

# Elusidasi Struktur Kimia Senyawa Bioaktif Pengendali Serangga Ulat Kubis Dari Kulit Batang *Aglaia Disoxylum* (Meliaceae)

<sup>1</sup>Dede Sukandar\*, <sup>2</sup>Sofnie M. Chairul, <sup>1</sup>Nurlaela

<sup>1</sup>Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

Jalan Ir. H. Juanda No 95 Ciputat 15412 Indonesia.

<sup>2</sup>Laboratorium Kimia, Kelompok Hama Dan Penyakit Tanaman, Bidang Pertanian

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop Dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jalan Cinere Pasar Jum'at, Jakarta Selatan.

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian elusidasi struktur kimia senyawa fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat, yang bersifat bioaktif ( $LC_{50} = 3,57$  ppm) pengendali serangga ulat kubis (*Crocidolomia binotalis* Zeller) dari ekstrak etil asetat kulit batang *Aglaia disoxylum* (Meliaceae), salah satu tumbuhan yang dikenal sebagai pasak bumis. Senyawa ini diperoleh berupa kristal tidak berwarna, berbentuk jarum (40 mg), titik leleh 99–101 °C, rumus molekul  $C_{11}H_{15}NO_3$  dan BM = 209. Penetapan struktur kimia senyawa tersebut dilakukan berdasarkan data spektroskopi UV-VIS, FTIR,  $^1H$  dan  $^{13}C$  NMR, HMQC, HMBC, dan MS (GC-MS).

**Kata kunci :** *Aglaia disoxylum*, *Crocidolomia binotalis* Zeller, fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat, Meliaceae, UV-VIS, FTIR,  $^1H$  dan  $^{13}C$  NMR, HMQC HMBC, dan MS (GC-MS)

## Abstract

Have been research elusidate of chemical structure compound fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat, having the character of bioactive ( $LC_{50} = 3,57$  ppm) controller of insect cabbage caterpillar (*Crocidolomia Binotalis* Zeller) from extract ethyl acetate of husk bar *Aglaia disoxylum* (Meliaceae), one of plant which known as pasak bumis. This compound obtained in the form of transparent needle crystal (40 mg), melting point 99–101 °C, formula of molecule of  $C_{11}H_{15}NO_3$  and MW = 209. Chemical Structure of the compound conducted by data of spectroscopy UV-VIS, FTIR,  $^1H$  and  $^{13}C$  NMR, HMQC, HMBC, and MS (GC-MS).

**Keywords :** *Aglaia disoxylum*, *Crocidolomia binotalis* Zeller, fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat, Meliaceae, UV-VIS, FTIR,  $^1H$  dan  $^{13}C$  NMR, HMQC HMBC, dan MS (GC-MS)

## 1. PENDAHULUAN

*Aglaia* merupakan genus tumbuhan penting hutan hujan tropik di wilayah Indo-Malesiana. Genus *Aglaia* terdiri dari 105 spesies dan 84 di antaranya ada di Malesia (Mabberley *et al.*, 1995; Pannell, 1992). Menurut Pannell (1992), 52 spesies ada di Kepulauan Sunda Besar, 37 spesies di Australia dan Pasifik Barat, 5 spesies di Wallacea, 1 spesies di Papua Nugini, dan 9 spesies di Kepulauan Sunda Kecil dan Australia. Beberapa spesies kera dan orang utan diketahui memakan biji *Aglaia*, sehingga diduga hewan primata inilah yang menyebarkan spesies

*Aglaia* sampai ke kepulauan Sunda Besar (Mabberley *et al.*, 1995). Beberapa spesies dari genus *Aglaia* yang terdapat di Indonesia antara lain *A. argentea*, *A. duperreana*, *A. disoxylum*, *A. eliiptica*, *A. forbesii*, *A. grandish*, *A. harmsiana*, *A. odorata*, dan *A. tomentosa* (Priyono *et al.*, 2001; Sofnie, 2002).

Tumbuhan genus *Aglaia*, selain dimanfaatkan sebagai insektisida, juga dapat digunakan untuk keperluan lain, seperti kayunya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan perabotan (Mabberley *et al.*, 1995). Sumber lain menyebutkan bahwa kayu tanaman tersebut dimanfaatkan secara komersial (Pennington & Stayles, 1975). Pemanfaatan lain yaitu *A.*

*odorata* digunakan sebagai obat batuk, influenza, pereda iritasi, serta bahan campuran pewangi teh dan pakaian (Mabberley *et al.*, 1995; Pannell, 1992). Selain itu minyak dari kulit akar *A. odoratissima* digunakan sebagai obat untuk depresi yang bekerja pada system syaraf pusat (Mabberley *et al.*, 1995). Bau kulit kayu beberapa spesies *Aglaia* di Papua Nugini dan Kepulauan Solomon dilaporkan menyebabkan mual dan getahnya bersifat sangat kaustik (Diana, 1998).

