

# DIVERSIFIKASI TEMBAKAU SEBAGAI PESTISIDA NABATI UNTUK MENDUKUNG PERTANIAN BERKELANJUTAN

Heri Prabowo<sup>1</sup>, Janis Damaiyani<sup>2</sup>, Elda Nurnasari<sup>1</sup>, dan Sri Adikadarsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Pemanis dan Serat

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional

Email : heri\_prabowo@yahoo.com

Diversifikasi adalah suatu upaya untuk memperluas suatu produk yang telah ada selama ini untuk dapat didorong menjadi produk atau industri baru yang sebelumnya tidak diusahakan. Potensi pengembangan diversifikasi suatu produk telah banyak dikembangkan di berbagai sektor pertanian. Salah satu program diversifikasi tembakau yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan tembakau sebagai pestisida nabati asap cair. Tembakau memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pestisida nabati karena mengandung senyawa-senyawa kimia, mulai dari golongan asam, alkohol, aldehid, keton, alkaloid, asam amino, karbohidrat, ester, dan terpenoid. Asap cair hasil pirolisis daun tembakau memiliki rendemen yang bervariasi dengan hasil berkisar 9,76-36,71% dengan toksisitas terhadap hama sasaran berkisar antara 6,67-85%. Dengan persentase toksisitas diatas 80% menunjukkan bahwa diversifikasi tembakau menjadi asap cair memiliki potensi untuk dapat dikembangkan sebagai pestisida nabati. Pengembangan asap cair tembakau ini memiliki beberapa kendala diantaranya mudah terurai di lapangan, sensitif oleh pengaruh lingkungan (sinar matahari, suhu, kelembaban, dll), aplikasinya memerlukan dosis lebih banyak dibandingkan pestisida kimia, efek mematikan yang ditimbulkan relatif lambat, biaya untuk mengembangkan pestisida nabati termasuk membutuhkan investasi besar, kebiasaan petani (sosial-budaya) masih senang menggunakan pestisida kimia karena adanya efek cepat membunuh OPT sasaran, rendahnya penguasaan teknologi pembuatan pestisida nabati, pestisida kimia mendominasi pasar, penyediaan bahan aktif yang terbatas, pengembangan pembuatan formulasi belum didukung infrastruktur yang memadai, serta pengujian efikasi dan toksisitas pestisida nabati masih sulit dikembangkan. Strategi pengembangan asap cair tembakau untuk mendukung pertanian berkelanjutan memerlukan perhatian serius untuk dapat mendorong pemanfaatan asap cair tembakau sebagai pestisida nabati dalam mendukung penerapan pertanian yang berkelanjutan.

Tanaman tembakau merupakan komoditas tanaman yang telah lama dibudidayakan oleh petani. Keberadaannya penting karena dapat menjadi tanaman alternatif ketika ditanam pada musim kemarau dan pada kondisi tertentu memiliki nilai jual tinggi. Tekanan terhadap komoditas tembakau tidak mampu menghalangi keinginan petani untuk menanam tembakau. Hal ini terlihat dari luas areal tembakau perkebunan rakyat di Indonesia pada tahun 2021 seluas 200.000 ha dengan produksi tembakau sebesar 236.900 ton (BPS, 2021). Sebagian besar pemanfaatan tanaman tembakau banyak digunakan untuk diambil daunnya sebagai bahan baku industri rokok.

Kampanye anti-rokok yang luas akhir-akhir ini menuntut pemanfaatan tembakau sebagai bahan baku non

rokok. Peraturan Pemerintah (PP) No. 109 Tahun 2012 menetapkan pengamanan kesehatan bahan tembakau sehingga membuat beberapa petani tembakau khawatir bahwa produksi rokok akan dibatasi dan memicu penurunan permintaan tembakau. Peraturan ini melingkupi perlindungan generasi muda dari bahaya produk tembakau (rokok) karena bersifat adiktif dan berdampak negatif bagi kesehatan serta mendorong diversifikasi produk tembakau menjadi produk selain rokok yang memiliki nilai tambah dan tidak membahayakan kesehatan.

