

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Asap Cair

1. Asap Cair

Asap cair pertama kali diproduksi pada tahun 1980 oleh sebuah pabrik farmasi di Kansas, yang dikembangkan dengan metode destilasi kering (pirolisis) dari bahan kayu. Asap merupakan sistem yang kompleks, yang terdiri dari fase cairan terdispersi dalam medium gas sebagai pendispersi. Asap terbentuk karena pembakaran yang tidak sempurna, yaitu pembakaran dengan jumlah oksigen terbatas yang melibatkan reaksi dekomposisi bahan polimer menjadi komponen organik dengan bobot yang lebih rendah, karena pengaruh panas. Jika oksigen tersedia cukup, maka pembakaran menjadi lebih sempurna dengan menghasilkan gas CO₂, uap air, dan abu, sedangkan asap tidak terbentuk (Haji, *dkk.* 2007).

Di Indonesia, pada mulanya penggunaan asap cair digunakan karena merebaknya isu keamanan pangan yang berhubungan dengan proses pengasapan pangan hasil pertanian, maka profesor Tranggono *dkk.* (1995) menginisiasi sebuah inovasi pemanfaatan limbah tempurung kelapa yang demikian melimpah untuk perbaikan proses pengasapan tradisional, di lain pihak sebagai upaya memperbaiki proses pengasapan yang tidak ramah lingkungan. Inovasi tersebut berupa pemikiran bagaimana mengubah uap asap berwarna hitam yang tidak dapat dikendalikan serta membahayakan kesehatan tersebut menjadi produk kondensat cair yang lebih dapat

dikendalikan untuk proses pengasapan, pengawetan dan pengolahan produk pangan dan hasil pertanian (Darmadji, 2009).

Berbasis pada pembuatan arang aktif dengan cara pirolisa yang dilakukan oleh FMIPA Kimia UGM maka teknologi proses destilasi kering atau pirolisa dan kondensasi merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk mengubah asap jadi produk cair. Berbasis pada inisiasi inovasi tersebut maka dirancanglah sebuah reaktor pirolisa sederhana untuk produksi asap cair oleh Darmadji tahun 1995, dan selanjutnya dikembangkanlah alat produksi asap cair skala lebih besar yang dilengkapi dengan pengatur suhu dan waktu serta digunakan untuk identifikasi asap cair dari berbagai macam kayu. Dengan reaktor ini tempurung kelapa dan berbagai macam kayu diubah menjadi asap cair, dan bahan sisa berupa arang dan tar dengan persentase berturut-turut. Adapun komponen utama penyusun asap cair adalah asam, fenol dan karbonil.

Saat ini, asap cair telah banyak digunakan oleh industri pangan sebagai bahan pemberi aroma, tekstur, dan cita rasa yang khas pada produk pangan, seperti daging, ikan, dan keju. Di Indonesia, asap cair sudah digunakan oleh industri pembuatan bandeng asap di Sidoarjo. Penggunaan asap cair tempurung kelapa pada skala laboratorium juga cukup banyak dilakukan (Budijanto, *dkk.* 2008).

Asap cair merupakan dispersi uap asap dalam udara, yang dihasilkan dari proses destilasi kering atau pirolisa biomasa seperti kayu, kulit kayu, tempurung, sabut, bambu, daun dan lain sebagainya (Darmadji, 2009). Sedangkan menurut Basri AB (2010), asap cair (bahasa Inggris: *wood*

vinegar, liquid smoke) 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. Bahan baku yang banyak digunakan antara lain berbagai macam jenis kayu, bongkol kelapa sawit, tempurung kelapa, sekam, ampas atau serbuk gergaji kayu dan lain sebagainya. Jadi secara sederhana asap cair merupakan campuran sebaran asap dalam air yang dibuat dengan cara mengembunkan asap hasil pembakaran tempurung kelapa ataupun bahan lainnya seperti sabut, bambu, kayu, bongkol kelapa sawit, tongkol jagung, sekam, ampas atau serbuk gergaji kayu dan sebagainya yang mengandung unsur senyawa.

Menurut Basri AB (2010), asap cair dapat digunakan sebagai berikut:

1. Di bidang pertanian, asap cair digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan menetralkan asam tanah, membunuh hama tanaman dan mengontrol pertumbuhan tanaman, pengusir serangga, mempercepat pertumbuhan pada akar, batang, umbi, daun, bunga, dan buah.
2. Sebagai penggumpal lateks atau getah karet. Dibandingkan menggumpalkan dengan asam semut, penggunaan asap cair ini lebih unggul, karena getah karet yang menggumpal menjadi tak berbau lagi. Penambahan asam semut justru memicu pertumbuhan bakteri sehingga muncul ammonia dan sulfida. Senyawa itulah yang menyebabkan getah karet yang menggumpal itu berbau busuk. Untuk menggumpalkan 200 liter getah karet, perkebun cuma perlu 1 liter asap cair. Manfaat lain, kualitas meningkat karena karet menjadi lebih putih.

3. Sebagai pengawet makanan. Asap cair (*liquid smoke*) merupakan pengawet makanan alami pengganti formalin, dan sebagai penghilang bau.

2. Asap Cair Tempurung Kelapa

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 yang berasal dari buah yang matang dalam keadaan kering udara berkadar air sekitar 6-9% (Utomo, *dkk.* 2012).

Asap cair mengandung berbagai komponen kimia seperti fenol, aldehid, keton, asam organik, alkohol dan ester. Berbagai komponen kimia tersebut dapat berperan sebagai antioksidan dan antimikroba serta memberikan efek warna dan cita rasa khas asap pada produk pangan (Budijanto, *dkk.* 2008). 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 (Utomo, *dkk.* 2012).

Secara umum, asap cair tempurung kelapa dapat digunakan sebagai bahan pengawet alternatif yang aman untuk dikonsumsi. Penggunaan asap cair tempurung kelapa dapat mengurangi terbentuknya senyawa-senyawa PAH yang bersifat karsinogenik pada proses pengasapan panas. Selain itu, kombinasi antara asap cair tempurung kelapa dengan teknik pengawetan lain seperti pemanasan, pengemasan dan penyimpanan dapat

memperpanjang umur simpan serta serta memberikan karakteristik sensori berupa aroma, warna, serta rasa yang khas pada produk pangan (Budijanto, *dkk.* 2008). Jadi asap cair tempurung kelapa merupakan hasil kondensasi asap tempurung kelapa melalui proses pirolisis pada suhu sekitar 400⁰C.

a) Asap Cair *Grade-1*

Asap cair diperoleh dengan proses kondensasi asap yang dihasilkan melalui cerobong *slow* pirolisis. Proses kondensasi asap menjadi asap cair sangat bermanfaat bagi perlindungan pencemaran udara yang ditimbulkan dari proses tersebut. Disamping itu, yang mengandung sejumlah senyawa kimia berpotensi sebagai bahan baku zat pengawet, antioksidan, desinfektan atau sebagai bioinsektisida (Rasi, Antonius & Yulius, 2017).

Asap cair *grade-2* difiltrasi dengan kertas saring yang diberi zeolit aktif, dilanjutkan filtrasi dengan kertas saring yang diberi karbon aktif. Filtrat yang diperoleh merupakan asap cair *grade-1* yang aman dari bahan berbahaya dan bisa dipakai untuk pengawet makanan nonkarsinogenik. Asap cair yang diperoleh diukur pH nya dan identifikasi kandungan asap cair dilakukan pada asap cair *grade-1* menggunakan GC-MS (Ariyani, Dahlena., *dkk.* 2015).



