

Potensi Asap Cair Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa sebagai Biopestisida terhadap Ulat Penggerek Polong (*Maruca testulalis*) Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis*)

Nofrin Alisa¹ Iswendi*²

^{1,2}Departmen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

*iswendi@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Liquid smoke is a dispersion of smoke produced by conducting smoke in the process of combustion that is not perfect from wood. Pyrolysis is the decomposition of macromolecular compounds without oxygen into simpler compounds. Liquid smoke The results of the filtration were carried out by the characterization to determine the content of their compounds and conducted a liquid smoke biopesticide test on the caterpillar polygy with spraying methods 5 times. Liquid smoke chromatogram data shows the existence of phenol compounds 80,15%, carbonyl acids 6,46%, ketones 2,31%, furies 5,08%, alkyl aril 0,48%, guaikol 0,33%. The liquid smoke biopesticide test on the caterpillar pods with a variation of concentration of 0% (control), 1%, 5%, 10%, 15%, 20% over 120 minutes experiencing 0 consecutive deaths 0, 0 tails, 1 Tail, 4 tails, 5 tails, 10 tails. From the data analysis above, it can be concluded that liquid smoke the results of pyrolysis have the potential to be biopesticide.

Keywords — Liquid Smoke, Pyrolysis, GCMS, Biopesticide

I. PENDAHULUAN

Asap cair adalah suatu dispersi uap asap dalam air yang dapat dihasilkan dengan cara mengkondensasikan asap pada proses hasil pembakaran yang tidak sempurna dari kayu [6]. Wiyantono dkk [28] juga menyatakan asap cair memiliki kandungan senyawa benzoperin, fenol dan asam organik yang tiap-tiap senyawa tersebut mempunyai manfaat tersendiri. Hardianto dkk [11] asap cair adalah cairan berupa kondensat uap asap yang dihasilkan dari proses pirolisis kayu. Asap cair dapat dimanfaatkan sebagai warna pada produk asapan, pemberi rasa, sebagai antioksidan, antibakteri, desinfektan, serta juga dapat digunakan sebagai biopestisida [6]. Asap cair dapat dibuat menggunakan bahan baku seperti kayu, pelepah/ tandan kosong kelapa sawit, serbuk gergaji, atau limbah pertanian [27].

Pembuatan asap cair dari tempurung kelapa dapat dilakukan dengan metoda pirolisis. Proses pirolisis melibatkan berbagai proses reaksi diantaranya yaitu dekomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi [6]. Isa dkk [12] menyatakan bahwa pembuatan asap cair dengan metode pirolisis dapat menghasilkan asap cair yang berpotensi sebagai biopestisida karena mengandung senyawa fenol, karbonil, dan senyawa asam yang dapat mematikan organisme pengganggu.

Penggunaan Asap cair sebagai biopestisida memiliki beberapa keunggulan diantaranya pengaplikasiannya mudah, proses yang cepat [26]. Keuntungan menggunakan

asap cair dibandingkan proses pengasapan secara tradisional diantaranya proses lebih cepat, lebih mudah diaplikasikan, serta penggunaannya tidak mencemari lingkungan dan dapat memberikan karakteristik yang khas pada produk akhir berupa rasa, warna, aroma [24]. Asap cair dapat dibuat dari limbah bahan baku kayu salah satunya dari tempurung kelapa.

Tempurung kelapa dapat dikategorikan sebagai kayu keras, memiliki kadar selulosa lebih rendah dan lignin lebih tinggi [6]. Hardianto dkk [11] juga menyatakan bahwa tempurung kelapa mengandung komponen senyawa kimia diantaranya nitrogen 0,1%, abu 0,6%, uronat anhidrat 3,5%, komponen ekstraktif 4,2%, air 8,0%, hemiselulosa 27,7%, lignin 29,4%, selulosa 26,6%. Tranggono dkk [25] asap cair yang berasal dari tempurung kelapa memiliki kadar karbonil 13,28%, senyawa asam 11,39% dan fenol 5,13%.

Asap cair yang berasal dari tempurung kelapa mempunyai kelebihan dibandingkan yang berasal dari kayu lainnya diantaranya yaitu kelebihan untuk membatasi pertumbuhan patogen dan bakteri pembusuk serta mengandung senyawa asam asetat yang potensial sebagai anti mikroba [5]. Kasim dkk [14] juga menyatakan bahwa asap cair tempurung kelapa terbukti mempunyai bau yang khas, warna, serta kemampuan untuk menghambat pertumbuhan pada jamur, serta cita rasa yang spesifik. Asap cair dapat di hasilkan melalui proses pirolisis.

