

**PENGGUNAAN ASAP CAIR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)  
SEBAGAI PESTISIDA NABATI UNTUK MENGENDALIKAN  
HAMA PERUSAK DAUN TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L.)**

***Use of Liquid Smoke of Oil Palm Empty Fruit Bunches as Phyto Pesticide to Control Leaf Damaging Pests of Mustard Plants (*Brassica juncea* L.)***

Yulia P. Sari, Samharinto, Bambang F. Langai

Program Studi Magister Agronomi Fakultas Pertanian  
Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru  
Email: [yuliapadmasari@rocketmail.com](mailto:yuliapadmasari@rocketmail.com)

**Abstract**

The aims of this research are to identify the dominant type of pest that attack mustard plants, to identify the component of liquid smoke of oil palm empty fruit bunches, to examine the effects of interaction between concentration level and frequency of application of liquid smoke spraying to the intensity of leaf damaging pests attack on mustard plants, to examine the effects of some concentration level and frequency of application of liquid smoke spraying severally to the intensity of leaf damaging pests attack on mustard plants, and to determine effective concentration and frequency of application of liquid smoke spraying to decrease the intensity of leaf damaging pests attack mustard plants. The research results showed that leaf damaging pests found have attacked mustard plants during the research period are *Plutella xylostella* L., *Spodoptera litura*, long caterpillar (*Plusia* spp.), and *Crociodolomia binotalis*. The test result for chemical content showed that liquid smoke of oil palm empty fruit bunches contained 20 types of chemical compounds. The compounds with the most content found are *Ethylene glycol*, *Acetic Acid*, *Phenol/Benzenol & Benzene sulfonic acid/Carbamic acid*, *Acetone*, and *Butyrolactone* with each successive concentration, i.e. 52,06 %, 22,67 %, 7,76 %, 4,67 %, and 2,77 %, where it is known that phenol and acetic acid are compounds that can play a role as insecticides for pests. The effect of treatments (liquid smoke concentration, spraying frequency, and their interaction) is very real different compared to without treatment spraying liquid smoke solution (control), while the effect of concentrations (2,5ml/l;5ml/l;7,5ml/l;10ml/l) of liquid smoke and spraying frequency (once, twice, and three times a week) and their interaction severally has no real effect, giving treatments (concentration and spraying frequency of liquid smoke) decrease the intensity of pests attack for 24,83%, increase the number of leaves for 8,36%, fresh weight of plants for 127,39%, and *shoot-root ratio* (SRR) for 44,62%.

*Keywords: liquid smoke; phyto pesticide; oil palm empty fruit bunches; leaf pests; mustard plants*

**PENDAHULUAN**

Tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan salah satu komoditas sayuran yang memiliki nilai komersial dan prospek yang tinggi jika dibudidayakan. Tanaman sayuran termasuk sawi memiliki banyak manfaat bagi pertumbuhan dan

perkembangan manusia. Sawi kaya akan serat, kandungan gizinya tinggi, dan juga dipercaya mempunyai khasiat obat. Zat-zat makanan yang terkandung dalam tanaman sawi antara lain adalah protein, lemak, karbohidrat, Ca, P, Fe, Vitamin A, Vitamin B, dan Vitamin C (Rukmana, 2007).

Data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2015) menunjukkan bahwa konsumsi sawi perkapita setahun masyarakat Indonesia dari tahun 2011-2015 mengalami pertumbuhan rata-rata 14,98 %. Untuk Provinsi Kalimantan Selatan, pada tahun 2015 produksi sawi adalah sebesar 1.354 ton dengan luas panen 461 hektar (Distan TPH Kalsel, 2016). Sawi termasuk dalam jenis sayuran yang mudah untuk dibudidayakan, akan tetapi dalam proses budidaya tersebut tidak terlepas dari serangan hama yang menyebabkan penurunan hasil produksi baik itu kualitas maupun kuantitasnya sehingga akan menimbulkan kerugian bagi petani.

Beberapa hama penting yang ditemukan menyerang tanaman sawi antara lain adalah ulat tritip (*Plutella xylostella* L.), ulat titik tumbuh (*Crociodolomia binotalis*), ulat grayak (*Spodoptera litura*), ulat jengkal (*Plusia* spp.), dan lalat penggerek daun (*Liriomyza* sp.) (Siswanto dan Wiratno, 1998; Mukasan *et al.*, 2005) merusak bagian daun. Serangan dari hama perusak daun akan menurunkan kualitas dan kuantitas daun sawi. Intensitas kerusakan yang disebabkan oleh hama-hama tersebut bervariasi, ditentukan oleh populasi hama, fase perkembangan serangga, fase pertumbuhan tanaman, dan varietas tanaman (Raharjo, 2017).

Upaya pengendalian hama tanaman yang dilakukan petani sampai saat ini masih secara konvensional dengan hanya menekankan penggunaan insektisida kimia dengan frekuensi penyemprotan yang tinggi (Arif, 2015). Penggunaan insektisida kimia yang terus menerus akan memberikan dampak negatif bagi lingkungan, karena akan meninggalkan residu yang sulit terurai baik itu di lingkungan maupun pada tanaman yang dibudidayakan sehingga akan membahayakan apabila termakan oleh manusia. Bagi hama, terpapar oleh insektisida kimia secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan resistensi serta kemungkinan munculnya hama spesies baru. Insektisida kimia juga dapat membunuh parasitoid,

predator dan serangga bukan sasaran lainnya yang berarti dapat mengganggu keseimbangan alami (Untung, 1996; Arif, 2015).