Diversifikasi adalah perluasan dari suatu produk yang diusahakan selama ini ke produk atau industri baru yang sebelumnya tidak diusahakan. Potensi pengembangan diversifikasi suatu produk telah

banyak dikembangkan di berbagai sektor pertanian. Dengan adanya diversifikasi ini, diharapkan memberikan harapan baru pada saat kondisi suatu produk pada titik tawar terendah sehingga mampu melakukan tindakan alternatif penjualan atau penawaran produk dalam bentuk lain sehingga meminimalkan kerugian dan mengoptimalkan pendapatan usaha tani tembakau. Diversifikasi tembakau bertujuan mendapatkan produk baru selain rokok yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan bermanfaat bagi manusia. Hasil penelitian menunjukkan tembakau dapat dimanfaatkan menjadi pestisida nabati, bahan baku parfum, asap cair, dan pupuk organik. Produk-produk tersebut diharapkan dapat bermanfaat, tidak membahayakan kesehatan, dan pada akhirnya memberikan nilai tambah pada

komoditas tembakau. Dengan adanya informasi terkait aktivitas pestisida nabati berbahan aktif tembakau, maka dikembangkan teknologi baru untuk memaksimalkan efektivitasnya melalui proses pirolisis. Proses pirolisis ini dapat menghasilkan asap cair tembakau yang memiliki bahan aktif dengan efektivitas lebih baik dibandingkan dengan cara pembuatan pestisida nabati secara maserasi atau konvensional.

### Asap Cair Tembakau Hasil Pirolisis

Pestisida nabati memiliki beberapa kelebihan, di antaranya adalah mudah terdegradasi, aman bagi organisme bukan sasaran, mengurangi kontaminasi lingkungan, dan tidak beracun bagi manusia (Roy *et al.* 2005; Misra *et al.* 2010; Irbijaro, 1990; Devlin dan Zettel, 1999). Terdapat banyak tanaman dan teknologi yang digunakan untuk memproduksi pestisida nabati. Beberapa teknologi yang digunakan untuk memperoleh bahan aktif pestisida nabati, antara lain melalui ekstraksi dengan cara distilasi, maserasi, dan pirolisis.

Belakangan ini, teknologi yang marak dikembangkan untuk membuat pestisida nabati adalah teknik pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia bahan organik melalui pemanasan dalam ruangan tanpa atau sedikit kandungan oksigen. Proses ini memecah ikatan molekul yang kompleks menjadi ikatan molekul lebih kecil (Czernik *et al.* 2004). Proses pirolisis dari bahan organik menghasilkan biochar, gas, dan asap cair. Asap cair hasil pirolisis dari bahan organik memiliki banyak fungsi, salah satu fungsinya dapat digunakan untuk insektisida pengendali hama (Tiilikala *et al.* 2010, Prabowo *et al.* 2021<sup>b</sup>). Kandungan asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis dapat bermacam-macam dan sangat tergantung jenis bahan, umur bahan dan berbagai komposisi organik yang ada dalam material tersebut (Booker *et al.* 2010<sup>a</sup>; Prabowo, 2016; Prabowo *et al.* 2021<sup>a</sup>). Beberapa bahan organik yang telah digunakan sebagai insektisida asap cair antara lain dari bahan biji anggur,

kayu *birch*, limbah tomat, dan tembakau.

Salah satu program diversifikasi tembakau adalah pemanfaatan asap cair tembakau sebagai pestisida nabati. Kandungan senyawa-senyawa kimia yang terdapat di dalam tembakau, mulai dari golongan asam, alkohol, aldehyd, keton, alkaloid, asam amino, karbohidrat, ester, dan terpenoid bersifat racun pada serangga hama.

Salah satu produk pestisida nabati asap cair dari Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Pemanis dan Serat (BPSI TAS) (Gambar 1) memiliki beberapa manfaat, diantaranya digunakan sebagai antimikrobia, anti jamur, insektisida, dan penolak serangga (*insect repellent*).



Gambar 1. Asap cair dari tembakau produk BPSI TAS

Pengembangan pestisida nabati asap cair tembakau untuk mendukung pertanian berkelanjutan memerlukan dukungan dari efisiensi produksi, serta optimalisasi produk dengan pemilihan bahan tembakau dan suhu pirolisis terbaik untuk meningkatkan toksisitas asap cair terhadap hama dan penyakit tanaman.

