

Pengaruh Asap Cair Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*) terhadap Mortalitas Kutu Daun (*Aphis gossypii*)

*The Effect of Liquid Smoke of Teak Sawdust (*Tectona grandis*) on the Mortality of Aphids (*Aphis gossypii*)*

Lailatul Farida* dan Evie Ratnasari

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

* e-mail: lailatulfarida36@yahoo.co.id

ABSTRAK

Serbuk gergaji kayu jati merupakan limbah yang perlu diminimalkan keberadaannya, upaya inovatif untuk meminimalisasi limbah serbuk gergaji kayu adalah dengan mengolahnya menjadi asap cair. Asap cair berpotensi sebagai insektisida, untuk itu pengaruh insektisida dari asap cair serbuk gergaji kayu jati perlu diuji dalam skala laboratorium pada hama uji kosmopolitan *Aphis gossypii*. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengukur kandungan fenol dalam asap cair serbuk gergaji kayu jati, 2) mendeskripsikan pengaruh asap cair serbuk gergaji kayu jati terhadap hama *A. gossypii* dan 3) menentukan konsentrasi efektif terhadap mortalitas *A. gossypii*. Parameter penelitian yaitu kadar fenol pada asap cair dan persentase mortalitas *A. gossypii*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan konsentrasi, konsentrasi yaitu 0%, 12%, 18%, 24% dan 30%, masing-masing diulang lima kali, setiap ulangan menggunakan 20 ekor *A. gossypii*. Analisis kadar fenol dilakukan secara deskriptif dan mortalitas *A. gossypii* dianalisis dengan ANAVA *one Ways*, selanjutnya diuji menggunakan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) asap cair serbuk gergaji kayu jati pada konsentrasi 100% mengandung 20,57 mg/L, 2) ada pengaruh pemberian asap cair serbuk gergaji kayu jati terhadap mortalitas hama *A. gossypii* pada berbagai konsentrasi dan 3) konsentrasi asap cair serbuk gergaji kayu jati yang efektif mempengaruhi mortalitas *A. gossypii* yaitu konsentrasi 30%.

Kata kunci: *Aphis gossypii*, asap cair, serbuk gergaji kayu jati, mortalitas, fenol

ABSTRACT.

Teak sawdust was a waste that needed to be minimized. Innovative efforts to minimize waste wood powder was to process it into liquid smoke. Liquid smoke could be an insecticide, therefore the role of insecticide from liquid smoke needed to be tested in laboratory scale on *Aphis gossypii* as cosmopolitan pest. This study aimed to 1) measure the phenol content in the sawdust smoke of teak, 2) to describe the effect of liquid smoke of sawdust to the pest *A. gossypii* and 3) determine the effective concentration of *A. gossypii* mortality. The research parameters were phenol content in liquid smoke and percentage of mortality of *A. gossypii*. The study used Completely Randomized Design with five concentration treatments, 0%, 12%, 18%, 24% and 30%, respectively five repetitions, each replicating using 20 aphids. The analysis of phenol content was done descriptively and mortality *A. gossypii* analyzed by using ANAVA *one Ways*, and followed by Duncan test. The results showed that 1) the smoke of teak sawdust at concentration of 100% contained 20.57 mg / L, 2) there was effect of the liquid smoke of sawdust teak to the mortality of pest *A. gossypii* at various concentrations and 3) the concentration of liquid smoke teak sawdust that effectively affects the mortality of *A. gossypii* concentration of 30%.

Key words: *Aphis gossypii*, liquid smoke, sawdust teak, mortality, phenol

PENDAHULUAN

Seiring dengan kepadatan populasi penduduk, sejalan pula tingkat pemenuhan kebutuhannya terutama dalam hal papan. Kegiatan masyarakat tersebut, seringkali menghasilkan limbah buangan salah satunya serbuk gergajian kayu jati. Banyak Industri penggergajian kayu rata-rata menghasilkan sekitar 49,15% limbah serbuk gergaji kayu (Wijaya, 2008). Walaupun banyak tindakan untuk mengurangi

keberadaan limbah tersebut salah satunya dengan cara dibakar namun kegiatan ini tidak menjadi solusi yang tepat, mengingat hasil sampingan berupa polusi udara yang dihasilkan.