Salah satu sifat *Aglaia* yang menarik untuk diteliti selama dasawarsa terakhir adalah kandungan kimianya yang memiliki aktivitas insektisida.

*Aglaia disoxylum* (sinonim : *A. angustifolia*) merupakan salah satu spesies tumbuhan dari famili Meliaceae, yang dikenal dengan nama daerah pasak bumis. *A. disoxylum* termasuk tumbuhan berkayu yang tingginya 3,5–8 m dan jarang berbentuk perdu. Warna batang hijau abu-abu atau cokelat muda dengan diameter 10 cm. Panjang daun mencapai 100 cm dan lebar berukuran 13–21 cm (Sofnie, 2002) Beberapa senyawa yang telah berhasil diisolasi dari genus *Aglaia* antara lain rokaglamida, didesmetilkoglamida, siklopentatetrahidrobenzofuran dari buah *A. elliptica* dan ranting *A. dupreana*; sikloartan-3 $\beta$ ,29-diol-24-on, (24R)-sikloartan-24,25-diol-3-on, (24R)-sikloartan-3 $\beta$ , 24,25,28-tetrol, (24R)-sikloartan-3 $\alpha$ ,24,25-triol; (24R)-sikloartan-3 $\beta$ ,24,25-triol dari daun *A. harmsiana*; 2 $\beta$ ,3 $\beta$ -dihidroksi-5 $\alpha$ -pregnane-16-on, 2 $\beta$ ,3 $\beta$ -dihidroksi-5 $\alpha$ -pregnane-17(20)-(Z)-en-16-on, 2 $\beta$ ,3 $\beta$ -dihidroksi-5 $\alpha$ -pregnane-17(20)-(E)-en-16-on dari daun; *A. grandish*; desmetilrokaglamida, metilrokaglat, rokaglaol dari ranting daun *A. odorata*; Argenteanone A, argenteanone B, argenteanol dari daun *A. argentea*; *trans*-2,3-bis(3,4,5-trimetoksibenzil)-1,4-butanedioldiasetat, 20s,24s-epoksi-25-hidroksimetildammarance-3-on, *trans*-2,3-bis(3,4,5-trimetoksi benzil tetrahidrofuran dari kulit batang *A. elaeagnoidea*; 3,4-secotirucallan, 3-monometilester dari kulit batang *A. leucophylla*; dan limonoid dari *A. disoxylum* (Sofni, 2000).

Telah diketahui *Aglaia disoxylum* mengandung senyawa fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbammat (**1**) yang memiliki aktivitas insektisida terhadap ulat kubis *Crociodolomia binotalis* Zeller., yang merupakan hama utama pada tanaman kubis-kubisan seperti kubis, sawi, petsai, lobak dan brokoli

(Kalshoven, 1981).

## 2. METODE PENELITIAN

### Umum

Titik leleh (t.l) ditentukan dengan alat titik leleh merk Bibby Stuart Scientific SMP-10. Pemurnian dilakukan dengan HPLC detektor UV merk Shimadzu LC-9A Spektrum massa ditentukan dengan GC-MS Merck Shimadzu QP 2010, spektrum UV diukur dengan spektrometer UV-VIS Merck Perkin Elmer Lambda 25, spektrum IR diukur dengan spektrometer FTIR Merck Perkin Elmer, dan spektrum <sup>1</sup>H dan <sup>13</sup>C NMR diukur dengan menggunakan spektrometer NMR JEOL JNM ECA 500 yang beroperasi pada 500 MHz dan 125 MHz. Kromatografi apis tipis (KT) dikerjakan dengan menggunakan pelat alumunium berlapis Si gel Merck Kieselgel 60 GF<sub>254</sub>, 0,25 mm. Kromatografi kolom dilakukan dengan Si gel Merck 70 – 200 mesh dan pengelusi n-heksan : etil asetat (1:1). Pengujian aktivitas pengendai serangga menggunakan larva *C. binotalis* Zeller instar II.