Pirolisis adalah penguraian senyawa makromolekul pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen menjadi senyawa-

senyawa yang lebih sederhana [21]. Eseyin dkk [8] juga menyatakan bahwa pirolisis adalah proses yang mengubah biomassa langsung menjadi produk padat, cair, dan gas melalui dekomposisi termal tanpa adanya oksigen. Ozbay dkk [19] berpendapat bahwa pirolisis adalah penghancuran termal biomassa tidak adanya udara/oksigen Untuk mengetahui kandungan pada asap cair hasil pirolisis maka perlu dilakukan karakterisasi menggunakan GCMS. GC dapat memisahkan senyawa volatil dan semi-volatil menggunakan resolusi tinggi sedangkan MS dapat memberikan informasi dari stuktur sebagian besar senyawa sehingga dapat diidentifikasi secara tepat, tetapi pemisahannya tidak mudah [4].

Biopestisida adalah bahan yang dapat berasal pada makhluk hidup baik dari tanaman, mikroorganisme, hewan yang berfungsi mematikan hama, atau mematikan penyebab penyakit pada tanaman serta menghambat pertumbuhan dan perkembangan hama pada tanaman [23]. Pada bidang pertanian hama serta penyakit pada tanaman harus dikendalikan secara baik dengan menggunakan pestisida alami (biopestisida). Biopestisida merupakan salah satu komponen yang bisa digunakan untuk pengelolaan hama dan penyakit pada tanaman.

Pengendalian hama pada pertanian biasanya bergantung pada penggunaan pestisida sintetik. Tingginya pemakaian pestisida sintetik dapat mengancam kesehatan kehidupan manusia dan lingkungan [20]. Djunaedy dkk [7] juga menyatakan bahwa penggunaan pestisida sintesis berbahan kimia secara berulang-ulang dapat menyebabkan beberapa masalah diantaranya terjadinya pencemaran lingkungan, resistensi hama.

Alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik salah satunya biopestisida. Biopestisida dapat mengendalikan hama tanaman dengan cara ramah lingkungan. Biopestisida lebih aman terhadap manusia serta lingkungan karena mudah terurai. Salah satu hama yang merugikan petani yaitu ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) pada tanaman kacang panjang.

Ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) merupakan salah satu hama penting diperhatikan dan memiliki distribusi yang sangat luas pada negara Asia Amerika Latin dan Afrika. Tanaman inang ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) yaitu kacang hijau, kacang kedelai, kacang panjang [1]. Saragih dkk [22] juga menyatakan bahwa ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) yaitu hama yang terdapat pada tanaman kacang-kacangan yang berada di daerah tropis dan subtropis salah satunya di Indonesia.

Kerusakan yang diakibatkan oleh ulat penggerek polong terhadap tanaman kacang panjang dengan cara ulat melubangi buahnya serta memakan daging buah dan biji-biji muda yang ada didalamnya yang membuat kacang panjang mengalami kebusukan [3]. Kerusakan yang disebabkan oleh hama ini berkisar antara 9-51 %. Ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) memiliki ciri-ciri berwarna hijau dan akan berangsur-angsur menjadi coklat kehitaman pada tubuhnya [22].

Penggunaan asap cair sebagai biopestisida pada tanaman kacang panjang dapat menyebabkan mortalitas pada ulat penggerek polong. Hal ini disebabkan karena kandungan senyawa aktif yang terdapat di dalam asap cair. Diketahui senyawa aktif yang terdapat dalam asap cair tempurung kelapa didominasi oleh fenol, asam asetat dan asam karbonil. Muhakka dkk [17] menyatakan bahwa komponen asam (asam asetat) yang terdapat dalam asap cair dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan mencegah datangnya penyakit tanaman, asam karbonil berfungsi sebagai antimikroba dan anti oksidan pada tanaman, sedangkan fenol dan turunannya berfungsi untuk mencegah serangan hama dan penyakit tanaman. Menurut Malvini dkk [16] gejala mortalitas ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) yang terpengaruh oleh asap cair berawal dari adanya gangguan pencernaan yang ditandai dengan keinginan makan yang lambat, dan lama kelamaan larva tidak dapat bergerak hingga akhirnya mati. Senyawa fenol juga merupakan racun perut yang dapat mengakibatkan dehidrasi sehingga menyebabkan serangga kehilangan cairan terus-menerus dan akhirnya mati. Wiyantono dkk [28] juga menyatakan bahwa kandungan senyawa fenol dalam asap cair tempurung kelapa dapat mempengaruhi sistem pusat syaraf yang mengatur proses makan hama (bersifat racun perut atau pengaruh *antifeedant*).