Salah satu teknologi yang secara aplikatif dapat dilakukan guna mengeliminasi produk pencemaran buangan yang dihasilkan yakni mengolahnya menjadi asap cair. Asap cair dibuat dari hasil kondensasi asap pembakaran serbuk gergaji kayu jati sehingga tidak terjadi pembebasan polusi di udara dan dapat berguna

sebagai insektisida nabati. Penelitian yang dilakukan Wagiman *et al* (2014) menunjukkan bahwa asap cair dari tempurung kelapa dapat mengendalikan wereng coklat. Demikian juga hasil uji pendahuluan pada penelitian ini bahwa asap cair serbuk gergajian kayu jati berpengaruh terhadap mortalitas kutu daun *Aphis gossypii* dan menghasilkan LC 50 pada konsentrasi 26,324%.

Peran asap cair sebagai insektisida adalah tak lepas dari peran fenol yang terkandung di dalamnya. Fenol bersifat insektisidal dan toksik karena fenol sangat kaustik terhadap jaringan. Jika fenol ditelan oleh serangga menyebabkan iritasi tenggorokan dan radang pada pencernaan (Pike, 2017). Kadar fenol dapat ditentukan dengan menggunakan metode *spektrofotometri* (Edi, 2017). Pengukuran kadar fenol pada asap cair, sesuai menggunakan metode *spektrofotometri* karena asap cair berupa larutan (Hartati dkk, 2015). *Spektrofotometri* merupakan metode untuk menentukan berapa banyak zat yang menyerap cahaya dengan melewatkan cahaya pada larutan sampel.

Asap cair dapat ditentukan sifat insektisidalnya melalui mortalitas terhadap suatu serangga, salah satu serangga yang membuat kerusakan tinggi adalah *Aphis gossypii*. Hama ini sering menyerang tanaman cabai dan dilaporkan pernah menimbulkan kerusakan di berbagai negara termasuk Indonesia (Berim, 2009). Keefektifan produk asap cair dalam mengendalikan *A. gossypii* perlu untuk diuji, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan fenol dalam asap cair serbuk gergajian kayu jati, mendeskripsikan pengaruh asap cair serbuk gergajian kayu jati terhadap hama *Aphis gossypii* dan menentukan konsentrasi efektif terhadap mortalitas *Aphis gossypii*.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah observasional dan eksperimental. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Juli 2017. Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium mikrobiologi, gedung C9 Universitas Negeri Surabaya. Serbuk gergaji kayu jati diperoleh dari penggergaji kayu di Jalan Demak, Surabaya, dan asap cair serbuk gergaji kayu jati dibuat di Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. *Aphis gossypii* diperoleh dari Desa Jotangan Mojosari Mojokerto, kemudian dilakukan proses *rearing* di Ketintang Wiyata Raya No 24 Surabaya untuk diperoleh nimfa. Sedangkan kadar fenol dianalisis dengan menggunakan uji Spektrofotometri UV-Visible di Laboratorium teknik lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah peralatan untuk *pyrolysis*, kuas, botol *spray*, spuit atau jarum suntik 5 mL, pinset, penggaris, kertas tisu, kapas, wadah plastik, senter, kamera,

hand counter, alas kertas putih dan mikroskop binokuler.

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah *A. gossypii*, hasil *pyrolysis* kayu jati, bibit tanaman cabai rawit, aquades, air, botol plastik. Tahap penelitian meliputi tahap penyediaan asap cair, tahap perbanyak nimfa *A. gossypii* dan tahap perlakuan.