### Bahan Tumbuhan

Bahan tumbuhan yang digunakan adalah kulit batang tumbuhan *A. disoxylum* hasil koleksi LIPI Jasinga Bogor pada bulan Januari tahun 2007. Identitas biologi tumbuhan ditentukan oleh Herbarium Bogoriense, Bogor, Indonesia dan spesimennya disimpan di herbarium tersebut .

### Ekstaksi dan Isolasi

Ekstrak etil asetat kulit batang *A. disoxylum* difraksinasi dengan kromatografi kolom menggunakan silika gel (Merck, 70-200 mesh) sebagai fasa diam dan dielusi berturut-turut dengan pelarut n-heksan : etil asetat = 8:1, n-heksan : etil asetat = 8:1 ~ 2:1, n-heksan : etil asetat = 2:1 ~ 1:1, dan etil asetat, etil asetat, dan dtanol menghasilkan lima fraksi utama A (2,4534 g), B (5,6291 g), C (4,9466 g), D (2,8176 g), dan E (5,8954 g) . Fraksi-fraksi yang diperoleh dilakukan uji KLT dengan menggunakan KLT aluminium silika gel GF<sub>254</sub> yang dielusi dengan pelarut n-hksan : etil asetat (1:1). Hasil fraksinasi ini diuji aktivitasnya terhadap hama ulat kubis *C. binotalis* Zeller. Fraksi E yang mempunyai aktivitas tertinggi (LC<sub>50</sub> = 3,57 ppm) selanjutnya difraksinasi dengan campuran pelarut n-heksan : etil asetat

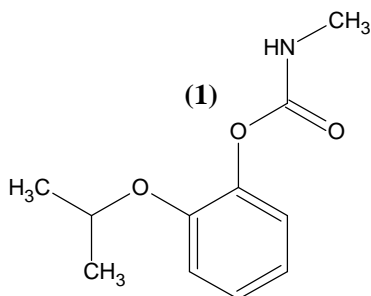
= 1:1, kemudian dikeringudarkan dan direkristalisasi menggunakan pelarut n-heksan – etil asetat.. Kemurnian kristal tersebut diidentifikasi dengan HPLC (1 puncak pada  $\lambda = 218$  nm) menggunakan eluen MeOH : H<sub>2</sub>O (6:4) menghasilkan senyawa (1).

### Penentuan Sifat Toksik

Aktivitas insektisida fraksi E dinyatakan sebagai LC<sub>50</sub>, yaitu konsentrasi sampel yang menyebabkan kematian 50% hama ulat kubis *C. Binotalis* Zeller. Uji dilakukan dengan melarutkan lima fraksi (A-E) hasil fraksinasi ekstrak etil asetat dalam campuran aseton-metanol (3 : 1), kemudian ke dalamnya ditambahkan pengemulsi Juvan 800SL dan diencerkan dengan akuades hingga diperoleh konsentrasi yang diinginkan. Konsentrasi akhir aseton, metanol dan pengemulsi masing-masing 0,75%; 0,25%; 0,05% dan setiap ekstrak diuji pada taraf konsentrasi 2,5; 5; 10; dan 20 ppm. Larutan kontrol berupa air yang mengandung aseton, metanol dan pengemulsi dengan konsentrasi yang sama.

Pengujian dilakukan dengan metode pencilupan. Potongan daun kailan (4 cm x 4 cm) dicelup dalam suspensi fraksi atau larutan kontrol sampai basah, kemudian dikeringudarkan. Daun perlakuan dan kontrol diletakkan dalam cawan petri (diameter 9 cm) yang dialasi kertas tisu, kemudian dimasukkan 10 larva *C. binotalis* instar II ke dalam setiap cawan dengan perlakuan dan kontrol diulang 3 kali. Jumlah larva yang mati diamati pada 24, 48, dan 72 jam setelah perlakuan (JSP). Hari pertama pengamatan, daun diganti dengan daun segar yang telah diberi perlakuan, sedangkan hari kedua pengamatan diganti dengan daun segar tanpa perlakuan. Kemudian data mortalitas tersebut diolah dengan metode probit grafik untuk menentukan nilai LC<sub>50</sub> tiap ekstrak sampel (Koestoni, 1985).

