

---

# IDENTIFIKASI SENYAWA BIOAKTIF ANTIFEEDANT DARI SAP CAIR HASIL PIROLISIS SAMPAH ORGANIK PERKOTAAN

Abdul Gani Haji<sup>1)\*</sup>, Zainal Alim Mas'ud<sup>2)\*\*</sup>, dan Gustan Pari<sup>3)\*\*\*</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Kimia Fakultas Kejuruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

<sup>2)</sup>Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor

<sup>3)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

Email: \*gani\_kimiawi@yahoo.co.id ; \*\* lt-ipb@indo.net.id ; \*\*\*gustanp@yahoo.com

## Abstract

The research aims to identify antifeedant bioactive substance in liquid smoke derived from pyrolysis of organic municipal waste. Samples were pyrolyzed in drum reactor at 505°C for five hours to produce char and condensed smoke turning into liquid smoke. The liquid smoke components are separated into *n*-heksan, etil asetat, metanol and water consecutively. The result is thickened with rotary evaporator. The resulting crude's activity towards *Spodoptera litura* Linn larvae was tested with antifeedant method. The chemical components of active fraction are identified with GCMS. Crude resulting from thickening fractions of *n*-heksan, etil asetat, metanol and water are 0.3465 g; 2.3736 g; 0.8775 g and 0.3679 g consecutively. The highest activity of liquid smoke, fractions of water, methanol, etil asetat and *n*-heksan towards *S. litura* larvae at 1.00% concentration are 44.68%; 62.07%; 80.65%; 28.57% and 23.40%. Result of probit analysis towards these fractions shows that the highest activity is methanol fraction with EI<sub>50</sub> value at 0.71. Identification with GCMS shows that the fractions contain 14 types of bioactive antifeedant substances with  $\gamma$ -butyrolacton as the main component.

Keywords : bioactive antifeedant, liquid smoke, pyrolysis, organic municipal waste

## 1. Pendahuluan

Senyawa bioaktif antifeedant merupakan suatu senyawa organik bahan alam yang sangat dibutuhkan oleh berbagai tanaman untuk melindungi dirinya dari serangan hama, baik serangga maupun mikroba serta organisme lain. Keberadaan senyawa bioaktif antifeedant dalam jaringan tanaman akan membawa banyak manfaat, terutama dalam masalah perlindungan tanaman yang bernilai ekonomis, karena dapat berfungsi sebagai pengendali hama alami dalam bioteknologi tanaman. Penelitian dibidang senyawa ini dapat melibatkan peneliti dari berbagai disiplin ilmu. Di samping itu, dapat menjangkau penapisan aktivitas yang melibatkan bioindikator, isolasi, pemurnian, identifikasi dan penentuan struktur molekul senyawa bioaktifnya.

Senyawa bioaktif antifeedant dapat mewakili suatu pendekatan lain dalam hal perlindungan tanaman. Senyawa ini bersifat tidak membunuh, mengusir atau menjerat serangga hama, akan tetapi

bersifat menghambat makan (antimakan) saja. Reddy, *et al.* (2009) mendefinisikan senyawa antifeedant sebagai suatu zat yang dapat menghambat makan baik secara sementara maupun permanen, tergantung pada potensi zat tersebut. Beberapa penelitian tentang senyawa bioaktif antifeedant telah dilakukan, antara lain yang dilakukan oleh Flores, *et al.* (2008), di mana dilaporkan bahwa hasil isolasi ekstrak kasar *Gliricidia sepium* bersifat sebagai antifeedant terhadap beberapa jenis serangga. Selanjutnya, ekstrak kasar akar dan batang tumbuhan *Tylophora indica* menunjukkan aktivitas antifeedant terhadap larva *Spodoptera litura* (Reddy *et al.*, 2009). Kemudian pada ekstrak daun *Vitex trifolia* Linn terdapat senyawa golongan flavonoid yang mempunyai aktivitas antifeedant terhadap larva *Epilachna sparsa* pada konsentrasi larutan uji 1% (Haji *et al.*, 2003). Di samping itu, Baskar *et al.* (2011) telah meneliti bahwa larutan 5% ekstrak etil asetat dari tumbuhan *Hygrophila auriculata* menunjukkan

aktivitas antifeedant yang sangat tinggi (68,48%) terhadap *Spodoptera litura* dengan nilai  $LC_{50}$  adalah 3,34%.