Wilayah pengembangan tembakau tersebar di berbagai tempat. Salah satunya di Pulau Jawa yang memiliki areal cukup luas. Hal ini merupakan peluang pengembangan diversifikasi tanaman tembakau untuk diolah menjadi pestisida nabati asap cair. Ada 11 lokasi sentra penghasil tembakau, yaitu Purwodadi, Yogyakarta, Boyolali,

Temanggung, Blitar, Probolinggo, Jember, Sumenep, Madiun, Ponorogo, dan Garut, yang telah diuji potensi asap cairnya. Wilayah tersebut mewakili sentra pengembangan tembakau di empat provinsi, yaitu Jawa Barat, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Tanaman tembakau pada tiap sentra produksi memiliki kekhasan masing-masing, mulai dari adanya variasi pada kandungan nikotin di dalam tanaman sampai kandungan komposisi hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Rendemen asap cair yang diperoleh pun bervariasi dengan hasil berkisar 9,76-36,71%.

Rendemen asap cair daun tembakau tertinggi diperoleh dari Probolinggo dengan hasil sebesar 36,71%, sedangkan rendemen terendah diperoleh dari Boyolali dengan hasil sebesar 9,76%. Perbedaan jumlah rendemen dan komposisi asap cair yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis bahan organik yang digunakan untuk proses pembuatannya. Semakin baik kualitas daun dan tinggi kandungan nikotinnya, maka diduga hasil rendemen asap cair akan semakin meningkat. Komposisi daun tembakau yang kompleks akan dirombak dan diurai melalui proses fisik pemanasan menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga hasil rendemen tinggi. Jika dilihat dari hasil rendemen asap cair yang dihasilkan, asal tembakau yang akan dijadikan sumber produksi dalam skala luas sebaiknya menggunakan tembakau dari daerah Probolinggo.

Suhu juga terkait dengan jumlah rendemen asap cair yang dihasilkan. Suhendi (2012), menyatakan proses pirolisis pada suhu 500°C pada tulang daun dan tangkai daun tembakau berturut-turut mampu menghasilkan asap cair sebanyak 39,74% dan 36,76% (Tabel 1). Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Booker *et al.* (2010)<sup>a</sup>, yang menyatakan bahwa pirolisis daun tembakau pada suhu 500°C selama 5 detik mampu menghasilkan asap cair sebanyak 43,4%. Hasil yang diperoleh dapat maksimal karena sangat tergantung efektivitas mesin pirolisis, panas yang dihasilkan mesin, bahan inert yang

Tabel 1. Komposisi hasil pirolisis tulang dan tangkai tembakau pada berbagai variasi suhu

Suhu pirolisis (°C)	Hasil (%)					
	Asap Cair		Biochar		Gas	
	bahan baku yang digunakan					
	tulang daun	tangkai daun	tulang daun	tangkai daun	tulang daun	tangkai daun
250	29,06	16,25	47,77	76,71	23,16	7,04
300	27,79	26,63	37,33	57,26	34,89	16,11
350	38,06	29,58	34,30	50,32	27,63	20,09
400	36,06	33,12	32,07	42,05	31,86	24,83
450	39,00	33,46	30,08	38,83	30,92	27,71
500	39,74	36,76	29,61	37,40	30,65	25,85

Sumber: Suhendi, 2012.

ditambahkan, dan bahan baku yang digunakan untuk pirolisis.

#### Asap Cair Tembakau Sebagai Pestisida Nabati

Komposisi kandungan kimia asap cair tembakau terdiri dari golongan fenol, asam asetat, propanon, dan aseton yang berpotensi sebagai insektisida yang mematikan serangga hama yang diuji. Daun tembakau yang dikumpulkan dari 11 lokasi sentra penghasil tembakau, yaitu Purwodadi, Yogyakarta, Boyolali, Temanggung, Blitar, Probolinggo, Jember, Sumenep, Madiun, Ponorogo, dan Garut, menghasilkan jumlah asap cair dan sifat insektisidal yang bervariasi. Sifat insektisidal asap cair tersebut mampu menyebabkan mortalitas *Spodoptera litura* lebih dari 80%, atau dengan kisaran 6,67-85%, tergantung pada asal daerah penanaman tembakau. Dengan demikian, daun tembakau selain sebagai bahan baku di dalam industri rokok, juga dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati.