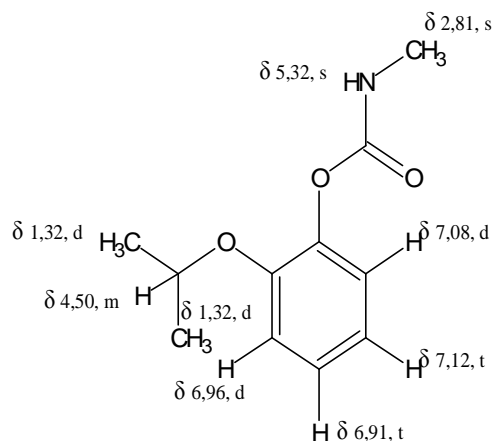
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN



**Fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat (1)**, diperoleh berupa kristal putih bening berbentuk jarum (t.l. = 99-101 °C); UV-Vis (MeOH)  $\lambda_{\text{maks}}$  nm 256,25, 229,09 nm; IR (KBr)  $\nu_{\text{maks}}$  cm<sup>-1</sup>: 3355,79 (N-H), 2945,30, 2832,66 (C-H alifatik), 1718,25 (C=O), 1491,38 cm<sup>-1</sup> (C=C aromatik), 1032,14 (C-O-C); <sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$  ppm: 1,32 (6H, d), 2,81 (3H, s), 4,50 (1H, m), 5,32 (1H, s), 6,91 (1H, t), 6,96 (1H, d), 7,08 (1H, d), 7,12 (1H, t); <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$  ppm: 22,11 (C-metil) ekivalen, 27,70 (C-metil), 71,59 (C-metin), 155,26 (C-karbonil), 115,76, 120,84, 123,48, 126,17 (C-aromatis), 141,42, 150, 13 (C-O aromatis); EIMS (GC-MS) *m/z*: 209 (M+), 152, 137, 112, 110, 92, 81, 64, 53.

Menurut Silverstein *et al.* (1986), serapan maksimum ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) pada 256,25 nm mengindikasikan keberadaan kromofor benzene. Sementara itu menurut Noerdin (1985), pada  $\lambda_{\text{maks}}$  229,09 nm mengindikasikan keberadaan kromofor karbamat Spektrum IR senyawa 1 memperlihatkan adanya pita-pita serapan serapan pada bilangan gelombang ( $\nu$ , cm<sup>-1</sup>) : 3355,79 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan adanya uluran N-H asimetrik, 2945,30 cm<sup>-1</sup> adanya uluran C-H metil asimetrik, 2832,66 cm<sup>-1</sup> adanya uluran C-H tersier, 1718,25 cm<sup>-1</sup> adanya uluran C=O, 1491,38 cm<sup>-1</sup> adanya uluran cincin C=C, dan 1032,14 cm<sup>-1</sup> adanya uluran C-O-C simetrik.

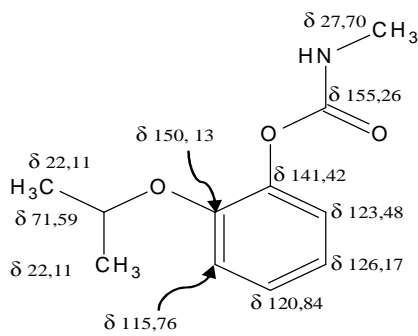
Spektrum <sup>1</sup>H NMR memperlihatkan adanya sinyal proton untuk dua gugus metil yang ekivalen pada  $\delta = 1,32$  ppm (6H, d), proton metil bebas pada  $\delta = 2,81$  ppm (3H, s), proton metin pada  $\delta = 4,50$  ppm (1H, m), dan proton amina pada  $\delta = 5,32$  ppm (1H, s).



**Gambar 2.** Nilai pergeseran kimia (<sup>1</sup>H)

Selanjutnya ditemukan adanya sinyal dengan geseran kimia yang menunjukkan proton yang terikat pada sistem aromatik, yaitu  $\delta = 6,91$  ppm (1H, t),  $\delta = 6,96$  ppm (1H, d),  $\delta =$

7,08 ppm (1H, d), dan  $\delta = 7,12$  ppm (1H, t).