Narasimhan *et al.* (2005) melaporkan bahwa senyawa salanobutirolakton aktif sebagai antifeedant, sedangkan senyawa desasetilsalanobutirolakton aktif sebagai insektisida dan pertumbuhan regulasinya. Senyawa  $\alpha$ -lakton berperan sebagai antifeedant bagi serangga (Frackowiak *et al.*, 2006). Pada saat ini senyawa bioaktif antifeedant mulai digunakan sebagai pengendali hama alternatif, karena mekanisme kerjanya dinilai lebih aman terhadap lingkungan maupun terhadap manusia atau hewan, ikan dan organisme lain. Pencarian senyawa bioaktif antifeedant dari belum dilakukan pada bahan baku sampah perkotaan, padahal sebahagian besar sampah perkotaan di Indonesia merupakan limbah hasil pertanian.

Sampah organik perkotaan merupakan salah satu jenis limbah sisa hasil pemasaran produk pertanian yang mempunyai volume relatif besar. Volume sampah perkotaan di Indonesia diperkirakan akan meningkat hingga lima kali lipat pada tahun 2020. Pada tahun 1995 saja, setiap penduduk Indonesia menghasilkan sampah rata-rata sebanyak 0,8 kg per kapita per hari, dan meningkat menjadi 1 kg per kapita per hari pada tahun 2000. Maka pada tahun 2020, diperkirakan produk sampah mencapai 2,1 kg per kapita per hari (Wahyono, 2004). Sampah jenis ini umumnya sukar terurai oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, sampah ini masih menjadi permasalahan yang cukup serius baik bagi pemerintah maupun masyarakat karena hingga saat ini belum diketahui solusi yang baik dan tepat untuk menanganinya. Beberapa penelitian menunjukkan penanganan sampah organik dapat dilakukan dengan cara pengomposan (Uemura, 2010; Verma, 2002).

Cara penanganan sampah ini yang sudah dilakukan di beberapa Negara dengan cara membakarnya di dalam *incinerator* untuk mendegradasi sampah secara cepat dan dapat menghasilkan energi konvensional (Ersahin *et al.*, 2011). Namun cara ini di beberapa negara maju sudah dilarang karena dapat menimbulkan pencemaran udara. Oleh karena sampah organik padat umumnya mengandung berbagai macam senyawa yang sukar terdegradasi secara alami, misalnya lignin, selulosa dan hemiselulosa (Verma, 2002). Teknik penanganan sampah ini yang diperkirakan dapat menjadi salah

satu alternatif solusi terbaik, yaitu dengan cara pirolisis menghasilkan arang dan asap yang dapat terkondensasi menjadi asap cair. Pada kondisi proses tersebut, selain menghasilkan produk utama berupa arang, juga dapat diperoleh hasil sampingan berupa asap cair.

Asap cair dapat diproduksi dengan metode destilasi kering (pirolisis) dari bahan kayu pada suhu 400°C. Pada kondisi tersebut, hasil pirolisis beberapa jenis kayu diperoleh kandungan senyawa fenolik dalam asap cairnya antara lain kayu lamtoro (481,2 ppm), dan tongkol jagung (335 ppm) (Swastawati *et al.*, 2007). 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. Untuk memperoleh asap cair dapat dilakukan proses pirolisis bahan yang mengandung hemiselulosa pada suhu 220-400°C, selulosa pada suhu 320-420°C, dan lignin pada suhu di atas 400°C (Venderbosch and Prins, 2010).