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah satu set alat pirolisator, alat GCMS, erlenmeyer, corong, cawan petri, gelas kimia, gelas ukur, termometer, botol semprot, pipet volume, palu, timbangan, toples, dan handspayer.

Bahan yang digunakan adalah tempurung kelapa sebanyak 2,0 kg, kertas saring Whatman No 42, batu didih, aquades, tissue, kertas label, ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*), plastik.

B. Preparasi Sampel

Bahan baku tempurung kelapa sebanyak 3,0 kg yang dibersihkan dari sabutnya dan sisa parutan kelapa. Setelah itu tempurung kelapa yang sudah bersih di pecahkan menggunakan palu agar ukuran tempurung kelapa menjadi kecil selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari sampai tempurung kelapa kering.

C. Pirolisis

Tempurung kelapa kering sebanyak 2,0 kg dimasukkan kedalam tabung pirolisator, ditutup tabung dan diletakkan pada tungku pemanas, dan dihubungkan dengan kondensor kemudian tabung pirolisator dipanaskan/dibakar. Pirolisis diakhiri sampai tidak ada lagi asap cair yang menetes dalam penampungan (erlenmeyer) membutuhkan waktu selama 2 jam, didapatkan asap cair hasil pirolisis sebanyak 480 mL [10]. Asap cair hasil pirolisis didiamkan selama 10 hari pada corong pisah supaya tar dan senyawa tidak larut lainnya mengendap [9]. Hasil dari asap cair di saring menggunakan kertas saring whatman No 42 dengan bantuan corong, maka didapatkan asap cair hasil filtrasi sebanyak 450 mL dan

residu. Asap cair hasil filtrasi dikarakterisasi dengan GCMS sebanyak 5 mL dan uji asap cair hasil pirolisis sebagai biopestisida sebanyak 25,5 mL.

D. Uji Hasil Asap Cair Hasil Filtrasi Sebagai Biopestisida

Pada proses uji asap cair hasil pirolisis sebagai biopestisida menggunakan cawan petri sebanyak 6 buah dan ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) sebanyak 10 ekor [15] pada masing-masing cawan petri yang telah diberi label, setelah itu diletakkan kacang panjang segar dengan ukuran 4 cm sebanyak 2 potong sebagai sumber makanan kedalam masing-masing cawan petri. Kemudian, semprotkan asap cair hasil pirolisis masing-masing konsentrasi 0% (kontrol), 1%, 5%, 10%, 15%, 20% [13], sebanyak 5x penyemprotan langsung pada ulat di dalam cawan petri. Amati dan catat aktivitas ulat dari setiap perlakuan (jumlah ulat yang mati).

E. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini diperoleh data dari spektrum/grafik pada proses karakterisasi menggunakan GCMS dan untuk uji potensial diperoleh data berdasarkan jumlah kematian ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*).

F. Teknik Analisa Data

Data hasil karakterisasi menggunakan GCMS dianalisis dengan membaca spektrum/grafik yang dihasilkan. Data hasil uji potensi asap cair sebagai biopestisida dianalisis dengan menghitung mortalitas ulat penggerek polong. menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Mortalitas} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

A = Jumlah ulat uji yang mati (ekor).