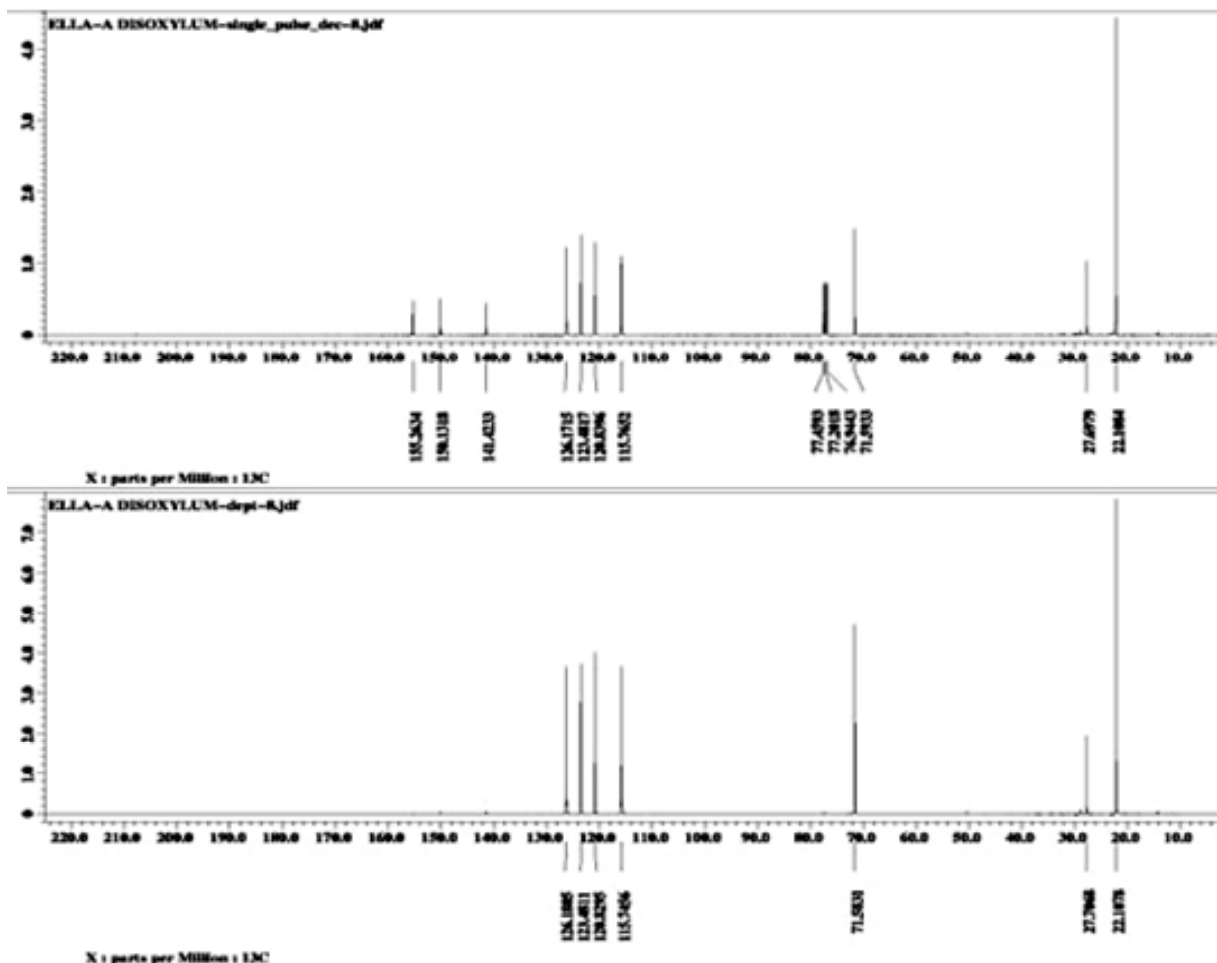


**Gambar 3** Nilai pergeseran kimia ( $^{13}\text{C}$ )

Spektrum  $^{13}\text{C}$ -NMR menunjukkan adanya 11 sinyal, yang terdiri dari 5 sinyal karbon alifatis dengan pergeseran kimia masing pada  $\delta = 22,11$  ppm yang menunjukkan adanya dua atom karbon metil yang ekuivalen,  $\delta = 27,70$  ppm pergeseran kimia suatu gugus metil,  $\delta =$

71,59 ppm memperlihatkan satu atom metin, dan  $\delta = 155,26$  ppm menunjukkan pergeseran kimia atom karbonil. Sisanya 6 sinyal karbon aromatis yang terdiri dari empat sinyal pada pergeseran kimia  $\delta = 115,76$ ; 120,84; 123,48; dan 126,17 ppm untuk atom-atom C aromatik yang tidak mengikat oksigen, dan dua sinyal dengan geseran kimia pada  $\delta = 141,42$  dan 150,13 ppm untuk atom-atom C yang mengikat atom oksigen. Spektrum  $^{13}\text{C}$ -NMR didukung oleh hasil percobaan dengan spektroskopi  $^{13}\text{C}$ -NMR DEPT 135 Data spektrum  $^{13}\text{C}$ -NMR dan  $^{13}\text{C}$ -NMR DEPT 135 $^\circ$  mengindikasikan bahwa senyawa hasil isolasi adalah fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat.

