

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tempurung Kelapa

Indonesia merupakan sebuah negara yang terletak pada wilayah tropis dan salah satu penghasil kelapa terbesar di dunia. Luas areal pertanaman kelapa di Indonesia pada tahun 2005 mencapai 3,29 juta ha dengan jumlah tanaman produktif mencapai 73,6 % (Departemen Pertanian, 2007). Menurut Data *Asia Pacific Coconut Community* (APPC, 2001) produksi buah kelapa nasional adalah sebanyak 15,5 miliar butir/tahun (Arfadiani, 2012). Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa terluas di dunia, dengan luas areal mencapai 3,86 juta hektare atau 31,2 persen dari total areal dunia sekitar 12 juta ha. Dari data yang ada menunjukkan bahwa Indonesia merupakan Negara yang memiliki penghasilan kelapa yang besar baik ditingkat negeri dan luar negeri.

Keberadaan kelapa dalam kehidupan masyarakat kini sudah tidak terlalu mendapatkan perhatian, bahkan pada beberapa wilayah tertentu cenderung mulai dilakukan penebangan dan diganti dengan tanaman lain seperti jabon, jati, dan sengon (Umboh & Wanto, 2013). Padahal hasil dari tanaman kelapa yang dikelola dengan baik dapat memberi nilai tambah yang secara ekonomi tidak kalah dari tanaman lain seperti daging buah kelapa, air kelapa, tempurung kelapa dan sabut kelapa.

Salah satu hasil dari tanaman kelapa yang memiliki manfaat yang besar dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi adalah tempurung kelapa. Tempurung

kelapa merupakan bagian paling keras pada buah kelapa terletak disebelah dalam sabut kelapa dengan ketebalan 3-5 mm dan berfungsi sebagai pelindung daging buah kelapa dari kerusakan akibat pengaruh eksternal (Awang, 1991) buah kelapa utuh terdiri atas 30% daging buah, 33% sabut, 15% tempurung, dan 22% air kelapa (Utomo *dkk*, 2012).

Upaya pemanfaatan limbah tempurung kelapa yang sedang diusahakan saat ini antara lain adalah sebagai arang. Untuk industri arang aktif, jenis tempurung kelapa yang memenuhi syarat kualitas adalah yang berusia tua (11-12 bulan) karena kayunya yang keras dan kadar air yang rendah sehingga proses pengarangan, pematangannya akan berlangsung baik dan merata.

Tempurung kelapa seperti halnya kayu mempunyai sejumlah besar lignin dan sejumlah kecil selulosa. Kandungan *methoxyl* tempurung kelapa hampir sama dengan kayu, dan kandungan airnya bervariasi menurut lingkungan, varietas, dan kematangan buah. Tempurung kelapa berasal dari buah yang matang pada keadaan kering udara berkadar air sekitar 6-9% (Utomo *dkk*, 2012).

Tabel 1. Komponen Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Persentase %
Selulosa	34
Lignin	27
Hemiselulosa	21
Abu	18

(Sumber: Utomo *dkk*, 2012)

B. Asap Cair

Asap cair merupakan hasil kondensasi dari bahan yang mengandung sejumlah besar senyawa yang lebih sederhana terbentuk akibat pirolisis konstituen bahan seperti selulosa, hemiselulosa serta lignin.

Hemiselulosa dipirolisis pada suhu 200-260 °C menghasilkan furfural, furan, asam asetat dan derivatnya. Selulosa dipirolisis pada suhu 240-350 °C menghasilkan asam asetat dan homolognya serta senyawa karbonil, bersama-sama dengan air bersama-sama lignin membentuk furan dan fenol. Lignin dipirolisis pada suhu 280-500 °C menghasilkan senyawa yang berperan terhadap aroma asap dari produk-produk hasil pengasapan (Herawati, *dkk.*, 2012).

Asap cair dari berbagai sumber diketahui mengandung komponen-komponen kimia seperti fenol, karbonil, dan asam-asam karboksilat (Herawati, *dkk.*, 2012). Komponen-komponen kimia tersebut dapat berperan sebagai antioksidan dan antimikroba serta memberikan efek warna dan cita rasa khas asap pada produk pangan. Komponen kimia lain yang dapat terbentuk pada pembuatan asap cair adalah *PolycyclicAromaticHydrocarbons* (PAH) dan turunannya. Beberapa komponen tersebut bersifat karsinogenik. Benzopiren merupakan salah satu senyawa *PolycyclicAromaticHydrocarbons* (PAH) yang diketahui bersifat karsinogenik dan biasa ditemukan pada produk pengasapan. Fungsi komponen asap cair terutama adalah memberikan rasa, warna, sebagai antibakteri dan antioksidan (Herawati, *dkk.*, 2012).

Asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, seperti industri pangan, industri perkebunan dan industri kayu (Herawati,

2012).Asap dapat berperan sebagai bahan pengawet apabila komponen-komponen asap meresap kedalam bahan yang diasapi. Zat- zat yang ada dalam asap merupakan bahan yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (*Bacteriostatic*). Bahkan dapat membunuh bakteri (*Bakterisida*).Senyawa utama yang berperan sebagai antimikroba adalah senyawa fenol (Utomodkk. 2012).

C. Asap Cair Tempurung Kelapa

Manfaat dari bagian pohon kelapa salah satunya yaitu bisa digunakan sebagaiasap cair.Asap cair merupakan hasil kondensasi (pengembunan) asap dari pembakaran tempurung kelapa. Asap tempurung diproses dari destilasi tempurung kelapa yang proses produksinya menggunakan peralatan dari bahan *steinless steel*. Produk ini berbentuk cair (Umboh & Wanto, 2013).



Gambar 1.Asap cair tempurung kelapa

Analisis terhadap asap cair tempurung kelapa hasil pirolisa (suhu 400 °C) menggunakan GC- MS menunjukkan bahwa terdapat dua senyawa utama yaitu

fenol dengan konsentrasi 1,28% dan asam asetat 9,60% keduanya merupakan senyawa antimikroba.

Produk dari asap cair tempurung kelapa telah dibuktikan mampu mengawetkan berbagai makanan seperti ikan, daging, mie dan mampu bertahan hingga 2 bulan (Umboh & Wanto, 2013). Asap cair tempurung kelapa juga menunjukkan adanya properti antimikrobial terutama antibakterial yang sangat efektif dalam membunuh dan menghambat beberapa pertumbuhan bakteri dan antifungal.

