

Identifikasi Komponen Kimia Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica*) dengan Metode Pirolisis-GC/MS

Noryawati Mulyono^{1*}, Christofora Hanny Wijaya², Dedi Fardiaz² dan Wuryaningsih Sri Rahayu³

¹Unika Atma Jaya, Kampus Semanggi, Jakarta 12930

²Kampus IPB Darmaga, Kotak Pos 220, Bogor 16002

³Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia-PPKimia, Kawasan Puspiptek

Diterima 19-05-2010

Disetujui 28-05-2011

ABSTRACT

The aim of this research was to identify chemical compounds in cat eye dammar. The method included functional groups characterization by infrared spectrophotometer and identification using Pyrolysis-GC/MS. Infrared spectra of crude sample showed that there were some functional groups such as alkyl, carbonyl, vinyl, and hydroxyl. Identification by Pyrolysis-GC/MS showed that dammar consisted of at least 67 compounds. This natural gum components could be categorized into 4 groups, i.e. tetra cyclic hydrocarbon (30 compounds, 49.57%), penta cyclic (3 compounds, 2.56%), C₁₅ compounds (11 compounds, 17.09%), and other group (23 compounds, 18.26%). According to the Py-GC/MS data, brassicasterol is the highest relative concentration in dammar, i.e. 20%.

Keywords: brassicasterol, dammar, tetra cyclic hydrocarbon

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi senyawa kimia dalam dammar mata kucing dengan melakukan karakterisasi gugus fungsi menggunakan spektrofotometer inframerah dan identifikasi komponen menggunakan pirolisis-GC/MS. Spektrum inframerah dari sampel mentah menunjukkan bahwa terdapat beberapa gugus fungsi, antara lain alkil, karbonil, vinil, dan hidroksil. Identifikasi dengan pirolisis-GC/MS menunjukkan bahwa dammar mengandung paling sedikit 67 senyawa. Senyawa kimia tersebut terbagi dalam 4 golongan, yaitu hidrokarbon tetrasiklik (30 senyawa, 49,57%), pentasiklik (3 senyawa, 2,56%), senyawa C₁₅ (11 senyawa, 17,09%), dan golongan lain-lain (23 senyawa, 18,26%). Berdasarkan data Py-GC/MS, senyawa terbanyak di dalam dammar adalah brasikasterol, yaitu sekitar 20%.

Kata Kunci: brasikasterol, dammar, hidrokarbon tetrasiklik

PENDAHULUAN

Damar mata kucing (sering disingkat menjadi getah dammar) merupakan salah satu produk unggulan dari hasil hutan bukan kayu di Indonesia. Getah ini berasal dari tumbuhan *Shorea javanica*, *S. koordersii*, *Hopea dryobalanoides*, *H. intermedia*, *H. mengarawan*, *H. globosa*, *H. griffithii*, *H. micrantha*, dan *H. myrtifolia* (Sumadiwangsa & Gusmailina 2006). Getah ini telah dimanfaatkan di berbagai bidang, antara lain cat, tinta, pernis, kemenyan, dan bahan tambahan pangan (Edriana *et al.* 2004; Lakerveld 2007). Struktur kimia komponen getah dammar telah diteliti sejak tahun 1955, namun tidak disebutkan spesies tanaman dammar tersebut (Mills & Werner 1955; Aarssen *et al.* 1994; Doelen *et al.* 1998; Anderson & Muntean 2000; Scalarone *et al.* 2003). Sari (2002), melaporkan bahwa ekstrak dammar mata

kucing dari tumbuhan *S. javanica* mempunyai aktivitas antirayap dan antijamur. Senyawa bioaktif tersebut teridentifikasi sebagai vulgarol B; 3,4-secodamar-4(28)-en-3-oic acid; dan (7R,10S)-2,6,10-trimetil-7-epoksi-2,11-dodecadiene. Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi mengenai seluruh kandungan kimia getah dammar mata kucing dari tanaman *S. javanica* sehingga dapat dimanfaatkan secara optimum.