B = Jumlah awal ulat yang diberikan [18].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pirolisis

Pada penelitian ini dilakukan pirolisis terhadap 2,0 kg tempurung kelapa selama 2 jam menghasilkan 480 mL asap cair berwarna coklat kehitaman dan berbau sangat menyengat. Asap cair yang dihasilkan didiamkan selama 10 hari untuk mengendapkan tar. Setelah didiamkan dan disaring menggunakan kertas whatman no 42 diperoleh asap cair yang berwarna coklat kemerahan dan aroma asap kurang menyengat. Asap cair yang filtrasi menghasilkan 450 mL. Asap cair sebelum dan sesudah difiltrasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar a

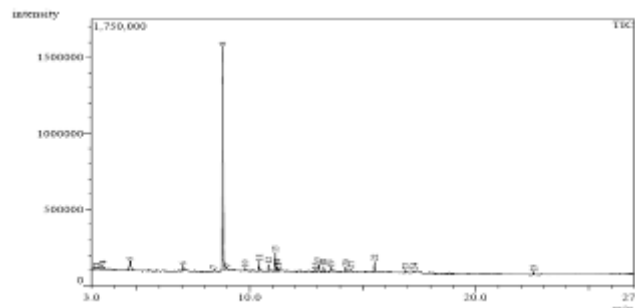


Gambar b

Gambar 1. (a) Asap cair sebelum difiltrasi (b) asap cair sesudah difiltrasi

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa perubahan warna asap cair sebelum dan sesudah difiltrasi disebabkan oleh kandungan tar telah terpisah dengan senyawa yang memiliki titik didih yang lebih rendah. Referensi [9] menyatakan bahwa asap cair memiliki aroma yang khas, asap cair sebelum filtrasi memiliki aroma asap yang kuat dan menyengat tetapi setelah difiltrasi memiliki aroma asap yang kurang menyengat.

1. Hasil Karakterisasi GCMS Asap Cair Hasil Filtrasi



Gambar 2. Kromatogram asap cair

Kromatogram asap cair diatas dapat di analisis bahwa pemisahan komponen kimia dihasilkan dari puncak-puncak kromatogram yang muncul di GCMS. Puncak-puncak tersebut dimulai pada waktu retensi 2.734 sampai 22.574 menit menghasilkan 25 puncak. . Senyawa yang terdeteksi dihasilkan dari kromatogram dalam asap cair hasil filtrasi tempurung kelapa oleh GCMS dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1.
SENYAWA YANG TERKANDUNG DALAM ASAP CAIR.

No	Time	Height	Area	% Area	Nama Senyawa
1	2.734	15686	2488 9	0.44	1,2,3-Propanetriol (CAS) Glycerol
2	3.149	13568	3616 8	0.64	2,2-Dimethoxybutane
3	3.278	16375	5676 2	1.00	1-Hydroxy-2-Butanone
4	3.510	30531	9155 0	1.61	Butanedial (CAS) Succinaldehyde
5	4.722	61180	2504 18	4.41	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
6	7.059	35053	1413 35	2.49	Butanoic Acid, 4-Chloro
7	8.427	10650	2622	0.46	2-

			0		Cyclopenten-1-one, 3-Methyl- (CAS)
					3-Methyl-2-Cyclopentenone
8	8.817	147780	3435	60.44	Phenol (CAS)
		9	684		Izal
9	9.017	9839	6108	1.07	Methyl 3-Acetylopropanoate
			6		
10	9.811	19905	4829	0.85	2-Cyclopenten-1-One, 2-Hydroxy-3-Methyl-(CAS)
			7		Corylon
11	10.43	62319	1439	2.53	Phenol, 2-Methyl- (CAS)
	5		05		o-Cresol
12	10.84	45432	1579	2.78	Phenol, 2-Methyl- (CAS)
	7		10		o-Cresol
13	11.14	117604	2869	5.05	Phenol, 2-Methoxy-(CAS) o-Guaiacol
	6		09		
14	11.20	31319	8701	1.53	Pentanal (CAS) n-Pentanal
	9		6		
15	11.26	11552	2850	0.50	
	7		6		
16	12.90	11419	3784	0.67	2(3H)-Furanone, 5-Heptyldihydro-(CAS), Gamma-Undecanolide
	8		6		
17	13.05	45243	1753	3.09	2-Methoxy-4-Methylphenol
	9		74		
18	13.28	35415	1034	1.82	2-Propenoic Acid, 2-Methyl, Ethyl Ester (CAS)
	6		26		Ethyl Methacrylate
19	13.60	24355	8399	1.48	Pentanoic Acid, 4-Methyl- (CAS)
	3		3		4-Methylvaleric Acid
20	14.25	29568	8567	1.51	1,4-Benzenediol (CAS)
	7		2		Hydroquinone
21	14.46	18366	4833	0.85	Phenol, 4-