Gambar 1. Asap Cair *Grade-1*
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)

Asap cair *grade-1* (satu) dengan karakteristik berwarna bening, rasa sedikit asam, kualitasnya tinggi dan tidak mengandung senyawa yang berbahaya untuk diaplikasikan dalam produk makanan sehingga dapat dijadikan sebagai pengawet makanan seperti tahu dan bakso (Sudiarti, 2015).

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).

b) Asap Cair *Grade-2*

Asap cair *grade-2* dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian, asap cair digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan menetralkan 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). Menurut Sudiarti (2015), asap cair *grade-2* (dua)

digunakan sebagai pengawet makanan pada makanan dengan rasa asap seperti daging asap dan bandeng asap atau ikan asap.



Gambar 2. Asap Cair *Grade-2*
(sumber: Doc Pribadi, 2017)

Asap cair *grade-3* diperoleh dari proses kondensasi dari hasil proses pirolisis yang diendapkan selama seminggu. Setelah terendapkan kemudian cairannya diambil dan didestilasi pada suhu 100°C, destilat yang dihasilkan ditampung sebagai asap cair *grade-2* (Ariyani, Dahlena., *dkk.* 2015). 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).

Ditinjau dari komposisi kimia yang dikandungnya, sampah organik tempurung kelapa, memiliki komponen kimia yang diduga berpotensi untuk dikembangkan sebagai bio insektisida, 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, *dkk.* 2013). 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).

c) Asap Cair *Grade-3*

Asap cair *grade-3* diperoleh tanpa melalui destilasi atau penyulingan. Asap cair *grade-3* diperoleh dari kondensasi pada proses pirolisis diendapkan selama seminggu. Warnanya kuning kecoklatan dan aroma asap kuat.



Gambar 3. Asap Cair *Grade-3*
(sumber: Doc Pribadi, 2017)

Asap cair *grade-3* digunakan sebagai penggumpal lateks atau getah karet. Dibandingkan menggumpalkan dengan asam semut, penggunaan asap cair ini lebih unggul, karena getah karet yang menggumpal menjadi tak berbau lagi. Penambahan asam semut justru memicu pertumbuhan bakteri sehingga muncul ammonia dan sulfida. Senyawa itulah yang menyebabkan getah karet yang menggumpal itu berbau busuk. Untuk menggumpalkan 200liter getah karet, perkebun cuma

perlu 1 liter asap cair. Manfaat lain, kualitas meningkat karena karet menjadi lebih putih (Basri AB, 2010).

3. Senyawa Asap Cair

Senyawa adalah zat hasil gabungan dua unsur atau lebih yang masih dapat diuraikan lagi menjadi unsur-unsur penyusunnya melalui reaksi kimia. Misalnya, air (tersusun dari hidrogen dan oksigen), garam dapur (tersusun dari natrium dan klor).

Di dalam asap cair mengandung kurang lebih 400 senyawa kimia namun hanya sekitar 200 jenis yang sudah teridentifikasi melalui berbagai penelitian kemudian dikelompokkan berdasarkan komponen utama penyusun senyawa tersebut antara lain fenolik, karbonil dan asam. Khususnya sebagai *flavouring agent*, asap cair memiliki aroma khas yakni keras dan menyengat (*strong/pungent*) dari kelompok senyawa fenolik yakni *Syringol* dan *Guaiacol*. Meskipun demikian, beberapa senyawa di dalam asap cair terutama dari kelompok karbonil yakni *furan* dan *furfural* juga merupakan kontributor aroma asap cair sehingga perpaduan kelompok senyawa fenolik dan karbonil memberikan sensasi khas pada asap cair dan produknya (Kadir, Syaraeni *dkk*, 2014).

Asap cair dari berbagai sumber diketahui mengandung komponen-komponen kimia seperti fenol, karbonil, dan 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 *Polycyclic Aromatic*

Hydrocarbons (PAH) dan turunannya. Beberapa komponen tersebut bersifat karsinogenik. Benzopiren merupakan salah satu senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (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).

Senyawa asap memberikan flavor asap (*smoky*) khas yang tidak dapat digantikan dengan cara lain. Fenol merupakan senyawa yang paling bertanggung jawab pada pembentukan aroma spesifik yang diinginkan pada produk asapan, terutama fenol dengan titik didih medium seperti guaikol, cugenol dan sirigol. Fenol dalam hubungannya dengan sifat sensoris mempunyai bau *pungent kresolik*, manis, *smoky* dan seperti terbakar. Komponen antioksidatif asap adalah senyawa fenol yang bertindak sebagai donor hidrogen dari biasanya efektif dalam jumlah sangat kecil untuk menghambat reaksi oksidasi. Fenol bertitik didih rendah menunjukkan sifat antioksidatif yang lemah (Darmadji, 2009). Fenol merupakan senyawa antioksidan yang terdapat pada asap cair sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan. Selain itu, fenol memberikan cita rasa dan warna yang khas pada produk olahan.

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 1. 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-one	1,56
	4.728	2,3-Dimethylcyclopenten-1-One	0,75
	5.358	4,5-Dimethyl-4-Hexan-3-one	0,69
	5.793	3-Ethyl-2-Hydroxy-2-Cyclopenten-1-one	0,57
	5.984	Cyclohexanone	0,14
	6.909	2-Ethylcycloheptanone	0,10
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
4	9.180	4-Hydroxy-benzoic acid methyl ester	2,23
		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-Dimethoxyphenol	0,33
	10.840	Syringyl aldehyde	0,70
	11.570	Acetosyringone	0,41
	11.876	3,5-Dimethoxy-1-Hydroxyphenylacetic acid	0,46
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

Pengelompokkan komponen kimia asap cair beserta keturunannya menurut Budijanto, *dkk* (2008):

1. Kelompok pertama terdapat 8 komponen yang termasuk dalam keton dengan peak area sebesar 6,53%. Komponen-komponen seperti 2-Methyl-2-cyclopenten-1-one dan 2-Hydroxy-1-methylcyclopenten-3-one mempunyai proporsi yang paling besar dalam kelompok ini yaitu masing-masing sebesar 1,76% dan 1,56%. 2-Ethylcyclohexanone mempunyai proporsinya paling rendah yaitu sebesar 0,10%.
2. Kelompok kedua adalah furan dan turunan *pyran* dengan peak area sebesar 3,02%. Kelompok ini hanya mempunyai 2 komponen yaitu 2-Acetylfuran dan 5-ethyl Furfural dengan proporsi masing-masing sebesar 1,77% dan 1,25%. Kelompok ketiga adalah karbonil dan asam dengan *peak area* sebesar 2,98%. Dari keseluruhan kelompok yang teridentifikasi, kelompok ini mempunyai peak area yang paling rendah dan mempunyai 4 komponen, yaitu I-Cyclohexene-1-carboxaldehyde sebesar 0,13%, 2,3-dihydroxybenzoic acid sebesar 0,296, 3-methoxybenzoic acid methyl ester sebesar 0,37%, dan 4-Hydroxybenzoic acid methyl ester sebesar 2,23%. Komponen-komponen tersebut dihasilkan oleh degradasi termal selulosa dan hemiselulosa dan juga terdapat pada asap cair komersial. Selain itu, komponen-komponen tersebut juga terdapat pada asap kayu *Vitis vinifera* L. dengan konsentrasi yang cukup besar dan terdapat juga pada asap komersial yang digunakan sebagai pemberi aroma.