Akhir-akhir ini dalam pemberitaan media masa ternyata banyak ditemukan pelaku usaha menggunakan pengawet formalin. Padahal untuk mengganti formalin dapat digunakan asap cair sebagai bahan pengawet. Permintaan asap cair tempurung meningkat 400% (Umboh & Wanto, 2013).

D. Alat Alat Pembuatan Asap Cair

Alat pembuatan asap cair umumnya terdiri atas tiga komponen utama, yaitu tangki pirolisator, kondensor, dan penampang asap cair. Banyak sekali bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan asap cair, diantaranya kayu, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, sabut kelapa, dan batang ubi kayu (Utomo *dkk.* 2012).

Salah satu badan penelitian yang merancang alat pembuatan asap cair adalah badan besar penelitian dan pengembangan pengolahan produk dan bioteknologi kelautan dan perikanan (BBP4B-KP). Alat ini mampu memproses asap cair dengan kapasitas volume bahan baku 10 L. Tenaga pemanas yang

dipakai dapat menggunakan listrik sebesar 2.000 watt atau memakai LPG, sedangkan bahan pendingin yang dipakai pada kondensor adalah air (Utomo *dkk.* 2012). Adapun alat yang digunakan menurut Utomo *dkk* (2012), adalah:

1. Tangki pirolisator

Alat ini berbentuk silinder terbuat dari *stainless steel*. Dapat ditutup rapat, sedangkan suhu pirolisa dapat diatur melalui control panel. Untuk pertimbangan ekonomis, peralatan yang dipakai dalam produksi asap cair tidak harus terbuat dari *stainless steel* seperti drum bekas.

2. Kondensor

Kondensor berbentuk spiral berfungsi untuk mengkondensasikan asap yang dihasilkan dari pirolisator dengan demikian kondensor harus dalam keadaan dingin supaya dapat mengembunkan asap yang melewatinya. Agar tetap dingin alat ini di dinginkan dengan sistem aliran air yang disirkulasikan terus melalui ruangan antara spiral dan tabung kondensor.

E. Proses Pembuatan Asap Cair

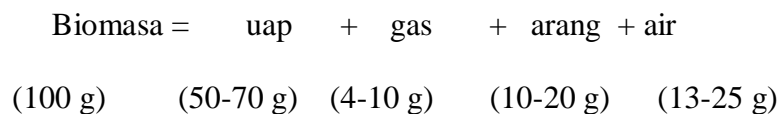
Adapun tahap- tahap proses produksi asap cair menurut Utomo *dkk* (2012), adalah sebagai berikut:

1. **Pirolisa**

Pirolisa berasal dari dua kata, yaitu *pyro* yang berarti panas dan *lysis* yang artinya penguraian atau *degradasi*. Dengan demikian, pirolisa berarti penguraian biomassa karena panas pada suhu lebih dari 150 °C. Proses

pirolisa terjadi dalam beberapa tingkatan proses, yaitu pirolisa primer dan pirolisa sekunder.

Pirolisa primer adalah pirolisa yang terjadi pada bahan baku dan berlangsung pada suhu kurang dari 600 °C, hasil penguraian yang pertama adalah karbon (arang). Pirolisa primer dibedakan atas pirolisa lambat dan pirolisa cepat. Pirolisa primer lambat terjadi pada proses pembuatan arang. Pada laju pemanasan lambat (suhu 150 °C – 300 °C), reaksi utama yang terjadi adalah dehidrasi (kehilangan kandungan air) dan hasil reaksi keseluruhan karbon padatan (C = arang), air (H₂O), karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida (CO₂). Sedangkan pirolisa cepat adalah terjadi pada suhu lebih lebuah dari 300 °C dan menghasilkan gas, karbon, arang, dan uap. Secara umum reaksi tersebut sebagai berikut:



Pirolisa sekunder adalah pirolisa yang terjadi atas partikel dan gas/uap hasil pirolisa orimer dan berlansung di atas suhu 600⁰C. Hasil pirolisa pada suhu ini adalah karbon monoksida 9 (CO), hidrogen (H₂), dan hidrokarbon, sedangkan tar (secondary pyrolysis tar=SPT) sekitar 1-6% .

Pirolisa kayu merupakan reaksi pembakaran tidak sempurna yang meliputi reaksi-reaksi dekomposisi dari polimer organik menjadi senyawa organik dengan berat molekul rendah. Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses pirolisa kayu adalah reaksi oksidasi dan kondensasi, air dihilangkan dari kayu pada suhu 120-15⁰C. Pirolisa hemiselulosa terjadi pada suhu 200-

250⁰C, pirolisa selulosa pada suhu 280-320⁰, dan pirolisa lignin mulai terjadi pada suhu 400⁰C.

Sebelumnya tahun 1999 telah dinyatakan bahwa pada proses pirolisa dihasilkan bermacam-macam produk yang secara umum digolongkan menjadi 3 macam sebagai berikut.

1. Gas-gas yang tak terembunkan. Gas-gas yang dikeluarkan pada proses karbonisasi ini sebagian besar berupa gas CO₂ dan sebagai berupa gas-gas yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂ dan hidrokarbon tingkat rendah lainnya.
2. Destilat berupa asap cair dan tar, sedangkan komposisi kimianya terdiri atas metanol, asam asetat, fenol, metal asetat, dan asam format.
3. Residu berupa arang (karbon). Arang yang berupa padatan hitam, terutama terdiri atas karbon. Pada suhu tinggi, kandungan karbon naik karena dehidrasi lebih sempurna dan penghilangan produk-produk yang mudah menguap.

Pirolisa Selulosa berlansung dalam dua tahap. Tahap pertama adalah reaksi hidrolisis asam diikuti oleh dehidrasi menghasilkan glukosa. Tahap kedua merupakan reaksi yang menghasilkan asam asetat dan homolognya serta air dan sejumlah kecil furan dan fenol, reaksi degradasi termal selulosa dimulai dengan putusnya ikatan glikosida menjadi unit-unit monosakarida, dilanjutkan reaksi peruraian monosakarida menjadi gas-gas dan reaksi kondensasi yang menghasilkan arang.

Hemiselulosa tersusun dari pentosan (silan dan araban) dan heksosan (mannan dan galaktosan). Pirolisa pentosan menghasilkan furfural, furan, dan derivatnya serta satu seri panjang asam-asam karboksilat. Pirolisa heksosan terutama menghasilkan asam asetat dan homolognya.