Penyediaan asap cair berasal dari kondensasi asap buang dari pembakaran serbuk gergaji kayu. Mula-mula 12 kg serbuk gergaji kayu jati dikeringkan di bawah sinar matahari, selanjutnya dibakar sampai terbentuk asap, kemudian asap dikondensasikan, hingga terbentuk asap cair. Asap cair kemudian ditampung dalam wadah bersih. Hasil asap cair selanjutnya disaring menggunakan kertas saring.

Nimfa instar III *A. gossypii* diperoleh dari hasil rearing. Proses rearing dilakukan dengan cara menginvasikan *A. gossypii* ke tanaman cabai sehat dari tanaman sakit. Nimfa instar III *A. gossypii* diperoleh 3-4 hari dari masa kelahiran atau pergantian kulit ke 2, *A. gossypii*.

Sebanyak 20 ekor *A. gossypii* diaklimatisasi selama 24 jam pada bibit tanaman cabai rawit masing-masing pengulangan. Setiap ulangan terdiri dari dua bibit tanaman cabai yang diletakkan ke dalam botol plastik berdinding kaca. Selanjutnya konsentrasi asap cair 0%, 12%, 18%, 24%, dan 30% disemprotkan sebanyak 5 ml pada masing-masing pengulangan. Parameter penelitian adalah mortalitas nimfa *A. gossypii* yang diamati selama 3 hari.

Mortalitas nimfa *A. gossypii* dihitung setiap 24 jam sekali selama 3 hari, kemudian ditentukan nilai persentasenya. Persentase mortalitas nimfa *A. gossypii* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ambarwati, 2012):

$$M = \frac{\sum n}{\sum N} \times 100\%$$

M adalah mortalitas (%), n adalah jumlah nimfa yang mati karena penyemprotan pestisida (ekor), dan N adalah jumlah nimfa yang diuji (ekor).

Apabila terdapat jumlah kontrol yang mati, maka persentase kematian digunakan rumus Abott (Kurniawan, 2012) sebagai berikut,

$$M = \frac{\sum n - \sum k}{100 - \sum k} \times 100\%$$

M adalah mortalitas (%), n adalah jumlah nimfa yang mati karena penyemprotan pestisida (ekor), dan k adalah jumlah nimfa yang mati pada kontrol.

Data mortalitas ditentukan signifikansi perbedaannya dengan uji Anava *one ways* dan uji duncan. Konsentrasi asap cair yang berpengaruh efektif ditentukan pada hasil analisis uji Duncan.

HASIL

Asap cair dari serbuk gergaji kayu jati dapat berpotensi sebagai insektisida. Sebelum dilaksanakan perlakuan konsentrasi asap cair terhadap *A. gossypii*, dilakukan analisis kadar fenol pada konsentrasi 100% asap cair. Hasil menunjukkan bahwa asap cair serbuk gergajian kayu jati mengandung fenol. Asap cair pada konsentrasi 100% asap cair mengandung 20,57 mg/L fenol. Konsentrasi 100% berasal dari 12 kg serbuk gergajian kayu jati yang dipiryolisis hingga menghasilkan 200 mL asap cair.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa asap cair kayu jati bersifat toksik terhadap *A. gossypii*. Mortalitas *A. gossypii* meningkat sejajar dengan peningkatan konsentrasi asap cair serbuk gergajian kayu jati. Setiap perlakuan memiliki perbedaan dengan perlakuan yang lain. Perlakuan dengan nilai rata-rata mortalitas tertinggi adalah perlakuan E (konsentrasi 30%)

dan memiliki notasi tertinggi, sehingga dikatakan bahwa konsentrasi 30% merupakan konsentrasi yang paling efektif (Tabel 1).

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati mortalitas *A. gossypii* setiap hari selama tiga hari. Perbandingan antara masing-masing hari pengamatan dapat dilihat melalui histogram. Gambar 1 menunjukkan bahwa *A. gossypii* pada semua perlakuan mengalami puncak kematian pada hari pertama pengamatan dan mengalami penurunan kematian pada hari ke tiga pengamatan. Perlakuan E merupakan perlakuan yang menyebabkan kematian *A. gossypii* tertinggi pada hari pertama pengamatan, namun mengalami penurunan seiring lamanya pengamatan.