Sinyal  $^1\text{H}$  dan  $^{13}\text{C}$ -NMR dapat dijelaskan secara rinci dengan bantuan spektrum korelasi  $^1\text{H} - ^{13}\text{C}$  COSY kuantum rangkap (HMQC) dan spektrum heteronuklir jarak jauh (HMBC). Data spektrum HMQC (Gambar 39) dan data spektrum HMBC.



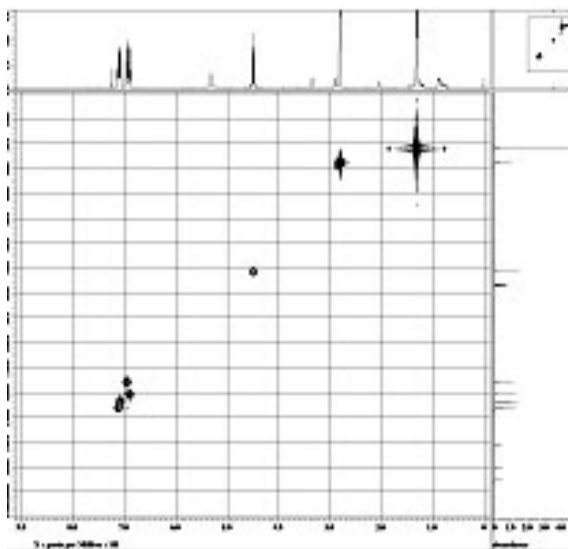
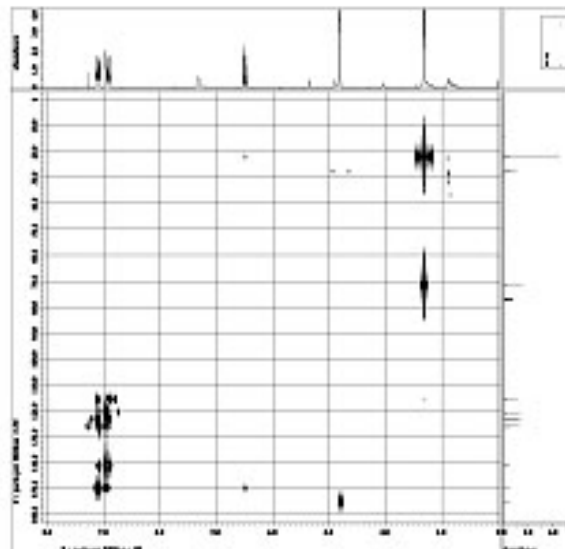
**Gambar 4.** Spektrum  $^{13}\text{C}$ -NMR dan  $^{13}\text{C}$ -NMR DEPT 135 $^\circ$  senyawa 1

**Tabel 1.** Data spektrum HMQC dan HMBC

No.	HMQC		HMBC
	C ( $\delta_C$ , ppm)	H ( $\delta_H$ , ppm)	
1.	22,11	1,32 (6H, d)	22,11 dan 71,59
2.	27,70	2,81 (3H, s)	155,26
3.	71,59	4,50 (1H, m)	22,11 dan 150,13
4.	115,76	6,96 (1H, d)	120,84; 126,17; 141,42; dan 150,13
5.	120,84	6,91 (1H, t)	115,76; 123,48; 141,42; dan 150,13
6.	123,48	7,08 (1H, d)	120,84; 126,17; 141,42; dan 150,13
7.	126,17	7,12 (1H, t)	115,76; 123,48; 141,42; dan 150,13

Data spektrum HMBC membuktikan bahwa senyawa aktif yang diisolasi mengandung gugus aromatik yang memiliki empat proton yang saling berkorelasi dengan enam karbon; yang mana dua atom karbonnya berikatan dengan atom oksigen. Dalam sistem aromatis tersebut terjadi korelasi jarak jauh antara Proton ( $\delta_H = 6,96$  ppm) pada satu atom karbon aromatis yang tidak mengikat oksigen ( $\delta_C = 115,76$  ppm) dengan dua atom karbon aromatis yang tidak mengikat oksigen ( $\delta_C = 120,84$  dan  $126,17$  ppm) dan dua atom karbon