BAHAPAN METODE

Getah dammar mata kucing diperoleh dari P3HH BPPK (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan). Getah dammar berbentuk lempeng yang dihasilkan dari proses pelelehan pada suhu 105°C dan penyaringan dalam keadaan panas.

*Telp: +628158325821

e-mail: noryawati@atmajaya.ac.id

Getah ini termasuk kelompok damar mata kucing yang berasal dari tanaman *S. javanica* (Krui, Lampung).

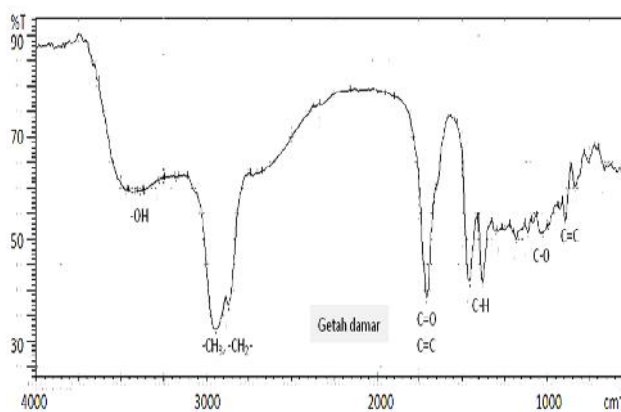
Karakterisasi gugus fungsi dalam getah damar mata kucing dilakukan dengan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) (IR Prestige-21 Shimadzu) di Pusat Penelitian Kimia, Puspiptek Serpong. Sejumlah kecil sampel (1-2 mg) dan ± 200 mg bubuk KBr (*PIKE technologies spectroscopic creativity*) dicampur, lalu ditumbuk hingga halus dan homogen. Campuran kemudian ditempatkan di atas *die*, ditekan selama beberapa menit, sampai berbentuk pelet. Pelet dipindahkan ke tempat sampel dianalisis pada bilangan gelombang (ν) 4000-500 cm^{-1} .

Sekitar 50 mg bubuk getah damar dimasukkan ke dalam tempat sampel yang tersedia dalam instrumen Pyrolysis-Gas Chromatograph/Mass Spectrometer (Py-GC/MS) (QP 2010 Shimadzu). Selanjutnya, komponen kimia damar diidentifikasi dengan kondisi proses: suhu pirolisis 600°C, suhu oven GC 50°C, suhu injektor 280°C, mode injeksi split, gas pembawa helium, suhu antarmuka 280°C, suhu sumber ion 200°C, dan detektor DB5 MS. Spektrogram massa yang dihasilkan dicocokkan oleh instrumen secara otomatis menjadi senyawa tertentu berdasarkan kemiripan pola m/z -nya dengan spektrogram massa yang ada *database* dalam instrumen, yaitu *NIST (National Institute of Standards and Technology)* dan *Wiley (Shimadzu 2008)*. Persentase komponen damar dihitung berdasarkan nisbah luas puncak tiap komponen terhadap total luas puncak seluruh komponen pada kromatogram tersebut. Sifat intrinsik komponen ditentukan dengan piranti lunak ACDLABS 12.0. Pengerjaan tahapan ini dilakukan di P3HH BPPK.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi gugus fungsi dalam getah damar mata kucing menunjukkan bahwa getah tersebut mengandung senyawa yang mempunyai gugus alkil, karbonil, vinil, dan hidroksil (Gambar 1). Adanya gugus alkil ditunjukkan oleh serapan C-H pada 2951 cm^{-1} , sedangkan gugus vinil (C=C) tampak sebagai puncak kecil pada 1653 cm^{-1} . Gugus hidroksil (O-H) ditunjukkan oleh puncak lebar pada 3473-3312 cm^{-1} . Spektrogram pada bilangan gelombang kurang dari 1400 cm^{-1} adalah daerah sidik jari dan bersifat khas untuk setiap bahan (Nakamoto 1997).