Konsentrasi asap cair daun tembakau yang dibutuhkan untuk mematikan *S. litura* sebanyak 50% populasi ( $LC_{50}$ ) bervariasi antara 2,68 – 15,38%. Asap cair asal Probolinggo (2,68%) dan Ponorogo (4,29%) memiliki kemampuan yang cukup baik karena mampu mematikan *S. litura* pada konsentrasi di bawah 5%, sedangkan asap cair dari sentra produksi tembakau lainnya masih bersifat insektisidal, walaupun membutuhkan konsentrasi lebih tinggi untuk mematikan ulat tersebut. Nilai  $LC_{50}$  dari asap cair daun tembakau dari

daerah lainnya adalah 6,89% (Garut), 8,34% (Yogyakarta), 8,80% (Jember), 8,96% (Madiun), 10,12% (Purwodadi), 10,67% (Blitar), 11,89% (Boyolali), 11,93% (Temanggung), dan 15,38% (Sumenep). Perlu penelitian lebih lanjut mengenai penyebab perbedaan sifat insektisidal asap cair dari berbagai sentra produksi tembakau tersebut.

Kondisi lingkungan dan sistem budi daya diduga dapat memengaruhi kualitas asap cair. Pada percobaan lainnya, asap cair tembakau dengan konsentrasi sebesar 375 mg/ml juga mampu menyebabkan kematian pada *Colorado Potato Beetle* (CPB) *Leptinotarsa decemlineata* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) lebih dari 85% pada 24 jam setelah perlakuan, dengan rata-rata mortalitas 91,83%. Semua kumbang mati (100%) 48 jam setelah perlakuan ((Booker *et al.* 2010) <sup>b</sup>). Dengan demikian, daun tembakau dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati. Hal ini berarti bahwa pestisida nabati dari asap cair daun tembakau merupakan salah satu diversifikasi produk dari tanaman tembakau, selain untuk rokok.

Berdasarkan penelitian telah banyak ditunjukkan bahwa penggunaan asap cair sebagai pestisida nabati telah memperlihatkan hasil positif. Asap cair memiliki beberapa keunggulan untuk dikembangkan sebagai pestisida nabati selain fungsinya membunuh serangga hama (mortalitas), asap cair juga

berperanan sebagai penolak makan (*antifeedant*), penolak serangga (*repellent*) dan bersifat sinergis bila diaplikasikan dengan insektisida kimia. Dengan berbagai keunggulannya, asap cair diketahui dapat menekan perkembangan populasi hama, sehingga tidak hanya dilihat dari faktor mortalitas hama yang tinggi. Jika suatu jenis pestisida nabati spesifik menekan populasi hama dan aman terhadap musuh alami, maka akan tercipta ekosistem pertanian yang berkelanjutan (Pavela, 2014). Ledakan hama akibat resistansi yang ditimbulkan dari penggunaan insektisida kimia dapat dihindari. Oleh karena itu, asap cair sebagai pestisida nabati memiliki prospek yang cukup menjanjikan.

Kinerja asap cair sebagai racun kontak sesuai dengan penelitian Wititsiri (2011) yang melaporkan bahwa aplikasi asap cair tempurung kelapa dengan metode semprot pada konsentrasi 2% dan 10% mampu menyebabkan kematian pada rayap *Odontotermes* sp. dan kutu *Ferrisia virgata* berturut-turut sebesar 85 dan 96%. Sebagian besar sifat asap cair sebagai racun kontak disebabkan oleh adanya kandungan asam asetat di dalam asap cair yang menyebabkan rusaknya permeabilitas kutikula serangga sehingga serangga mati (Kim *et al.* 2008). Sementara pada wereng batang coklat *Nilaparvata lugens*, nilai LC asap cair cangkang kelapa yang dibutuhkan dengan metode semprot langsung lebih rendah dari pada metode celup pakan, dan dapat menyebabkan kematian 100% (Wagiman *et al.* 2014).