Salah satu alternatif cara pengendalian hama adalah penggunaan bahan alami yang memiliki potensi sebagai insektisida yaitu asap cair (*liquid smoke*). Asap cair merupakan suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya. Di bidang pertanian, asap cair digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan menetralkan asam tanah, membunuh hama tanaman dan mengontrol pertumbuhan tanaman, mengusir serangga, mempercepat pertumbuhan pada akar, batang, umbi, daun, bunga, dan buah (Basri, 2010).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah yang sampai saat ini belum termanfaatkan dengan baik. Dari total produksi kelapa sawit di Indonesia yang mencapai 31.070.000 ton per tahun, 25-26 % merupakan tandan kosong. Sampai saat ini hanya 10 % dari TKKS tersebut yang telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler maupun kompos, dan sisanya masih menjadi limbah (Dewanti, 2018). Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, asap cair dari TKKS mengandung asam dan fenol yang dapat berperan sebagai insektisida (Indrayani *et al.*, 2011). Oleh karena itu, pemanfaatan asap cair TKKS diharapkan dapat menjadi pilihan untuk mengurangi pemakaian insektisida kimia sehingga upaya pengendalian hama yang dilakukan lebih ramah lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis hama dominan yang menyerang tanaman sawi, mengetahui komposisi asap cair tandan kosong kelapa sawit (TKKS), mengkaji pengaruh interaksi antara tingkat konsentrasi dengan frekuensi aplikasi penyemprotan asap cair terhadap intensitas serangan hama perusak daun pada tanaman sawi, mengkaji pengaruh beberapa

tingkat konsentrasi dan frekuensi aplikasi penyemprotan asap cair TKKS masing-masing terhadap intensitas serangan hama perusak daun pada tanaman sawi, dan untuk mengetahui konsentrasi dan frekuensi aplikasi penyemprotan asap cair TKKS yang efektif untuk mengurangi intensitas serangan hama perusak daun pada tanaman sawi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanian Guntung Payung dan Laboratorium Entomologi Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat dari bulan Agustus sampai Desember 2017.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : tandan kosong kelapa sawit (TKKS), benih sawi, tanah, pupuk kandang dan pupuk Urea, air, serta polybag.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : seperangkat alat pirolisis, timbangan, gelas ukur, alat potong, kertas saring, pipet, toples, alat-alat pertanian, alat semprot semi otomatis, botol spesimen/plastik klip, dan kaca pembesar.

### *Rancangan Percobaan*

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan kontrol terpisah. Faktor pertama yaitu konsentrasi aplikasi asap cair dan faktor kedua adalah frekuensi aplikasi asap cair, yang terdiri dari empat taraf perlakuan konsentrasi aplikasi asap cair (2,5ml/l; 5ml/l; 7,5ml/l; 10ml/l), tiga taraf perlakuan frekuensi aplikasi asap cair, dan (satu kali, dua kali, dan tiga kali seminggu) satu perlakuan kontrol ((4x3)+1) dengan masing-masing dibuat dua ulangan, sehingga terdapat 26 satuan percobaan. Setiap satu satuan percobaan ditetapkan empat tanaman contoh yang diamati sehingga terdapat 104 tanaman contoh.

### *Pelaksanaan Penelitian*

#### *Pembuatan Asap Cair*

Pembuatan asap cair dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat pirolisis yang telah memenuhi standar tertentu seperti kekedapan, kekuatan, dan keamanan dalam pengoperasiannya.

Asap cair dibuat dengan memasukkan bahan baku yang berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ke dalam reaktor kemudian ditutup rapat dan dihubungkan dengan rangkaian kondensor. Kemudian alat pemanas (*burner*) dinyalakan. Proses ini dilakukan selama  $\pm$  enam jam dengan menjaga suhu di dalam reaktor berkisar antara 150-250 °C. Asap yang keluar dari reaktor disalurkan melalui pipa ke rangkaian kondensor yang akan mengkondensasikan asap sehingga menjadi embunan (asap cair). Embunan yang keluar dari kondensor kemudian ditampung dalam wadah penampungan untuk selanjutnya disaring agar sisa-sisa bahan yang terikat dapat dibersihkan.

#### *Penanaman Tanaman Sawi*

Benih sawi yang berkualitas baik disebar merata di atas permukaan tanah yang telah disiapkan untuk persemaian. Setelah bibit berumur 2-3 minggu atau telah memiliki 3-4 daun, bibit dipindahkan ke bedengan yang masing-masing berukuran 1x1,5 meter dengan jarak tanam 20x20 cm sehingga dalam satu bedengan terdapat 35 tanaman.

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyulaman tanaman yang mati, penyiraman, penyiangan gulma, serta pemupukan dengan pupuk Urea yang diberikan saat tanaman telah berumur satu minggu setelah tanam.

#### *Aplikasi Asap Cair*

Aplikasi asap cair dilakukan pada saat tanaman telah berumur dua minggu setelah tanam dengan menggunakan alat semprot semi otomatis sesuai dengan konsentrasi aplikasi perlakuan serta frekuensi aplikasi asap cair yang telah ditentukan.

Penyemprotan dilakukan pada sore hari antara pukul 17.00 sampai 18.00 WITA.

*Pengamatan*

Beberapa peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah uji kandungan kimia asap cair, identifikasi hama perusak daun sawi, persentase intensitas serangan hama, jumlah daun, berat segar tanaman, dan *shoot root ratio* (SRR) tanaman.

*Analisis Data*

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis ragam. Jika terdapat pengaruh yang nyata maupun sangat nyata pada hasil analisis ragam perlakuan terhadap peubah yang diamati, maka dapat dilakukan uji lanjutan. Untuk mengetahui perbandingan antar perlakuan, digunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Sedangkan untuk mengetahui pengaruh antara kontrol dan perlakuan, digunakan perbandingan orthogonal.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Hasil*

*Uji Kandungan Kimia Asap Cair*

Hasil uji kandungan kimia dengan menggunakan alat GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) menunjukkan bahwa teridentifikasi 20 senyawa dalam asap cair hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit. Senyawa yang kandungannya paling banyak ditemukan dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit adalah *Ethylene glycol*, *Acetic Acid* (asam asetat), *Phenol* (fenol) & *Benzensulfonic acid/Carbamic acid*, *Acetone* (aseton), dan *Butyrolactone* dengan masing-masing konsentrasi berturut-turut yaitu 52,06 %, 22,67 %, 7,76 %, 4,67 %, dan 2,77 %.