Analisis menggunakan Py-GC/MS menunjukkan bahwa dalam damar mata kucing terdapat 67 senyawa organik. Sebanyak 20 komponen dalam damar persentasenya masing-masing lebih dari 1% (Tabel 1) dan sebagian besar senyawa tersebut adalah senyawa karbon tetrasiklik, namun ada juga beberapa senyawa lain, 9-kredanon; 2H-siklopropan(G)benzofuran,4,5,5A,6,6A,6B-heksahidro-4,4,6B-trimetil-2(1-metil); veridiflorol; epi-beta-santalol, dan 18-hidroksi-17-metoksi-yohimban-16-karbonitril.



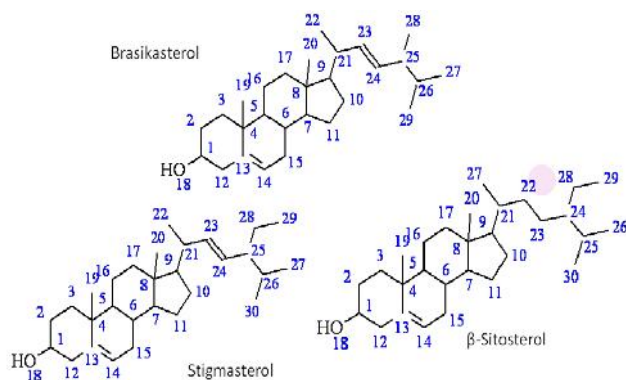
Gambar 1 Spektrogram FTIR getah damar mata kucing

Tabel 1 Komponen dalam damar mata kucing yang lebih dari 1%

Komponen	%
Brasikasterol (C ₂₈ H ₄₆ O)	20,23
Epoksiasetilgedunin (C ₂₆ H ₃₂ O ₇)	9,56
Veridiflorol (C ₁₅ H ₂₆)	5,34
Pregnana-3,11,20-trion (C ₂₁ H ₃₀ O ₃)	3,75
Andros-5-en-3,17-diol,4,4-dimetil-,diasetat (3,17) (C ₂₅ H ₃₈ O ₄)	3,29
Pregna-4,6-dien-3,20-dion,6,17-dimetil (C ₂₃ H ₃₂ O ₂)	3,24
1,4-metano-1H-indena,oktahidro-1,7a-dimetil-4(1-metilen) (C ₁₅ H ₂₄)	2,63
Epi-beta-santalol (C ₁₅ H ₂₄ O)	2,62
Stigmasta-5-en-3-ol oleat (C ₄₇ H ₈₂ O ₂)	2,41
Siklobuta(1,2,3,4)-disiklooktana,heksadekahidro-(6a,6b,12a,12b) (C ₁₆ H ₂₈)	2,01
18-hidroksi-17-metoksi-yohimban-16-karbonitril (C ₂₁ H ₂₅ N ₃ O ₂)	2,00
5-14-androstana (C ₁₉ H ₃₂)	1,98
9-kredanon (C ₁₅ H ₂₄ O)	1,84
2H-siklopropan(G)benzofuran,4,5,5A,6,6A,6B-heksahidro-4,4,6B-trimetil-2(1-metil) (C ₁₅ H ₂₂ O)	1,82
23-metilenkolesterol (C ₂₈ H ₄₆ O)	1,68
3,20-pregnanadion,11-hidroksi-,(5,11) (C ₂₁ H ₃₂ O ₃)	1,53
Bisiklogermakrena (C ₁₅ H ₂₄)	1,46
Pregna-4-en-3,20-dion,16-metil-6-metilen (C ₂₃ H ₃₄ O ₂)	1,41
Pregnana-3,17,20-triol,siklik17,20-(metilboronat),(3,5,20S) (C ₂₂ H ₃₇ BO ₃)	1,41
-camfolena aldehida (C ₁₀ H ₁₆ O)	1,17

Komponen terbanyak dalam damar mata kucing adalah brasikasterol, yaitu sebanyak 20,23%. Senyawa ini memiliki struktur yang mirip dengan β -sitosterol dan stigmasterol (Gambar 2). Rantai samping pada posisi C_{25} dari brasikasterol adalah gugus metil, sedangkan pada stigmasterol dan β -sitosterol adalah gugus etil. Di sisi lain, ikatan $C_{23} - C_{24}$ pada brasikasterol dan stigmasterol adalah $C=C$, sedangkan pada β -sitosterol adalah $C-C$. Uji manfaat brasikasterol terhadap manusia belum dilakukan, tetapi diduga bahwa brasikasterol mempunyai aktivitas sebagai antikolesterol seperti halnya stigmasterol dan β -sitosterol (Sahelian 2009).