Senyawa-senyawa yang diperoleh dari pirolisa lignin berperan penting dalam memberikan aroma asap produk asapan. Senyawa-senyawa tersebut adalah fenol-fenol dan eter-eter fenol, seperti gualakol (2-metoksi fenol), siringol (2, 6-dimetoksi fenol), homolog-homolog, serta turunannya. Ditambahkan bahwa struktur kimia lignin dari kayu keras. Perbedaan struktur tersebut terletak pada substituen metoksi pada cincin aromatikl sehinggamenyebabkan perbedaan hasil pirolisanya. Pada kayu keras, pirolisa lignin akan menghasilkan siringol dan turunannya sebagai produk utama: sedangkan pada kayu lunak, pirolisa akan menghasilkan guailakol dan turunannya.

2. Kondensasi

Kondensasi pada dasarnya merupakan proses pengembunan suatu bahan yang berupa gas menjadi cairan dengan cara melepaskan panas dari bahan tersebut ke lingkungannya. Secara sederhana dapat dikatakan pengembunan dapat dilakukan dengan cara pendinginan.

Proses pendinginan suatu bahan dapat dilakukan dengan mendekatkan pada suatu fluida yang lebih dingin dari bahan itu sendiri. Fluida yang lebih dingin (*refrigerant*) dapat disirkulasikan dengan

carayang memungkinkan untuk memindahkan panas yang diambil dari bahan yang akan didinginkan.

Asap cair merupakan bahan hasil kondensasi asap dari pembakaran kayu atau bahan lain. Asap ini dengan proses pendinginan mengalami kondensasi asap cair. Pada tahap ini, asap cair masih 'kotor' berwarna kecoklatan.

3. Destilasi

Asap cair hasil kondensasi yang masih kecoklatan perlu dimurnikan dengan cara distilasi untuk menghilangkan beberapa jenis senyawa yang berbahaya dan menjadikan warna asap cair lebih jernih biasanya berwarna kuning cemerlang. Komponen asap hasil pirolisa itu adalah kelompok fenol, karbonil, dan antimikroba. Kelompok-kelompok itu mampu mencegah pembentukan spora dan pertumbuhan bakteri dan jamur serta menghambat kehidupan bakteri dan jamur serta menghambat kehidupan virus. Sifat-sifat itu dapat dimanfaatkan untuk pengawetan makanan.

Asap cair sangat adaptif dan diproduksi secara komersial. Adapun keuntungan distilasi, antara lain untuk mengurangi kandungan senyawa PAH yang tidak diperulkan seperti benzo(a) piren, menghilangkan lemak serta garam, namun masih dapat mempertahankan warna dan *flavor* asap, mempunyai aktivitas antioksidan, dan masih dapat mencegah pertumbuhan bakteri.

F. Kandungan Senyawa Asap Cair

Golongan-golongan senyawa penyusun asap cair adalah air (11-92 %), fenol (0,2-2,9 %), asam (2,8-9,5 %), karbonil (2,6-4,0 %) dan tar (1-7 %). Menurut Haji (2013,) asap cair yang dihasilkan dari pirolisis kelapa mengandung 5 komponen utama yakni fenol 11,68%, 4-metilfenol 4,74%, asam dodekanoat 30,02%, metil ester 5,16%, asam tetradekanoat 4,78% dan 2-metoksi-4-metilfenol sebanyak 3,20%. Di samping itu, komposisi asap telah diteliti oleh Petter dan Lane pada tahun 1940.

Kandungan senyawa-senyawa penyusun asap cair sangat menentukan sifat organoleptik asap cair serta menentukan kualitas produk pengasapan. Komposisi dan sifat organoleptik asap cair sangat tergantung pada sifat kayu, temperatur pirolisis, jumlah oksigen, kelembaban kayu, ukuran partikel kayu serta alat pembuatan asap cair (Umboh & Wanto, 2013).

Komponen kimia dari asap cair hasil pirolisis dapat diidentifikasi dengan teknik kromatografi gas dan spektrometer massa (KGSM). Menurut Budijanto *dkk* (2008) komponen asap cair sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen yang Teridentifikasi dari Fraksi Terlarut Asap Cair dalam Dichloromethane.

No	Waktu Retensi	Komponen	Pek Area (%)
1		Keton	6,53
	3.184	2-Methyl-2-Cyclopentenone	1,76
	3.771	3-Methyl-2-Cyclopentenone	0,96
	4.525	2-Hydroxy-1-Methylcyclopenten-3-	1,56
	4.728	one	0,75

	5.358	2,3-Dimethylcyclopenten-1-One	0,69
	5.793	4,5-Dimethyl-4-Hexan-3-one	0,57
	5.984	3-Ethyl-2-Hydroxy-2-Cyclopenten-	0,14
	6.909	1-one	0,10
		Cyclohexanone	
		2-Ethylcycloheptanone	
2		Furan	3,02
	3.213	2-Acetylfuran	1,77
	3.702	5 Methylfurfural	1,25
3		Karbonil dan asam	2,98
	7.532	1-Cyclohexone-1-carboxaldehyde	0,13
	7.994	2,3-Dihydroxy-benzoic acid	0,25
	8.549	3-Methoxybenzoic acid methyl ester	0,37
	9.180	4-Hydroxy-benzoic acid methyl ester	2,23
4		Fenol dan turunanya	24,11
	3.917	Phenol	14,87
	4.979	2-Methylphenol	3,63
	5.260	3-Methylphenol	3,92
	5.716	2,6-Dimethylphenol	0,16
	6.260	2,4-Dimethylphenol	0,81
	6.492	3-Ethylphenol	0,72
5		Guaikol dan turunanya	36,58
	5.458	2-Methoxyphenol (guaiacol)	21,71
	6.617	3-Methylguaiacol	0,36
	6.699	p-Methylguaiacol	0,35
	6.776	2-Metoxy-4-Methylphenol	7,89
	7.717	4-Ethyl-2-Methoxyphenol	3,97
	8.442	Eugenol	0,10
	8.684	Vanillin	0,62
	9.415	Acetovanilline	1,12
	9.682	Methyl vanillate	0,46
6		Siringol dan turunanya	18,26
	7.313	2,6-Dimethoxyphenol	0,33
	8.285	3,4-Dimethoxyphenol	15,88
	10.410	4-(2-Propenyl)-2,6-	0,33
	10.840	Dimethoxyphenol	0,70
	11.570	Syringyl aldehyde	0,41
	11.876	Acetosyringone	0,46
		3,5-Dimethoxy-1-	