Produk asap cair telah lama dikenal dan digunakan untuk mengawetkan makanan yang mengandung protein seperti daging, ikan dan keju karena rasa menyenangkan dan efek penghambatan terhadap pathogen (Soldera *et al.*, 2008; Swastawati *et al.*, 2007)). Asap cair tempurung kelapa telah dilaporkan mengandung senyawa fenolik, seperti sebagai fenol, 2-metoksifenol (guaiakol), 3,4-dimetoksifenol, dan 2-metoksi-4-metilfenol. Dihidroksi asam benzoat, asam metoksibenzoat dan hidroksi asam benzoat yang menyebabkan asap cair tempurung kelapa bersifat asam. Di samping itu, baik benzo[a]pirene atau lainnya senyawa aromatik polisiklik dilaporkan juga terdapat dalam asap cair tempurung kelapa. Uji Keselamatan menunjukkan bahwa asap cair tempurung kelapa tidak beracun dan aman (nilai  $LD_{50}$  lebih dari 15.000 mg/kg berat badan mencit) (Budijanto *et al.*, 2008). Oleh karena itu, asap cair tempurung kelapa memiliki potensi meningkatnya umur simpan produk pangan protein. Pemanfaatan asap cair terutama dari bahan baku sampah organik perkotaan sebagai salah satu sumber senyawa bioaktif yang bersifat antifeedant sangat menguntungkan terutama terhadap larva *Spodoptera litura* yang menyerang berbagai jenis tanaman hortikultura.

Jeyasankar *et al.* (2010) menyatakan *Spodoptera litura* merupakan serangga yang tergolong kelas insekta, ordo Lepidoptera, famili Noctuidae, genus

Spodoptera dan spesies *Spodoptera litura* F. Auctt yang sangat merugikan secara ekonomi di India, China, dan Jepang karena merusak tanaman sayuran. Serangga ini disebut juga ulat grayak. Hal ini didasarkan pada tingkah laku ulat tersebut yang senang hidup dan menyerang tanaman secara bergerombol dan berpindah tempat dalam waktu yang relatif cepat terutama di malam hari. Serangga ini sangat polifag dengan menyerang berbagai tanaman budidaya maupun non budidaya. Gejala serangan larva yang masih kecil adalah kerusakan daun yang hanya tersisa epidermis atas dan tulang-tulang daunnya saja. Pada permukaan daun bagian bawah biasanya terdapat larva. Sedangkan serangan larva yang sudah besar dapat merusak tulang-tulang daun. Kerugian yang ditimbulkan akibat serangan hama *Spodoptera litura* pada tanaman berkisar 10-30% (Ferry *et al.*, 2004).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi senyawa bioaktif antifeedant dari asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan dan/atau fraksi-fraksi hasil fraksinasinya terhadap larva *Spodoptera litura*. Adapun respon yang diamati pada percobaan ini, yaitu persentase bagian daun yang tidak dikonsumsi oleh larva tersebut baik pada daun kontrol maupun perlakuan.

## 2. Metodologi

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan utama adalah asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan dengan menggunakan reactor drum. Sebagai bioindikator digunakan larva *Spodoptera litura* yang diperoleh dari Kebun percobaan Fakultas Pertanian Unsyiah. Daun uji digunakan daun kubis yang merupakan pakan utama ulat tersebut. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah aquades, metanol, n-heksan, etilasetat, dan pelarut aseton untuk melarutkan asap cair dan fraksi-fraksinya.

Untuk mengidentifikasi komponen kimia yang terkandung dalam asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan digunakan peralatan gas chromatography mass spectroscopy (GCMS).

### 2.2 Prosedur Bioassay

Bioassay pada percobaan ini merupakan modifikasi metode yang dikembangkan Narasimhan *et al.* (2005). Disiapkan 1 liter contoh asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan. Contoh diekstraksi secara berturut-turut dengan n-heksan,

etil asetat, metanol dan air sampai pelarut tidak berubah warna lagi dengan menggunakan botol pisah. Masing-masing fraksi yang didapat dipekatkan dengan evaporator dan residunya ditimbang. Residu contoh dan fraksi-fraksinya dibuat variasi konsentrasi 0,0; 0,125; 0,25; 0,5 dan 1,0 (% w/v) dalam pelarut aseton-air (1:10).