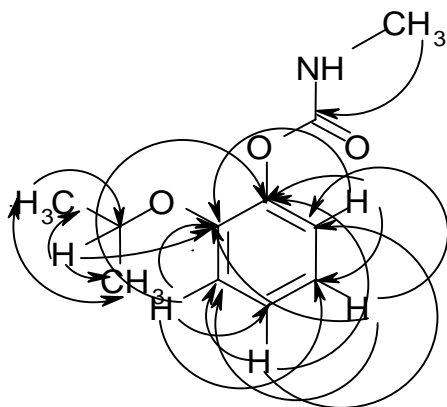
aromatis yang mengikat oksigen ( $\delta_C = 141,42$  dan  $150,13$  ppm). Proton ( $\delta_H = 6,91$  ppm) pada satu atom karbon yang tidak mengikat oksigen ( $\delta_C = 120,84$  ppm) dengan dua atom karbon aromatis yang tidak mengikat oksigen ( $\delta_C = 115,76$  dan  $123,48$  ppm) dan dua atom karbon aromatis yang mengikat oksigen ( $\delta_C = 141,42$  dan  $150,13$  ppm). Proton ( $\delta_H = 7,08$  ppm) pada satu atom karbon yang tidak mengikat oksigen ( $\delta_C = 123,48$  ppm) dengan dua

**Gambar 5.** Spektrum HMQC senyawa 1**Gambar 6.** Spektrum HMBC senyawa 1

atom karbon aromatis yang tidak mengikat oksigen ( $\delta_C = 120,84$  dan  $126,17$  ppm) dan dua atom karbon aromatis yang mengikat oksigen ( $\delta_C = 141,42$  dan  $150,13$  ppm). Pada gugus aromatik terdapat rantai samping yang dapat diketahui dengan adanya hubungan HMBC antara proton ( $\delta_H = 4,50$  ppm) pada karbon metin ( $\delta_C = 71,59$  ppm) dengan dua atom

karbon metil yang ekuivalen ( $\delta_C = 22,11$  ppm) dan satu atom karbon aromatis yang mengikat oksigen ( $\delta_C = 150,13$  ppm), sedangkan proton doublet ( $\delta_H = 1,32$  ppm) pada atom karbon metil ( $\delta_C = 22,11$  ppm) berkorelasi dengan karbon metil yang ekuivalen ( $\delta_C = 22,11$  ppm) dan karbon metin ( $\delta_C = 71,59$  ppm). Begitu pula proton ( $\delta_H = 2,81$  ppm) pada gugus metil ( $\delta_C =$

27,70 ppm) berkorelasi dengan satu atom karbonil ( $\delta_C = 155,26$  ppm). Data NMR seperti diuraikan di atas menyimpulkan bahwa senyawa hasil isolasi adalah fenol-2-(1-



**Gambar 7.** Korelasi HMBC senyawa 1

metiletoksi)-metilkarbamat.

