker WB, & Becher PG. 2020. Larval response to frass and guaiacol: detection of an attractant produced by bacteria from *Spodoptera littoralis* frass. *Journal of Pest Science* 94:1105–1118.
- Susanto A, Setiawati W, Udiarto BK, & Kurniadie D. 2021. Toxicity and Efficacy of Selected Insecticides for Managing Invasive Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize in Indonesia. *Research on Crops*. 22(3): 652-665.
- Silva DMD, Bueno ADF, Andrade K, Stecca CDS, Neves PMOJ, & Oliveira MCND. 2017. Biology and Nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Fed on Different Food Sources. *Scientia Agricola*. 74: 18-31. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2015-0160>
- Tahir I. 1992. Pengambilan Asap Cair secara Destilasi Kering pada Proses Pembuatan Carbon AKtif dari Tempurung Kelapa. Skripsi FMIPA UGM. Yogyakarta.
- Tilman D. 1981. *Wood Combustion: Principles, Processes, and Economics* Academics. PressInc. New York. 74-93.
- Westbrook JK., Nagoshi RN, Meagher RL, Fleischer SJ, & Jairam S. 2016. Modeling Seasonal Migration of Fall Armyworm Moths. *International Journal of Biometeorology*. 60: 255-267. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1022-x>
- Yarman & Edi. 2006. Pengaruh Penambahan Cangkang Kelapa Sawit terhadap Kuat Tekan Beton K200. Skripsi. Politeknik Pasir Pengairan.
- Yatagai M, Nishimoto M, Hori K, Ohira T, Shibata A. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *The Japan Wood Research Society*. 48: 338-342. <https://doi.org/10.1007/BF00831357>
- Yasim-Anuar TAT, Ariffin H, Norrahim MNF, Hassan MA. 2017. Factors affecting spinnability of oil palm mesocarp fiber cellulose solution for the production of microfiber. *BioResources* 12(1): 715-734.
- Yuliansyah AT, Hirajima T, Kumugai S, Sasaki K. 2010. Production of solid biofuel from agricultural wastes of the palm oil industry by hydrothermal treatment. *Waste Biomass Valor* (2010) 1:395–405. <https://doi.org/10.1007/s12649-010-9045-3>