3. Fenol dan turunannya merupakan kelompok yang terdiri dari 6 komponen dengan peak area yang cukup besar, yaitu 24,11%. *Phenol* merupakan komponen dengan proporsi paling tinggi yaitu sebesar 14,87%. Selain itu, komponen-komponen seperti *2-Methylphenol* dan *3-Methylphenol* juga mempunyai proporsi cukup tinggi, yaitu masing-masing sebesar 3,63 % dan 3,92%. Komponen-komponen dalam kelompok fenol ini juga terdeteksi pada asap cair komersial dan pada asap cair dari kayu *Salvia lavandulifolia*.
4. Guaiakol dan turunannya merupakan kelompok utama dengan 9 komponen penyusun asap cair yang mempunyai peak area paling tinggi, yaitu sebesar 36,58%. Dari keseluruhan komponen yang teridentifikasi dari asap cair ini, *2-Methoxyphenol (guaiacol)* mempunyai proporsi paling tinggi, yaitu sebesar 21,71%.
5. Siringol dan turunannya juga terdapat dalam jumlah cukup besar, yaitu 18,26%. Pada kelompok ini terdapat 6 komponen yaitu *3,4-Dimethoxyphenol* mempunyai proporsi tertinggi, yaitu 15,88%. Selain itu, juga terdapat *2,6-Dimethoxyphenol* sebesar 0,33%, *4-(2-Propenyl)-2,6-dimethoxyphenol* sebesar 0,33%, *Syringyl aldehyde* sebesar 0,70%, *Acetosyringone* sebesar 0,41%, dan *3,5-Dimethoxy-4-hydroxyphenylacetic acid* sebesar 0,61%. Terdapatnya *2,6-Dimethoxyphenol* dan *3,4-Dimethoxy-phenol* mengindikasikan penggunaan kayu keras sebagai bahan baku untuk membuat asap cair. Kayu keras termasuk tempurung kelapa banyak digunakan untuk

memproduksi asap cair karena komposisi kayu keras yang terdiri dari lignin, selulosa, dan metoksil memberikan sifat organoleptik yang baik.

6. Selain itu, kelompok alkil aril eter juga terdapat dalam asap cair dengan peak area sebesar 8,5%. Dalam kelompok ini terdapat 5 komponen, yaitu *1,2-dimethoxybenzene*, *2,3-Dimethoxytoluene*, *1,2,3-Trimethoxybenzene*, *1,2,4-Trimethoxybenzene*, dan *5-Methyl-1,2,3-trimethoxybenzene*. *1,2,4-Trimethoxybenzene* dan *5-Methyl-1,2,3-trimethoxybenzene* terdapat dalam proporsi yang cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 3,84% dan 3,90%. Kelompok alkil aril eter ini juga teridentifikasi dalam asap cair komersial dan asap cair kayu.

Hemiselulosa tersusun dari pentosa ($C_5H_8O_4$) dan heksosan ($C_6H_{10}O_5$)₁₇. Pirolisa pentosa akan menghasilkan furfural, furan dan derivatnya bersama-sama dengan rantai panjang asam karboksilat sedangkan pirolisa heksosan bersama-sama dengan selulosa membentuk asam asetat dan homolognya. Selulosa merupakan rantai panjang halus dari molekul gula atau polisakarida yang tersusun dari unit glukosa sebagai polimer selulosa. Pirolisa selulosa tahap pertama menghasilkan glukosa, dan reaksi kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air dan kadang-kadang bersama-sama lignin membentuk furan dan fenol (Darmadji, 2009).

Lignin terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana. Pirolisa lignin cukup penting karena menghasilkan flavor yang dihasilkan oleh adanya senyawa-senyawa derivat yang termasuk fenol dan

ester fenolik seperti guaikol dan siringol bersama-sama dengan homolog dan derivatnya (Darmadji, 2009).

Potensi asap dapat memperpanjang masa simpan produk dengan mencegah kerusakan akibat aktivitas bakteri pembusuk dan patogen. Senyawa yang mendukung sifat antibakteri dalam destilasi asap cair adalah senyawa fenol dan asam. Senyawa fenol dapat menghambat pertumbuhan populasi bakteri dengan memperpanjang fase lagi secara proposional didalam produk, sedangkan kecepatan pertumbuhan dalam fase eksponensial tetap tidak berubah kecuali konsentrasi fenol yang tinggi. fraksi fenol yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri adalah fenol dengan titik didih rendah (Darmadji, 2009).

4. 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:

a) 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. Gambar 4 dibawah ini merupakan tangki pirolisator yang digunakan untuk membakar tempurung kelapa di Desa Nusa Serasan Sungai Lilin.



Gambar 4. Tangki Pirolisator
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)

b) 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 didinginkan dengan sistem aliran air yang disirkulasikan terus melalui ruangan antara spiral dan tabung kondensor. Air sebagai bahan pendingin dialirkan dengan cara dipompakan ke dalam sistem pendingin. Untuk persediaan air yang terbatas, biasanya air ini setelah keluar dari alat pendingin dialirkan lagi

ke pendingin dan disirkulasikan ke sistem lagi. Gambar 5 dibawah ini merupakan kondensor yang digunakan untuk mengkondensasikan asap hasil pembakaran tempurung kelapa di Desa Nusa Serasan Sungai Lilin.



Gambar 5. Kondensor
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)

5. Proses Pembuatan Asap Cair

Asap cair merupakan campuran larutan dari dispersi asap kayu dengan mengkondensasikan asap cair hasil pirolisis kayu yang merupakan proses dekomposisi dari komponen-komponen penyusun kayu seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa akibat panas tanpa adanya oksigen. Asap cair pada proses ini diperoleh dengan cara kondensasi asap yang dihasilkan melalui cerobong slow pirolisis.

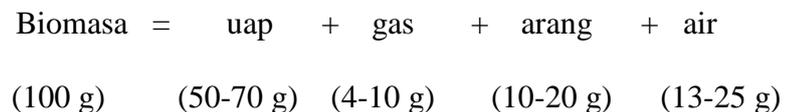
Adapun tahap-tahap proses produksi asap cair adalah sebagai berikut:

a) Pirolisa

Pirolisa berasal dari dua kata, yaitu *pyro* yang berarti panas dan *lysis* yang artinya penguraian atau *degradasi*. 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 (Utomo, dkk. 2012). Sedangkan menurut Jayanudin & Endang (2012), pirolisis adalah dekomposisi bahan yang mengandung

karbon dari tumbuhan, hewan dan bahan tambang yang dapat berlangsung pada suhu diatas 300°C dalam waktu 4-7 jam pada kondisi udara/oksigen terbatas menghasilkan produk padatan, cairan dan gas.

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 (Utomo, *dkk.* 2012):



Pirolisa sekunder adalah pirolisa yang terjadi atas partikel dan gas/uap hasil pirolisa primer dan berlangsung 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% (Utomo, *dkk.* 2012).

Menurut Girard (1992) dalam Utomo *dkk.* (2012), 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 120-150°C. Pirolisa hemiselulosa terjadi pada suhu 200-250°C, pirolisa selulosa pada suhu 280-320°C, dan pirolisa lignin mulai terjadi pada suhu 400°C.

Utomo *dkk.* (2012), telah menyatakan 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 berlangsung 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 putusannya ikatan glikosida

menjadi unit-unit monosakarida, dilanjutkan reaksi peruraian monosakarida menjadi gas-gas dan reaksi kondensasi yang menghasilkan arang (Utomo, *dkk.* 2012).

Hemiselulosa tersusun dari pentosan (silan dan araban) dan heksosan (manan dan galaktosan). Pirolisa pentosan menghasilkan furfural, furan, dan derivatnya serta satu seri panjang asam-asam karboksilat. Pirolisa heksosan terutama menghasilkan asam asetat dan homolognya (Utomo, *dkk.* 2012).

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 aromatik sehingga menyebabkan 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 (Utomo, *dkk.* 2012).

b) 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 (Utomo, *dkk.* 2012).