#### 4. KESIMPULAN

Telah berhasil diisolasi senyawa fenol-2-(1-metiletoksi)-metilkarbamat (1) yang berasal dari fraksi etil asetat tumbuhan *A. disosilum* yang bersifat sebagai insektisida terhadap larva ulat kubis *Crociodomia binotalis* Zeller dengan LC<sub>50</sub> sebesar 3,57 ppm.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada staf LIPI Jasinga Bogor dan Herbarium Bogoriense, Bogor yang telah membantu mengidentifikasi spesimen tumbuhan. Terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta atas bantuan dana penelitian PNPB yang diberikan pada tahun anggaran 2007.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad, S.A., *Buku Materi Pokok Kimia Organik Bahan Alam*, Karunika Universitas Terbuka, 1987, Jakarta.
2. Achmad, S.A., Hakim, E.H., Juliawati, L.D., Makmur, L., Syah, Y.M., dan Kasuma, S., Wijaya, R., dan Yendi, V., *Senyawa-Senyawa Alkaloid dan Terpenoid dari Neolitsea cassiifolia (Bl.) Merr dan Litsea firm Hook (Bl.) Hkf (Lauraceae)*, Laporan Penelitian ITB, 1994, Bandung.
3. Achmad, S.A., Hakim, E.H., Juliawati, L.D., Makmur, L., Syah, Y.M., dan Kasuma, S., *Ekplorasi Kimia Tumbuhan Hutan Tropis Indonesia*, Seminar Nasional Etnobotani II, 1995, Yogyakarta.
4. Anonim, "[http:// infolab-online.com](http://infolab-online.com)" 13 Januari 2007, pk. 19.20
5. Anonim, "[www. iptek.net.id.com](http://www.iptek.net.id.com)" 13 Februari 2007, pk. 22.50
6. Arsyad, M. Natsir, *Kamus Kimia – Arti dan Penjelasan Ilmiah*, Gramedia Pustaka Utama, 2001, Jakarta
7. Bobbit, J.M., *Thin Layer Chromatography*, Reinhold Pub. Co., 1963, New York
8. Burchfield, H.P. and Storrs, E.E., *Biochemical Application of Gas Chromatography*. Academic Press. 1962, New York
9. Cordell, G.A., *Introduction to Alkaloid A Biogenetic Approach*, A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, 1981, New York.
10. Creswell, Clifford J, *Analisis Spektrum Senyawa Organik*. ITB, 1982, Bandung.
11. Culvenor, C.C.J. and Fitzgerald, J.S., *A Field Method for Alkaloid Screening of Plant*, J. Pharm. Sci, 1963.
12. Departemen Kesehatan RI, *Pemanfaatan Tanaman Obat*, Edisi II, Dirjrm POM, 1981, Jakarta.
13. Gembong Tjitrosoepomo, *Taksonomi Tumbuhan Obat-Obatan*, Gajah Mada University Press, 1994, Yogyakarta.
14. Guenther, Ernest. *Minyak Atsiri*. UI – Press, 1987, Jakarta
15. Hakim, E.H., Fahriyati, A., Mulhimah, S.K., Achmad, S.A., Makmur, L., Ghisalberti, E.L., and Nomura, T., *J. Nat. Prod.*, 1999, 62, 613-615.
16. Hano, Y., Aida, M., Nomura, T., *J. Nat. Prod.*, 1990, 53(2), 391.
17. Harborne, J.B., *Metode Fitokimia-Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*, Edisi Kedua, ITB, 1987, Bandung.
18. Heyne, K., *Tumbuhan Berguna Indonesia*, Jilid II, Badan Litbang Kehutanan, 1987, Jakarta.
19. Kirchner, J.G., *Thin Layer Chromatography*. Tbn. 2. Elsevier. 1978, Amsterdam
20. Mabberley, D.J., C.M. Pannel & A.M. Sing, *Flora Malesiana : Vol. 12, Part 1, Meliaceae*, Foundation Flora Malesiana, 1955, Leiden, Netherland.
21. Matsjeh, S., *Screening Senyawa Metabolit Sekunder Alkaloid dan Flavonoid di Dalam*

- Beberapa Tumbuh-Tumbuhan Obat Tradisional*, FMIPA UGM, 1988, Yogyakarta.
22. Pannel, C.M., *A Taxonomic Monograph of Genus Aglaia Lour. (Meliaceae)*, New Bulletin Additional Series XVI, HMSO, 1992, London, pp. 1-17, 337-341.
23. Pennington, T.D. & B.T. Stayles, *A Generic Monograph of Meliaceae*, 1975, Blumea 22 : 419-540.
24. Prijono, D.E., Syahputra, B.W., Bugroho & Simanjuntak, P., *Aktivitas Lima Jenis Insektisida Alami terhadap Ulat Krop Kubis Crocidolomia Binotalis Zeller*, Prosiding Seminar Nasional III PEI Cabang Bogor, 2001, Bogor: 72-82.
25. Scott, A. L. *Interpretation of the Ultraviolet Spectra of Natural Products*. Pergamon Press, 1964, Oxford
26. Silverstein, R.M., G.C. Bassler & T.C. Morrill, *Spektrometric Identification of Organic Compounds*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1986, New York.
27. Sofnie, M.C., *Isolasi dan Elusidasi Struktur Kimia Senyawa Bioaktif Inektisida Ekstrak Etil Asetat Kulit Batang Aglaia Angustifolia (Meliaceae)* Tesis, Program Studi Magister Ilmu Kimia, Fakultas MIPA Universitas Indonesia, 2002, Depok.
28. Sudjadi, *Penentuan Struktur Senyawa Organik*, Ghalia Indonesia, 1983, Jakarta
29. Williams, Dudley H. and Ian Fleming, M. A., Ph. D., *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry*. McGraw – Hill Book Company, 1985. England