Hydroxyphenylacetic acid			
7		Alkil aril eter	8,5
	6.077	1,2-Dimethoxybenzene	0,32
	7.197	2,3-Dimethoxytoluene	0,14
	7.915	1,2,3-Trimethoxybenzene	0,30
	9.112	1,2,4-Trimethoxybenzene	3,84
	9.767	5-Methyl-1,2,3-Trimethoxybenzene	3,90

(Sumber: Budijanto *dkk*, 2008)

G. Manfaat Asap Cair

1. Asap cair saat ini mulai populer digunakan sebagai bahan pengawet untuk berbagai produk pangan, asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis janjang dan tempurung kelapa dapat digunakan sebagai bahan pengawet, insektisida, dan obat-obatan yang memberi manfaat cukup besar bagi kehidupan manusia (Budijanto *dkk*, 2008). Asap cair grade 1 mempunyai kegunaan yang sangat besar sebagai pemberi rasa dan aroma yang spesifik juga sebagai pengawet karena sifat antimikrobia dan antioksidannya.
2. Potensi asap cair grade 1 sebagai antibakteri dapat memperpanjang masa simpan produk dengan mencegah kerusakan akibat aktivitas bakteri perusak atau pembusuk dan juga dapat melindungi konsumen dari penyakit karena aktivitas bakteri patogen. Berdasarkan uji antimikrobia dan antioksidan untuk melihat pengawet redistilat asap cair grade 1 pada produk pangan dengan konsentrasi 1% menunjukkan bahwa asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk, patogen dan bakteri pembusuk histamin, pertumbuhan jamur serta menghambat proses oksidasi (Darmadji, 2009).

3. Asap cair dapat dipergunakan untuk menggantikan proses pengasapan ikan secara tradisional, sebelumnya yang langsung diberi asap, sehingga dapat mengganggu lingkungan. Asap cair dapat digunakan pula pada *food processing* seperti tahu (Umboh & Wanto, 2013).
4. Asap cair grade 2 dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian, asap cair digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan menetralsir asam tanah, mengendalikan serta membasmi berbagai serangan hama serangga dan jamur tanaman, mengontrol pertumbuhan tanaman, seperti mempercepat pertumbuhan akar, batang bunga dan buah. Pertanian yang mengaplikasikan pola organik, asap cair merupakan pilihan yang tepat, karena asap cair mengandung senyawa fenol dan formaldehida (Utomo *dkk.* 2012).
5. Kepulan asap putih hasil pembakaran tempurung kelapa dapat menjadi tambahan sumber penghasilan yang cukup menjanjikan, yaitu dibuat menjadi asap cair organik atau *organic liquid smoke* (Umboh & Wanto, 2013).
6. Ditinjau dari komposisi kimia yang dikandungnya, sampah organik tempurung kelapa, memiliki komponen kimia yang diduga berpotensi untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida, khususnya sebagai *antifeedant* bagi hama perusak daun. Asap cair yang dihasilkan dari limbah padat kelapa, khususnya sabut dan tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai pengawet makanan (Haji, 2013).

H. Hama dan Penyakit

Hama adalah organisme yang merusak tanaman dan secara ekonomis merugikan manusia. Batasan antara organisme hama dengan organisme bukan hama tidak begitu jelas, tergantung manusia yang menilainya. Misalnya, petani A dan B sama-sama menanam kangkung. Petani A memasarkan kangkungnya ke Supermarket, sedang petani B memasarkan kangkungnya ke pasar biasa. Suatu saat, tanaman kangkung dari petani A dan B dirusak oleh kumbang pemakan daun *Epilachna*, Supermarket tidak mau menerima kangkung yang daunnya berlubang-lubang, petani B memasarkan kangkungnya ke pasar biasa masih tetap laku hasil kangkungnya, walaupun sebagian kangkungnya berlubang-lubang. Dalam hal demikian petani A menganggap *Eplachna* sebagai hama, karena secara ekonomis telah merugikan. Sebaliknya petani B tidak menganggap *Epilachna* sebagai hama, karena secara ekonomis belum merugikan (Tjahjadi, 1989).

Organisme yang berpotensi menjadi hama yaitu: nematoda (sebagian ada yang mengelompokkan ke dalam patogen tanaman), siput/keong, acarina (hewan berkaki 8), hexapoda/serangga (hewan berkaki 6), burung, dan mamalia.

Di Indonesia berbagai jenis hama dan penyakit senantiasa mengganggu produksi pertanian. Masalah hama dan penyakit itu tidakhanya menurunkan produksi, tetapi juga menyebabkan produksi tidak mantap. Sebagai contoh hama wareng coklat yang menyebabkan penyakit virus pada tanaman padi (Djafaruddin, 2000).

Definisi dan konsep dari penyakit tumbuhan bermacam- macam, salah satunya yaitu penyakit tumbuhan ialah suatu proses fisiologi tumbuhan yang abnormal dan merugikan, yang disebabkan oleh faktor primer (biotik atau abiotik) dan gangguanya bersifat terus menerus serta akibatnya dinyatakan oleh aktifitas sel/jaringan yang abnormal. Akibat yang muncul disebut dengan gejala, penyakit terjadi bila salah satu atau beberapa fungsi fisiologinya menjadi abnormal karena adanya gangguan atau kondisi lingkungan tertentu (Sinaga, 2003).

I. Insektisida Sintetis

Setelah ditemukan insektisida sintetis pada awal abad ke-20, manfaat insektisida dari bahan alami dengan cepat mudah dilupakan. Insektisida sintesis dengan berbagai keunggulan yang tidak dimiliki oleh insektisida alami, telah menenggelamkan hasil penelitian dan tradisi pemakaian insektisida alami. Insektisida sintesis dapat dengan cepat menurunkan populasi OPT dengan periode pengendalian (residu) yang lebih panjang. Insektisida sintetis juga lebih mudah dan praktis dipakai. Di samping itu, insektisida sintetis lebih mudah diproduksi secara besar-besaran, mudah diangkut dan disimpan, dan harganya lebih relatif lebih murah. Keunggulan-keunggulan ini telah memikat hati para petani sehingga insektisida alami praktis tidak pernah dipakai lagi (Novizan, 2002).