			9		9	Ethyl-2-Methoxy-(CAS) p-Ethylquaiacol
22	15.54	68718	1597	2.81	Phenol, 2,6-Dimethoxy-(CAS) 2,6-Dimethoxyphenol	
	8		45			
23	16.90	13873	2713	0.48	1,2,4-Trimethoxybenzene	
	9		8			
24	17.27	13209	4827	0.85	1,6-Anhydro-Beta-D-Glucopyranose (Levogluconan)	
	4		9			
25	22.57	18089	3789	0.67	9-Octadecenoic Acid, 12-(Acetloxy), Methyl Ester, [R-(Z)]-(CAS)	
	4		2		Flexricin P-4	

Dari tabel diatas terdeteksi sebanyak 25 macam senyawa yang terkandung pada asap cair. Senyawa tersebut dapat dikelompokkan pada Tabel 2.

TABEL 2.
KELOMPOK SENYAWA YANG TERKANDUNG DALAM ASAP CAIR.

No.	Senyawa	% Area	Total
Fenol			
1	Fenol (CAS) Izal	60.44	80.15 %
2	Fenol, 2-methyl-(CAS)o-Cresol	2.53	
3	Fenol, 2-methyl-(CAS)o-Cresol	2.78	
4	Fenol, 2-methoxy-(CAS) o-Guaiacol	5.05	
5	Fenol, 2-methoxy-(CAS) o-Guaiacol	3.09	
6	Fenol, 2-methoxy-(CAS) o-Guaiacol	2.81	
7	2-methoxy-4-methylphenol	2.81	
8	Fenol, 2,6-dimethoxy-(CAS) 2,6-dimethoxyphenol	0.64	

Asam Karbonil			
1	Butanoic acid,4-chloro	2.49	6.46 %
2	2-Propenoic acid, 2-methyl-, ethly ester (CAS) Ethyl methacrylate	1.82	
3		1.48	
4	Pentanoic acid, 4-methyl-(CAS) 4-Methylvaleric acid	0.67	
	9-Octadecenoic acid,12-(acetyloxy)-,methly ester, [R-(Z)]- (CAS) Flexricin P-4		
Furan			
1	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Fufural	4.41	5.08 %
2	2(3H)-furanone,5-heptyldihydro-(CAS).Gamma.-Undecanolide	0.67	
Keton			
1	2-cyclopenten-1-one,3-methyl-(CAS)3-methyl-2-cyclopentenone	0.46	2.31
2	2-cyclopenten-1-one,2-hydroxy-3-methyl-(CAS) corylon	0.85	
3	1-Hydroxy-2-Butanone	1.00	
Alkil aril			
1	1,2,4-Trimethoxybenzene	0.48	0.48
Guaiakol			
1	1,2,3-Propanetriol (CAS) Glycerol	0.33	0.33

Dari tabel diatas senyawa yang terdapat pada asap cair dikelompokkan menjadi senyawa keton, furan, asam karbonil, fenol, alkil aril, guaiakol. Senyawa fenol memiliki luas % area yaitu 80.15 %, asam karbonil 6.46%, furan 5.08 %, keton 2.31 %, alkil aril 0.48%, guaiakol 0.33%.. Jadi senyawa yang sangat dominan dalam kandungan asap cair tempurung kelapa adalah senyawa fenol yang memiliki luas area 80.15 %. Hal ini juga di perkuat dari hasil penelitian [6] yang menyatakan asap cair dari tempurung kelapa menghasilkan senyawa fenol yang lebih dominan.

2. Uji Biopestisida Asap Cair terhadap Ulat Penggerek Polong (*Maruca testulalis*)

Uji Biopestisida Asap Cair terhadap Ulat Penggerek Polong (*Maruca testulalis*) diamati selama 120 menit

dengan rentang waktu pengamatan 30 menit untuk setiap konsentrasi. Hasil pengamatan terhadap mortalitas ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3.
MORTALITAS ULAT PENGGEREK POLONG (*MARUCA TESTULALIS*)

No	Konsentrasi Asap Cair	Jumlah Mortalitas Ulat				
		0'	30'	60'	90'	120'
1	Kontrol	0	0	0	0	0
2	Asap Cair 1 %	0	0	0	0	0
3	Asap Cair 5 %	0	0	0	0	1
4	Asap Cair 10%	0	0	0	2	4
5	Asap Cair 15 %	0	1	1	3	5
6	Asap Cair 20 %	0	4	6	7	10