Sebagai pakan digunakan daun kubis yang dipotong dengan ukuran 3x4 cm. Potongan daun ini dicelupkan secara terpisah ke dalam masing-masing larutan sesuai konsentrasinya selama 20 detik, lalu dikeringudarkan. Dimasukkan ke dalam *petri dish* berlubang masing-masing dua potongan daun, satu potongan diberi perlakuan dan satu lagi kontrol. Ke dalam masing-masing *petri dish* berlubang dimasukkan 8 ekor larva *Spodoptera litura* instar 3, lalu ditutup. Tiap perlakuan diulangi 5 kali. Pengamatan dilakukan pada jam ke-24 dengan menghitung luas daun yang tidak dikonsumsi ulat pada perlakuan dan kontrol. Tiap perlakuan diulangi lima kali. Persentase aktivitas antifeedantnya dihitung dengan rumus Narasimhan *et al.* (2005):

$$\% \text{ aktivitas antifeedant} = \frac{\% \text{ bagian daun yang tidak dikonsumsi (kontrol perlakuan)}}{\% \text{ bagian daun yang tidak dikonsumsi (kontrol + perlakuan)}}$$

Untuk mengetahui tingkat aktivitas antifeedant dari contoh dihitung nilai *Effective Inhibitor* ( $EI_{50}$ ) secara analisis probit menggunakan *software* SPSS versi 12.

### 2.3 Identifikasi Komponen Bioaktif dengan GCMS

Asap cair maupun fraksi-fraksi hasil fraksinasinya yang menunjukkan keaktifan paling tinggi sebagai bioaktif antifeedant diidentifikasi komponen kimianya dengan GCMS. Adapun prosedur identifikasi komponen dengan GCMS, yaitu menggunakan kolom HP Ultra 2, temperatur oven 280°C/10 menit, injeksi 250°C, dan interface 280°C, gas pembawa helium, laju alir 0,6 µL/menit, dan volume injeksi 1 µL.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Ekstraksi Asap Cair

Asap cair yang digunakan berwarna merah kecoklatan hasil pirolisis sampah organik perkotaan pada suhu 505°C selama 5 jam menggunakan reaktor pirolisis. Hasil ekstraksi asap cair tersebut diperoleh data seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bobot crude hasil ekstraksi 1000 gram asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan dengan pelarut n-heksan, etilasetat, metanol dan air

Pelarut	Bobot crude (g)	Warna crude
n-Heksan	0,3465	Kuning kemerahan
Etilasetat	2,3736	Merah tua
Metanol	0,8775	Coklat kehitaman
Air	0,3679	Hitam

Data Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil ekstraksi asap cair dengan pelarut etilasetat menghasilkan persentase residu tertinggi, yaitu 2,3736 g, sedangkan yang terendah ditunjukkan pada ekstraksi asap cair dengan pelarut n-heksan, yaitu 0,346 g. Hal ini menunjukkan bahwa pada asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis sampah organik perkotaan pada suhu 505°C selama 5 jam mengandung lebih banyak senyawa semipolar dibandingkan dengan senyawa nonpolar. Hasil ini memperkuat temuan Rukmi (2004), komponen volatil penyusun destilat asap cair daun tembakau rajangan adalah senyawa yang bersifat semipolar seperti asetilena, 2-pirolidinona, fenol, pirazina, nikotin, nornikotin dan 3-metilen-nonana.

Temuan pada penelitian ini tidak jauh beda dengan penelitian Girard (1992), beberapa senyawa yang teridentifikasi pada asap cair hasil pirolisis bahan kayu, yaitu 85 macam fenolik, 45 macam karbonil, 35 macam asam, 11 macam furan, 15 macam alkohol dan ester, 13 macam lakton, dan 21 macam hidrokarbon alifatik. Demikian juga halnya, yang dilaporkan Maga (1998), komposisi rata-rata asap cair dari bahan kayu terdiri atas 11-92% air, 0,2-2,9% senyawaan fenolik, 2,8-4,5% asam organik, dan 2,6-4,6% karbonil. Namun jenis maupun persentase masing-masing senyawa tersebut sangat bergantung pada suhu dan lamanya waktu proses pirolisis yang digunakan. Senyawa polar atau semipolar diperoleh dalam persentase lebih banyak kemungkinan disebabkan oleh teroksidasinya berbagai senyawa organik seperti selulosa, hemiselulosa dan/atau lignin pada suhu tinggi.