Hingga saat ini ketergantungan petani akan insektisida sintetis masih sangat tinggi. Dua puluh persen dari produksi insektisida dunia pada tahun

1984 diserap oleh Indonesia. Dalam periode 1982-1987 pemakaian insektisida di Indonesia meningkat sebesar 236% dibandingkan dengan periode sebelumnya. Khusus untuk insektisida, peningkatan mencapai 710%. Pada tahun 1986, total pemakaian insektisida saja mencapai 17.230 ton yang berarti setiap hektar lahan pertanian menggunakan 1,69 kg insektisida. Pada awal dekade 1990-an, pemakaian insektisida Indonesia telah mencapai 20.000 ton/tahun dengan nilai Rp250 miliar. Pada tahun 2000, insektisida terdaftar pada komisi insektisida telah mencapai 594 merek dagang (Novizan, 2002).

Menurut Novizan (2002), secara umum dampak negatif dari pemakaian insektisida sintetis sebagai berikut.

- a. Pencemaran air dan tanah yang akhirnya akan kembali lagi kepada manusia dan makhluk hidup lainnya dalam bentuk makanan dan minuman yang tercemar. Hal ini disebabkan residu insektisida sintetis sangat sulit terurai secara alami. Bahkan untuk beberapa jenis insektisida sintetis, residunya dapat bertahan di tanah dan air sampai puluhan tahun.
- b. Matinya musuh alami dari organisme pengganggu tanaman (OPT). Setiap organisme dalam memiliki musuh alami yang dapat mengendalikan populasi suatu organisme. Jika musuh alaminya musnah akan terjadi peningkatan populasi yang menyebabkan suatu organisme menjadi hama dengan tingkat serangan yang jauh lebih besar daripada yang terjadi sebelumnya (resurgensi hama). Resurgensi hama dapat terjadi karena insektisida sintetis memiliki daya racun yang tinggi dengan spectrum pengendalian yang luas dan dapat mematikan apa saja.

- c. Kemungkinan terjadinya serangan hama sekunder. Contohnya, penyemprotan rutin insektisida sintetis untuk mematikan Ulat Api(hama primer) dapat membunuh serangga lain, seperti belalang sembah yang merupakan pemangsa kutu daun (hama sekunder). Akibatnya, setelah Ulat Apidapat dikendalikan, kemungkinan besar tanaman akan diserang oleh kutu daun yang meningkat populasinya.
- d. Mortalitas organisme yang menguntungkan, seperti lebah yang sangat berperan dalam penyerbukan bunga.
- e. Timbulnya kekebalan OPT terhadap insektisida sintetis. Penyemprotan insektisida hampir selalu menyisakan beberapa individu hama yang mampu bertahan hidup. Perkawinan OPT yang tersisa setelah penyemprotan akan menghasilkan keturunan yang kebal terhadap insektisida tertentu setelah penyemprotan akan menghasilkan keturunan yang kebal terhadap insektisida tertentu setelah terjadi perubahan-perubahan genetik. Beberapa contoh insektisida sintetis yang telah umum diperjual belikan diantaranya:
 - 1. Arjuna 200EC
 - 2. Bestok 50EC
 - 3. Yasithrin 30EC
 - 4. Rugby 10GR
 - 5. Starban 585EC
 - 6. Sumo 50EC

J. Insektisida Alami

Kelemahan insektisida sintetis seperti yang telah dikemukakan membuat para ilmuwan khawatir insektisida sintetis tidak lagi mampu menanggulangi masalah hama dan penyakit tanaman, tetapi justru mendatangkan malapetaka bagi umat manusia. Karena itu, berbagai penelitian, dari yang sederhana hingga rumit seperti rekayasa genetika mulai dikembangkan untuk mencari sumber-sumber yang lebih aman untuk manusia dan lingkungan. Sumber-sumber tersebut tersedia di alam dalam jumlah yang sangat besar (Novizan, 2002).

Insektisida alami yang berasal dari bahan-bahan yang terdapat di alam tersebut diekstraksi, diproses atau dibuat menjadi konsentrat dengan tidak mengubah struktur kimianya. Berbeda dengan insektisida sintetis yang umumnya bersumber dari bahan dasar minyak bumi yang diubah struktur kimianya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu sesuai dengan keinginan (Novizan, 2002).

Di Indonesia minat masyarakat memakai insektisida alami mulai muncul kembali setelah terjadi krisis ekonomi yang menyebabkan nilai tukar rupiah terhadap dolar menurun drastis. Harga insektisida sintetis yang merupakan barang impor melambung tinggi dan tidak terjangkau oleh petani (Novizan, 2002).

Menurut Novizan (2002), insektisida alami yang kini dikenal dapat dikelompokkan menjadi 3 golongan sebagai berikut.

- a. Insektisida botani (botanical pesticides) yang berasal dari ekstrak tanaman. Seperti diketahui, berbagai jenis tanaman memproduksi senyawa kimia untuk melindungi dirinya dari serangan OPT. senyawa inilah yang kemudian diambil dan dipakai untuk melindungi tanaman lain.
- b. Insektisida biologis (biological pesticides) yang mengandung mikroorganisme pengganggu OPT, seperti bakteri patogenik, virus dan jamur. Mikroorganisme ini secara alami memang merupakan musuh OPT, yang kemudian dikembangbiakkan untuk keperluan perlindungan tanaman. Proses manufaktur dari organisme ini telah memungkinkan petani memakainya sebagaimana memakai insektisida lainnya dengan cara menyemprot atau menebarkannya.
- c. Insektisida berbahan dasar mineral anorganik yang terdapat pada kulit bumi. Biasanya bahan mineral ini berbentuk Kristal, tidak mudah menguap dan bersifat stabil secara kimia, seperti belerang dan kapur. Minyak bumi atau minyak nabati dan sabun pun dapat dipakai untuk mengendalikan OPT. pada pertanian anorganik, minyak dan sabun sangat lazim dipakai.

K. Ulat Api (*Setora nitens*)

Serangan hama dan penyakit tanaman, masih menjadi masalah yang rumit bagi pemilik tanaman, terutama bagi mereka yang tidak memiliki pengetahuan dasar mengenai teknis budidaya tanaman. Masalahnya kemudian menjadi lebih kompleks lagi, karena jenis serangan hama dan penyakit ini sangat banyak, meskipun pada beberapa tanaman terdapat serangan yang khas dan cara

pengendaliannya pun dapat menggunakan berbagai macam cara (Endah & Novizan, 2002).