Asap cair dari kayu laban dengan konsentrasi 5% mampu menyebabkan kematian rayap *Coptotermes curvignatus* sebesar 100% (Oramahi *et al.* 2014), asap cair dari kayu *birch* menyebabkan kematian *Myzus persicae* sebesar 95% (Tiilikkala *et al.* 2010), serta asap cair dari tomat dan daun tembakau mampu menyebabkan kematian *L. decemlineata* berturut-turut sebesar 80% dan 94% (Booker *et al.* 2010<sup>b</sup>; Caceres *et al.* 2015).

Aktivitas asap cair sebagai penolak makan atau *antifeedant* sesuai dengan penelitian dari Haji *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa aplikasi asap cair dari limbah sampah perkotaan sebesar 1% memiliki persentase *antifeedant* terhadap *S. litura* sebesar 80,65% pada 24 jam setelah perlakuan. Sifat asap cair sebagai racun perut ditemukan pada kasus aplikasi asap cair pada larva *Musca domestica* yang meningkat kematiannya ketika diuji dengan metode celup pakan (Pangnakorn *et al.* 2012). Aplikasi asap cair menyebabkan larva *Anticarsia gemmatalis* dan *Pseudoplusia includes* memiliki kemampuan memakan daun kedelai lebih rendah dibandingkan kontrol berturut-turut sebesar 100% dan 94,71% (Petter *et al.* 2013).

Asap cair juga berfungsi sebagai *repellent*. Sifat *repellent* dibutuhkan untuk mencegah adanya hama datang dan merusak tanaman sehingga biaya pengendalian hama dapat ditekan. Walaupun demikian, senyawa kimia yang berperan sebagai *repellent* masih belum diketahui dan masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk pengembangannya. Adanya sifat *repellent* ini mampu menunjang pengembangan asap cair sebagai pestisida nabati (Kiarie-Makara *et al.* 2010) Penggunaan asap cair dari kayu konara mampu menolak keberadaan nyamuk *Culex pipiens* dan *Aedes togoi* berturut-turut sebesar 100% dan 95,9%. Kemampuan menolak asap cair ini mampu bertahan selama tujuh jam setelah perlakuan (Kiarie-Makara *et al.* 2010).

Asap cair bersifat fleksibel dan sinergis bila digabungkan aplikasinya dengan pestisida kimia. Beberapa penelitian melaporkan bahwa aplikasi

asap cair dengan karbosulfan mampu meningkatkan mortalitas hama sasaran (Kim *et al.* 2008). Selain dengan karbosulfan, aplikasi asap cair dari bambu dengan pestisida kimia berbahan aktif heksaflumuron, imidakloprid, mampu mengendalikan *S. litura* instar I dan II serta *Empoasca flavescens* pada tanaman teh dan kapas. Campuran antara asap cair dan hexaflumuron mampu mengendalikan *S. litura* pada tujuh hari setelah aplikasi hanya dengan setengah dosis pestisida kimia yang dianjurkan, sedangkan campuran asap cair dan imidakloprid mampu mengendalikan *E. flavescens* pada 1,3,7 dan 11 hari setelah aplikasi hanya dengan setengah dosis imidakloprid yang dianjurkan (Houzhang *et al.* 2008).

Asap cair mudah larut di berbagai pelarut organik seperti n-heksan, metanol, dan etanol. Aktivitas asap cair limbah perkotaan sebagai *antifeedant* menunjukkan hasil paling baik pada pelarut metanol dengan persentase penghambatan makan *S. litura* sebesar 80,65%, disusul dengan pelarut etanol dengan persentase penghambatan sebesar 28,57% (Haji *et al.* 2012).

### Kandungan Kimia Asap Cair Tembakau

Komposisi kandungan senyawa kimia asap cair tembakau yang diukur dengan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) menunjukkan asap cair dari tangkai daun tembakau pada pemanasan suhu 350°C dan 500°C menghasilkan senyawa tertinggi dari golongan keton, sedangkan pirolisis pada suhu 400°C lebih banyak mengandung senyawa dari golongan asam asetat (Suhendi, 2012; Hossain *et al.* 2013)). Booker *et al.* (2010)<sup>b</sup>, menyatakan kandungan asap cair daun tembakau yang berperan sebagai pestisida adalah dari golongan fenol. Dari sepuluh kandungan senyawa tertinggi, delapan diantaranya adalah senyawa dari golongan fenol.