### 3.2 Bioassay Asap Cair

Asap cair dan fraksi-fraksinya yang dibuat beberapa variasi konsentrasi diuji bioaktivitas

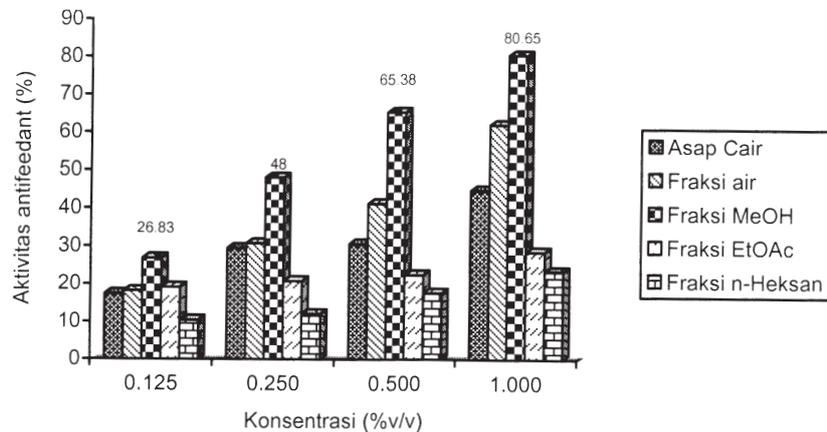
antifeedantnya terhadap larva *Spodoptera litura* instar 3. Data hasil bioassay asap cair dan fraksi-fraksinya disajikan pada Tabel 2.

Data Tabel 2 menunjukkan bahwa aktivitas antifeedant dari asap cair maupun fraksi-fraksinya cenderung meningkat seiring meningkatnya konsentrasi contoh. Pada konsentrasi contoh 1,00% (v/v) aktivitas antifeedant tertinggi ditunjukkan oleh fraksi metanol, yaitu 80,65%, sedangkan aktivitas antifeedant yang terendah pada konsentrasi yang sama ditunjukkan fraksi n-heksan, yaitu 23,40%.

Hasil ini juga diperkuat data analisis probit yang menunjukkan ke dua fraksi tersebut mempunyai nilai  $EI_{50}$  yang sama-sama terendah, yaitu 0,71% (Tabel 2). Nilai ini berarti ke dua fraksi tersebut pada konsentrasi 0,71% saja mampu menyebabkan 50% sarasannya bersifat antifeedant. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Han *et al.* (2006) bahwa ekstrak metanol dari akar *Angelica dahurica*, keseluruhan tanaman *Lysimachia davurica*, dan umbi *Nardostachys chinensis* sangat

Tabel 2. Hasil uji bioaktivitas antifeedant asap cair dan fraksi-fraksinya terhadap larva *Spodoptera litura*

Perlakuan	Konsentrasi (%v/v)	Aktivitas antifeedant (%)	$EI_{50}$
Asap Cair	0,125	17,39	1,17
	0,250	29,41	
	0,500	30,61	
	1,000	44,68	
Fraksi air	0,125	18,18	0,71
	0,250	30,77	
	0,500	41,18	
	1,000	62,07	
Fraksi MeOH	0,125	26,83	0,71
	0,250	48,00	
	0,500	65,38	
	1,000	80,65	
Fraksi EtOAc	0,125	19,15	1,35
	0,250	20,83	
	0,500	22,45	
	1,000	28,57	
Fraksi n-Heksan	0,125	10,45	1,04
	0,250	12,12	
	0,500	17,65	
	1,000	23,40	



Gambar 1. Histogram persentase aktivitas antifeedant asap cair dan fraksi-fraksinya

potensial sebagai insektisidal atau antifeedant terhadap larva *Attagenus unicolor japonicus*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Narasimhan *et al.* (2005), juga diperoleh hal yang sama, yaitu ekstrak metanol dari biji *Momordica dioica* yang mempunyai aktivitas antifeedant tertinggi terhadap larva *Spodoptera litura*.