Pada tabel diatas dapat diamati bahwa asap cair pada ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) dengan menggunakan variasi konsentrasi kontrol (0%), 1%, 5%, 10%, 15%, 20% selama 120 menit mengalami kematian berturut-turut 0 ekor, 0 ekor, 1 ekor, 4 ekor, 5 ekor, 10 ekor. Dari analisis data diatas dapat disimpulkan asap cair hasil pirolisis berpotensi sebagai biopestisida terhadap ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) karena mengandung senyawa fenol, asam karbonil, furan, keton, alkil aril, guaiakol. Fenol berfungsi sebagai racun kontak mencegah serangan hama dan penyakit tanaman. Furan, Alkil aril dan guaiakol berfungsi pemberi aroma yang tidak disukai oleh ulat/hama. Asam karbonil dan keton berfungsi sebagai antimikroba dan anti oksidan pada tanaman [17]. Malvini dkk [16] menjelaskan bahwa cara kerja senyawa fenol dalam asap cair adalah sebagai racun perut dan racun kontak. Fenol menyebabkan gangguan pencernaan yang menurunkan daya makan ulat sehingga ulat mati. Senyawa fenol juga merupakan racun perut yang dapat mengakibatkan dehidrasi sehingga serangga kehilangan cairan terus-menerus dan akhirnya mati.

Akibat yang ditimbulkan dari senyawa asap cair yang termakan oleh ulat penggerek polong jika hama menelan asap cair yang mengandung fenol, dapat menyebabkan iritasi tenggorokan dan radang pencernaan, dan jika terhirup dapat mengakibatkan keracunan. Aroma dari asap cair yang disemprotkan pada ulat membuat ulat mengalami keracunan sehingga ulat mengalami kematian [28]. Tingkat mortalitas ulat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Mortalitas

Dari Gambar 3 dapat dilihat kenaikan mortalitas ulat penggerek polong sesuai dengan tingkat konsentrasi yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi asap cair, maka semakin banyak kadar fenol yang terdapat dalam larutan asap cair, sehingga tingkat mortalitas juga semakin tinggi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil karakterisasi GCMS diketahui asap cair tempurung kelapa hasil pirolisis mengandung senyawa fenol 80,15%, asam karbonil 6,46% , furan 5,08%, keton 2,31%, alkil aril 0,48%, guaiakol 0,33%.
2. Asap cair tempurung kelapa berpotensi sebagai biopestisida terhadap ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*), dengan tingkat mortalitas berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi larutan asap cair tempurung kelapa.

