



KEMENTERIAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN TANAMAN

Bunga Rampai

Biofarmaka Kehutanan Indonesia

dari Tumbuhan Hutan untuk
Keunggulan Bangsa dan Negara





KEMENTERIAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN TANAMAN

Bunga Rampai

***Biofarmaka
Kehutanan
INDONESIA***

*dari Tumbuhan Hutan untuk
Keunggulan Bangsa dan Negara*

Bunga Rampai Biofarmaka Kehutanan Indonesia dari Tumbuhan Hutan untuk Keunggulan Bangsa dan Negara

Tim Penyusun:

Ketua:

Drh. Zuraida, M.Si

Sekretaris:

Dr. Hani Sitti Nuroniah, S.Si, M.Si

Anggota:

1. Dr. Dra. Tati Rostiwati, M.Si
2. Dr. Ir. H. Titiek Setyawati, M.Sc
3. Prof. Dr. Ir. H. Latifah, K. Darusman, MS
4. Prof. Dr. Ir. Suminar S. Achmadi
5. Dr. Ir. Ervival A.M. Zuhud
6. Ir. M. Januwati, MS
7. Dr. Yulin Lestari
8. Dr. Munif Ghulammahdi
9. Dr. Drh. Mien Rahminiwati
10. Dr. Dyah Iswantini, M.Agr
11. Drh. R.P. Agus Lelana, SpMP, M.Si
12. Dr. Judhi Rachmat
13. Drs. Edy Djauhari, M.Si
14. Siti Sadiyah, Apt., M.Si
15. Dr. Syamsul Falah, S.Hut, M.Si
16. Novia Widyaningtyas, S.Hut, M.Sc

Editor:

Prof. Dr. Ir. Djaban Tinambunan, MS

Ir. Ari Wibowo, M.Sc

ISBN: 979-979-3819-56-3

Tata letak / Desain:

Bintoro, S.Kom

Diterbitkan Oleh:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman

Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan

Kementerian Kehutanan

Tahun 2009

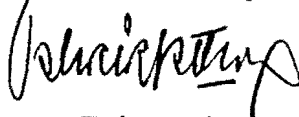
KATA PENGANTAR

Biofarmaka sektor kehutanan merupakan salah satu potensi kehutanan Indonesia yang belum digarap dengan maksimal. Padahal dengan transformasi ekonomi maupun sosial-budaya, potensi biofarmaka kehutanan Indonesia akan memberikan nilai tambah yang luar biasa bagi masyarakat, bangsa dan negara Indonesia. Selain memenuhi kebutuhan industri obat herbal di dalam dan luar negeri, biofarmaka kehutanan memiliki arti yang penting bagi masyarakat di sekitar hutan. Sumber ekonomi hasil hutan non-kayu ini, dapat menjadi titik-tolak adanya perubahan cara pandang dan perilaku masyarakat terhadap keberadaan hutan.

Konsep dasar dan arah pengembangan Biofarmaka Sektor Kehutanan kedepannya, serta hasil-hasil penelitian yang relevan dengan topik tersebut diungkapkan dalam buku ini. Pengungkapan konsep tersebut didasarkan atas pengalaman, hasil-hasil penelitian, hasil kajian/survey potensi dan pemanfaatan produk biofarmaka. Tim Penyusun buku dengan judul “Bunga Rampai Biofarmaka Kehutanan Indonesia dari Tumbuhan Hutan untuk Keunggulan Bangsa dan Negara” melibatkan peneliti dari berbagai instansi yang terkait dengan tumbuhan obat, antara lain: peneliti dari Pusat Litbang Hutan Tanaman, Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam, Pusat Litbang Hasil Hutan, Pusat Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Studi Biofarmaka, LPPM Institut Pertanian Bogor, Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Jurusan Biokimia Institut Pertanian Bogor, yang bekerja berdasarkan SK Kepala Badan Litbang Kehutanan No : SK. 32/VIII-P3HT/2009.

Kepada para pihak yang telah banyak berkontribusi dalam penyusunan buku ini diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya. Semoga buku ini bermanfaat bagi seluruh pengguna.