Proses pendinginan suatu bahan dapat dilakukan dengan mendekati pada suatu fluida yang lebih dingin dari bahan itu sendiri. Fluida yang lebih dingin (*refrigerant*) dapat disirkulasikan dengan cara yang memungkinkan untuk memindahkan panas yang diambil dari bahan yang akan didinginkan (Utomo, *dkk.* 2012).

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. Gambar 6 merupakan alat yang digunakan untuk mengkondensasikan asap yang dihasilkan oleh pembakaran tempurung kelapa, sedangkan gambar 7 merupakan asap cair hasil kondensasi yang sudah terpisahkan dari tar nya dan asap cair yang dihasilkan adalah asap cair *grade 3*.



Gambar 6. Alat Kondensasi
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)



Gambar 7. Asap Cair Hasil Kondensasi
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)

c) Destilasi

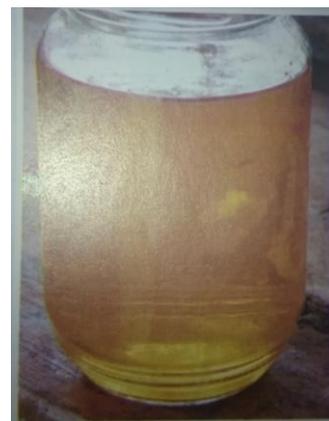
Asap cair hasil kondensasi yang masih kecoklatan perlu dimurnikan dengan cara destilasi untuk menghilangkan beberapa jenis senyawa yang berbahaya dan menjadikan warna asap cair lebih jernih biasanya berwarna kuning cemerlang. Komponen asap hasil pirolisa itu

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 (Utomo, *dkk.* 2012). Destilasi dilakukan untuk memurnikan asap cair untuk menghilangkan senyawa yang berbahaya dalam asap cair.

Asap cair sangat adaptif dan diproduksi secara komersial. Adapun keuntungan destilasi, 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 (Utomo, *dkk.* 2012). Gambar 8 adalah alat yang digunakan untuk mendestilasikan asap cair tempurung kelapa di Desa Nusa Serasan, sedangkan gambar 9 merupakan asap cair hasil destilasi yang menghasilkan asap cair *grade 2* dan *grade 1*.



Gambar 8. Alat Destilasi
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)



Gambar 9. Asap Cair Hasil Destilasi
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)

B. Insektisida

1. Insektisida Sintesis

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).

Namun, akhir-akhir ini disadari bahwa pemakaian insektisida sintetis ibarat pisau bermata dua. Dibalik manfaatnya yang besar bagi peningkatan produksi pertanian, tersembunyi bahaya yang mengerikan (Novizan, 2002). Para ilmuwan telah menyadari bahwa dibalik kemudahan dan keunggulan petisida sintetis, tersembunyi biaya mahal yang harus ditanggung oleh umat manusia di berbagai belahan bumi. Bahaya dimaksud adalah pencemaran lingkungan dan keracunan. Menurut WHO (*World health Organization*) paling tidak 20.000 orang pertahun mati akibat keracunan insektisida, sekitar 5.000-10.000 orang per tahun mengalami dampak yang sangat fatal, seperti kanker, cacat tubuh, kemandulan dan penyakit liver. Berbagai jenis insektisida terakumulasi di tanah dan air yang berdampak buruk terhadap keseluruhan ekosistem, beberapa spesies katak jantan di Amerika Serikat dilaporkan mengalami perubahan genetik menjadi berkelamin ganda (Hermaprodit) akibat keracunan Atrazin (bahan aktif herbisida yang sangat banyak dipakai di AS) dan telah terakumulasi pada tanah dan air. Tragedi Bhopal India pada bulan Desember 1984 merupakan peringatan keras untuk produksi insektisida sintetis. Saat itu, bahan kimia metal isosianat telah bocor dari pabrik Union Carbide yang memproduksi insektisida sintetis (Sevin). Tragedi itu menewaskan lebih dari 2.000 orang dan mengakibatkan lebih dari 50.000 orang dirawat akibat keracunan. Kejadian ini merupakan musibah terburuk dalam sejarah produksi insektisida sintetis (Novizan, 2002).

Telah disadari pula bahwa insektisida sintetis mulai kehilangan efektivitasnya. Sampai saat ini ratusan spesies serangga telah berkembang

menjadi resisten terhadap paling tidak satu jenis insektisida, dan beberapa di antaranya tahan terhadap semua jenis insektisida sintetis. Pada tahun 1976-1977 hama wereng diperkirakan menyerang 1 juta hektar tanaman pada terutama di pulau Bali, Jawa dan Sumatera. Jutaan ton beras gagal dipanen. Padahal saat itu usaha penyemprotan insektisida sudah sangat intensif dan sampai dilakukan beberapa kali dalam seminggu, bahkan penyemprotan dari udara pun telah dilakukan. Namun hama wereng tetap saja berkembang. Ironisnya, lima tahun sebelumnya wereng bukanlah peusak tanaman padi (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 di alam memiliki musuh alami yang akan 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 Thrips (hama primer) dapat membunuh serangga lain, seperti belalang sembah yang merupakan pemangsa kutu daun (hama sekunder). Akibatnya, setelah Thrips dapat dikendalikan, kemungkinan besar tanaman akan diserang oleh kutu daun yang meningkat populasinya.
- d. Kematian organisme yang menguntungkan, seperti lebah yang sangat berperan dalam penyerbukan bunga.
- e. Timbulnya kekebalan OPT terhadap insektisida sintetis. Penyemprotan insektisida hampir selalu menyisahkan 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.

2. 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).

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.

Insektisida alami disebut ramah lingkungan, tidak berarti insektisida alami memiliki daya racun (toksisitas) yang rendah. Beberapa jenis insektisida botani seperti nikotin, memiliki daya racun yang lebih tinggi dibandingkan dengan insektisida sintetis, terutama jika termakan. Dengan demikian, kaidah keselamatan kerja pada saat aplikasi insektisida alami harus tetap diperhatikan. Orang yang menyemprotkannya harus tetap memakai pelindung, seperti masker, sarung tangan dan kacamata (Novizan, 2002).

Berikut ini beberapa fungsi insektisida alami untuk mengendalikan hama dan penyakit

1. Sebagai penolak kehadiran serangga (repelan)
2. Sebagai antifidan sehingga hama tidak menyukai tanaman yang telah disemprot insektisida nabati.
3. Terhambatnya proses *metamorphosis* serangga. Misalnya, perkembangan telur, larva, dan pupa menjadi tidak sempurna.
4. Terhambatnya reproduksi serangga betina dan mengacaukan sistem hormon pada serangga.

Asap cair tempurung kelapa merupakan insektisida alami yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian hama dan bersifat ramah lingkungan dalam pembuatannya. Menurut Rasi, Antonius & Yulius (2017), proses

kondensasi asap menjadi asap cair sangat bermanfaat bagi perlindungan pencemaran udara yang ditimbulkan oleh proses tersebut. Disamping itu asap cair yang mengandung sejumlah senyawa kimia berpotensi sebagai bahan baku zat pengawet, antioksidan, desinfektan atau sebagai bioinsektisida.

Senyawa bioinsektisida inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai insektisida alami pengendali hama pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Senyawa bioinsektisida ini berupa fenol sebagai antifedan pengusir hama sehingga dapat mempengaruhi atau menurunkan jumlah populasi hama yang dapat menyerang tanaman cabai rawit.

C. Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Cabai atau lombok merupakan tanaman semak dari famili Solanaceae, berasal dari benua Amerika tepatnya daerah Peru dan menyebar ke negara-negara benua Amerika, Eropa dan Asia termasuk Negara Indonesia. Ada dua cabai yang tumbuh dan ditanam di Indonesia yaitu cabai besar (*Capsicum annuum* L.) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). Sosok tanaman dan buah cabai sangat bervariasi, diperkirakan ada 20 spesies yang sebagian besar hidup di negara asalnya (Agustina, *dkk.* 2014).