REFERENSI

- [1] Aldywaridha. 2010. Uji Efektivitas Insektisida Botani terhadap Hama *Maruca testulalis* (Geyer) (Lepidoptera:Pyralidae) pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis*). Jurnal Ilmiah Abdi Ilmu. Vol. 3 No.2.
- [2] Anggraini, Abrina dan susy yuniningsih. 2017. Optimalisasi Penggunaan Asap Cair Tempurung Kelapa sebagai Pengawet Alami Pada Ikan Segar. Jurnal Reka Buana Volume 2, No 1.
- [3] Apriliyanto, Eko, dkk. 2014. Perkembangan Hama dan Musuh Alami Pada Tumpangsari Tanaman Kacang Panjang dan Pakcoy. Agritech: Vol. XVI No. 2.
- [4] Budaraga, I Ketut, dkk. 2016. Analysis of Liquid Smoke Chemical Component with GCMS from Different Raw Materials Variation Production and Pyrolysis Temperature level. International Journal of Chem Tech Research.
- [5] Darmadji, Purnama. 1996. Aktivitas Antibakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai-bagai Limbah Pertanian. Agritech. Vol. 16. No. 4.
- [6] Darmadji, Purnama. 2002. Optimasi Permunian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi. Jurnal Teknol dan Industri Pangan, Vol xiii.
- [7] Djunaedy, Achmad. 2009. Biopestisida sebagai Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang Ramah Lingkungan. Embryo Vol.6.0.1.
- [8] Eseyin, Anthonia dan Emad M. El-Giar. 2015. Low-Temperature Catalytic Pyrolysis of Corn Stalks – A Novel Route to the Production of Bio-Oil And Valuable Chemical Feedstock. International Journal of Science and Technology Volume 4 No. 3.
- [9] Fachraniah, dkk. 2009. Peningkatan Kualitas Asap Cair dengan Destilasi. Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology). Vol. 7 No. 14.
- [10] Halim, Muhammad, dkk. 2006. Fraksinasi dan Identifikasi Senyawa Folatil Asap Cair Cangkang Sawit. Agritech Vol. 25 No.3.
- [11] Hardianto, Ludi dan Yuniarta. 2015. Pengaruh Asap Cair terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Ikan Tongkol (*Euthymnus affinis*). Jurnal Pangan dan Agroindutri Vol.3.0.4.
- [12] Isa, Ishak, dkk. 2019. Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa sebagai Organik terhadap Mortalitas Ulat Grayak. Jamb. J. Chem, 01.
- [13] Isda, Mayta Novaliza. 2013. Potensi Ekstrak Daun gulma babadotan (*Ageratum Conyzoides* L.) terhadap perkecambahan dan pertumbuhan *Paspalum conjugatum* Berg. Al-Kauniyah Jurnal Biologi Volume 6 Nomor 2.
- [14] Kasim, Fitriani, dkk. 2015. Aplikasi Asap Cair pada Lateks. Jurnal Pasti Volume IX No 1.
- [15] Lumowa, Sonja Verra Vinneke. 2011. Efektivitas Ekstrak Babadotan (*Ageratum Conyzoides* L.) terhadap Tingkat Kematian Larva *Spodoptera Litura* F. Eugenia Volume 17 No. 3.
- [16] Malvini dan Reni. 2019. Pengaruh Perlakuan Asap Cair terhadap *Plutella xylostella* L. pada Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L). Jurnal Ilmiah Respati Vol. 10, No. 2 Desember 2019.
- [17] Muhakka, dkk. 2013. Pengaruh Pemberian Asap Cair terhadap Rumput Raja (*Pennisetum purpureophoides*). Pastura No. 3 Vol. 1: 30-34.
- [18] Nurhudiman, dkk. 2018. Uji Potensi Daun Babadotan (*Ageratum Conyzoides* L.) sebagai Insektisida Botani terhadap Hama (*Plutella Xylostella* L.) di Laboratorium. Jurnal Agrotek Tropika. Vol. 6, No. 2: 91 – 98.
- [19] Ozbay, Gunay & Nadir Ayrimis. 2017. Effect of Pyrolysis Temperature On Bio -Oil Production from Vacuum Pyrolysis of Waste from Wood Industry. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology Volume-5, Issue-4
- [20] Rahayu, Resti dan Nasril Nasir. 2017. Pembuatan Biopestisida Sederhana dari Tumbuhan Lokal Untuk Mengurangi Dampak Pemakaian Pestisida Sintetik dan Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat di Sumatera Barat. Warta Pengabdian Masyarakat. Vol 24 No 3
- [21] Ratnawati, dkk. 2010. Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit terhadap Kuantitas dan Kualitas Asap Cair. Sains Materi Indonesia Vol 12, No. 1.
- [22] Saragih, Eka Sundari, dkk. 2015. Uji Efektifitas Insektisida Biologi terhadap Hama Penggerek Polong (*Maruca Testualis* Geyer) (Lepidoptera ; Pyralidae) pada Tanaman Kacang Panjang di Lapangan. Jurnal Online Agroekoteknologi. Vol 3, No. 4.
- [23] Sumartini. 2016. Biopestisida untuk Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Iptek Tanaman Pangan. Vol. 11 No. 2.
- [24] Tima, Suhanda La, dkk. 2016. Pemanfaatan Asap Cair Kulit Biji Mete sebagai Pestisida. Journal of Chemical Proses Engineering. Vol. 01, No. 02.
- [25] Tranggono, Suhardi, B. Setiadji, P. Darmadji. Supranto, Sudarmanto. 1996. Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa. J. Ilmu dan Teknologi Pangan.
- [26] Zuraida, I. Dkk. 2011. Antibacterial Activity of Coconut Shell Liquid Smoke (CS-LS) and Its Application on Fish Ball Preservation. Journal International Food Research 18: 405-410.
- [27] Wibowo, Santiyo. 2012. Karakteristik Asap Cair Tempurung Nyamplung. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 30 No 3.
- [28] Wiyantono, Endang Warih Minarni. 2009. Kajian Potensi Asap Cair dalam Mengendalikan Ulat Krop Kubis *Crociodoloma Pavonana*. Jurnal Pembangunan Pedesaan vol. 9 No. 1.