Berdasarkan strukturnya, komponen dalam damar mata kucing dapat dibagi menjadi empat golongan, yaitu karbon tetrasiklik, pentasiklik, senyawa C_{15} , dan golongan lainnya.



Gambar 2 Struktur molekul brasikasterol, stigmasterol, dan β -sitosterol

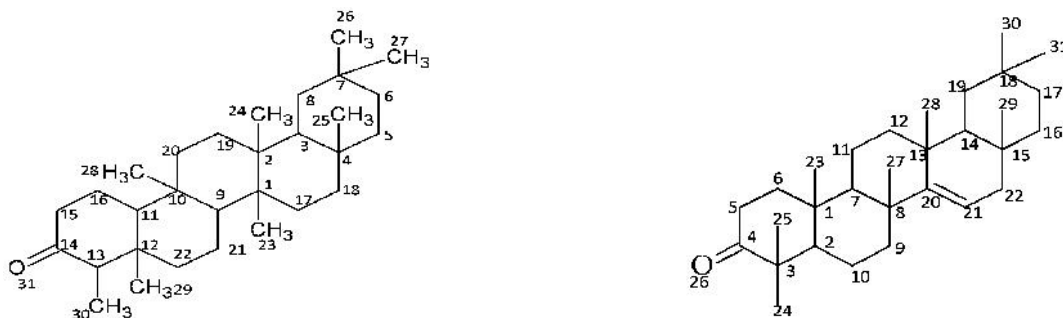
Sebanyak 30 senyawa mempunyai kerangka karbon tetrasiklik (3 sikloheksana dan 1 siklopentana) dengan total persentase 49,57% (Tabel 2).

Pada penelitian ini, ditemukan tiga senyawa karbon pentasiklik, yaitu 18-hidroksi-17-metoksi-yohimban-16-karbonitril, sikloekalenol, dan d-friedoolean-14-en-3-on. Di antara ketiganya, hanya d-friedoolean-14-en-3-on yang mempunyai struktur mirip dengan friedelin yang dilaporkan Sari (2002). Rantai samping C_{13} pada friedelin adalah 1 gugus metil, sedangkan pada d-friedoolean-14-en-3-on adalah 2 gugus metil. Karbon C_9 dan C_{11} pada friedelin adalah karbon tersier, sedangkan pada d-friedoolean-14-en-3-on adalah karbon kuarterner. Hal sebaliknya terjadi pada C_{10} friedelin, yaitu C_{10} friedelin adalah karbon kuarterner, sedangkan pada d-friedoolean-14-en-3-on adalah karbon tersier. Ikatan C_{1-17} adalah ikatan tunggal, sedangkan pada d-friedoolean-14-en-3-on, ikatan pada posisi tersebut adalah ikatan ganda. Sifat intrinsik kedua molekul tersebut juga mirip (Gambar 3).

Tabel 3 menunjukkan bahwa dalam getah damar terdapat 11 senyawa C_{15} (17,09%). Beberapa senyawa mempunyai rumus molekul sama, namun rumus geometrinya berbeda sehingga dikatakan sebagai isomer geometrinya. $C_{15}H_{24}$ dan $C_{15}H_{24}O$ berturut-turut mempunyai 4 dan 3 isomer. Menurut Sari (2002), senyawa dengan rumus molekul $C_{15}H_{24}O$ adalah vulgarol B.