Cabai merupakan tanaman dari anggota genus *Capsicum*, yang memiliki nama populer di berbagai negara, misalnya *chili* (Inggris), *pimenta* (Portugis), *chile* (Spanyol). Cabai di Indonesia sering disebut dengan berbagai nama lain, misalnya lombok, mengkreng, cengis, cengek, dan masih banyak lagi sebutan lainnya. Secara umum cabai memiliki banyak kandungan gizi dan vitamin, diantaranya kalori, protein, lemak, kabohidrat, kalsium, vitamin A, B1 dan

vitamin C. Cabai juga mengandung lasparaginase dan capsaicin yang berperan sebagai zat anti kanker (Agustina, *dkk.* 2014).

Buah cabai mengandung beberapa vitamin. Salah satu vitamin dalam buah cabai adalah vitamin C (asam askorbat). Vitamin C berperan sebagai antioksidan yang kuat yang dapat melindungi sel dari agen-agen penyebab kanker, dan secara khusus mampu meningkatkan daya serap tubuh atas kalsium (mineral untuk pertumbuhan gigi dan tulang) serta zat besi dari bahan makanan lain. Vitamin C merupakan vitamin yang larut dalam air dan esensial untuk biosintesis kolagen (Rachmawati, *dkk.* 2009).

Sebagian besar spesies *Capsicum* bersifat menyerbuk sendiri (*self pollination*) tetapi penyerbukan silang (*cross pollination*) secara alami dapat pula terjadi dengan bantuan lebah dengan persentase persilangan berkisar 7.6-36.8%. Penyerbukan silang alami pada tanaman cabai dapat terjadi dalam jarak 18 m (Undang, *dkk.* 2015). Tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) tergolong dalam famili Solanaceae. Tanaman ini termasuk golongan tanaman semusim atau tanaman berumur pendek yang tumbuh sebagai perdu atau semak, dengan tinggi tanaman dapat mencapai 1,5m (Anuzar, *dkk.* 20017).

1. Klasifikasi Cabai Rawit

Menurut Anuzar (2017), tanaman cabai rawit diklasifikasikan sebagai berikut:

Regnum : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Subkelas: Asteridae

Ordo : Solanales

Famili : Solanaceae

Genus : Capsicum

Spesies : *Capsicum frutescens* L.

Berdasarkan ilmu botani, cabai termasuk ke dalam golongan buah. Namun, atas dasar kebiasaan dan kesepakatan umum, komoditas yang dimakan sebagai teman makan nasi, yakni kentang, kangkung, cabai dan tomat dijadikan sebagai sayuran. Komoditas lain yang dimakan segar dan terpisah dari nasi digolongkan ke dalam buah-buahan (Agriflo, 2012). Cabai termasuk buah karena cabai mengalami penyerbukan seperti buah pada umumnya.

Gambar 10 adalah foto cabai rawit dengan varietas cabai rawit putih yang merupakan spesies semidomestikasi yang ditemukan didataran rendah tropis Amerika. Selain itu spesies ini ditemukan di Asia Tenggara. Cabai rawit putih ini merupakan cabai yang tergolong tinggi, kokoh serta lebih pedas dibandingkan dengan cabai rawit lainnya.



Gambar 10. Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)
(Sumber: Doc Pribadi, 2017)

2. Morfologi Cabai Rawit

Capsicum frutescens adalah tumbuhan berupa terna, hidup mencapai 2 atau 3 tahun. Bunga muncul berpasangan di bagian ujung ranting dalam posisi tegak, mahkota bunga berwarna kuning kehijauan atau hijau keputihan dengan bentuk seperti bintang. Buah muncul berpasangan pada setiap ruas, rasa cenderung sangat pedas, bentuk buah bervariasi mulai dari memanjang atau setengah kerucut, warna buah setelah masak biasanya merah dengan posisi buah tegak. Spesies ini kadang-kadang disebut cabai burung (Undang, *dkk.* 2015).

Buah cabai rawit yang masih muda berwarna putih, kuning, atau hijau. Bunganya berwarna putih kehijauan. Pada umumnya, dalam satu ruas terdapat satu kuntum bunga, tetapi kadang-kadang lebih dari satu. Tangkai bunga tegak saat anthesis, tetapi bunganya merunduk, sedangkan tangkai daun pendek. Daging buah umumnya lunak, dengan kapcaisin yang kadarnya tinggi, sehingga rasa buah pedas (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Akar tanaman cabai merupakan akar tunggang kuat, terdiri atas akar utama (primer) dan lateral (Sekunder). Akar tersier merupakan serabut-serabut akar yang keluar dari akar lateral. Panjang akar primer sekitar 35-50cm dan akar lateral sekitar 35-45cm.

D. Hama pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Hama adalah organisme yang merusak tanaman dan secara ekonomi merugikan manusia (Tjahjadi, 1989). Serangan hama dan penyakit dapat menyebabkan tanaman mengalami kerusakan parah, dan berakibat gagal panen.

Agar produktifitas tanaman cabai tetap tinggi, maka serangan hama harus dicegah, karena tindakan ini merupakan tindakan yang efektif dan efisien.

Hama tanaman cabai sangat beragam. Hama dapat menyerang seluruh bagian tanaman, mulai dari akar, batang, daun, bunga hingga buah. Kehadiran hama tidak hanya menyerang saat fase vegetatif. Fase generatif pun tidak terlepas dari serangan hama. Hama bisa menghancurkan saat proses produksi. Pada musim kemarau, serangan hama akan semakin meningkat. Pengendalian hama perlu dilakukan untuk mengurangi risiko gagal panen (Agriflo, 2012). Sebagaimana Allah Subhanahu wa Ta'ala telah menyebutkan dalam Q.S Al-A'raaf ayat 133, yang berbunyi:

فَأَرْسَلْنَا عَلَيْهِمُ الطُّوفَانَ وَالْجَرَادَ وَالْقُمَّلَ وَالضَّفَادِعَ وَالدَّمَ آيَاتٍ
مُّفَصَّلَاتٍ ۖ فَاسْتَكْبَرُوا وَكَانُوا قَوْمًا مُّجْرِمِينَ

Artinya:

“Maka Kami kirimkan kepada mereka taufan, belalang, kutu, katak dan darah sebagai bukti yang jelas, tetapi mereka tetap menyombongkan diri dan mereka adalah kaum yang berdosa” (Q.S Al-A'raaf:133).

Berdasarkan ayat diatas, Al-Qur'an telah menjelaskan bahwa Allah telah menurunkan serangga (hama) yang dapat menyerang tanaman di bumi, agar manusia mengetahui dan tidak menyombongkan diri dari kekuasaan-Nya. Betapa besar kekuasaan Allah yang mampu menciptakan sesuatu yang sangat kecil, tetapi dapat menimbulkan kerugian bagi kehidupan manusia dengan berbagai cara dengan kehendak-Nya.

Menurut Untung, Kasumbogo (2010), adanya populasi serangga/hama di suatu tanaman akan menimbulkan luka (*“injury”*) pada tanaman. Luka adalah setiap bentuk penyimpangan fisiologis tanaman sebagai akibat aktivitas serangga hama yang hidup, berada dan makan pada tanaman tersebut. Luka

tanaman dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan (*damage*). Kerusakan adalah kehilangan hasil yang dirasakan oleh tanaman (petani) akibat adanya populasi hama atau serangan hama antara lain dalam bentuk penurunan kuantitas dan kualitas hasil.