Sifat *antifeedant* asap cair diduga karena adanya kandungan

senyawa  $\gamma$ -butirolakton. Senyawa ini mengandung inti lakton. Lakton sudah lama dikenal sebagai golongan senyawa yang dapat digunakan sebagai *antifeedant* terhadap berbagai macam serangga hama termasuk *S. litura*. Beberapa senyawa lakton lainnya yang dilaporkan bersifat *antifeedant* terhadap *S. litura* antara lain salannobutirolakton, desasetilsalannobutirolakton, 12-hidroksioleanolat lakton dan pektolinarigenin (Narasimhan *et al.* 2005, Thoison *et al.* 2004).

### Prospek, Tantangan, Dan Strategi Pengembangan Asap Cair Tembakau Sebagai Pestisida Nabati Untuk Menunjang Pertanian Berkelanjutan

Asap cair tembakau memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati sehingga dapat digunakan sebagai salah satu komponen untuk menunjang pertanian berkelanjutan. Asap cair tembakau memiliki sifat mematikan, mencegah, mengusir, menghambat pertumbuhan, menurunkan bobot hama, tidak menimbulkan resistansi dan resurgensi, mampu menekan biaya pembelian pestisida karena dapat diproduksi sendiri, aman bagi lingkungan, serta menimbulkan kematian OPT sasaran dengan efektif. Namun, penggunaan asap cair tembakau memiliki beberapa kendala diantaranya mudah terurai di lapangan, sensitif oleh pengaruh lingkungan (sinar matahari, suhu, kelembaban, dan lain-lain), aplikasinya memerlukan dosis lebih banyak dibandingkan pestisida kimia, efek mematikan yang ditimbulkan relatif lambat, biaya untuk mengembangkan pestisida nabati termasuk membutuhkan investasi besar, kebiasaan petani (sosial-budaya) masih senang menggunakan pestisida kimia karena adanya efek cepat membunuh OPT sasaran, rendahnya penguasaan teknologi pembuatan pestisida nabati, pestisida kimia mendominasi pasar, penyediaan bahan aktif yang terbatas, pengembangan pembuatan formulasi belum didukung infrastruktur yang memadai, serta pengujian efikasi dan

toksitas pestisida nabati masih sulit dikembangkan.

Strategi pengembangan asap cair tembakau untuk mendukung pertanian berkelanjutan antara lain adalah dukungan dari pemegang kebijakan dengan memberikan *reward* terhadap produk pertanian organik di semua komoditas, memudahkan perizinan serta registrasi pendukung pestisida nabati, dukungan sarana prasarana produksi asap cair tembakau, standarisasi produksi asap cair, dukungan bimbingan dan pelatihan teknik aplikasi meliputi penyemprotan, bahan penyebar (*spreader*), adjuvan, dan perekat pestisida nabati sehingga dalam aplikasi menjadi optimal, pembangunan korporasi petani dari hulu dan hilir. Dari berbagai strategi pengembangan ini diharapkan dapat mendorong asap cair tembakau sebagai pestisida nabati untuk mendukung penerapan pertanian yang berkelanjutan.