Bogor, Desember 2009
Kepala Badan Litbang Kehutanan



Dr. Ir. Tachrir Fathoni, M. Sc
NIP. 19560929 198202 1 001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
BAB I STATE OF THE ART BIOFARMAKA KEHUTANAN	1
PERKEMBANGAN BIOFARMAKA KEHUTANAN	
Zuraida, Agus Lelana dan Hani Sitti Nuroniah	3
BAB II PELUANG DAN PROSPEK PENGEMBANGAN	
BIOFARMAKA KEHUTANAN INDONESIA	15
HUTAN TROPIKA INDONESIA SEBAGAI GUDANG OBAT	
BAHAN ALAM BAGI KESEHATAN MANDIRI BANGSA	
Ervizal A.M. Zuhud dan Agus Hikmat.....	17
TANTANGAN DAN ARAH PENGEMBANGAN BIOFARMAKA	
KEHUTANAN	
(Yulin Lestari, Dyah Iswantini, Latifah, K. Darusman, Edy Djauhari,	
Munif Ghulammahdi), dan Ervizal A.M. Zuhud	29
BAB III STRATEGI PENGEMBANGAN BIOFARMAKA	
KEHUTANAN INDONESIA.....	43
STRATEGI PENGEMBANGAN BIOFARMAKA KEHUTANAN	
PELAJARAN TERPETIK DARI KALIMANTAN TIMUR	
Suminar Setiati Achmadi.....	45
STRATEGI PENGEMBANGAN TUMBUHAN OBAT BERBASIS	
KONSEP BIOREGIONAL	
(Contoh Kasus Taman Nasional Meru Betiri di Jawa Timur)	
Ervizal A.M. Zuhud, Agus Hikmat dan Siswoyo.....	53
STRATEGI KONSERVASI DAN PENGELOLAAN	
KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN OBAT HUTAN TROPIKA	
INDONESIA	
Ervizal A.M. Zuhud, Siswoyo, Agus Hikmat dan Edhi Sandra.....	65

**PENGEMBANGAN SAINS DAN TEKNOLOGI FITOKIMIA
BIOFARMAKA KEHUTANAN**

Judhi Rachmat89

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BIOFARMAKA
KEHUTANAN INDONESIA**

Dyah Iswantini, Latifah, K. Darusman, Edy Djauhari,
Mien Rahminiwati, Yulin Lestari dan Susi Indariani 105

**PENGEMBANGAN MUTU BIOFARMAKA KEHUTANAN
BERBASIS GACP (GOOD AGRICULTURE COLLECTION
PRACTICES)**

M. Januwati..... 123

BAB IV PENELITIAN TUMBUHAN BIOFARMAKA

KEHUTANAN 137

**STATUS PENELITIAN TUMBUHAN OBAT DI BADAN
LITBANG KEHUTANAN**

Titiek Setyawati..... 139

AKAR KUNING SEBAGAI HEPATOPROTEKTOR

Suminar S. Achmadi, Irmanida Batubara, Irma H. Suparto,
Muhammad Raffi, Andre Gunawan 153

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA FENOLIK DARI
KULIT KAYU MAHONI (*Swietenia macrophylla* KING) DAN
GMELINA (*Gmelina arborea* ROXB.) DAN AKTIVITAS
ANTIOKSIDANNYA**

Syamsul Falah, Takeshi Katayama, Toshisada Suzuki..... 165

**TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN HUTAN
BERKHASIAT OBAT**

Tati Rostiwati 189

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA FENOLIK DARI KULIT KAYU MAHONI (*Swietenia macrophylla* KING) DAN GMELINA (*Gmelina arborea* ROXB.) DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDANNYA

Syamsul Falah¹, Takeshi Katayama², Toshisada Suzuki²

I. PENDAHULUAN

Kulit adalah suatu bagian dari tumbuhan vaskuler yang terdiri dari seluruh jaringan di bagian luar dari kambium. Kulit memiliki beberapa fungsi bagi tumbuhan. Kulit melindungi tumbuhan dari serangan mikroorganisma, serangga, dan mamalia, dan dari unsur kimia di atmosfer (Laver, 1994). Kulit juga berkontribusi terhadap kekuatan mekanis dari batang. Di industri pengolahan kayu, kulit merupakan limbah yang potensinya cukup besar. Terkadang digunakan sebagai sumber panas bagi industri pengeringan kayu. Perakat berbasis tannin dari kulit dapat mensubstitusi resin fenolik dan dapat digunakan untuk memproduksi papan partikel (Kim, 2003). Di beberapa negara, kulit telah digunakan sebagai sumber obat-obatan untuk berbagai jenis penyakit. Obat alami yang telah terkenal dari kulit kayu adalah kulit kina (*Cinchona officinalis*) yang digunakan sebagai antimalaria lebih dari dua abad. Kulit juga berpotensi sebagai sumber antioksidan. Pycnogenol, ekstrak dari kulit *Pinus maritima* telah digunakan sebagai sumber antioksidan (Packer *et al.*, 1999).

Penelitian ini menggunakan kulit kayu mahoni (*Swietenia macrophylla* King) (Meliaceae) dan kulit kayu gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) (Verbenaceae). Penelitian komponen kimia dari kulit *S. macrophylla* dan *G. arborea* tidak hanya untuk pemanfaatannya, tapi juga untuk memahami fungsi biokimia dari kulit kayu tersebut. Kulit kayu merupakan limbah dari industri pengolahan kayu. Sedangkan berbagai penelitian menunjukkan bahwa kulit kayu merupakan sumber potensial berbagai senyawa bioaktif seperti senyawa antioksidan (Dutta *et al.*, 2007) antidiabetes (Babu *et al.*, 2007) dan antifungi (Kofujita *et al.*, 2006).