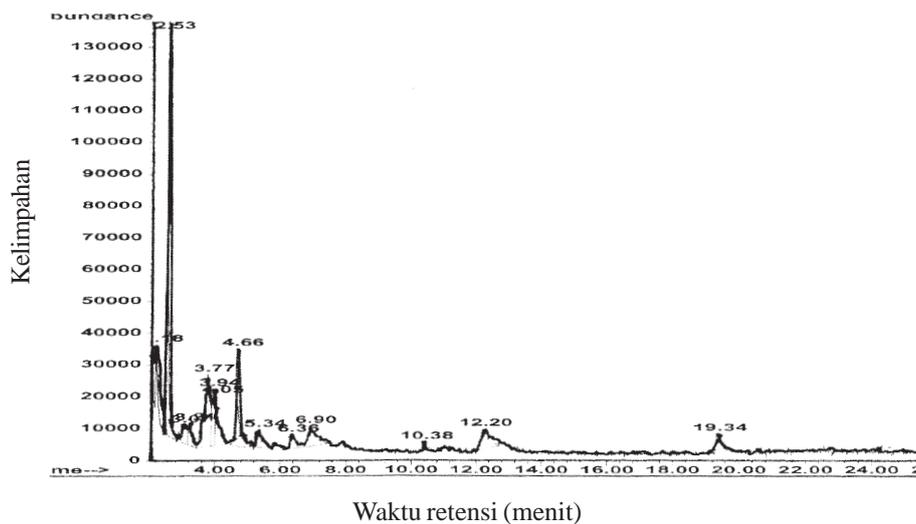
### 3.3 Identifikasi Komponen Bioaktif

Komponen kimia penyusun fraksi metanol dari asap cair hasil pirolisis sampah organik pasar diidentifikasi dengan teknik GCMS menggunakan kolom kapiler HP Ultra-2 dengan suhu injektor 250°C, gas pembawa helium dan kecepatan alir 0,6 ml/menit

serta volume injeksinya 1 ml. Kromatogram GC yang diperoleh dari hasil analisis fraksi metanol asap cair ditunjukkan pada Gambar 2.

Hasil identifikasi kromatogram pada Gambar 2 dengan *chemstation data system* yang ada pada alat tersebut diketahui senyawa-senyawa penyusun fraksi metanol seperti yang tersajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan data Tabel 3 diketahui, bahwa kandungan kimia fraksi metanol asap cair hasil pirolisis sampah organik padat menunjukkan 50% dari total 14 senyawa yang teridentifikasi pada fraksi tersebut dengan teknik GCMS merupakan senyawa golongan fenolik. Hasil analisis diperkuat oleh penelitian Zuraida *et al.* (2011) bahwa kelompok



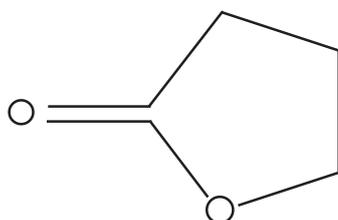
Gambar 2. Kromatogram fraksi metanol asap cair hasil pirolisis sampah organik

Tabel 3. Kandungan kimia fraksi metanol asap cair

Nomor Peak	Waktu Retensi (menit)	Nama Senyawa	Konsentrasi (%)
1	2,19	Asam butanoat	6,59
2	2,53	$\gamma$ -butirolakton	21,75
3	3,07	2-furan metanol	3,50
4	3,22	2-hidroksi-3-metil-2-siklopenten-1-one	13,71
5	3,78	fenol	15,54
6	3,93	Trans-4-siklopenten-1,3-diol	6,60
7	4,05	2-metil-3-buten-2-ol	7,68
8	4,65	2,6-dimetoksi fenol	11,71
9	5,34	Asam 2-metil-2-propenoat	3,66
10	6,36	3-metoksi-1,2-benzenadiol	3,43
11	6,90	2-metoksi-4-propil fenol	7,11
12	10,39	3-metil-1,2-benzenadiol	1,21
13	12,21	2-metil-1,4-benzenadiol	6,33
14	19,33	1,4-benzenadiol	2,19

senyawa yang teridentifikasi dari asap cair tempurung kelapa terdiri dari keton, karbonil, asam, furan dan turunan pyran, fenol dan turunannya, guaiakol dan turunannya, siringol dan turunannya, serta alkil aril eter.