Perkembangan dunia pertanian tidak lepas dari masalah pengendalian hama dan penyakit tanaman. Ilmu mengenai pengendalian serangan hama dan penyakit tanaman berkembang pesat seiring dengan usaha manusia untuk mendapatkan hasil optimal dari tanaman yang dibudidayakannya. Hama dan penyakit tanaman menyerang dan merusak usaha budi daya tanaman dan mengakibatkan berkurangnya kualitas dan kuantitas hasil yang diperoleh. Beberapa jenis diantaranya memiliki daya merusak yang sangat merugikan dan dapat mengakibatkan mortalitas ribuan hektar tanaman, sedangkan jenis lainnya merugikan dalam jangka panjang, terus menerus, dan tidak disadari oleh pemilik tanaman (Endah & Novizan, 2002).

Ulat api (*Setora nitens*) merupakan salah satu hama daun yang penting karena mempunyai kisaran inang yang luas meliputi daun kelapa sawit. *Setora nitens* menyerang tanaman budidaya pada fase vegetatif yaitu memakan daun tanaman sehingga tinggal tulang daun saja (Lestari, dkk. 2013). Hama *Setora nitens* ini memiliki bulu yang sangat gatal bila tersentuh. Ulat ini memiliki warna yang cantik, panjang tubuhnya berkisar 20- 25 mm. Daur hidupnya sekitar 65-68 hari (Sudarmo, 1991).



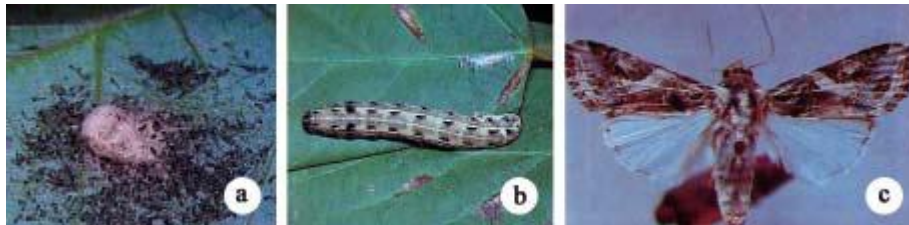
Gambar 2.Ulat Api (*Setora nitens*)

Setora nitens merupakan serangga hama yang terdapat di banyak Negara seperti Indonesia, India, Jepang, Cina, dan Negara-negara lain di Asia Tenggara. Ulat api (*Setora nitens*) bersifat polifag atau mempunyai kisaran inang yang luas sehingga berpotensi menjadi hama pada berbagai jenis tanaman pangan, sayuran, buah dan perkebunan (Lestari, *dkk.* 2013). Menurut (Sudarmo, 1991), *Setora nitens* diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Sub Kelas	: Pterygota
Ordo	: Lepidoptera
Sub Ordo	: Prenatae
Familia	: Limacodidae
Genus	: <i>Setora</i>
Spesies	: <i>Setora nitens</i>

1. Morfologi dan Tahap Perkembangan Ulat Api (*Setora nitens*)

Ngengat berwarna agak keabu-abuan. Ngengat betina meletakkan telur secara berkelompok pada permukaan bawah daun dan kadang-kadang pada permukaan atas daun. Ngengat meletakkan telur pada umur 2-6 hari, antara pukul 18.00 s/d pukul 03.00 dini hari (Tengkano & Suharsono, 2005). Sayap ngengat bagian depan berwarna coklat atau keperakan, dan sayap belakang berwarna keputihan dengan bercak hitam (Gambar 2c). Kemampuan terbang ngengat pada malam hari mencapai 5 km (Marwoto & Suharsono, 2008).

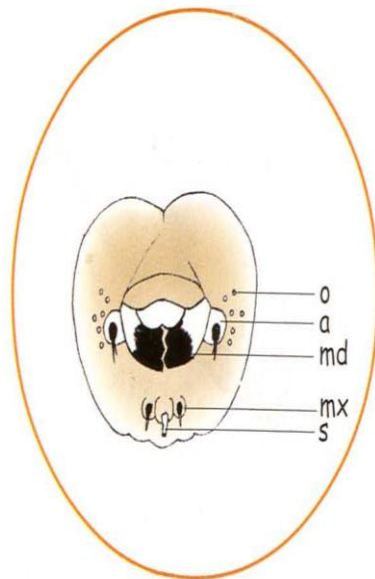


Gambar 2. Ulat Api (a) kelompok telur, (b) ulat instar 3, (c) ngengat (imago)
(Sumber: Marwoto dan Suharsono, 2008)

Telur berbentuk hampir bulat dengan bagian dasar melekat pada daun (kadang-kadang tersusun dua lapis), berwarna coklat kekuningan, diletakkan berkelompok masing-masing 25–500 butir. Telur diletakkan pada bagian daun atau bagian tanaman lainnya, baik pada tanaman inang maupun bukan inang bentuk telur bervariasi. Kelompok telur tertutup bulu seperti beludru yang berasal dari bulu-bulu tubuh bagian ujung ngengat betina, berwarna kuning kecoklatan (Marwoto & Suharsono, 2008). Stadium telur berlangsung 3–5 hari dengan rata-rata 3 hari (Tengkano & Suharsono, 2005).

Larva mempunyai warna yang bervariasi, memiliki kalung (bulan sabit) berwarna hitam pada segmen abdomen keempat dan kesepuluh

(Gambar 2b). Pada sisi lateral dorsal terdapat garis kuning. Ulat yang baru menetas berwarna hijau muda, bagian sisi coklat tua atau hitam kecoklatan, dan hidup berkelompok (Gambar 2a). Beberapa hari setelah menetas (bergantung ketersediaan makanan), larva menyebar dengan menggunakan benang sutera dari mulutnya. Pada siang hari, larva bersembunyi di dalam tanah atau tempat yang lembap dan menyerang tanaman pada malam hari atau pada intensitas cahaya matahari yang rendah. Biasanya ulat berpindah ke tanaman lain secara bergerombol dalam jumlah besar (Marwoto & Suharsono, 2008). Stadium larva terdiri atas enam instar dengan umur larva instar-1, instar-2, dan instar-3 berturut-turut adalah 2-3 hari, 2-3 hari, dan 2-3 hari. Lama stadium telur, larva, kepompong, dan ngengat berturut-turut sekitar 2, 16, 9, dan 9 hari. Lebih lanjut dilaporkan bahwa masa prapeneluran, peneluran, dan pasca peneluran berturut-turut selama 2, 6, dan 1 hari (Tengkono & Suharsono, 2005).



o = ocellus; a = antena; md = mandibula;
mx = maksilla; s = spinneret

Larva yang masih muda merusak daun dengan meninggalkan sisa-sisa epidermis bagian atas (transparan) dan tulang daun. Larva instar lanjut merusak tulang daun dan kadang-kadang menyerang polong. Biasanya larva berada di permukaan bawah daun dan menyerang secara serentak dan berkelompok. Serangan berat menyebabkan tanaman gundul karena daun dan buah habis dimakan ulat. Serangan berat pada umumnya terjadi pada musim kemarau, dan menyebabkan defoliasi daun yang sangat berat (Marwoto & Suharsono, 2008).