*Intensitas Serangan Hama*

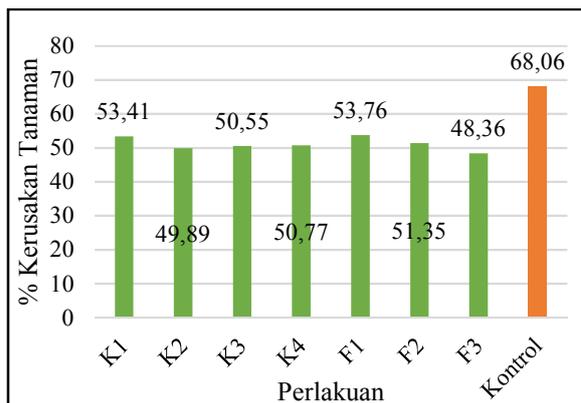
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan berbeda sangat

nyata dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol). Sedangkan interaksi konsentrasi (K) dengan frekuensi aplikasi asap cair (F) dan faktor tenggalnya masing-masing tidak berpengaruh nyata terhadap intensitas serangan hama. Rata-rata pengaruh konsentrasi, frekuensi, dan kontrol terhadap intensitas serangan hama dapat dilihat pada Tabel 1. dan Gambar 1. Persentase kerusakan tanaman pada kontrol berbeda sangat nyata dengan tanaman yang diberikan perlakuan aplikasi asap cair dengan berbagai konsentrasi dan frekuensi penyemprotan. Rata-rata persentase kerusakan tanaman sawi pada semua perlakuan aplikasi penyemprotan larutan asap cair tandan kosong kelapa sawit adalah 51,16 %, sedangkan kontrol sebesar 68,06 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aplikasi larutan asap cair tersebut dapat mengurangi intensitas kerusakan tanaman yang disebabkan oleh hama perusak daun sebesar 24,83%.

Tabel 1. Rata-rata persentase kerusakan tanaman pada setiap perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata Kerusakan Tanaman (%)
K <sub>1</sub>	53,41
K <sub>2</sub>	49,89
K <sub>3</sub>	50,55
K <sub>4</sub>	50,77
F <sub>1</sub>	53,76
F <sub>2</sub>	51,35
F <sub>3</sub>	48,36
<b>Kontrol</b>	- 68,06 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata berdasarkan hasil analisis ragam RAK faktorial dan kontrol menggunakan perbandingan orthogonal



Keterangan : K<sub>1</sub> : 2,5 ml/l, K<sub>2</sub> : 5 ml/l, K<sub>3</sub> : 7,5 ml/l, K<sub>4</sub> : 10 ml/l, F<sub>1</sub> : 1x seminggu, F<sub>2</sub> : 2x seminggu, F<sub>3</sub> : 3x seminggu

Gambar 1. Persentase kerusakan tanaman pada setiap perlakuan

### Jumlah Daun

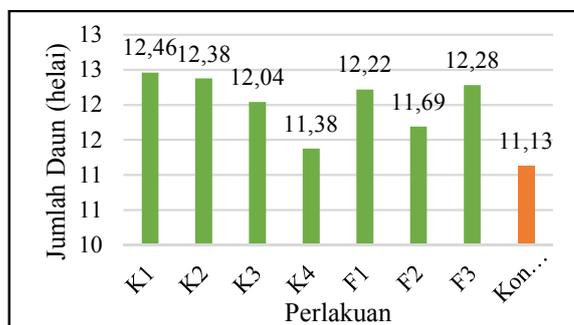
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan berbeda sangat nyata dibandingkan dengan kontrol atau tanpa perlakuan, sedangkan untuk faktor tunggal konsentrasi (K) dan frekuensi (F) serta interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah daun tanaman. Rata-rata jumlah daun tanaman sawi yang diberikan perlakuan penyemprotan larutan asap cair berbeda sangat nyata dengan kontrol. Rata-rata jumlah daun tanaman yang diberi perlakuan adalah 12,06 helai, sedangkan pada kontrol 11,13 helai (Tabel 2. dan Gambar 2.). Aplikasi penyemprotan larutan asap cair dapat meningkatkan rata-rata jumlah daun tanaman sebesar 8,36%.

Tabel 2. Rata-rata jumlah daun pada setiap perlakuan

Perlakuan	Rata- Rata Jumlah Daun (helai)
K <sub>1</sub>	12,46
K <sub>2</sub>	12,38
K <sub>3</sub>	12,04
K <sub>4</sub>	11,38
F <sub>1</sub>	12,22
F <sub>2</sub>	11,69
F <sub>3</sub>	12,28
<b>Kontrol</b>	- 11,13 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata berdasarkan hasil analisis

ragam RAK faktorial dan kontrol menggunakan perbandingan orthogonal



Keterangan : K<sub>1</sub> : 2,5 ml/l, K<sub>2</sub> : 5 ml/l, K<sub>3</sub> : 7,5 ml/l, K<sub>4</sub> : 10 ml/l, F<sub>1</sub> : 1x seminggu, F<sub>2</sub> : 2x seminggu, F<sub>3</sub> : 3x seminggu

Gambar 2. Rata-rata jumlah daun pada setiap perlakuan (helai)

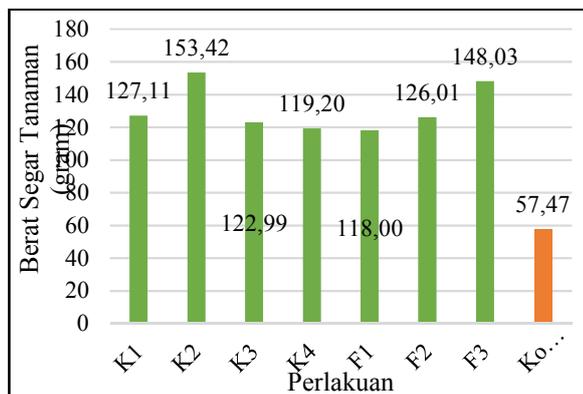
### Berat Segar Tanaman

Hasil analisis ragam data setelah ditransformasi menggunakan Log X memperlihatkan bahwa pengaruh perlakuan sangat berbeda nyata dengan tanpa perlakuan (kontrol), sedangkan faktor tunggal konsentrasi dan frekuensi serta interaksi keduanya masing-masing tidak berpengaruh nyata terhadap rata-rata berat segar tanaman. Pengaruh konsentrasi, frekuensi, dan kontrol terhadap rata-rata berat segar tanaman pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3. dan Gambar 3. Rata-rata berat segar tanaman sawi pada perlakuan berbeda sangat nyata dengan kontrol. Rata-rata berat segar tanaman pada perlakuan adalah sebesar 130,68 gram, sedangkan kontrol lebih kecil yaitu 57,47 gram. Penyemprotan larutan asap cair meningkatkan rata-rata berat segar tanaman sebesar 127,39%.