Hasil analisis dengan teknik GCMS pada asap cair juga menunjukkan bahwa senyawa yang teridentifikasi dengan konsentrasi tertinggi adalah  $\gamma$ -butirolakton (21,75%). Berdasarkan hasil bioassay (Tabel 3), di samping senyawa golongan fenolik, senyawa ini juga diduga berfungsi sebagai antifeedant terhadap larva *Spodoptera litura*. Senyawa ini mempunyai rumus struktur seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rumus struktur senyawa  $\gamma$ -butirolakton

Aktivitas antifeedant dari senyawa yang mengandung inti lakton sudah banyak publikasi antara lain seperti dilaporkan oleh Frackowiak *et al.* (2006) bahwa golongan  $\gamma$ -lakton dapat digunakan

untuk aktivitas antifeedant terhadap berbagai macam serangga, sedangkan Narasimhan *et al.* (2005) melaporkan salannobutirolakton sangat potensial sebagai antifeedant terhadap larva *S. litura* dan desasetilsalannobutirolakton bersifat insektisidal terhadap larva tersebut. Selanjutnya, Thoison *et al.* (2004) menemukan senyawa 12-hidroksioleanolat lakton dan pektolinarigenin dari ekstrak *Nothofagus dombeyi* yang memberi aktivitas antifeedant sangat signifikan. Senyawa linearolakton dan 4-(3-furil)- $\gamma$ -butirolakton sangat potensial sebagai antifeedant (Gebbinck *et al.*, 2002). Di samping itu, beberapa golongan keton lain seperti 12-ketoepoksi-azadiradion dan turunannya juga mempunyai aktivitas antifeedant (Fernandez-Mateos *et al.*, 2005). Senyawa asam 3-hidroksialkanoat merupakan golongan asam alkanoat juga mempunyai aktivitas yang signifikan sebagai antifeedant terhadap larva *S. litura* (Jannet *et al.*, 2001).

#### 4. Simpulan dan Saran

##### 4.1 Simpulan

Asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan berdasarkan hasil pemekatan diperoleh *crude* dari fraksi *n*-heksan, etil asetat, metanol, dan air secara berturut 0,3465 g; 2,3736 g; 0,8775 g dan 0,3679 g. Hasil uji asap cair, fraksi air, metanol, etil asetat dan *n*--heksan terhadap larva *S. litura* diketahui aktivitas tertinggi pada konsentrasi ekstrak

1,00% secara berturut 44,68%; 62,07%; 80,65%; 28,57% dan 23,40%. Hasil analisis probit terhadap fraksi-fraksi tersebut menunjukkan aktivitas tertinggi pada fraksi metanol dengan nilai  $EI_{50}$  sebesar 0,71. Hasil identifikasi dengan GCMS memberikan informasi bahwa pada fraksi tersebut mengandung 14 macam senyawa bioaktif antifeedant dan sebagai komponen utamanya adalah  $\gamma$ -butirolakton.

#### 4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemisahan fraksi asap cair dengan teknik

kromatografi kolom dan penelusuran komponen kimia yang bersifat antifeedant dengan cara elusidasi struktur menggunakan instrumen FTIR dan NMR.

#### Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dibiayai dengan dana proyek penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi tahun anggaran 2007 yang dilaksanakan atas kerjasama Lembaga Penelitian Universitas Syiah Kuala dan DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional. Untuk itu, kepada kedua lembaga tersebut diucapkan terimakasih.