Larva instar-3 dan instar-4 biasanya merusak daun muda yang belum membuka penuh dan dapat ditemukan 1–3 ekor larva per helai daun. Setelah daun membuka penuh terdapat tanda serangan berupa lubang-lubang lebar memanjang dan apabila populasi tinggi tanaman tampak meranggas (Tengkono & Suharsono, 2005). Larva yang masih muda (instar 1-3) merusak daun dengan meninggalkan sisa-sisa pada epidermis bagian atas (transparan) dan tulang daun (Gambar 3 a). Berbeda halnya dengan instar 4-6, gejala serangan pada daun tidak meninggalkan transparan atau sisa-sisa bagian epidermis pada bagian atas dan tulang daun, melainkan terbentuk lubang-lubang daun yang ukurannya besar (Fattah & Ilyas, 2016).

2. Anatomi Ulat Api (*Setora nitens*)

Jaringan saraf serangga dapat dibagi ke dalam saraf pusat dan saraf tepi. Saraf pusat terdiri dari sepasang rantai saraf rantai yang terdapat di sepanjang tubuh bagian ventral. Sistem saraf serangga berupa sistem saraf tangga tali berjumlah sepasang yang berada di sepanjang sisi ventral tubuhnya. Sistem saraf yang terdiri dari serangkaian ganglia, dihubungkan dengan tali saraf ventral terdiri dari dua paralel *connectives* sepanjang perut (Rizal, 2017).

Biasanya, setiap segmen tubuh memiliki satu ganglion pada setiap sisi, meskipun beberapa ganglia yang melebur untuk membentuk otak dan ganglia besar lainnya. Segmen kepala berisi otak, juga dikenal sebagai ganglion supraesophageal. Dalam sistem saraf serangga, otak anatomis dibagi ke dalam protocerebrum yang mencakup mata majemuk dan oselli, deutocerebrum yang mencakup antenna, dan tritocerebrum yang mencakup labrum dan usus depan. Segera di belakang otak adalah subesophageal ganglion, yang terdiri dari tiga pasang ganglia menyatu. Ini mengendalikan mulut, kelenjar ludah dan otot-otot tertentu. Ganglia berfungsi sebagai pusat refleksi dan pengendalian berbagai kegiatan. Ganglia bagian anterior yang lebih besar berfungsi sebagai otak. Ada tiga macam ganglion, yaitu ganglion kepala berfungsi menerima urat saraf yang berasal dari mata dan antena, ganglion di bawah kerongkongan berfungsi mengkoordinasikan aktivitas sensoris dan motoris rahang bawah (mandibula), rahang atas (maksila), dan bibir bawah (labium) dan ganglion ruas-ruas badan berupa serabut-serabut

saraf yang menuju ruas-ruas dada, perut, dan alat-alat tubuh yang berdekatan (Rizal, 2017).

Sistem saraf serangga terdiri atas rangkaian ganglia yang dihubungkan oleh sepasang saraf, yang terdapat di sepanjang tubuh serangga. Ganglion merupakan massa jaringan saraf yang terdapat setiap segmen secara berpasangan. Tiga pasang ganglion yang terdapat dibagian kepala disebut otak, yaitu : 1. protocerebrum yang terdapat pada segmen mata, meliputi daerah inervasi pada alat mata majemuk dan ocelli. 2. Deutocerebrum yang terdapat pada segmen antena, daerah inervasi pada antena. 3. tritocerebrum yang terdapat pada segmen labrum, daerah inervasi pada labium dan stomodeum (Rizal, 2017).

Sedangkan sel saraf tepi terdiri dari tiga macam sel saraf, yaitu sel saraf indera yang membawa impuls dari alat indera, sel perantara (*internucial*) yang membawa impuls antara sel saraf, dan sel saraf motor yang membawa impuls dari pusat integrasi ke otot. Selain itu, susunan saraf terdiri dari monopolar, bipolar dan multipolar (Rizal, 2017).

Sistem pencernaan berlangsung dari mulut-oesophagus-usus-rektum dan anus. Sistem fisiologinya mengalami degradasi hidrolisis di dalam hati dan jaringan-jaringan lain, biasanya dalam waktu paruh organofosfat berkisar antara 1-2 hari. Produk degradasinya mempunyai toksisitas yang rendah dan dikeluarkan melalui faeces (Rizal, 2017).

Organ pencernaan foregut yaitu terdiri dari mulut, farink, oesophagus, crop dan proventrikulus, organ pencernaan *midgut* yaitu terdiri

dari *ventrikulus* dan *malphigian tubule*, sedangkan organ pencernaan hindgut yaitu terdiri dari ileum, rectum dan anus (Rizali, 2017).

Sistem pernapasan pada serangga adalah Sistem trakea yang serangga tersusun dari saluran yang menyerupai tabung dan memiliki lubang yang terhubung dengan udara luar yang disebut spirakel. Trakea di dalam tubuh serangga selanjutnya akan membentuk percabangan yang lebih kompleks dan tipis yang disebut dengan trakeolus. Ukuran diameter trakeolus pada serangga kurang dari 1 μm dan hal ini yang memungkinkan proses difusi oksigen dan karbon dioksida pada serangga (Rizal, 2017).

Dinding trakea serangga tersusun oleh kitin yang membuat struktur trakea lebih kokoh sehingga meskipun udara dibawah tekanan normal, serangga tetap dapat bertahan. Hal inilah yang menjelaskan mengapa serangga memiliki ukuran tubuh yang kecil. Spirakel pada serangga contohnya ulat dilindungi oleh katup atau *valve* yang diatur oleh otot sehingga belalang bisa membuka dan menutup spirakel. Spirakel juga memiliki rambut halus yang berfungsi untuk menyaring udara yang masuk dari debu dan kotoran. Biasanya serangga memiliki spirakel yang tersusun secara lateral pada bagian abdomen tubuh serangga dan terdapat sepasang spirakel pada setiap segemn tubuh (Rizal, 2017).