Tabel 3. Rata-rata berat segar tanaman pada setiap perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata Berat Segar (gram)
K <sub>1</sub>	127,11
K <sub>2</sub>	153,42
K <sub>3</sub>	122,99
K <sub>4</sub>	119,20
F <sub>1</sub>	118,00
F <sub>2</sub>	126,01
F <sub>3</sub>	148,03
<b>Kontrol</b>	- 57,47 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata berdasarkan hasil analisis ragam RAK faktorial dan kontrol menggunakan perbandingan orthogonal



Keterangan : K<sub>1</sub> : 2,5 ml/l, K<sub>2</sub> : 5 ml/l, K<sub>3</sub> : 7,5 ml/l, K<sub>4</sub> : 10 ml/l, F<sub>1</sub> : 1x seminggu, F<sub>2</sub> : 2x seminggu, F<sub>3</sub> : 3x seminggu

Gambar 3. Rata-rata berat segar tanaman pada setiap perlakuan (gram)

### Shoot Root Ratio (SRR)

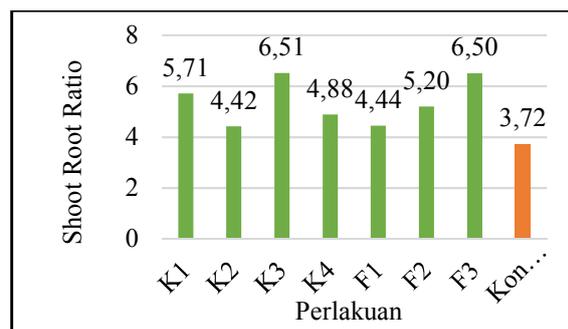
Hasil analisis ragam setelah dilakukan transformasi data menggunakan Log X menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan berbeda sangat nyata dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol), sedangkan interaksi konsentrasi (K) dengan frekuensi (F) dan faktor tunggalnya tidak berpengaruh nyata terhadap SRR tanaman. Pengaruh konsentrasi, frekuensi, dan kontrol terhadap SRR tanaman dapat dilihat pada Tabel 4. dan Gambar 4. SRR tanaman perlakuan berbeda sangat nyata dengan tanaman kontrol. Rata-rata SRR tanaman perlakuan adalah 5,38 dan kontrol adaah 3,72. Nilai tersebut menunjukkan bahwa

penyemprotan larutan asap cair meningkatkan SRR sebesar 44,62%.

Tabel 4. Shoot Root ratio (SRR) tanaman pada setiap perlakuan

Perlakuan	Shoot Root Ratio
K <sub>1</sub>	5,71
K <sub>2</sub>	4,42
K <sub>3</sub>	6,51
K <sub>4</sub>	4,88
F <sub>1</sub>	4,44
F <sub>2</sub>	5,20
F <sub>3</sub>	6,50
<b>Kontrol</b>	- 3,72 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan pengaruh yang sangat nyata berdasarkan hasil analisis ragam RAK faktorial dan kontrol menggunakan perbandingan orthogonal

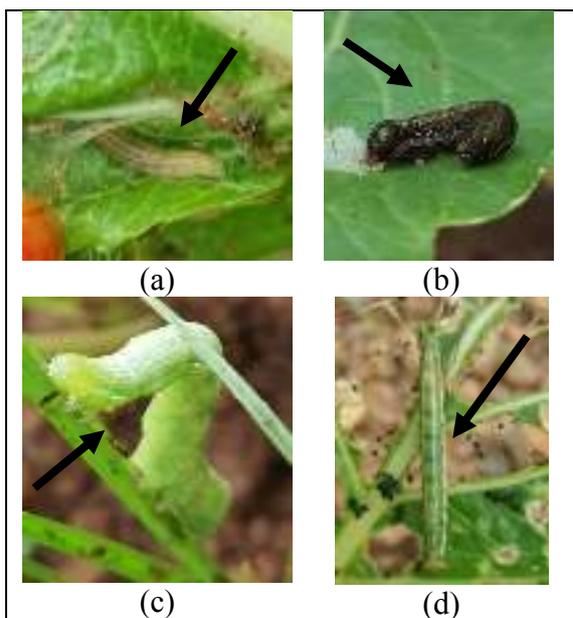


Keterangan : K<sub>1</sub> : 2,5 ml/l, K<sub>2</sub> : 5 ml/l, K<sub>3</sub> : 7,5 ml/l, K<sub>4</sub> : 10 ml/l, F<sub>1</sub> : 1x seminggu, F<sub>2</sub> : 2x seminggu, F<sub>3</sub> : 3x seminggu

Gambar 4. Rata-rata shoot root ratio (SRR) pada setiap perlakuan

### Identifikasi Hama Perusak Daun

Hama perusak daun yang sering ditemukan pada pengamatan adalah *Plutella xylostella* L., *Spodoptera litura*, ulat jengkal (*Plusia* spp.), dan *Crociodolomia binotalis* (Gambar 5). Kerusakan yang disebabkan oleh serangan hama-hama tersebut termasuk dalam kategori kerusakan berat yaitu 51,16% pada tanaman perlakuan dan 68,06% pada tanaman kontrol.



Gambar 5. Hama perusak daun yang ditemukan pada pengamatan ; (a) *Plutella xylostella* L. (b) *Spodoptera litura*, (c) ulat jengkal (*Plusia* spp.), (d) *Crocidolomia binotalis*

### Pembahasan

#### Uji Kandungan Kimia Asap Cair

Hasil pengujian kandungan kimia asap cair hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan alat GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) menunjukkan bahwa terdapat 20 senyawa kimia yang terkandung didalamnya dengan jumlah konsentrasi yang bervariasi. Senyawa yang kandungannya paling banyak ditemukan dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit adalah *Ethylene glycol*, *Acetic Acid* (asam asetat), *Phenol/Benzenol & Benzenesulfonic acid/Carbamic acid*, *Acetone* (aseton), dan *Butyrolactone* dengan masing-masing konsentrasi berturut-turut yaitu 52,06 %, 22,67 %, 7,76 %, 4,67 %, dan 2,77 %. Selain kelima senyawa tersebut, juga ditemukan beberapa senyawa lain dalam konsentrasi yang lebih kecil yaitu 2-*Butanone*, 2-*Propanone*, 1-*Hydroxy/Hidroxyacetone*, *Hydrazoid acid*, 1,2,4 *Butanetriol/Propanal*, *Propionic Acid*, *Pyridine*, 1 *Hydroxy-2 Butanone*, 3 *Hexane/Cyclopentanone*, *Furfuryl Alcohol/2 Furanmethanol*, 1,2 *Cyclohexanedione/*

*Cyclooctane*, *Pentanamide*, *Phenol/2 Methoxy Guaiacol*, *Phenol/2, 6 Dimethoxyphenol*, dan 9 *Octadecenioc acid/Methyl Elaidat*. Secara ringkas dapat diketahui bahwa kandungan asap cair hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit terdiri dari beberapa senyawa-senyawa fenolik, alkohol, asam-asam organik, serta karbonil.