Swietenia macrophylla dikenal sebagai mahoni berdaun besar atau mahoni Honduras, tersebar secara alami di Amerika Tengah dan Amerika Selatan. (Brown *et al.*, 2003; Lamb *et al.*, 1966). Kayu mahoni sangat baik digunakan untuk furnitur, *fancy veneer*, panel, instrumen alat musik, ukir-ukiran, dan patung. Daunnya dapat digunakan untuk bahan pewarna alami (Mahale *et al.*, 2006). Bijinya telah digunakan oleh suku Amazon Bolivia sebagai obat aborsi (Bourdy *et al.*, 2000) digunakan secara tradisional pada penyakit hipertensi, diabetes, dan malaria oleh masyarakat lokal di

1 Departemen Biokimia, Fakultas MIPA, IPB

2 Department of Applied Biological Science, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Japan

Indonesia (Kadota, *et al.*, 1990) dan memiliki aktivitas antibabesial (Murnigsih dkk., 2005) dan antidiare (Maiti dkk., 2007). *S. macrophylla* digunakan untuk penanaman kembali hutan (*afforestation*) dan ditanam diberbagai tempat di Indonesia karena pertumbuhannya cepat dan mudah beradaptasi dengan berbagai tempat tumbuh. Meskipun nama kayu mahoni diberikan juga kepada *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. yang juga dikenal sebagai *West Indian mahogany*, spesies ini sekarang sangat jarang ditemukan karena eksploitasi yang berlebihan.

Berbagai senyawa tetranortriterpenoid atau limonoid berhasil diisolasi dari biji *S. macrophylla*, yaitu: swietenin (Solomon *et al.*, 2003), swietenolide (Connolly *et al.*, 1965), swietenolide diacetate (Chan *et al.*, 1976), augustineolide, dan 3b,6-dihydroxydihydrocarapin (Mootoo *et al.*, 1976). Berbagai asam lemak dan terpenoid juga dilaporkan dari biji. γ -Himachalene, germacrene D, germacrene A, cadina-1,4-diena, asam heksadekanoat, dan etil heksadekanoat adalah komponen minyak atsiri dari pucuk segar dan daun dewasa *S. macrophylla* (Soares *et al.*, 2003)

Penelitian mengenai senyawa dari kulit kayu *S. macrophylla* belum dilakukan, meskipun dari kulit dan kayu *S. mahagoni* telah diisolasi lima senyawa terpen tipe limonoid yang memiliki di- atau mono-orthoester (Swietenialide A-E) dan 2-hydroxyswietenine (Saad *et al.*, 2003), dan cycloeucalenol (Amorós-Marín *et al.*, 1959). Sedangkan dari bijinya telah diisolasi 18 tetra nortriterpenoid (swietenin B-F, tiga senyawa acylswietenolides, tujuh senyawa swietemahonin (A-G), swietemahonolide, mahonin, dan secomahoganin (Kadota *et al.*, 1990).

Gmelina arborea Roxb. telah digunakan sebagai kardiotonik dalam system pengobatan tradisional India (Somanadhan *et al.*, 1999). Kulit batang dapat digunakan sebagai anti diare²⁴ dan demam (Agunu *et al.*, 2005). Daunnya digunakan untuk sakit perut (Kala, 2005) dan batuk, *gonorrhoea*, *ulcer*, sengatan kalajengking, dan gigitan ular berbisa (Sharma *et al.*, 2001)

G. arborea termasuk jenis tumbuhan cepat tumbuh (*fast-growing tree species*) (Haggar *et al.*, 1998). Ditanam menyebar di negara-negara Asia Tenggara seperti Myanmar, Thailand, Vietnam, Indonesia, dan Philippina (Jensen, 1995) dan di negara-negara tropis Afrika dan Amerika Latin (Evans, 1982). Kayunya sangat cocok digunakan untuk molding, furnitur, *interior wood working*, kapal, kayu lapis (Wang, 2004) pulp dan kertas (Ali *et al.*, 1993). Beberapa senyawa telah diisolasi dan diidentifikasi dari *G. arborea*. Lignans (Anjaneyulu *et al.*, 1972), iridoid glikosida (Kawamura *et al.*, 2005), senyawa flavonoid (Nair *et al.*, 1975), furanoresorsinol (Olatunji, 1999), and an isoxazole alkaloid telah diisolasi dari kayu teras (Barik *et al.*, 1992). Sebuah kumarin glikosida yang mengandung apiosa diisolasi dari akar (Satyanarayana *et al.*, 1985). Daunnya mengandung senyawa luteolin (sebuah flavone) (Rao *et al.*, 1967), alkaloid (Bhattacharjee and Das, 1969), and gmelinosida (sebuah iridoid glikosida terasetilasi) (Hosny and Rosazza, 1998). Lignan dari kayu teras *G. arborea*, yaitu (+)-arboreol, (+)-paulownin, (+)-gmelinol, and (+)-epieudesmin menunjukkan aktivitas antifungi (Kawamura *et al.*, 2004). Tetapi senyawa dari kulit kayu belum pernah dilaporkan.