## PENUTUP

Diversifikasi tembakau yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan tembakau sebagai pestisida nabati asap cair tembakau. Asap cair tembakau memiliki kandungan senyawa-senyawa kimia, mulai dari golongan asam, alkohol, aldehyd, keton, alkaloid, asam amino, karbohidrat, ester, dan terpenoid yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati. Asap cair hasil pirolisis daun tembakau memiliki toksitas terhadap *S. litura* diatas 80%. Hal ini menunjukkan bahwa diversifikasi tembakau menjadi asap cair memiliki potensi untuk dapat dikembangkan sebagai pestisida nabati. Strategi pengembangan asap cair tembakau untuk mendukung pertanian berkelanjutan memerlukan perhatian serius untuk dapat mendorong pemanfaatan asap cair tembakau sebagai pestisida nabati untuk mendukung penerapan pertanian yang berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Booker, Christina J, Rohan Bedmutha, Ian M Scott, Kenneth Conn, Franco Berruti, Cedric Briens, and Ken KC Yeung <sup>a</sup>. 2010. Bioenergy II: Characterization of the Pesticide Properties of Tobacco Bio-Oil. *International Journal of Chemical Reactor Engineering* Vol. 8. Article A26: 1-14.
- Booker, Christina J, Rohan Bedmutha, Tiffany Vogel, Alex Gloor, Ran Xu, Lorenzo Ferrante, Ken KC Yeung, Ian M Scott, Kenneth L Conn, Franco Berruti, and Cedric Briens <sup>b</sup>. 2010. Experimental Investigations into the Insecticidal, Fungicidal, and Bactericidal Properties of Pyrolysis Bio-Oil from Tobacco Leaves Using a Fluidized Bed Pilot Plant, *Ind. Eng. Chem. Res.* 49: 10074–10079.
- BPS. 2021. Luas Tanaman Perkebunan Besar Menurut Jenis Tanaman (Ribu Hektar). <https://www.bps.go.id/indikator/54/1847/1/luas-tanaman-perkebunan-besar-menurut-jenis-tanaman.html>. Terakhir diakses 29 September 2023.
- Caceres LA, Brian D McGarvey, Cedric Briens, Franco Berruti, Ken KC Yeung, Ian M Scott. 2015. Insecticidal properties of pyrolysis bio-oil from greenhouse tomato residue biomass. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.* 112: 333–340.
- Caceres LA. 2012. Pesticidal Properties and Chemical Composition of Tomato Plant Bio-oil in "Bioenergy III: Present and New Perspectives on Biorefineries", Dr. Jesús Arauzo, Universidad de Zaragoza, Spain; Dr. Cedric Briens, University of Western Ontario, Canada; Dr. Dietrich Meier, Johann Heinrich von Thünen Institute (vTI), Germany Eds, ECI Symposium Series, [http://dc.engconfintl.org/bioenergy\\_iii/11](http://dc.engconfintl.org/bioenergy_iii/11).
- Czernik, S. and A. V. Bridgwater. 2004. Overview of Applications of Biomass Fast Pyrolysis Oil. *Energy and Fuels Journal* 18: 590-598
- Devlin J.F. and T. Zettel. 1999. Ecoagriculture: Initiatives in Eastern and Southern Africa. Weaver Press. Harare.
- Haji AG, Zainal Alim Mas'ud, dan Gustan Pari. 2012. Identifikasi Senyawa Bioaktif Antifeedant dari Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Perkotaan. *Jurnal Bumi Lestari.* 12(1): 1-8.
- Houzhang W, Tu Xusun, Cheng Xueyao, Cheng Hongwei, Zhang Shaoxing, Cheng Dingwei, Zhang Jun, You Yuankang. 2008. Study on the Enhancive Effects of Bamboo Vinegar Added to Insecticide on Controlling Spodoptera litura and Empoasca flavescens in the Field, *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008.
- Hossain Mohammad M, Ian M Scott, Brian D McGarvey, Kenneth Conn, Lorenzo Ferrante, Franco Berruti, Cedric Briens. 2013. Toxicity of lignin, Cellulose and Hemicellulose-Pyrolyzed Bio-Oil Combinations: Estimating Pesticide Resources, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2013; 99: 211–216.
- Hossain, Mohammad M, Ian Scott, Liu SQ, Brian D McGarvey, Cedric Briens and Franco Berruti. 2012. Bio-oil from the pyrolysis of Canola, Brassica napus and Mustard, *B. carinata* and *B. juncea*, Straw: The Potential for Insecticide Development" in "Bioenergy III: Present and New Perspectives on Biorefineries", Dr. Jesús Arauzo, Universidad de Zaragoza, Spain; Dr. Cedric Briens, University of Western Ontario, Canada; Dr. Dietrich Meier, Johann Heinrich von Thünen Institute (vTI), Germany Eds, ECI Symposium Series, 2012; [http://dc.engconfintl.org/bioenergy\\_iii/9](http://dc.engconfintl.org/bioenergy_iii/9).
- Ivbijaro MF. 1990. Natural Pesticides: Role and Production Potential in Nigeria. National workshop on the pesticide Industry in Nigeria University of Ibadan, Sept. 24 – 27, p. 24.
- Kiarie-Makara MW, Hae Soon Yoon and Dong-Kyu Lee. 2010. Repellent Efficacy of Wood Vinegar Against *Culex pipiens* Pallens and *Aedes Togo*