3. Perbedaan Ulat Jantan dan Betina

Perbedaan larva jantan dan betina terlihat pada bentuk tubuhnya, tubuh larva betina lebih besar dibandingkan larva jantan, namun larva jantan tubuhnya lebih panjang. Ulat api betina memiliki kecenderungan lebih baik daya tahan tubuhnya, jika dibandingkan ulat jantan dikarenakan ulat betina berperan dalam meneruskan keturunan selanjutnya, selain itu siklus hidup ulat api betina lebih panjang dibandingkan ulat api jantan, siklus hidup ulat api betina berkisar antara 50-65 hari sedangkan ulat api jantan adalah 40-50 hari saja (Marwoto & Suharsono, 2008).

Larva jantan mempunyai 1 titik dari kelenjar *Herold* pada *abdomen* perbatasan antara segmen ke-11 dan 12, sedangkan larva betina sepasang bintik kecil pada bagian *abdomen* segmen ke-11 dan 12. Bintik-bintik tersebut disebut kelenjar Ishiwata depan dan kelenjar Ishiwata belakang. Waktu yang paling tepat untuk membedakan kedua jenis kelamin adalah pada awal instar 5, tepat. Akan tetapi karakteristik ini sulit dilihat dengan mata biasa, oleh karena itu identifikasi hanya dilakukan oleh para ahli (Marwoto & Suharsono, 2008).

Bentuk pupa yang akan menjadi imago jantan dan betina tidak terlalu berbeda. Namun, perbedaan yang bisa dilihat yaitu dari ukuran pupa. Panjang dan lebar pupa imago betina yaitu 20 ± 2 mm dan 6 ± 1 mm dan pupa imago jantan memiliki panjang $18,5 \pm 1,15$ mm dan lebar $4,75 \pm 0,41$ mm. Ukuran tubuh imago betina dan imago jantan mempunyai perbedaan. Ukuran tubuh betina memiliki panjang $21,35 \pm 1,14$ mm dengan lebar tubuh

yaitu $7,89 \pm 0,32$ mm, sedangkan imago jantan mempunyai panjang tubuh rata-rata $15,60 \pm 0,68$ mm dan lebar tubuh $4,83 \pm 0,34$ mm. Ciri-ciri lainnya yang membedakan adalah pada bagian bawah sayap imago betina berwarna putih dengan pinggiran sayap bawah berwarna putih (Marwoto & Suharsono, 2008).

L. Penelitian yang Relevan

Beberapa kajian penelitian terdahulu yang relevan adalah sebagai berikut:

1. Kajian Potensi Asap Cair dalam Mengendalikan Ulat Krop Kubis

Berdasarkan penelitian terdahulu disebutkan bahwa Dorongan untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan telah meningkatkan upaya pencarian bahan insektisida dari alam, termasuk pemanfaatan tumbuhan atau limbah tumbuhan yang digunakan sebagai bahan pilihan dari insektisida sintetis yang berdampak luas. Akhir-akhir ini asap cair yang dibuat dengan memanfaatkan tumbuhan atau limbah tumbuhan telah digunakan dalam bidang pertanian, khususnya perlindungan tanaman terhadap organisme pengganggu (Wiyantono & Minarni, 2009).

Penggunaan asap cair ternyata mampu menekan serangan rayap dan kerusakan kayu sedangkan publikasi tentang pengaruh terhadap serangga hama yang lain belum ada. Diduga bahwa kandungan senyawa fenol, benzopiren, dan berbagai asam organik yang dikandung asap cair mampu

mengendalikan *C. pavonana* yang merusak tanaman kubis. Namun demikian, hal tersebut masih perlu diteliti (Wiyantono & Minarni, 2009).

2. Pengendalian Hama *Thrips* sp pada Tanaman Cabe Fase Vegetatif dengan Beberapa Insektisida Nabati

Secara konsepsional penggunaan insektisida kimia diposisikan sebagai alternatif terakhir namun kenyataan di lapangan insektisida kimia merupakan pilihan utama dalam pengendalian hama dan penyakit. Insektisida sintetis mempunyai dampak negatif terhadap pencemaran lingkungan, matinya musuh alami, dapat terjadinya serangan hama sekunder dan kekebalan OPT terhadap insektisida tersebut. Untuk mengurangi pemakaian insektisida yang berlebihan ada beberapa insektisida nabati yang bahan dasarnya berasal dari tanaman atau tumbuhan dimana kandungan bioaktifnya digunakan untuk mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman. Aspek pengendalian tersebut menyangkut proses penghambatan/penolakan makan, aktifitas penolakan peneluran, aktifitas penghambat pertumbuhan dan perkembangan dan efek mortalitas dari organisme sasaran (Muhaimin, *dkk.* 2018)

Secara visual, tingkat pengaruh *antifeedant* terjadi pada kisaran rendah sampai sedang. Asap cair berbahan baku tempurung kelapa menunjukkan pengaruh *antifeedant* tertinggi jika dibandingkan dengan asap cair yang berbahan baku lainnya. Hal ini diduga bahwa kekerasan bahan dan kandungan lignin (sumber senyawa fenol) dari tempurung kelapa lebih

tinggi. Asap cair dalam menekan aktivitas makan larva *C. pavonana* tersebut diduga bahwa hanya memengaruhi sistem pusat syaraf yang mengatur proses makan, yaitu makanan yang dimakan oleh serangga uji bersifat racun perut atau pengaruh *antifeedant* sekunder. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa asap cair berbahan baku tempurung kelapa memiliki sifat *antifeedant* sekunder, dan menghambat perkembangan larva *C.pavonana* pada taraf sangat lemah. Diduga bahwa senyawa fenol sebesar 4,13% yang merupakan bahan aktif larutan asap cair dalam kadar rendah mempunyai sifat deterrent terhadap serangga hama Lepidoptera (Wiyantono & Minarni, 2009).

3. Identifikasi Komponen Kimia Asap Cair Tempurung Kelapa

Asap cair tempurung kelapa mengandung komponen-komponen senyawa seperti fenol, asam organik, dan karbonil yang berfungsi sebagai antibakteri, antijamur dan koagulan. Asap cair memiliki banyak kegunaan yaitu sebagai pengawet makanan, insektisida, koagulan karet dan pengawet kayu (Jayanudin dan Suhendi, 2012)