Penelitian ini mengisolasi dan mengidentifikasi beberapa senyawa fenolik dari kulit kayu *S. macrophylla* King dan *G. arborea* Roxb. dan menguji aktivitas antioksidannya dengan metode penangkapan radikal bebas DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl).

II. BAHAN DAN METODE

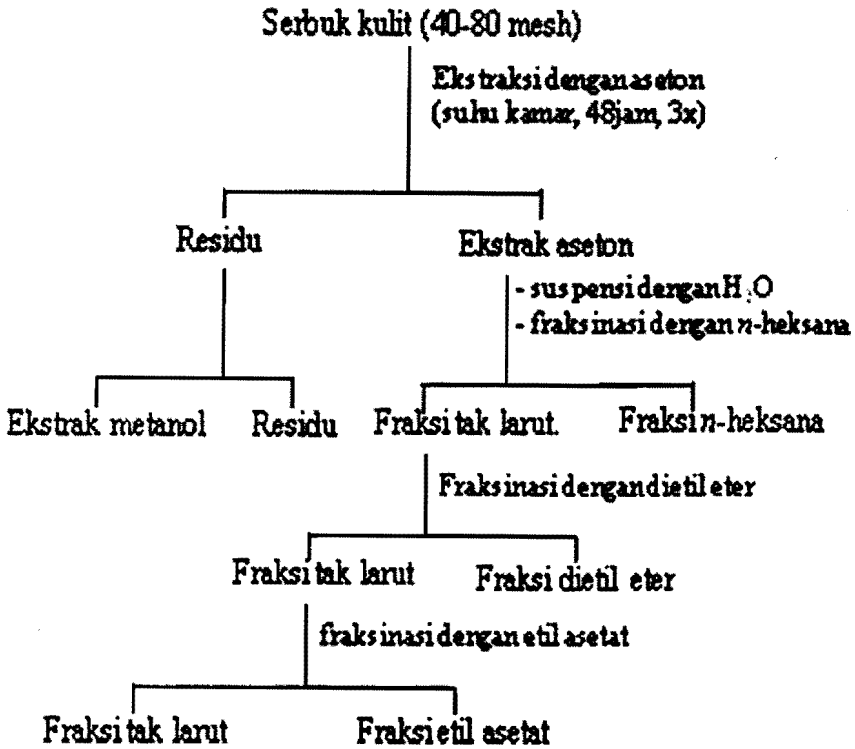
A. Alat dan Bahan

Kolom kromatografi berupa kolom berisi silika gel (Merck silica gel 60, 230-240 mesh, ASTM). Kromatografi lapis tipis (TLC, *Thin Layer Chromatography*) menggunakan plat kaca yang dilapisi silika gel (Merck silica-gel 60 F₂₅₄). HPLC preparasi dan analisis menggunakan detector JASCO MD-2010 plus dilengkapi JASCO UV-970 intelligent UV/Vis (280 nm) dan Shimadzu Chromatopac C-R6A, menggunakan kolom fase normal (TO-SOH, TSK-GEL ODS-80TS, 250 x 4.6mm dan 300 x 7.8 mm, *stainless steel*). Spektra ¹H dan ¹³C NMR (Nuclear magnetic resonance)(400 MHz) dan spektra dua dimensi NMR [¹H-¹H correlation spectroscopy (COSY), nuclear overhauser effect (NOE) spectroscopy (NOESY), ¹H detected multiple quantum coherence (HMQC) spectroscopy, and ¹H detected multiple bond connectivity (HMBC) spectroscopy] dideterminasi dengan spektrofotometer JEOL JNM Alpha 400 FT-NMR menggunakan tetramethylsilane sebagai standar internal. Spektra massa dilakukan menggunakan spektrometer massa JEOL JMS-SX102A. Spektra infra merah dilakukan dengan metode Fourier-transform Infra Red menggunakan spektrofotometer Jasco FT/IR-670 Plus. Spektra UV dilakukan dengan spektrofotometer Shimadzu UV 1600.

Kulit kayu *S. macrophylla* dan *G. arborea* diperoleh dari daerah Sumedang, Jawa Barat. Kulit kayu dibuat serbuk berukuran 40-80 mesh dengan alat Wiley Mill. Contoh spesimen disimpan di Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Winaya Mukti, Bandung.

B. Ekstraksi dan Fraksinasi

Serbuk kulit kayu diekstraksi dengan aseton selama 48 jam pada suhu ruangan dan diulang 3 kali sehingga diperoleh ekstrak aseton. Selanjutnya serbuk diekstraksi ulang dengan metanol dengan cara yang sama diperoleh ekstrak metanol. Larutan ekstrak aseton dilarutkan dengan 50 ml air. Kemudian larutan tersebut difraksinasi secara berurutan dengan *n*-heksana, dietil eter, dan etil asetat sehingga diperoleh fraksi *n*-heksana, fraksi dietil eter, dan fraksi etil asetat.