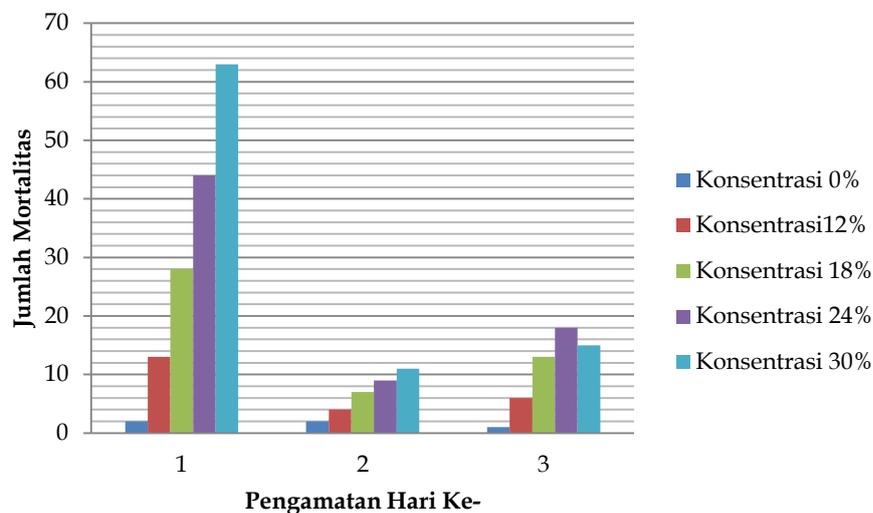
PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi kadar fenol. Menurut Shofal (2015) kuantitas fenol pada asap hasil pembakaran kayu sangat bervariasi yaitu antara 10-200 mg/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sekitar 12 kg serbuk gergajian kayu jati menghasilkan 200 mL

Tabel 1. Persentase mortalitas *A. gossypii* pada pemberian asap cair serbuk gergajian kayu jati

Konsentrasi (%)	Ulangan					Rata-rata Mortalitas
	1	2	3	4	5	
0	5	5	0	10	5	5±3,536 ^a
12	5,56	16,67	16,67	11,11	22,22	14,44±6,33 ^b
18	44,44	50	33,33	44,44	38,89	42,22±6,33 ^c
24	66,67	72,22	66,67	66,67	66,67	67,78±2,486 ^d
30	83,33	88,89	94,44	94,44	77,78	87,78±7,24 ^e

Keterangan : notasi huruf yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata, sedangkan notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata dengan taraf signifikansi 0,05 antar perlakuan.



Gambar 1. Histogram Jumlah Mortalitas *A. gossypii* Selama Tiga Hari Pengamatan

asap cair dan di dalamnya terkandung fenol 20,57 mg/L (konsentrasi 100%). Berbeda dengan hasil *pyrolysis* serbuk kayu bench kering, yang menghasilkan fenol 17.8 mg/ml (Ramakrishnan dan Moeller, 2002). Hal ini menunjukkan bahwa kadar fenol dalam produk asap cair dipengaruhi oleh jenis kayu. Jenis fenol yang terdapat dalam produk asapan adalah guaiakol (*Phenol, 2-methoxy-4-methyl*) dan siringol (*2,6-dimethoxyphenol*) (Shofal, 2015).

Walaupun dalam penelitian ini tidak diidentifikasi secara spesifik jenis golongan fenol dalam asap cair serbuk gergajian kayu jati, namun secara garis besar asap cair mengandung senyawa fenol yaitu siringol dan guaiakol (Shofal, 2015), senyawa siringol dan guaiakol tersebut berasal dari lignin pada kayu (Ramakrishnan dan Moeller, 2002). Kayu jati mengandung lignin 29,9% (Erawati dkk, 2014).