- (Diptera: Culicidae) Under Laboratory and Semi-Field Conditions. *Entomological Research*, 2010; 40: 97–103.
- Kim DH, Han Eul Seo, Sang-Chul Lee and Kyeong-Yeoll Lee. 2008. Effects of Wood Vinegar Mixed with Insecticides on the Mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae), *Animal Cells and Systems*, 2008; 12: 47-52.
- Mishra, UM, P. N. Murthy, P.K. Choudhury, G. Panigrahi, S. Mohapatra, and D. Pradhan. 2010. Antibacterial and Analgesic Effects of the Stem Barks of *Calophyllum inophyllum*. *Int.J. ChemTech Res.*2(2)
- Narasimhan, S., S. Kannan, K. Ilango, and G. Maharajan. 2005. Antifeedant activity of *Momordica dioica* fruit pulp extracts on *S. litura*. *Fitoterapia*, 76: 715-717.
- Oramahi HA, Farah D, Nurhaida. 2014. New Bio Preservatives from Lignocelluloses Biomass Bio-oil for Anti termites *Coptotermes curvignathus* Holmgren, *Procedia Environmental Sciences*, 2014; 20: 778 – 784.
- Pangnakorn U, Suwimol Kanlaya and Chumpon Kuntha. 2011. Efficiency of wood vinegar and extracts from some medicinal plants on insect control, *Advances in Environmental Biology*. p.477.
- Pangnakorn,U, Suwimol Kanlaya, Chumpon Kuntha. 2012. Effect of Wood Vinegar for Controlling on Housefly (*Musca domestica* L), *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 6: 05-24.
- Prabowo, Heri. 2016. *Aktivitas Asap Cair Limbah Batang Tembakau Sebagai Insektisida Terhadap Larva Spodoptera litura Fabricius*. Tesis. Universitas Gadjah Mada.
- Prabowo, Heri, H. Sigid, Sri Widyaningsih, Susi Wuryantini<sup>a</sup>. 2021. Bio Oil of Waste Tobacco Stem: Extraction, Physico-chemical Properties, and Its Biological Activities. *Journal of Drug and Alcohol Research*
- Prabowo, Heri; Subiyakto; Supriyono; Handoko, Sigid; Miswanti; Widyaningsih<sup>b</sup>. 2021. Chemical Characterization and Antimicrobial Activities of Indonesian Tobacco Bio Oil. *International Journal of Pharmaceutical Research* (09752366) . Apr-Jun 2021, Vol. 13 Issue 2, p2200-2204.
- Pavela, R. 2014. Limitation of Plant Biopesticides, p. 347–359. *In* D. Singh (eds.), *Advances in Plant Biopesticides*. Springer Publishing, India.
- Petter FA, Luciana BS, Isidoro JS, Kellen Magionni<sup>1</sup>, Leandro PP, Fernandes AA & Bruno EP. 2013. Adaptation of the Use of Pyrolytic Acid in Control of Caterpillars and Agronomic Performance of the Soybean Crop, *Journal of Agricultural Science*, 2013; 5(8): 27-36.
- Roy B., Amin R., Uddin M.N., Islam A.T.M.S., Islam M.J. dan Halder B.C. 2005. Leaf extracts of *Shiyalmutra* (*Blumea lacera* Dc.) as botanical pesticides against lesser grain borer and rice weevil. *Journal of Biological Sciences* 5 (2). p 201 – 204.
- Suhendi E, *Pirólisis limbah batang daun tembakau*. 2012. Tesis Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada, Belum dipublikasikan.
- Thoisson, O., T. Sevenet, H.M. Niemeyer, and G.B. Russell. 2004. Insect Antifeedant Compounds from *Nothofagus dombeyi* and *Nothofagus pumilio*. *Phytochemistry*. 65: 2173–2176
- Tiilikkala, K., Fagnäs, L., and Tiilikkala, J. 2010. History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. *Open Agriculture Journal*. 4:111–118.
- Wagiman FX, Arik Ardiansyah and Witjaksono. 2014. Activity of Coconut Shell Liquide Smoke As An Insecticide On Rice Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*), *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*. 9(9): 1990-6145.