Pengertian dan istilah luka lebih terpusat pada hama dan aktivitasnya, sedangkan kerusakan lebih terpusat pada tanaman dan respon tanaman terhadap perlukaan oleh hama. *Istilah-istilah lain* berkaitan dengan hama dan tanaman yang saat ini digunakan dalam kegiatan pengamatan yang dilakukan oleh para petugas pengamat lapangan (*dulu* namanya PHP- Pengamat Hama dan Penyakit, *sekarang* namanya POPT- Pengendali OPT) (Untung, 2010):

1. *Tanaman terserang* adalah tanaman yang digunakan sebagai tempat hidup dan berkembang biak OPT dan atau mengalami kerusakan karena serangan OPT pada tingkat populasi OPT atau intensitas kerusakan tertentu sesuai dengan jenis OPT nya
2. *Luas serangan*: adalah luas tanaman terserang yang dinyatakan dalam hektar atau rumpun atau pohon *Intensitas serangan*: adalah derajat serangan OPT atau derajat kerusakan tanaman yang disebabkan oleh OPT yang dinyatakan secara kuantitatif dan kualitatif.
 - a. Intensitas serangan secara kuantitatif dinyatakan dalam % (persen) bagian tanaman-pertanaman atau persen kelompok tanaman terserang. Intensitas serangan dalam % dilaporkan oleh PHP
 - b. Intensitas serangan secara kualitatif dibagi menjadi 4 kategori serangan yaitu: ringan, sedang, berat dan puso. Kategori serangan dilaporkan oleh koordinator PHP, BTPH.

Adapun kategori intensitas serangan serangga hama secara umum dapat digunakan pedoman sbb:

- 1) Serangan *ringan* bila derajat serangan <25%
- 2) Serangan *sedang* bila derajat serangan 25-50%
- 3) Serangan *berat* bila derajat serangan 50-90%
- 4) Serangan *puso* bila derajat serangan >90 %

Beberapa hama penting yang menyerang cabai dan bentuk serangan sebagai berikut:

1. Thysanoptera (Thrips)

a. Klasifikasi *Thrips parvispinus*

Klasifikasi hama Thrips (Sylvitria, 2010):

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Ordo : Thysanoptera (*thysanos* = umbai, *pteron* = sayap)

Famili : Thripidae

Genus : Thrips

Spesies : *Thrips parvispinus* (Thrips cabai)

Thrips merupakan merupakan salah satu hama utama tanaman cabai. Thrips merupakan hama *polifag*, artinya menyerang hampir semua jenis tanaman. Namun yang menyerang cabai biasanya jenis *Thrips parvispinus*. Thrips kadang berperan sebagai vektor virus. Hama ini menyerang daun muda, tunas, bunga dan buah (Agriflo, 2012).

b. Morfologi *Thrips parvispinus* (Thrips cabai)

Thrips merupakan serangga kecil dengan panjang 0,5–5 mm, namun beberapa jenis di daerah tropika panjangnya dapat mencapai 14 mm (Subagyo, *dkk.* 2015). Spesies Thrips yang telah teridentifikasi sekitar 6000 spesies yang terbagi ke dalam Subordo Terebrantia dan Tubulifera. Tubuh Thrips terdiri atas tiga bagian utama, yaitu: kepala, toraks, dan abdomen (Lewis, 1973). Struktur yang khas pada bagian kepala adalah antena, oseli, dan alat mulut. Antena terdiri atas IV-IX ruas. Pada sebagian kecil spesies, terdapat perbedaan bentuk dan struktur antena antara jantan dan betina. Oseli atau mata tunggal umumnya berjumlah tiga dan membentuk pola segitiga (*triangle*). Struktur mulut Thrips disebut probosis yang berbentuk seperti sebuah kerucut dan terletak di bagian belakang permukaan bawah kepala (Lewis 1973). Thrips memiliki alat mulut yang asimetris (mandibel kanan tereduksi) dengan tipe meraut-menghisap. Stilet pada alat mulut berfungsi untuk meraut jaringan tanaman dan untuk menusuk serta menghisap cairan pada sel tanaman (Antonelli 2003).

Menurut Lewis (1973), struktur yang khas pada bagian toraks adalah sayap. Jumlah sayap dua pasang dengan bentuk memanjang, berukuran sempit, dan mempunyai beberapa rangka sayap serta rambut-rambut yang berumbai. Subordo Terebrantia memiliki struktur sayap yang sejajar satu sama lain, sedangkan pada Subordo Tubulifera posisi sayap tumpang tindih, sehingga hanya satu pasang saja yang

terlihat. Imago jantan maupun betina bersayap atau tidak bersayap. Beberapa spesies hanya imago betina saja yang memiliki sayap.

Subordo Terebrantia memiliki abdomen dengan bagian ujung yang mengerucut dan memiliki ovipositor pada ruas VIII dan IX, sedangkan pada Subordo Tubulifera, ujung abdomen berbentuk seperti tabung tanpa ovipositor. Organ yang berbentuk seperti tabung ini disebut *genital opening organ*, yang terletak antara ruas IX dan X abdomen (Lewis, 1973). Imago jantan biasanya memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dan warna yang lebih pucat dibanding imago betina. Abdominal sternit jantan mempunyai satu atau lebih area glandular di daerah tengah pada beberapa spesies. Terdapat perbedaan terminal abdomen antara imago jantan dan betina. Betina mempunyai sebuah ovipositor yang terdiri atas dua pasang katup seperti gergaji, sedangkan pada imago jantan terlihat seperti *aedeagus* (Mound, 2006).

c. Biologi Thrips

Kelangsungan hidup *Thrips parvispinus* sangat dipengaruhi oleh faktor abiotik. Hama *Thrips parvispinus* dapat berpindah tempat dari satu bagian tanaman ke bagian tanaman lain dengan cara berlari, meloncat, atau terbang. Kemampuan terbang dari hama *Thrips parvispinus* sangat lemah, maka untuk perpindahan dari satu tanaman ke tanaman lain sangat dipengaruhi oleh faktor luar seperti angin. Suhu dan curah hujan merupakan faktor iklim yang sangat mempengaruhi populasi *Thrips parvispinus*. Pada daerah dengan

kelembaban yang relatif rendah dan suhu relatif tinggi perkembangbiakan *Thrips parvispinus* dari pupa menjadi imago menjadi lebih cepat. Pada musim kemarau populasi serangga ini lebih tinggi dan populasi akan berkurang apabila terjadi hujan lebat (Rante & Guntur, 2017).

Siklus hidup Thrips terdiri atas empat fase, yaitu telur, fase larva dan nimfa, fase pra-pupa dan pupa, dan imago dewasa. Satu siklus bisa memakan waktu satu bulan, namun bervariasi tergantung pada temperatur dan spesiesnya. Telur dari hama ini berbentuk oval atau bahkan mirip seperti ginjal manusia. Ordo ini dibagi menjadi dua sub-orde, yaitu Terebrantia dan Tubulifera. Dua suborde ini dibedakan oleh bentuk ujung abdomen. Thrips Terebrantia mempunyai ujung abdomen berbentuk tumpul, dan mempunyai ovipositor untuk menyisipkan telur, sedangkan Thrips Tubulifera mempunyai ujung abdomen berbentuk silinder. Telur Tubulifera dikeluarkan melalui ovipositor yang dapat ditarik ulur.

Ukuran telurnya sangat kecil maka sering tak terlihat dengan mata telanjang. Telur ini diletakkannya dalam jumlah yang banyak, dengan rata-rata 80 butir tiap induk. Letak telur akan mudah diketahui dengan memperhatikan bekas tusukan pada bagian tanaman tersebut dan biasanya disekitar jaringan tersebut terdapat pembengkakan. Telur-telur ini akan menetas sekitar 3 atau 7 hari setelah peletakan oleh imago betina.