Banyak karakteristik fenol yang menyebabkan kematian terhadap serangga di antaranya fenol berkerja sebagai penolak makan bagi serangga (Tiilikkala, 2010) selain itu fenol diketahui bersifat toksik karena bersifat kaustik terhadap jaringan dan bersifat racun terhadap protoplasma karena dapat mendenaturasi protein. Fenol dapat menghasilkan luka bakar pada mukosa dan koagulum, juga menyebabkan pembakaran tenggorokan dan radang pada pencernaan pada serangga. Fenol yang terhirup dapat mengakibatkan iritasi trakea dan jika ditelan oleh serangga dapat menghasilkan keracunan sistemik (Hwy, 2016).

Hasil uji menunjukkan bahwa asap cair serbuk gergajian kayu jati bersifat toksik terhadap *A. gossypii*. Hal tersebut dikarenakan pada asap cair serbuk gergajian kayu jati terdapat senyawa fenol berupa siringol dan guaiakol yang bersifat racun perut bagi nimfa *A. gossypii* karena diaplikasikan melalui kontak langsung. Mekanisme fenol dalam mematikan *A. gossypii* yaitu dengan merusak jaringan tenggorokan dan menyebabkan radang pada pencernaan serangga karena fenol bersifat kaustik terhadap jaringan. Fenol yang telah masuk pada sistem pencernaan dapat melukai perut karena fenol dapat menghasilkan luka bakar pada mukosa dan koagulum sehingga menimbulkan kematian (Pike, 2017).

Selain secara langsung berdampak toksik bagi serangga fenol juga mengakibatkan kematian secara tidak langsung yakni dengan mempengaruhi pola makan bagi serangga, fenol

berperan dalam penolak makan serangga dengan cara menghilangkan selera makan akibat bau tajam dari fenol (Tiilikkala, 2010). Selain itu, asap cair menyebabkan mortal pada *A. gossypii* juga diakibatkan kandungan asam asetat di dalamnya, asam asetat dapat berpengaruh dalam menurunkan permeabilitas kultikula (Kim *et al*, 2008).

Dari setiap perlakuan terdapat beberapa *A. gossypii* yang masih hidup sampai hari ke tiga pengamatan, hal ini diakibatkan dalam setiap tubuh serangga terdapat sistem imun yang dikendalikan oleh *phenoloxidase*. *Phenoloxidase* merupakan enzim pendegradasi fenol yang berperan dalam penetralisir fenol yang tertelan di dalam tubuh serangga. Kadar enzim ini berbeda-beda pada tiap individu serangga namun tidak berbeda jauh pada tingkat spesies dan umur yang sama (Gholami *et al*, 2013). Walaupun dipengaruhi oleh kerja sistem imun serangga, pada pemberian kadar fenol yang tinggi hanya sedikit serangga yang dapat mentoleransinya, hal ini dapat ditunjukkan melalui data pada masing-masing konsentrasi menunjukkan peningkatan mortalitas seiring dengan peningkatan konsentrasi, sehingga konsentrasi asap cair berpengaruh terhadap mortalitas serangga.

Asap cair serbuk gergajian kayu jati dapat berkerja sebagai penghambat *Phenoloxidase*. *Phenoloxidase* dalam sistem imun serangga dapat dihambat melalui sifat asam pada asap cair. *Phenoloxidase* bekerja secara optimum pada pH 8 (Gholami *et al*, 2013), sedangkan asap cair serbuk gergajian kayu jati memiliki rata-rata pH 3,5.