Tabel 2 Senyawa karbon tetrasiklik dalam getah damar mata kucing

Nama senyawa	%
Andros-5-en-3,17-diol,4,4-dimetil-,diasetat (3,17) ($C_{25}H_{38}O_4$)	3,29
Andros-5-en-16-on,3,17-bis(trifluoroasetiloksi)-3,17) ($C_{23}H_{26}O_5F_6$)	0,29
Andros-5-en-4-on, 3-fluoro-17-hidroksi-asetat ($C_{21}H_{29}O_3F$)	0,59
5-14-androstana ($C_{19}H_{32}$)	1,98
Androstana-3,5-dien-7-on ($C_{19}H_{26}O$)	0,05
Androstana-17-ol, asetat ($C_{21}H_{34}O_2$)	0,49
5-androstana-17-ol, 2,3-epoksi-2-metil ($C_{20}H_{32}O_2$)	0,72
Androstana-6-on,3-(asetiloksi)-5-hidroksi-3,5) ($C_{21}H_{32}O_4$)	0,21
Asam tiosianat,5-kolestan-3-il ester ($C_{28}H_{47}NS$)	0,35
Brasikasterol ($C_{28}H_{46}O$)	20,23
Ergos-25-en,3,6-dion, 5,12-dihidroksi- (5,12) ($C_{28}H_{44}O_4$)	0,43
Koles-14-en-3-ol, 4-metil ($C_{28}H_{48}O$)	0,42
Kolestan-3-on,4,4-dimetil-,oksim (5) ($C_{29}H_{51}NO$)	0,26
Kolesta-9(11),17(20)24-triena-3,6-diol,(3,5,6) ($C_{27}H_{42}O_2$)	0,31
23-metilenkolesterol ($C_{28}H_{46}O$)	1,68
24-metilensikloartanol ($C_{31}H_{52}O$)	0,81
17-metoksi-5-androstana-3-metoksim ($C_{21}H_{33}NO_2$)	0,32
Pregna-4,6-dien-3,20-dion,6,17-dimetil ($C_{23}H_{32}O_2$)	3,24
3,20-pregnanadion ($C_{21}H_{32}O_2$)	0,23
3,20-pregnanadion, 11-hidroksi-,(5,11) ($C_{21}H_{32}O_3$)	1,53
Pregnana-3,20-dion, 17-[(trimetilsilil)oksi]-bis(O-metiloksim),5) ($C_{26}H_{46}N_2O_3Si$)	0,60
Pregnana-3,17,20-triol,siklik17,20-(metilboronat),(3,5,20S) ($C_{22}H_{37}BO_3$)	1,41
Pregnana-3,11,20-trion ($C_{21}H_{30}O_3$)	3,75
5-pregnana-3,15,20-trion ($C_{21}H_{30}O_3$)	0,14
Pregn-4-en-3,20-dion,16-hidroksi-,(16) ($C_{21}H_{30}O_3$)	0,58
Pregn-4-en-3,20-dion, 16-metil-6-metilen ($C_{23}H_{34}O_2$)	1,41
Sikloekalenol ($C_{30}H_{50}O$)	0,31
Sikloprop[7,8]ergos-22-en-3-on,3',7-dihidro-(5,7,8,22E) ($C_{29}H_{46}O$)	0,80
Stigmasta-3,5-dien-7-on ($C_{29}H_{46}O$)	0,73
Stigmasta-5-en-3-ol oleat ($C_{47}H_{82}O_2$)	2,41



Karakteristik sifat intruksi Friedelin	
Rumus molekul:	C ₃₀ H ₅₀ O
Bobot molekul:	426,7174
Indeks refraksi:	1,502 ± 0,02
Tegangan permukaan	32,6 ± 3,0 dyne/cm
Bobot jenis	0,963 ± 0,06 g/cm ³
Polarisabilitas	51,88 ± 0,5 10 ⁻²⁴ cm ³

Karakteristik sifat intruksi d-friedoolean-14-en-3-on	
Rumus molekul:	C ₃₀ H ₄₈ O
Bobot molekul:	424,70152
Indeks refraksi:	1,534 ± 0,03
Tegangan permukaan	38,4 ± 5,0 dyne/cm
Bobot jenis	1,01 ± 0,1 g/cm ³
Polarisabilitas	51,74 ± 0,5 10 ⁻²⁴ cm ³