Hasil tersebut tidak berbeda jauh dari hasil penelitian Haji (2013) yang menemukan 13 senyawa pada asap cair hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit. Senyawa yang ditemukan dengan konsentrasi tinggi antara lain adalah asam asetat (16 %), 4-metil fenol (20,80 %), asam heksadekanoat (21,07 %), asam-9,12-oktadecadienoat (8,84 %), dan furfural alkohol (8,61 %).

Maga (1987) dan Girard (1992) dalam Oramahi et al. (2010) menyatakan bahwa kandungan kimia asap cair dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain yaitu suhu pirolisis, jenis bahan, dan kadar air bahan. Semakin tinggi suhu pirolisis maka kandungan fenol dan asam dalam asap cair yang dihasilkan akan semakin tinggi pula (Oramahi et al., 2010).

#### Intensitas Serangan Hama

Persentase intensitas serangan pada tanaman kontrol lebih besar yaitu 68,06% jika dibandingkan dengan tanaman yang diberikan perlakuan yang hanya 51,16%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penyemprotan larutan asap cair menurunkan intensitas serangan hama sebesar 24,83%. Asap cair tandan kosong kelapa sawit mengandung beberapa senyawa yang dapat berfungsi sebagai insektisida alami bagi hama perusak daun baik itu yang berupa *antifeedant* maupun bersifat racun yaitu senyawa fenol, golongan alkohol, dan asam-asam organik. Senyawa-senyawa tersebut mencegah hama untuk memakan ataupun merusak tanaman sawi sehingga dapat mengurangi intensitas serangan hama (Prabowo, 2016). Menurut Santoso (2015) serangga berkomunikasi dengan aroma, jadi tanaman sawi yang diberikan aplikasi penyemprotan asap cair memiliki aroma

yang kuat sehingga hama tidak ingin mendekat. Bau yang tidak disenangi dari asap cair merupakan *repellent* bagi tanaman dan *antifeedant* untuk serangga hama. Konsentrasi senyawa fenol yang ditemukan dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit berkisar antara 0,41 sampai 7,76 %, asam-asam organik 0,27 sampai 22,67 % (asam asetat), serta alkohol 0,38 sampai 52,06 % (*Ethylene glychol*).

Penelitian Haji *et al.* (2012) menemukan bahwa kandungan kimia fraksi metanol asap cair hasil pirolisis sampah organik padat menunjukkan 50% dari total 14 senyawa yang teridentifikasi pada fraksi tersebut. Metanol merupakan salah satu senyawa yang termasuk ke dalam senyawa golongan fenolik. Hasil analisis probit terhadap fraksi-fraksi tersebut menunjukkan aktivitas *antifeedant* tertinggi pada fraksi metanol dengan nilai EI50 sebesar 0,71. Hasil identifikasi dengan GCMS memberikan informasi bahwa pada fraksi tersebut mengandung 14 macam senyawa bioaktif *antifeedant* dan sebagai komponen utamanya adalah  $\gamma$ -butirolakton.

Asap cair mengandung senyawa fenol dan asam-asam organik yang dapat berperan sebagai racun bagi serangga. Hasil penelitian Haji (2013) menemukan bahwa asap cair hasil pirolisis limbah padat kelapa sawit mengandung beberapa jenis senyawa. Kandungan kimia yang paling banyak terdapat dalam asap cair adalah asam asetat dan fenol. Asap cair hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit mengandung 3,56 % fenol dan 20,80 % 4-metil fenol. Fenol berperan sebagai racun kontak, merusak protoplasma, menembus dinding serta mengendapkan sel. Fenol juga menyebabkan kerusakan pada sel, denaturasi protein, menginaktifkan enzim, dan menyebabkan kebocoran sel. Hal tersebut dapat berakibat pada terganggunya perkembangan serangga hingga dapat menyebabkan kematian pada serangga tersebut (Madigan, 2005).

Hasil penelitian Putri *et al.* (2015) juga menunjukkan bahwa serangga hama tanaman kakao yang sudah disemprot

dengan asap cair sekam padi mati dalam waktu 25 menit, dimana serangga terlihat sudah tidak bergerak lagi. Hal ini disebabkan oleh senyawa fenol yang terkandung dalam asap cair. Beberapa hasil penelitian lain juga menjelaskan bahwa asap cair dapat digunakan sebagai pestisida untuk berbagai jenis hama. Asap cair sabut kelapa mengandung senyawa Siklotetrakosana, Asam Palmitat dan Metiloleat yang dapat dimanfaatkan dalam upaya pengendalian hama walang sangit pada padi (Santoso, 2015). Selain fenol, alkohol juga dapat mendenaturasi protein (Pari, 2007).

Komponen asap cair berperan sebagai racun kontak adalah senyawa asam asetat yang dapat merusak permeabilitas kutikula serangga sehingga menyebabkan kematian. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa aplikasi asap cair secara kontak (langsung) lebih baik jika dibandingkan dengan pemberian sebagai umpan atau aplikasi secara tidak langsung (Prabowo *et al.*, 2016).

#### *Jumlah Daun*

Daun merupakan organ tanaman tempat mensintesis makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Daun memiliki klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Semakin banyak jumlah daun, maka tempat untuk melakukan proses fotosintesis lebih banyak dan hasilnya lebih banyak juga (Fahrudin, 2009).

Rata-rata jumlah daun pada tanaman kontrol adalah 11,13 helai, sedangkan pada tanaman yang diberikan perlakuan rata-rata jumlah daunnya adalah 12,06 helai. Aplikasi penyemprotan asap cair meningkatkan rata-rata jumlah daun sebesar 8,36%. Tanaman kontrol tidak memiliki perlindungan yang cukup dari serangan hama sehingga hama dapat dengan leluasa menyerang daun tanaman tersebut. Sebagai akibatnya, jumlah daun tanaman kontrol lebih sedikit dari tanaman yang diberi perlakuan karena habis diserang oleh hama. Hasil penelitian Julaily *et al.* (2013) menunjukkan bahwa tanaman sawi yang diaplikasikan ekstrak pepaya sebagai

insektisida nabati memiliki jumlah daun lebih banyak jika dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan. Hal tersebut terjadi karena kurangnya serangan hama yang dapat merusak daun tanaman sawi.