Siklus hidup Thrips terdiri atas telur, dua instar nimfa yang aktif, prapupa, dan pupa (Mound, 2006). Thrips dapat menghasilkan beberapa generasi setahun dengan tipe perkembangan peralihan antara metamorfosis bertahap (*paurometabola*) dan metamorfosis sempurna (*holometabola*). Thrips menyelesaikan siklus hidupnya sekitar 2-3 minggu. Imago betina Subordo Terebrantia meletakkan telur secara tunggal didalam jaringan tanaman dengan bantuan ovipositor, sedangkan imago betina Subordo Tubulifera meletakkan telur pada permukaan substrat dengan *genital opening organ* (Mound, 2006). Telur berbentuk seperti ginjal berwarna putih pucat. Jumlah telur yang dihasilkan 30-60 telur tergantung pada nutrisi, suhu, dan kelembaban (Lewis, 1973).

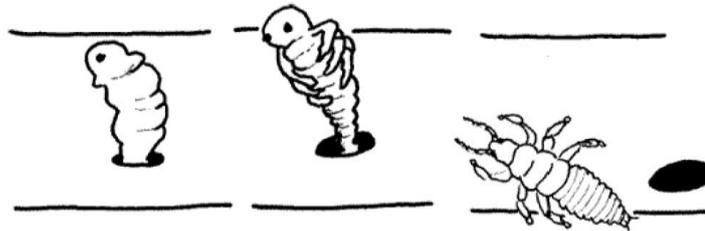
Imago yang sudah tua berwarna agak kehitaman, bercak-bercak merah, atau bergaris-garis. Thrips yang masih muda berwarna putih atau kekuningan. Telurnya yang berbentuk oval diletakkan disebelah bawah daun secara terpecah. Telur akan menetas menjadi nimfa kemudian menjadi pupa yang terbungkus kokon. Pupanya selain terdapat disebelah bawah daun juga banyak dijumpai dipermukaan tanah disekitar tanaman. Setelah itu akan terbentuk Thrips muda yang belum dapat terbang, tetapi sudah dapat meloncat. Perkembangan pupa menjadi Thrips muda akan semakin meningkat pada kelembapan relatif rendah dan suhu relatif tinggi (Suyanto, 2004). Imago jantan biasanya berbentuk lebih tumpul pada bagian posterior dengan ukuran tubuh lebih kecil serta warna lebih pucat dibanding imago betina.

Imago paling banyak ditemukan pada bagian dalam bunga dan daun. Lama hidup imago dapat mencapai 30 hari (Lewis, 1973).

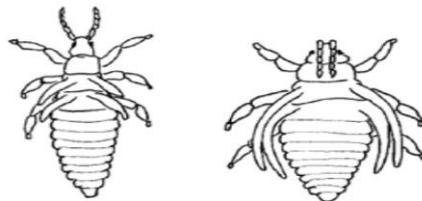
Nimfa instar-1 berwarna putih pucat atau transparan dengan mata berwarna merah, berukuran sekitar 0.5 mm. Nimfa instar-1 aktif bergerak dan memakan jaringan tanaman. Fase nimfa instar-1 berlangsung selama 2-3 hari. Nimfa instar-2 berwarna kuning tua keruh, berukuran sekitar 0.8 mm. Fase nimfa instar-2 berlangsung selama 3-4 hari (Lewis, 1973).



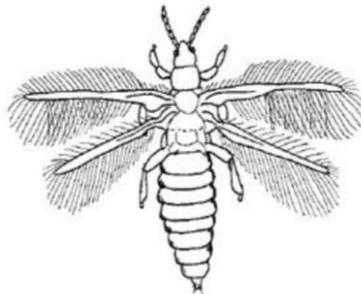
Telur thrips sub-ordo Terebrantia yang disuntikkan ke dalam jaringan daun



Fase Larva dan Nimfa



Fase Pre-pupa dan pupa



Gambar 11. Siklus Hidup Thrips
(Sumber: Sylvitria, 2010).

d. Gejala Serangan Thrips

Thrips merupakan serangga hama yang bersifat *polifag* dengan kisaran inang yang luas. Thrips merupakan hama penting pada tanaman sayuran dan hortikultural. Inang utama Thrips selain cabai adalah tembakau, kopi, ubi jalar, *Vigna*, *Crotalaria*, dan kacang-kacangan. Thrips menyerang tanaman cabai sepanjang tahun. Thrips menyerang tanaman sejak tanaman ada di persemaian. Serangan hebat umumnya terjadi pada musim kemarau. Tanaman yang terserang menjadi kering dan menimbulkan warna keperakan, daun mengeriting, dan tunas terminal yang terserang menjadi kerdil. Bunga dan daun yang terserang menimbulkan gejala berupa bintik-bintik putih atau bercak berwarna merah keperak-perakan dan daun mengeriting atau berkerut (Mound, 2006).

Hama *Thrips parvispinus* seringkali banyak dijumpai pada bagian-bagian tertentu dari tanaman cabai. Bagian tanaman cabai yang banyak ditemukan *Thrips parvispinus* yakni pada bagian permukaan bawah daun, bagian bunga dan bagian buah yang relatif masih muda. Gejala serangan oleh *Thrips parvispinus* pada bagian daun cabai yakni tampak daun menunjukkan berkeriput dan melengkung ke atas serta seringkali menunjukkan berwarna keperakan. Perubahan warna daun tersebut dikarenakan masuknya udara ke dalam jaringan sel yang telah dihisap cairannya oleh hama *Thrips parvispinus* tersebut. Apabila bercak tersebut saling berdekatan dan akhirnya bersatu, maka seluruh

daun akan memutih. Lama kelamaan warna bercak akan berubah menjadi coklat dan akhirnya daun akan mati (Rante & Guntur, 2017).

Thrips parvispinus merusak daun, bunga dan buah tanaman. Daun yang dihisap menjadi keriting dan keriput kearah atas atau salah bentuk, bunga yang diserang menjadi salah bentuk atau gugur dan jika menyerang buah muda akan menjadi rusak dan bentuknya tidak beraturan serta mengakibatkan gugur atau bercak-bercak. Buah sering rontok sebelum dipanen lantaran terserang penyakit sekunder akibat serangan hama cendawan (Agriflo, 2012).

Kerusakan tanaman oleh hama ini ditandai dengan adanya bercak-bercak putih pada daun tanaman kemudian berubah menjadi coklat, dan akhirnya daun tersebut akan mati. Pada serangan yang hebat, daun, pucuk serta tunas tanaman akan mengeriting, menggulung ke dalam, dan timbul benjolan seperti tumor sehingga mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan. Perkembangan selanjutnya tanaman akan menjadi kerdil (Suyanto, 2004).

2. Nematoda Perusak Akar

Meloidogyne adalah nematoda perusak akar pada berbagai tanaman, termasuk di antaranya tanaman cabai dan famili solanaceae lainnya. Tanaman akan tumbuh terhambat dan kerdil, jika dicabut akan menampakkan gejala bintik akar (Tjahjadi, 1989).

3. Kutu Penghisap Daun

Kutu daun *Aphis* menghisap cairan daun dan pucuk cabai, daun yang berkembang menjadi keriting dan pembentukan bunga terhambat. *Aphis*

juga dapat menularkan virus keriting, mosaik dan kerdil. Tanaman yang terserang *Aphis* akan mengalami kegagalan panen. Tungau *Tetranychus* akan menimbulkan bercak merah kecoklatan. Tungau biasanya menyerang pada musim kemarau (Tjahjadi, 1989).