Gambar 3 Struktur molekul friedelin dan d-friedoolean-14-en-3-on

Tabel 3 Senyawa C₁₅ dalam damar mata kucing

Komponen	%
Bisiklogermakrena (C ₁₅ H ₂₄)	1,46
1,4-metano-1H-indena,oktahidro-1,7a-dimetil-4(1-metilen) (C ₁₅ H ₂₄)	2,63
1,2,4-metenoazulena, dekahidro-1,5,5,8a-tetrametil-[1S-(1,2)] (C ₁₅ H ₂₄)	0,48
(-)- sinuralena (C ₁₅ H ₂₄)	0,19
Epi-beta-santalol (C ₁₅ H ₂₄ O)	2,62
9-kredanon (C ₁₅ H ₂₄ O)	1,84
1(2H)naftalena,3,4,4a,5,6,8a-heksahidro-4a,8-dimetil-2-(1-metiletil) (C ₁₅ H ₂₄ O)	0,18
2H-siklopropan(G)benzofuran,4,5A,6,6A,6B-heksahidro-4,4,6B-trimetil-2(1-metil) (C ₁₅ H ₂₂ O)	1,82
4,6,6-trimetil-2-(3-metil-buta-1,3-dienil)-3-oksa-trisiklo[5,1,0,02]oktana (C ₁₅ H ₂₂ O)	0,15
Veridiflorol (C ₁₅ H ₂₆)	5,34
d-xilitolpentaasetat (C ₁₅ H ₂₂ O ₁₀)	0,38

Tabel 4 Senyawa golongan lainnya dalam damar mata kucing

Komponen	%
Amilsinamikaldehida (C ₁₄ H ₁₈ O)	0,08
-amorfena (C ₁₃ H ₂₀)	0,25
Asam kaur-16-en-18-olat (C ₂₀ H ₃₀ O ₂)	0,06
Asam 9,12-oktadekadienoat (Z,Z)-2,3-bis[(trimetilsilil)oksi]propil ester (C ₂₇ H ₅₄ O ₄ Si ₂)	0,39
Asam tetradekanoat,(3,3a,4,6a,7,8,9,10,10a,10b-dekahidro-3a,10a-dihidroksi-2,10-dimetil-3,8-dioksobenzena) (C ₃₁ H ₄₈ O ₆)	0,18
Asam valerat, 4-(2,5-silil)-metil ester (C ₁₄ H ₂₀ O ₂)	0,34
1,2-bis(trimetilsilil)benzene (C ₁₂ H ₂₂ Si ₂)	0,28
1,4-bis(trimetilsilil)benzene (C ₁₂ H ₂₂ Si ₂)	0,07
-camfolena aldehida (C ₁₀ H ₁₆ O)	1,17
Dekametil tetrasiloksana (C ₁₀ H ₃₀ O ₃ Si ₄)	0,47
6,6-dimetil-9-metilena-3-pentil-6A,7,8,9,10,10A-heksahidro-6H-benzo(c)kromena (C ₂₁ H ₃₀ O ₃)	0,16
Epoksiasetilgedunin (C ₂₆ H ₃₂ O ₇)	9,56
4-fluorofenil-4-(4-propilsikloheksil)sikloheksanoat (C ₂₂ H ₃₁ FO ₂)	0,29
Giberelin A7 metil ester (C ₂₀ H ₂₄ O ₅)	0,21
Gliseril-1,3-benzilidena-2-palmitat (C ₂₆ H ₄₂ O ₄)	0,23
-ionol (C ₁₃ H ₂₂ O)	0,42
Oktadekametil siklononasiloksana (C ₁₈ H ₅₄ O ₉ Si ₉)	0,15
Siklobuta(1,2,3,4)-disiklooktana,heksadekahidro-(6a,6b,12a,12b) (C ₁₆ H ₂₈)	2,01
9,19-sikloolanost-24-en-3-ol, asetat (C ₃₂ H ₅₂ O ₂)	0,57
Siklopentanakaroksamida, 3-etenil-2(3-penteniliden)-n-fenil-(1,2Z) (C ₁₉ H ₂₃ ON)	0,31
5h-siklopropa[3,4]benz-[1,2e]azulen-5-on,9a-(asetiloksi)-3-[(asetiloksi)metil]-1,1a,1b,4,4a,7a,7b,8,9,9a (C ₂₄ H ₃₂ O ₇)	0,22
Trans-2-(p-metoksifenil)(1-2H1)sikloheksan-1-ol (C ₁₃ H ₁₇ O ₂ D)	0,50
Zonarona (C ₂₁ H ₃₈ O ₂)	0,34

Senyawa lain yang terdapat dalam damar namun bukan golongan karbon tetrasiklik (Tabel 2), pentasiklik, atau C₁₅ (Tabel 3) dapat dilihat pada Tabel 4. Secara umum, senyawa-senyawa ini juga merupakan karbon siklik dan beberapa di antaranya mengandung heteroatom.