#### *Berat Segar dan Shoot root ratio (SRR) Tanaman*

Berat segar tanaman dipengaruhi oleh kadar air yang ada di dalam jaringan tanaman. Berat segar tanaman mencerminkan komposisi hara dari jaringan tanaman dengan mengikut sertakan air lebih dari 70% dari berat total tanaman adalah air, bahan organik seperti protein dan karbohidrat diserap oleh akar tanaman diangkut bersama dengan air yang nantinya akan mempengaruhi berat segar tanaman (Puspitorini dan Fery, 2013). SRR memiliki pengertian bahwa pertumbuhan suatu bagian tanaman juga diikuti dengan pertumbuhan bagian tanaman lainnya, di mana tajuk akan meningkat mengikuti peningkatan berat akar (Gardner *et al.*, 1991). Pertumbuhan tanaman dicirikan dengan penambahan berat kering tanaman. Ketersediaan hara yang optimal bagi tanaman akan diikuti dengan peningkatan aktifitas fotosintesis yang menghasilkan asimilat yang mendukung berat kering tanaman tersebut (Nyakpa *et al.*, 1986).

Rata-rata berat segar tanaman kontrol hanya 57,47 gram, sedangkan pada tanaman dengan perlakuan adalah 130,68 gram. *Shoot root ratio* (SRR) tanaman kontrol adalah 3,72 dan tanaman yang diberi perlakuan 5,38. Aplikasi penyemprotan larutan asap cair meningkatkan rata-rata berat segar dan SRR tanaman masing-masing sebesar 127,39% dan 44,62%. Pada tanaman kontrol yang tidak diberikan perlakuan penyemprotan asap cair yang berfungsi sebagai insektisida alami hama perusak daun lebih banyak menggerogoti dan memakan daun sehingga mengakibatkan hilangnya berat segar tanaman dan akhirnya juga berpengaruh pada hasil SRR tanaman. Sedangkan tanaman yang diberikan aplikasi asap cair dapat tumbuh dan berkembang lebih baik karena kurangnya serangan dari hama

perusak daun sehingga berat segar yang didapat juga lebih besar. Menurut Tarigan *et al.* (2012), tidak adanya pemberian insektisida pada perlakuan kontrol menyebabkan banyak daun sawi yang berlubang dan daun habis dimakan sehingga hasil produksi dan kualitasnya menjadi rendah.

Meningkatnya efektifitas insektisida dapat menurunkan intensitas serangan hama ulat sehingga pertumbuhan tanaman sawi jadi optimal. Dengan demikian semakin sedikit serangan hama ulat maka semakin baik pertumbuhan tanaman sawi. Berat segar tanaman tergantung kadar air dalam jaringan dimana proses fisiologi yang berlangsung pada tumbuhan banyak berkaitan dengan air diantaranya proses fotosintesis dan respirasi. Menurut Sitompul dan Guritno (1995) dalam Fajri *et al.* (2017), bahan kering tanaman dipandang sebagai manifestasi dari semua proses dan peristiwa yang terjadi dalam pertumbuhan tanaman. Salah satu organ yang berperan penting dalam proses metabolisme tanaman seperti fotosintesis dan respirasi adalah daun. Berkurangnya kerusakan daun akibat serangan hama berdampak pada proses metabolisme yang dapat berjalan dengan baik sehingga hasil berat segar dan SRR tanaman juga lebih besar dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hasil fotosintat meningkat, akibatnya karbohidrat yang terbentuk semakin banyak yang pada akhirnya memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman sawi tersebut.

Hasil pengamatan terhadap peubah pertumbuhan menunjukkan bahwa aplikasi asap cair tidak memberikan pengaruh negatif terhadap tanaman sawi. Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata jumlah daun, berat segar tanaman, serta SRR pada tanaman sawi yang diberikan aplikasi asap cair nilainya lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Salah satu kriteria suatu bahan dapat digunakan sebagai pestisida alami adalah bahwa bahan tersebut tidak menimbulkan dampak negatif pada tanaman budidaya yang berarti pemberian bahan tersebut tidak mengganggu proses tumbuh

kembang tanaman budidaya, memiliki fitotoksitas relatif rendah, yakni tidak meracuni dan merusak tanaman (Lina, 2016).

#### Identifikasi Hama Perusak Daun

##### a. *Plutella xylostella* L.

Hama ini merupakan hama dominan yang ditemui pada pertanaman saat pengamatan dilakukan, tidak hanya pada tanaman kontrol, namun juga ditemukan pada tanaman yang diberi perlakuan aplikasi asap cair. Pada tanaman sawi kontrol, hama ini banyak ditemukan dan menyebabkan kerusakan yang cukup parah hingga hanya tersisa tulang daun pada tanaman tersebut. Larva biasanya ditemukan di bagian bawah daun, tapi terkadang juga berada pada permukaan daun. Larva instar terakhir ditemukan menggulung pada daun sawi untuk bersiap menjadi pupa. Larva *P. xylostella* berbentuk silindris, berwarna hijau muda kekuningan, dan relatif tidak berbulu, serta terdiri atas empat instar. Larva instar pertama memiliki panjang 1 mm, lebar 0,5 mm, berwarna hijau kekuningan. Larva instar kedua berukuran 2 mm dan lebar 0,5 mm. Panjang larva dewasa (instar ke-3 dan 4) sekitar 1 cm. Larva lincah dan memiliki ciri khas akan menjatuhkan diri serta menggantungkan diri dengan benang halus jika tersentuh. Larva jantan memiliki sepasang calon testis yang berwarna kuning. Rata-rata lamanya stadium larva instar pertama 3,7 hari, larva instar kedua 2,1 hari, larva instar ketiga 2,7 hari, dan larva instar keempat 3,7 hari (Vos, 1953; Sastrosiswojo, 1987; Rukmana, 2007). Gejala kerusakan yang terlihat akibat serangan larva *Plutella xylostella* pada awalnya akan tampak bercak-bercak berwarna putih pada daun yang kemudian bercak tersebut akan berlubang ketika telah mengering. Sebagian besar daun tanaman sawi pada perlakuan kontrol menunjukkan gejala

yang sama. Menurut Sastrosiswojo (1987), biasanya larva *P. xylostella* merusak tanaman sawi muda. Larva instar ketiga dan keempat memakan permukaan bawah daun sawi dan meninggalkan lapisan epidermis bagian atas. Setelah jaringan daun membesar, lapisan epidermis pecah, sehingga terjadi lubang-lubang pada daun. Populasi larva yang tinggi akan menyebabkan kerusakan berat pada tanaman sawi, sehingga yang tertinggal hanya tulang-tulang daunnya saja.