Gambar 1. Skema ekstraksi dan fraksinasi kulit kayu *S. mahogany* dan *G. arborea*

C. Isolasi dan Identifikasi Senyawa dari Kulit Kayu Mahoni

Fraksi etil asetat dipisahkan pada kolom berisi silika gel dengan pelarut *n*-heksan/etil asetat (secara bertahap mulai 100:0 sampai 0:100) kemudian dengan metanol 100% untuk menghasilkan sembilan fraksi (fr. 1 s.d. fr. 9). Fr. 5 dilakukan kromatografi ulang dengan kolom kromatografi [$\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH} = 80:20$, (v/v) sebagai pelarut] menghasilkan delapan fraksi (fr. 5-1 s.d. 5-8). Fr. 5-3 dimurnikan dengan TLC [$\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH} = 75:25$, (v/v) sebagai larutan pengembang] untuk menghasilkan delapan fraksi (fr. 5-3-1 s.d. 5-3-8). Kemudian fraksi 5-3-5 dimurnikan dengan HPLC [laju alir 2.0 ml/menit, UV 255 nm, pengelusi: $\text{MeOH}/\text{H}_2\text{O}$ (30:70, v/v)] menghasilkan senyawa 1 (3.5 mg) dan senyawa 3 (3.9 mg). Fraksi dietil eter dipisahkan pada kolom berisi silika gel (*n*-heksan/Etil asetat = 100:0 sampai 0:100) menghasilkan sembilan fraksi (fr. 1' s.d. 9'). Fr. 7' kemudian dipisahkan dengan sebuah kolom Sep-*pak* C18 (EtOAc/*n*-hexane = 20:80 to 100:0) menghasilkan enam fraksi

(fr. 7⁻¹-1 s.d. 7⁻¹-6). Fr. 7⁻¹-1 dimurnikan dengan TLC preparatif [$\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH} = 85:15$ (v/v)] menghasilkan delapan fraksi (7⁻¹-1-1 s.d. 7⁻¹-1-8). Fr. 7⁻¹-1-6 dimurnikan ulang dengan HPLC preparatif [laju alir 2.0mL/min, deteksi: UV 280 nm, pelarut: MeOH/ H_2O (30:70, v/v)] menghasilkan senyawa **2** (5,6 mg).

Senyawa **1**. Mp. 202-204°C. IR (KBr): $\nu_{\text{max}} \text{cm}^{-1}$ 3366, 1743, 1618, 1524, 1449, 1282, 1112. FAB-MS m/z : 505 [$\text{M}+\text{Na}$]⁺, 483 [$\text{M}+\text{H}$]⁺, 482 [M]⁺. Data ¹H dan ¹³C NMR (CD_3OD), lihat Tabel 1.

Senyawa **2**. IR (KBr): $\nu_{\text{max}} \text{cm}^{-1}$ 3367, 1608, 1521, 1467, 1285, 1145, 818. FAB-MS m/z : 291 [$\text{M}+\text{H}$]⁺. ¹H NMR (CD_3OD): δ 2.50 (1H, dd, $J = 16.1, 8.1$ Hz, 4-Hb), 2.84 (1H, dd, $J = 16.1, 5.4$ Hz, 4-Ha), 3.97 (1H, m, 3-H), 4.56 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, 2-H), 5.85 (1H, s, 8-H), 5.92 (1H, br. s, 6-H), 6.71 (1H, dd, $J = 8.3, 2.0$ Hz, 6'-H), 6.76 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, 5'-H), 6.83 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, 2'-H). ¹³C NMR (CD_3OD): δ 28.6 (C-4), 68.9 (C-3), 82.9 (C-2), 95.5 (C-6), 96.3 (C-8), 100.9 (C-4a), 115.3 (C-2'), 116.1 (C-5'), 120.1 (C-6'), 132.3 (C-1'), 146.2 (C-3'), 146.3 (C-4'), 156.9 (C-8a), 157.6 (C-5), 157.9 (C-7).

Senyawa **3**. IR (KBr): $\nu_{\text{max}} \text{cm}^{-1}$ 3366, 1606, 1520, 1283, 1146, 1094, 825. FAB-MS m/z : 329 [$\text{M}+\text{K}$]⁺, 313 [$\text{M}+\text{Na}$]⁺, 291 [$\text{M}+\text{H}$]⁺. ¹H NMR (CD_3OD): δ 2.73 (1H, dd, $J = 16.8, 2.7$ Hz, 4-Ha), 2.86 (1H, dd, $J = 16.7, 4.0$ Hz, 4-Hb), 4.17 (1H, m, $J = 1.5$ Hz, 3-H), 4.81 (1H, br.s, 2-H), 5.91 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, 8-H), 5.93 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, 6-H), 6.75 (1H, dd, $J = 8.1, 2.2$ Hz, 6'-H), 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, 5'-H), 6.97 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, 2'-H). ¹³C NMR (CD_3OD): δ 29.3 (C-4), 67.5 (C-3), 79.9 (C-2), 95.9 (C-6), 96.4 (C-8), 100.1 (C-4a), 115.3 (C-2'), 115.9 (C-5'), 119.4 (C-6'), 132.3 (C-1'), 145.8 (C-4'), 146.0 (C-3'), 157.4 (C-8a), 157.7 (C-5), 158.0 (C-7).