#### Daftar Pustaka

- Baskar, K., R. Maheshwaran, S. Kingsley, and S. Ignacimuthu. (2011). Bioefficiency of plant extracts against Asian army worm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Nictuidae). *Journal of Agricultural Technology*, 7(1):123-131.
- Budijanto, S., R. Hasbullah, S. Prabawati, Setyadjit, Sukarno, and I. Zuraida. (2008). Identification and safety test on liquid smoke from coconut shell for food product. *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 5(1):32-40.
- Ersahin, M.E., C.Y. Gomec, R.K. Dereli, O. Arikan, and I. Ozturk. 2011. Biomethane production as an alternative bioenergy source from codigesters treating municipal sludge and organic fraction of municipal solid wastes. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. Artikel ID 953065, 1-8 pp.
- Fernandez-Mateos, A., E.M. Martin, R.R. Clemente, R.R. Gonzalez, and M.S.J. Simmonds. 2005. Synthesis of the insect antifeedant CDE molecular fragment of 12-ketoeoxyiazadiradione and related compounds. *Tetrahedron*, 61:12264-12274.
- Ferry, N., M.G. Edwards, J.A. Gatehouse, and A.M.R. Gatehouse. 2004. Plant interaction molecular approaches to insect resistance (edited by Sasaki, T., Christou, P.). *Curr. Opin. Biotechnol.*, 15:155-161.
- Flores, G., L. Hilje, G.A. Mora, and M. Carballo. 2008. Antifeedant activity of botanical crude extracts and their fractions on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adults: *Gliricidia sepium* (Fabaceae). *Int. J. Trop. Biol.*, 56(4):2099-2113.
- Frackowiak, B., K. Ochalik, A. Bialonska, Z. Ciunik, C. Wawrzenczyk, and S. Lochynski. 2006. Stereochemistry of terpene derivatives. Part 5: Synthesis of chiral lactones fused to a carane system-insect feeding deterrents. *Tetrahedron: Asymmetry*, 17: 124-129.
- Gebbinck, E.A.K., B.J.M. Jansen, and A.D. Groot. 2002. Review: Insect antifeedant activity of clerodane diterpenes and related model compounds. *Phytochemistry*, 61: 737-770.
- Girard, J.P. 1992. *Smoking in Technology of Meat Products*. Clermont Ferrand. Ellis Horwood. New York.
- Haji, A.G., M. N. Mara, N. Saidi, dan Sulastris (2003). Isolasi senyawa bioaktif dari ekstrak daun *Vitex trifolia* Linn. *Laporan Penelitian Dasar*. Universitas Syiah Kuala, Darussalam.
- Han, M-K., S-I. Kim, and Y-J. Ahn. 2006. Insecticidal and antifeedant activities of medicinal plant extracts against *Attageus unicolor japonicus* (Coleoptera: Dermestidae). *J. Stored Prod. Res.*, 42: 15-22.
- Jannet, H.B., F.H. Skhiri, Z. Mighri, M.S.J. Simmonds, and W.M. Blaney. Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. *Indus. Crops Prod.*, 14: 213-222.

- Jeyasankar, A., N. Raja, and S. Ignacimuthu. (2010). Antifeedant and growth inhibitory activities of *Syzygium lineare* Wall (Myrtaceae) against *Spodoptera litura* Fab (Lepdoptera: Noctuidae). *Curr. Res. J. Biol. Sci.*, 2(3):173-177.
- Maga, J.A. 1998. *Smoke in Food Processing*. CRC Press. Florida.
- Narasimhan, S., S. Kannan, K. Ilango, and G. Maharajan. 2005. Antifeedant activity of *Momordica dioica* fruit pulp extracts on *S. litura*. *Fitoterapia*, 76: 715-717.
- Narasimhan, S., S. Kannan, V.P. Santhanakrishnan, and R. Mohankumar. 2005. Insect antifeedant and growth regulating activities of salannobutyrolactone and desacetylsalannobutyrolactone. *Fitoterapia*, 76: 740-743.
- Reddy, B.K., M. Balaji, P.U. Reddy, G. Salaja, K. Vaidyanath, and G. Narasimha. 2009. Antifeedant and antimicrobial activity of *Tylophora indica*. *African Journal of Biochemistry Research*, 3(12):393-397.
- Soldera, S., N. Sebastianutto, and R. Bortolomeazzi. 2008. Composition of phenolic compounds and antioxidant activity of commercial aqueous smoke flavorings. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56:2727-2734.
- Swastawati, F., T.W. Agustini, Y.S. Darmanto, and E.N. Dewi. 2007. Liquid smoke performance of lamtoro wood and corn cob. *Journal of Coastal Development*, 10(3):189-196.
- Thoison, O., T. Sevenet, H.M. Niemeyer, and G.B. Russell. 2004. Insect antifeedant compounds from *Nothofagus dombeyi* and *Nothofagus pumilio*. *Phytochemistry*, 65: 2173-2176.
- Uemura, Sh. 2010. Mineral requirements for mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of organic solid waste. *Int. J. Environ. Res.*, 4(1): 33-40.
- Venderbosch, R.H., and W. Prins. 2010. Fast pyrolysis technology development. *Bioprod. Bioref.*, 4:178-208.
- Verma, S. 2002. *Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Waste*. Tesis. Department of Earth and Environmental Engineering, Columbia University.