##### b. *Crociodolomia binotalis* (Penggerek Pucuk)

Hama *Crociodolomia binotalis* ditemukan tidak hanya menyerang tanaman kontrol, tetapi juga pada beberapa tanaman yang diberi perlakuan asap cair. Larva ditemukan menyerang bagian pucuk tanaman sawi hingga tersisa tulang daunnya saja. Selain itu, hama ini juga meninggalkan kotoran yang cukup banyak pada tanaman yang diserangnya. Larva *C. binotalis* berwarna hijau muda, kelihatan bergaris pada punggungnya dan berwarna hijau tua pada kanan dan kirinya. Pada sisi tubuhnya terdapat rambut dan chitine berwarna hitam. Pada sisi perut berwarna kuning, ada juga yang berambut hijau, panjang larva sekitar 18 mm (Pracaya, 1999). Larva muda bergerombol pada permukaan bawah daun dan meninggalkan bercak putih pada daun yang dimakan. Lapisan epidermis permukaan atas daun biasanya tidak ikut dimakan dan akan berlubang setelah lapisan tersebut kering serta hanya tinggal tulang-tulang daunnya saja. Larva instar ketiga-kelima memencar dan menyerang pucuk tanaman kubis, sehingga menghancurkan titik tumbuh dan dapat menyebabkan tanaman mati (Sastrosiswojo, 1987). Selain menyerang dengan merusak daun, hama ini juga merusak karena adanya sisa-sisa kotoran bekas ulat.

- c. *Spodoptera litura* (Ulat Grayak)  
Ulat grayak biasanya ditemukan aktif menyerang pada malam hari. Kerusakan yang disebabkan oleh ulat grayak biasanya cukup parah karena mereka menyerang dalam populasi yang cukup besar. Namun selama pengamatan pada penelitian ini, individu yang ditemukan pada pertanaman sawi hanya beberapa ekor.

Ulat yang baru menetas berwarna hijau muda, bagian sisi coklat tua atau hitam kecoklatan dan hidup berkelompok. Ulat aktif menyerang tanaman pada malam hari, dan pada siang hari bersembunyi di dalam tanah (tempat yang lembab). Biasanya ulat berpindah ke tanaman lain secara bergerombol dalam jumlah besar. Warna dan perilaku ulat instar terakhir mirip ulat tanah, perbedaannya hanya pada tanda bulan sabit, berwarna hijau gelap dengan garis punggung warna gelap memanjang. Ulat yang berumur dua minggu memiliki panjang sekitar lima sentimeter. Ulat grayak menyerang daun dengan memakan bagian epidermis dan jaringan sehingga menyebabkan daun habis. Serangan berat menyebabkan tanaman gundul karena daun habis dimakan. Serangan berat pada umumnya terjadi pada musim kemarau (Sodiq, 2011).

- d. *Plusia* spp. (Ulat Jengkal)

Ulat jengkal yang ditemukan selama masa pengamatan juga hanya beberapa individu sehingga hama ini bukanlah hama dominan pada saat penelitian. Kerusakan yang disebabkan oleh hama ini hanya sebagian kecil.

Ulat jengkal yang baru menetas berwarna hijau bening dengan kepala berwarna gelap atau kehitaman, dengan ukuran panjang tiga milimeter. Ulat yang sudah dewasa umumnya berwarna hijau dengan garis putih membujur pada punggung dan sisi samping tubuhnya sedangkan kepalanya berwarna hijau

mengkilap. Ulat dewasa mempunyai bentuk tubuh kecil pada bagian anterior (kepala) dan membesar ke atas posterior (ujung abdomen), memiliki kaki sejati yang runcing sebanyak tiga pasang pada bagian depan tubuhnya, serta tiga pasang kaki semu yang bulat, pada bagian belakang tubuhnya. Ulat dewasa mempunyai ukuran tubuh mencapai 35 mm. Ulat ini mempunyai ciri yang khas pada saat berjalan, yaitu seperti orang menjengkal (Siswanto dan Wiratno, 1998).

Ulat jengkal yang baru menetas biasanya hanya memakan jaringan luar daun atau tangkai tanaman, serangan tersebut kadang sudah dapat menyebabkan kerusakan yang berarti, karena daun yang dimakan tersebut biasanya mengering hingga patah atau terpotong, meskipun serangan ulat muda tersebut terjadi pada pucuk tanaman. Ulat yang lebih berkembang menyebabkan kerusakan yang lebih parah, karena ukuran tubuhnya lebih besar sehingga butuh makan lebih banyak, juga karena perilaku makan lebih rakus. Umumnya menyerang bagian tangkai dan cabang yang lebih bawah, bila populasi larva cukup banyak tanaman menjadi gundul hingga menyisakan batangnya saja (Siswanto dan Wiratno, 1998).

## KESIMPULAN

Hama perusak daun yang ditemukan menyerang tanaman sawi selama masa penelitian adalah *Plutella xylostella* L., *Spodoptera litura*, ulat jengkal (*Plusia* spp.), dan *Crociodolomia binotalis*. Hasil uji kandungan kimia menunjukkan bahwa asap cair tandan kosong kelapa sawit mengandung 20 jenis senyawa kimia. Senyawa yang kandungannya paling banyak ditemukan dalam asap cair tandan kosong kelapa sawit adalah *Ethylene glycol*, *Acetic Acid* (asam asetat), *Phenol/Benzenol* & *Benzensulfonic acid/Carbamic acid*,

*Acetone* (aseton), dan *Butyrolactone* dengan masing-masing konsentrasi berturut-turut yaitu 52,06 %, 22,67 %, 7,76 %, 4,67 %, dan 2,77 %, di mana diketahui bahwa senyawa fenol dan asam asetat merupakan senyawa yang dapat berperan sebagai insektisida bagi hama.