Tabel 1. Data ^1H and ^{13}C NMR senyawa 1

Posisi	^1H (δ)	^{13}C (δ)
2	4.73 (d, $J = 7.1$ Hz)	82.8
3	4.01 (m)	68.6
4	2.83 (dd, $J = 16.3, 5.1$ Hz)	28.3
	2.60 (dd, $J = 16.4, 7.4$ Hz)	
5		156.2
6	6.10 (s)	95.9
7		153.1
8		104.3
4a		103.9
8a		153.1
9	4.43 (dd, $J = 7.4, 4.8$ Hz)	31.4
10	2.46 (dd, $J = 14.2, 7.5$ Hz)	45.0
	2.64 (dd, $J = 14.3, 4.8$ Hz)	
1'		132.2
2'	6.85 (d, $J = 2.0$ Hz)	115.3
3'		146.1
4'		146.3
5'	6.77 (d, $J = 8.1$ Hz)	116.1
6'	6.73 (dd, $J = 8.3, 2.0$ Hz)	119.7
1''		116.2
2''		146.6
3''	6.45 (s)	104.2
4''		146.3
5''		142.3
6''	6.63 (s)	114.9
-C=O		174.4
-OCH ₃	3.44 (s)	51.9

D. Isolasi dan Identifikasi Senyawa dari Kulit Kayu Gmelina

Fraksi dietil eter dari kulit kayu gmelina dipisahkan pada sebuah kolom berisi silika gel (*n*-hexane/EtOAc = 100:0 to 0:100 sebagai pengelusi, ukuran kolom 300 x 21mm Ø) menghasilkan 120 fraksi. Berdasarkan spektra UV-visible (280nm) fraksi-fraksi tersebut dikelompokkan menjadi tujuh fraksi, fr. I (fr. 1-36), fr. II (fr. 37-53), fr. III (fr. 54-74), fr. IV (fr. 75-90), fr. V (fr. 91-102), fr. VI (fr. 103-110), dan fr. VII (fr. 111-120). Fr. III dimurnikan dengan HPLC preparatif [MeOH/H₂O = 20:80 (v/v), sebagai pelarut] menghasilkan senyawa 1' (16.3mg). Fr. IV dipisahkan dengan TLC [*n*-hexane/EtOAc = 1:4 (v/v), sebagai larutan pengembang] menghasilkan sembilan fraksi (fraksi IV-1 s.d. IV-9). Fr. IV-2 (R_f 0.81) dipisahkan kembali dengan TLC [*n*-hexane/EtOAc = 1:4 (v/v)] menghasilkan empat fraksi (fraksi IV-2-1 s.d. IV-2-4), dan fr. IV-2-3 (R_f 0.56) dimurnikan dengan HPLC preparatif [MeOH/H₂O = 30:70 (v/v)] menghasilkan senyawa 2' (9.7mg). Fr. IV-3 (R_f 0.75) dimurnikan dengan TLC [*n*-hexane/EtOAc = 1:4 (v/v)] menghasilkan lima fraksi (fraksi IV-3-1 s.d. IV-3-5) dan

fr. IV-3-3 (R_f 0.56) dimurnikan dengan HPLC preparatif [MeOH/H₂O = 45:55 (v/v)] menghasilkan senyawa 3' (0.8mg).

Fraksi etil asetat dipisahkan pada sebuah kolom berisi silika gel [*n*-hexane / EtOAc = 100:0 s.d. 0:100 (v/v)] menghasilkan 67 fraksi. Fraksi-fraksi dikelompokkan dengan deteksi UV (280 nm) menjadi sembilan fraksi, fr. I' (frs. 1-10), fr. II' (frs. 11-15), fr. III' (frs. 16-20), fr. IV' (frs. 21-25), fr. V' (frs. 26-34), fr. VI' (frs. 35-45), fr. VII' (frs. 46-53), fr. VIII' (frs. 54-58), dan fr. IX' (frs. 59-67). Fr. VIII' dipisahkan dengan TLC [CH₂Cl₂/MeOH = 85:15 (v/v)] menghasilkan sembilan fraksi (fraksi VIII'-1 s.d. VIII'-9). Fr. VIII'-3 (R_f 0.47) dimurnikan dengan TLC [CH₂Cl₂/MeOH = 80:20 (v/v)] menghasilkan tujuh fraksi (fraksi VIII'-3-1 s.d. VIII'-3-7). Fr. VIII'-3-3 (R_f 0.56) dimurnikan dengan HPLC preparatif [MeOH/H₂O=40:60 (v/v)] menghasilkan senyawa 4' (23.4mg).