Tubuh *A. gossypii* yang mengalami kematian setelah 24 jam setelah aplikasi yaitu nimfa seperti terbakar, warna tubuh coklat kehitaman, kaku dan kering (Gambar 4.3) (Iffah dkk., 2008). Menurut BBPPTP (2013) masuknya insektisida ke dalam tubuh mengakibatkan terbunuhnya serangga dibedakan menjadi tiga cara yaitu racun kontak (insektisida yang masuk kedalam tubuh serangga melalui kulit), racun lambung atau perut (insektisida yang masuk ke pencernaan melalui makanan yang dimakan), dan racun pernafasan (insektisida yang masuk melalui trachea dalam bentuk partikel mikro yang melayang di udara). Pada penelitian ini dapat terjadi racun lambung maupun racun kontak pada *A. gossypii* akibat paparan fenol.

Asap cair berpotensi sebagai pestisida nabati, selain didukung hasil penelitian ini,

penelitian lain juga menunjukkan demikian, seperti pada penelitian Pangnakorn (2012), biji gandum yang diperlakukan dengan minyak tar kayu (hasil sulingan asap cair) dapat mengusir burung, tikus dan serangga, selain itu asap cair juga efektif mengendalikan serangga jagung manis. Penelitian Yatagai *et al* (2002) juga menunjukkan bahwa asap cair memiliki sifat termiticidal tinggi terhadap rayap Jepang *Reticulitermes speratus*. Hagner (2013) menyatakan, aplikasi asap cair bersifat *repellence* terhadap lalat, kutu dan membunuh parasit eksternal. Selain itu Ariesta (2013) melaporkan bahwa penggunaan asap cair *crude* 10% dapat mengurangi kepadatan thrips dan *Empoasca* sp.

Berdasarkan Tabel 2 konsentrasi asap cair serbuk gergaji kayu jati yang efektif mempengaruhi mortalitas hama *A. gossypii* adalah konsentrasi 30% pada 3 hari setelah pengaplikasian, karena berdasarkan uji Anava *one ways* dan notasi Duncan, pengaruh konsentrasi 30% terhadap mortalitas *A. gossypii* memiliki notasi Duncan yang tertinggi. Hasil uji juga menghasilkan bahwa konsentrasi 30% menyebabkan kematian *A. gossypii* mendekati nilai LC_{90} yakni dengan rata-rata mortalitas 87,78 persen. Jika dilihat dari segi keseimbangan lingkungan, pengendalian populasi kutu daun *A.gossypii* tidak ditujukan untuk mematikan populasi secara keseluruhan sehingga tidak akan sampai mengganggu keseimbangan lingkungan dan sesuai dengan tolok ukur pengendalian hayati sebesar 80%-90% (Setiawati dkk., 2008).

SIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, asap cair serbuk gergaji kayu jati pada konsentrasi 100% mengandung 20,57 mg/L fenol, terdapat pengaruh pemberian asap cair serbuk gergajian kayu jati terhadap mortalitas hama *Aphis gossypii* pada semua perlakuan, dan konsentrasi asap cair serbuk gergajian kayu jati yang efektif mempengaruhi mortalitas *Aphis gossypii* adalah konsentrasi 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati N, 2012. *Efektifitas Cuka Kayu sebagai Pestisida Nabati dalam Pengendalian Hama Crocidolomia pavonana dan Zat Perangsang Tumbuh pada Sawi. Skripsi*. Dipublikasikan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ariesta M, 2013. *Pengaruh Aplikasi Cuka Kayu terhadap Hama dan Pertumbuhan Tanaman Tomat dengan Sistem Budaya Organik. Skripsi*. Dipublikasikan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- BBPPT, 2013. *Pengenalan Insektisida*. [Online], (<http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptmedian/bertita-183-seri-pengenalan-pestisida.html>), diakses 13 Juli 2017).
- Berim MN, 2009. *Aphis gossypii* Glov. - Cotton Aphid. Russia : Agro Atlas.
- Edi, 2017. Wawancara : “Cara Kerja Metode Spektrofotometri. Fakultas Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh September”, Surabaya.
- Erawati E, Budiayati E dan Sediawan WB, 2014. Karakteristik Produk Pirolisis dari Sekam Padi, Tongkol Jagung, dan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknologi Pangan*. Nomor: 007/K6/KL/SP/ Penelitian/2014.
- Gholami T, Ghadamyari M, Oliaee AO dan Ajamhasani M, 2013. Effects of Inhibitors on Haemolymph Phenoloxidase From Rosaceous Branch Borer, *Ospherantheria Coerulescens* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal Of Plant Protection Research*. Volume 53, no 4.
- Hagner M, 2013. *Potential of the Slow Pyrolysis Products Birch Tar Oil, Wood Vinegar and Biochar in Sustainable Plant Protection - Pesticidal Effects, Soil Improvement and Environmental Risks. University of Helsinki Finland. Disertasi*. Dipublikasikan. Lahti, Finland: University of Helsinki.
- Hartati S, Darmadji P, dan Pranoto Y, 2015. Penggunaan Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) pada Biji Kedelai (*Glycine max*). *Jurnal Agritek. Agritech.kim*. Volume 35, no 3.
- Hwy B, 2016. *Medical Management Guidelines for Phenol (C₆H₆O)*. [online], (<https://www.atsdr.cdc.gov/contacts.html>), diakses 25 Maret 2017).
- Iffah HD, Jayanti GD, dan Kardinan A, 2008. Pengaruh Ekstrak Kemangi (*Ocimum basilicum forma citratum*) terhadap Perkembangan Lalat Rumah (*Musca domestica*) (L.). *Jurnal Entomol. Indon*. Vol. 5 (1): hal. 36-44.
- Kim DH, Seo HE, Lee S C dan Lee KY, 2008. Effects of Wood Vinegar Mixed with Insecticides on the Mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Journal Animal Cells and Systems*. <http://dx.doi.org/10.1080/19768354.2008.9647153>. Diunduh tanggal 21 Juli 2017.
- Kurniawan H, 2012. *Uji Toksisitas Akut Ekstrak Metanol Daun Kesum (Polygonum minus Huds) Terhadap Larva Artemia salina Leach Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (Bslt). Skripsi*. Dipublikasikan. Pontianak: Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Tanjungpura.
- Pangnakorn U, Kanlaya S, and Kuntha C, 2012. Effect of Wood Vinegar for Kontrolling on Housefly (*Musca domestica* L.). *World Academy of Science. Engineering and Technology International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. Volume 6, no5.

- Pike R, 2017. Human Health Effects: PHENOL. [online], (<https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+113>, diakses 25 Maret 2017).
- Ramakrishnan S dan Moeller SP, 2002. Liquid Smoke: Product Of Hardwood Pyrolysis. *Fuel Chemistry Division Preprints 2002*. Volume 47(1): hal. 366.
- Setiawati W, Murtiningsih R, Gunaeni N, dan Rubiati T, 2008. *Tumbuhan Bahan Pestisida Nabati dan Cara Pembuatannya untuk Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Shofal, 2015. Kandungan Kimia Asap Cair. [online], (<http://asapcair.cahayacoconut.com/2014/02/kandungan-kimia-asap-cair.html>, diakses 3 Maret 2017).
- Tiilikkala KLF dan Tiilikkala J, 2010. History and Use of Wood Pyrolysis Liquids as Biocide and Plant Protection Product. *The Open Agriculture Journal*. Volume 4 : 111-118.
- Wagiman FX, Arik A dan Witjaksono, 2014. Activity of Coconut-Shell Liquid-Smoke as An Insecticide on The Rice Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. Volume 9, no 9. ISSN 1990-6145.
- Wijaya M, Noor E, Irawadi TT, dan Pari G, 2008, Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Struktur Kimia Asap Cair dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. Volume 2 : 73-77.
- Yatagai M, Nishimoto M, Hori K, Ohira T, dan Shibata A, 2002. Termiticidal Activity of Wood Vinegar, its Components and Their Homologues. *Journal of Wood Science*. Volume 48, Issue 4 : 338-342.