Pengaruh perlakuan (konsentrasi asap cair, frekuensi penyemprotan, dan interaksinya) berbeda sangat nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan penyemprotan larutan asap cair (kontrol), sedangkan pengaruh konsentrasi (2,5ml/l;5ml/l;7,5ml/l;10ml/l) asap cair dan frekuensi (satu kali, dua kali, dan tiga kali seminggu) penyemprotan serta interaksinya masing-masing tidak berpengaruh nyata. Pemberian perlakuan (konsentrasi dan frekuensi penyemprotan asap cair) menurunkan intensitas serangan hama sebesar 24,83%, meningkatkan jumlah daun 8,36%, berat segar tanaman 127,39%, dan *shoot root ratio* (SRR) 44,62%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Adiba. (2015). Pengaruh Bahan Kimia terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*. 3(4): 134-143.
- Basri, A. B. (2010). Manfaat Asap Cair bagi Tanaman. *Serambi Pertanian*. IV(5).
- Distan TPH Kalsel. (2016). *Produksi, Luas Panen dan Produktivitas Sayuran Dan Buah Semusim Tahun 2015*. Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Selatan. Banjarbaru.
- Dewanti, D. Purwitasari. (2018). Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1): 81-88.
- Fahrudin, F. (2009). *Budidaya Caisim (Brassica juncea L.) menggunakan Ekstrak Teh dan Pupuk Kascing*. [Skripsi]. Surakarta: Fakultas Pertanian Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Fajri, Laila, Tuti Heiriyani, dan Hilda Susanti. (2017). Pengendalian Hama Ulat Menggunakan Larutan Daun Pepaya dalam Peningkatan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.). *Ziraa'ah*. 42(1): 69-76.
- Gardner, F. P., R. B. Peace, dan R. L. Mitchell. (1991). *Fisiologi Tanaman Budidaya (Edisi Terjemahan oleh Herawati Susilo dan Subiyanto)*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Haji, A. Gani, Z. A. Mas'ud, dan G. Pari. (2012). Identifikasi Senyawa Bioaktif *Antifeedant* dari Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Perkotaan. *Jurnal Bumi Lestari*. 12(1): 1-8.
- Haji, A. Gani. (2013). Komponen Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 9(3): 109–116. DOI: [10.23955/rkl.v9i3.779](https://doi.org/10.23955/rkl.v9i3.779)
- Indrayani, Y., H. A. Oramahi, dan Nurhaida. (2011). Evaluasi Asap Cair sebagai Bio-Termitisida untuk Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* sp. *Jurnal Tengawang*, 1(2): 87-96.
- Julaily, N., & Mukarlina, T. R. S. (2013). Pengendalian Hama pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Menggunakan Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.). *Protobiont*. 2(3): 171–175.
- Lina, M. (2016). Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Legundi (*Vitex trifolia*) sebagai Pestisida Nabati Pengendalian Hama *Plutella xylostella* pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Biologi S-1*. 5(4): 34-40.
- Madigan, M. (2005). *Brock Biology of Microorganime*. London: Prentice Hall.
- Mukasan et al. (2005). *Pengendalian Hama Tanaman Sawi dengan Pestisida Nabati*. Jakarta: BPTP Jakarta.
- Nyakpa, M. Y., N. Hakim, A. M. Lubis, M.A. Pulung, G.B. Hong, A.G. Amrah, A. Musnawar. (1986). *Kesuburan Tanah*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

- Oramahi, H. A., & Diba, F. (2011). Efikasi Asap Cair Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam Penekanan Perkembangan Jamur *Aspergillus Niger*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 10(2): 146-153.
- Pari, G. (2007). *Penelitian Limbah Sawit Sebagai Produk Karbonisasi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.
- Prabowo, H., Martono, E., & Witjaksono, W. (2016). Activity of Liquid Smoke of Tobacco Stem Waste as An Insecticide on *Spodoptera litura* Fabricius Larvae. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 20(1): 22-27. DOI: [10.22146/jpti.16620](https://doi.org/10.22146/jpti.16620)
- Pracaya. (1999). *Hama dan Penyakit Tumbuhan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2015). *Statistik Konsumsi Pangan 2015*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Puspitorini, Palupi, dan Fery Jatmiko. (2013). Efektifitas Penggunaan Pupuk Kascing dan Ekstrak Teh Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Grafting Journal*. 1: 1-11.
- Putri, R. E., Mislaini, M., & Ningsih, L. S. (2015). Pengembangan Alat Penghasil Asap Cair Dari Sekam Padi Untuk Menghasilkan Insektisida Organik. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 19(2): 29-36.
- Raharjo, A. Arie. (2017). *Hama dan Penyakit Tanaman Kenali dan Atasi*. Jakarta: PT. Trubus Swadaya.
- Rukmana. (2007). *Bertanam Petsai dan Sawi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Santoso, R. S. (2016). Asap Cair Sabut Kelapa sebagai Repelan Bagi Hama Padi Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius*). *Sainsmat*. 4(2): 81-86.
- Sastrosiswojo, S. (1987). *Perpaduan Pengendalian secara Hayati dan Kimiawi Hama Ulat Daun Kubis (*Plutella xylostella* L.; Lepidoptera : Yponomeutidae) pada Tanaman Kubis*. [Disertasi]. Bandung: Fakultas Pascasarjana UNPAD.
- Siswanto, S., & Wiratno, W. (1998). Serangan Ulat Jengkel Pada Tanaman Adas. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia*. 4(1): 23-24.
- Sodiq, M. (2011). *Ketahanan Terhadap Hama*. [Skripsi]. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Tarigan, R., Tarigan, M. U., & Oemry, S. (2012). Uji Efektifitas Larutan Kulit Jeruk Manis Dan Larutan Daun Nimba Untuk Mengendalikan *Spodoptera litura* F.(Lepidoptera: Noctuidae) Pada Tanaman Sawi Di Lapangan. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 1(1): 172-182.
- Untung, K. (1996). *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Vos. H.C.C.A.A. (1953). *Introduction in Indonesia of *Angitia cerophaga* Grav., a parasite of *Plutella maculipennis* Curt.* Pemberitaan Balai Besar Penyelidikan Pertanian Bogor.