Ekstrak metanol dipisahkan pada sebuah kolom berisi silika gel [*n*-hexane / EtOAc = 100:0 s.d. 0:100 (v/v), ukuran kolom 450 x 51 mm Ø] menghasilkan 150 fraksi. Fraksi-fraksi dikumpulkan menjadi 12 fraksi, fr. I'' (fraksi 1-25), fr. II'' (fr. 26-38), fr. III'' (fr. 39-50), fr. IV'' (fr. 51-63), fr. V'' (fr. 64-73), fr. VI'' (fr. 74-84), fr. VII'' (fr. 85-95), fr. VIII'' (fr. 96-112), fr. IX'' (fr. 113-120), fr. X'' (fr. 121-128), fr. XI'' (fr. 129-138), dan fr. XII'' (fr. 139-150). Fr. IV'' dipisahkan dengan TLC [*n*-hexane/EtOAc = 1:4 (v/v)] menghasilkan sembilan fraksi (fraksi IV''-1 s.d. IV''-9), dan fr. IV''-7 (R_f 0.44) adalah senyawa 5' (3.7mg). Fr. V'' dimurnikan dengan TLC [CH₂Cl₂/MeOH = 85:15 (v/v)] menghasilkan sembilan fraksi (fraksi V''-1 s.d. V''-9). Fr. V''-4 (R_f 0.75) dimurnikan dengan TLC [CH₂Cl₂/MeOH = 85:15 (v/v)] menghasilkan senyawa 6' (2.2mg) (R_f 0.47). Struktur kimia senyawa terisolasi diidentifikasi dengan spektra massa EI dan FAB dan ¹H dan ¹³C NMR.

Senyawa 1'. Mp. 89-92°C (lit. 91°C).⁴⁶ IR (KBr): ν_{\max} cm⁻¹ 3389, 3149, 2879, 2512, 1599, 1513, 1452, 1363, 1233, 1105. EI-MS m/z (rel. int.): 138 [M]⁺ (60), 107 (100), 77 (60). ¹H NMR (CDCl₃): δ 2.80 (2H, t, J = 6.6 Hz, 7-H₂), 3.82 (2H, br. t, J = 6.6 Hz, 8-H₂), 4.97 (1H, br. s, Ar-4-OH), 6.78 (2H, d, J = 8.3 Hz, equivalent, 3- dan 5-H), 7.10 (2H, d, J = 8.5 Hz, equivalent, 2- dan 6-H).

Senyawa 2'. [α]_D²⁰ +33° (c 0.090, MeOH). IR (KBr): ν_{\max} cm⁻¹ 3398, 1663, 1593, 1518, 1332, 1211, 1133. EI-MS m/z (rel. int.): 356 [M]⁺ (21), 338 [M-H₂O]⁺ (100), 326 [M-CH₂O]⁺ (56), 165 (32), 152 (28), 151 (18), 137 (22), 115 (27), 77 (39). ¹H NMR (CDCl₃): δ 3.69 (1H, m, 8-H), 3.88 (3H, s, 3-OCH₃), 3.94 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.96-4.00 (2H, sebagian tumpang tindih, 9-H₂), 5.63 (1H, s, Ar-OH), 5.65 (1H, d, J = 7.1 Hz, H-7), 6.62 (1H, dd, J = 15.7, 7.7 Hz, 8'-H), 6.90 (3H, br. s, 2-, 5-, dan 6-H), 7.05 (1H, br. s, 2'-H), 7.14 (1H, br. s, 6'-H), 7.42 (1H, d, J = 15.6 Hz, 7'-H), 9.66 (1H, d, J = 7.8 Hz, 9'-CHO).

Senyawa 3'. EI-MS m/z (rel. int.): 402 [M]⁺ (100), 236 (23), 221 (19), 207 (21), 179 (51), 177 (44), 167 (42), 166 (68), 165 (61), 151 (61), 139 (31), 95 (20). ¹H NMR (CDCl₃): δ 3.13 (1H, m, 8-H), 3.32 (1H, t, J = 9.4 Hz, 9a-H), 3.72 (1H, d, J = 9.5 Hz, 9'a-H), 3.89 (3H, s, 4-OCH₃), 3.90 (3H, s, 3-OCH₃), 3.91 (3H, s, 4'-OCH₃),

3.92 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.98 (1H, t, $J = 9.1$ Hz, 9b-H), 4.23 (1H, d, $J = 9.3$ Hz, 9'b-H), 4.61 (1H, s, 7'-H), 5.23 (1H, d, $J = 6.3$ Hz, 7-H), 6.84 (1H, dd, $J = 8.4, 1.3$ Hz, 6-H), 6.87 (1H, d, $J = 8.3, 5$ -H), 6.90 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, 2-H), 6.91 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, 5'-H), 6.95 (1H, dd, $J = 8.3, 1.7$ Hz, 6'-H), 6.97 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, 2'-H).