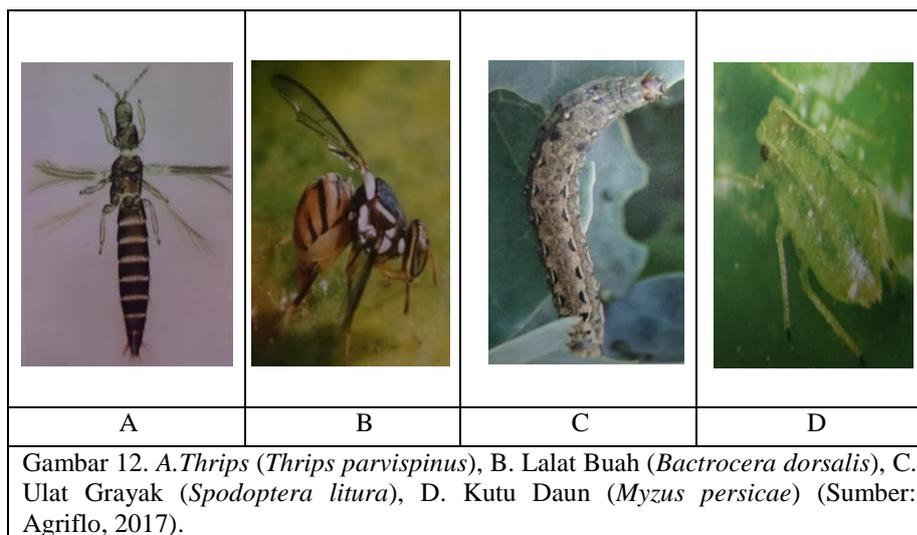
4. Lalat Perusak Buah

Dacus menyerang buah cabai yang menjelang masak, buah yang terserang akan gugur sebelum waktunya. Lalat buah *Dacus* meletakkan telur didalam buah cabai yang masih menggantung di tanaman dan juga pada cabai yang ada di tempat penyimpanan. Beberapa hari kemudian telur *Dacus* akan menetas dan makan daging buah cabai (Tjahjadi, 1989).

5. Ulat Grayak (*Spodoptera litura*)

Hama ini menyerang bagian daun tanaman cabai secara bergerombol. Daun yang terserang berlubang dan meranggas. Pada serangan parah, daun tanaman cabai hanya tinggal epidermis saja. Ulat grayak disebut juga dengan nama ulat tentara. Seperti halnya jenis hama ulat lain, hama ini menyerang tanaman cabai pada malam hari, sedang siang harinya bersembunyi di balik mulsa atau di dalam tanah (Tjahjadi, 1989).

Hama ulat grayak menyerang pada musim kemarau dengan memakan daun mulai dari bagian tepi hingga bagian atas maupun bawah daun. Bahkan, memakan daun sampai menyisakan tulang daunnya saja. Daun yang dimakan menjadi berlubang tidak beraturan sehingga proses fotosintesis terhambat (Agriflo, 2012).



E. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan maka hipotesis dari penelitian ini:

H_0 : Asap cair tempurung kelapa tidak dapat digunakan sebagai bahan pengendali hama pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

H_a : Asap cair tempurung kelapa dapat digunakan sebagai bahan pengendali hama pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

F. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan.

1. Penelitian ini dilakukan oleh Wiyantono & Endang (2009), dengan judul “Kajian Potensi Asap Cair dalam Mengendalikan Ulat Krop Kubis, *Crociodolomia pavonana*”.

Penelitian ini menunjukkan bahwa asap cair tempurung kelapa memiliki sifat *antifeedant* sekunder, dan menghambat perkembangan larva *Crocidolomia pavonana* pada taraf sangat lemah. Konsentrasi bahan aktif (fenol) yang dikandung asap cair mempunyai aktivitas sangat rendah untuk mengendalikan serangga Lepidoptera. Pengaruh yang sangat lemah sampai sedang terhadap *antifeedant* tersebut dicapai pada konsentrasi efektif sebesar 3% dan 22%.

Persamaan Penelitian : Penelitian yang dilakukan sama-sama tentang pemanfaatan asap cair sebagai pengendalian hama, rancangan yang digunakan RAL.

Perbedaan Penelitian : Hama yang diteliti adalah ulat krop kubis, Produk asap cair yang digunakan, konsentrasi asap cair yang digunakan, serta metode penelitian yang digunakan.

2. Penelitian ini dilakukan oleh Aryawan, A.A.Ketut., Bambang., Ludji (2013). Dengan judul “Potensi Asap Pembakaran Tempurung Kelapa dalam Pengendalian Hama *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae) pada Gabah dalam Simpanan”.

Penelitian bertujuan untuk mempelajari sifat dan pengaruh asap pembakaran tempurung kelapa terhadap *Rhyzopertha dominica* serta pengaruh asap pembakaran tempurung kelapa terhadap daya kecambah gabah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asap pembakaran tempurung kelapa dapat menyebabkan kematian imago *Rhyzopertha dominica*, menyebabkan populasi *Rhyzopertha dominica* rendah.

Persamaan Penelitian : Penelitian yang dilakukan sama-sama tentang pemanfaatan asap cair sebagai pengendalian hama., tingkat kematian pada hama adalah fase imago, rancangan yang digunakan RAL.

Perbedaan Penelitian : Hama yang diteliti adalah Hama *Rhyzopertha dominica* F., Produk asap cair yang digunakan, konsentrasi asap cair yang digunakan, serta metode penelitian yang digunakan.

3. Penelitian ini dilakukan oleh Pangestu, Erna., Iman, Suswanto., Supriyanto (2014) dengan judul “Uji Penggunaan Asap cair Tempurung Kelapa dalam Mengendalikan *Phytophthora* sp. Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao Secara *In Vitro*”.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektivan asap cair tempurung kelapa dalam mengendalikan *Phytophthora* sp. Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao Secara *In Vitro*.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas perlakuan asap cair tempurung kelapa pada konsentrasi 0%, 0,02%, 0,043%, 0,085%, 0,17% dan 0,34%. Masing-masing perlakuan diulang sepuluh kali. Percobaan ini dilakukan secara *in vitro* pada medium agar yang telah dicampur dengan asap cair. Analisis statistik menunjukkan LC50 dalam penelitian ini adalah sebesar 0,11%. Konsentrasi diatas LC50 secara nyata menekan pembentukan sporangium dan klamisdopora sebesar 50%.

Persamaan Penelitian : Penelitian yang dilakukan adalah tentang pemanfaatan asap cair tempurung kelapa, rancangan yang digunakan adalah RAL.

Perbedaan Penelitian : Variabel yang diteliti *Phytophthora* sp., produk asap cair yang digunakan, konsentrasi asap cair yang digunakan, serta metode penelitian yang digunakan.

4. Penelitian ini dilakukan oleh Setyawan, *dkk.* (2016) dengan judul ‘Aplikasi Fosfin Formulasi Cair terhadap *Thrips parvispinus* Karny pada bunga potong Krisan’.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi dan waktu papar aplikasi fumigan fosfin formulasi cair yang efektif pada *Thrips parvispinus* pada bunga potong krisan dan mengevaluasi kualitas bunga potong krisan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fumigasi dengan fosfin formulasi cair terhadap Thrips efektif dilakukan pada konsentrasi 200ppm dengan lama waktu papar selama minimal 1 jam dan tidak lebih dari 6 jam, yang menyebabkan mortalitas sebesar 100%.

Persamaan Penelitian : Penelitian yang dilakukan tentang *Thrips parvispinus*, rancangan yang digunakan RAL, waktu papar yang digunakan 1,3 dan 6jam.

Perbedaan Penelitian : Produk yang digunakan adalah fosfin formulasi cair, konsentrasi penggunaan dan metode yang digunakan.