SIMPULAN

Getah damar mata kucing mengandung sekitar 67 senyawa, dan dapat dikategorikan menjadi empat golongan, yaitu karbon tetrasiklik (30 senyawa, 49,57%), pentasiklik (3 senyawa, 2,56%), senyawa C₁₅ (11 senyawa, 17,09%), dan golongan lainnya (23 senyawa, 18,26%).

Komponen terbesar dalam damar mata kucing adalah senyawa brasikasterol, yaitu sekitar 20%. Melihat potensi komposisi dalam damar mata kucing, maka perlu dilakukan analisis kuantitatif dan pengujian aktivitas sterol lebih lanjut khususnya sebagai antikolesterol sehingga memungkinkan pemanfaatan damar sebagai pangan fungsional atau obat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat DP2M-Dikti, DEPDIKNAS yang telah menyediakan dana penelitian ini melalui Hibah Kompetensi dan kepada P3HH BPPK yang menyediakan fasilitas identifikasi komponen kimia dengan pirolisis-GC/MS.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarssen, B.G.K., van de Leeuw, J.W., Collinson, M., Boon, J.J & Goth, K. 1994. Occurrence of polycadinene in fossil and recent resins. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **58(1)**: 223-229.
- Anderson, K.B & Muntean, J.V. 2000. The nature and fate of natural resins in the geosphere. Part X. Structural characteristics of the macromolecular constituents of modern Dammar resin and Class II ambers. *Geochemical Transactions* **1**: 1-9.
- Doelen, V.D., Berg, V.D & Boon, J.J. 1998. Comparative chromatographic and mass spectrometric studies of triterpenoid varnishes fresh material and aged samples from paintings. *Studies in Conservation* **43(4)**: 249-264.
- Edriana, E., Dahlian, E & Sumadiwangsa, E.S. 2004. Teknik pembuatan pernis dari damar untuk usaha kecil. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **22(4)**: 205-213.
- Lakerveld & A van 2007. Price Determination and Upgrading Within the Damar Trade Chain. *Tesis Pasca Sarjana*. Amsterdam: International Development Studies.
- Mills, J.S & Werner, A.E.A 1955. The chemistry of dammar resin. *Journal of Chemistry Society*: 3132-3140. Diacu dalam Doelen *et al.* 1998. Comparative chromatographic and mass spectrometric studies of triterpenoid varnishes fresh material and aged samples from paintings. *Studies in Conservation* **43(4)**: 249-264.
- Nakamoto, K. 1997. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. Part A: Theory and Applications in Inorganic Chemistry*. Ed ke-5. New York: J Wiley.
- Sahelian, R. 2009. Health benefit of brassicasterol. *Free Supplement Res Update Newsletter*. <http://www.raysahelian.com> (5 Feb 2009).
- Sari, R.K. 2002. Isolasi dan identifikasi komponen bioaktif dari damar mata kucing (*Shorea javanica* K.et.V). *Disertasi Pascasarjana*. Bogor: IPB.
- Scalarone, D., van der Horst, J., Boon, J.J & Chiantore, O. 2003. Direct-temperature mass spectrometric detection of volatile terpenoids and natural terpenoid polymers in fresh and artificially aged resins. *Journal of Mass Spectrometry* **38(6)**: 607-617.
- Shimadzu. 2008. GCMS-QP2010 Plus. <http://www.shimadzu.com> [16 Sep 2008].
- Sumadiwangsa, E.S & Gusmailina. 2006. *Teknologi Budidaya, Pemanfaatan dan Pengembangan Hasil Hutan Bukan Kayu*. Bogor: Dephut.