Senyawa 4'. Mp. 83-85°C. $[\alpha]_D^{20} -38.8^\circ$ (c 0.129, MeOH). IR (KBr): ν_{\max} cm⁻¹ 3348, 1516, 1262. FAB-MS m/z : 645 [M+Na]⁺, 623 [M+1]⁺, 622 [M]⁺. Data ¹H and ¹³C NMR (CD₃OD), lihat Tabel 2.

Senyawa 5'. Mp. 218-220°C. IR (KBr): ν_{\max} cm⁻¹ 3061, 1696, 1644, 1592, 1441. EI-MS m/z (rel. int.): 168 [M]⁺ (100), 138 (53), 125 (51), 112 (27), 97 (46), 80 (67), 59 (26), 53 (33). ¹H NMR (CDCl₃): δ 3.82 (6H, s, equivalent, 2- dan 6-OCH₃), 5.86 (2H, s, equivalent, 3- dan 5-H).

Senyawa 6'. Mp. 148-151°C (lit. 147°C).⁴⁶ IR (KBr): ν_{\max} cm⁻¹ 3323, 1645, 1109. EI-MS m/z (rel. int.): 184 [M]⁺ (62), 169 (100), 141 (63), 126 (26), 111 (29). ¹H NMR (CDCl₃): δ 3.78 (3H, s, 4-OCH₃), 3.82 (6H, s, equivalent, 3- dan 5-OCH₃), 4.76 (1H, br. s, Ar-OH), 6.09 (2H, s, equivalent, 2- dan 6-H).

Tabel 2. Data ^1H dan ^{13}C NMR senyawa 4' dan korelasi COSY dan HMQC

Posisi	^1H (d)	^{13}C (d)	COSY	HMQC (d)
Acyl moiety				
1	-	128.72		
2	7.19 (d, $J = 2.0$ Hz)	111.47	H-6	C-2 (111.47)
3	-	150.72		
4	-	152.86		
5	6.96 (d, $J = 8.3$ Hz)	112.59	H-6	C-5 (112.59)
6	7.15 (dd, $J = 8.4, 2.1$ Hz)	124.14	H-5, H-2	C-6 (124.14)
7	7.66 (d, $J = 16.1$ Hz)	146.83	H-8	C-7 (146.83)
8	6.42 (d, $J = 15.9$ Hz)	116.05	H-7	C-8 (116.04)
9	-	168.69		
3-OCH ₃	3.86 (br. s)	56.51		3-OCH ₃ (56.51)
4-OCH ₃	3.85 (br. s)	56.41		4-OCH ₃ (56.41)
Aglikon				
1'	-	130.71		
2'/6'	7.03 (d, $J = 8.5$ Hz)	130.92	H-3'/H-5'	C-2'/C-6' (130.92)
3'/5'	6.67 (d, $J = 8.5$ Hz)	116.12	H-2'/H-6'	C-3'/C-5' (116.12)
4'	-	156.72		
7'	2.80 (t, $J = 6.8$ Hz)	36.38	H-8'a, H-8'b	C-7' (36.38)
8'a	3.69 (td, $J = 7.8, 2.2$ Hz)	72.17	H-7', H-8'b	C-8' (72.17)
8'b	3.96 (m, overlapping)		H-7', H-8'a	C-8' (72.17)
Glukosa				
1''	4.28 (overlapping)	104.38	H-2'', H-3''	C-1'' (104.38)
2''	3.18 (dd, $J = 9.0, 7.8$ Hz)	75.00	H-1'', H-3''	C-2'' (75.00)
3''	3.35 (t, $J = 8.9$ Hz)	78.00	H-1'', H-2''	C-3'' (78.00)
4''	3.27 (t, $J = 9.0$ Hz)	71.68	H-5''	C-4'' (71.68)
5''	3.41 (m)	76.76	H-4'', H-6''	C-5'' (76.76)
6''a	4.01 (dd, $J = 11.1, 2.1$ Hz)	68.58	H-6''b	C-6'' (68.58)
6''b	3.63 (dd, $J = 11.2, 6.2$ Hz)		H-6''a, H-5''	C-6'' (68.58)
Apiosa				
1'''	5.04 (d, $J = 2.2$ Hz)	110.60	H-2'''	C-1''' (110.60)
2'''	3.95 (d, $J = 2.2$ Hz)	78.98	H-1'''	C-2''' (78.98)
3'''	-	78.45		
4'''a	3.85 (overlapping)	75.04	H-4'''b	C-4''' (75.04)
4'''b	4.05 (d, $J = 9.8$ Hz)		H-4'''a	C-4''' (75.04)
5'''	4.28 (overlapping)	67.50		C-5''' (67.50)

E. Uji aktivitas penangkapan radikal bebas DPPH ((1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)

Aktivitas antioksidan dari senyawa-senyawa teridentifikasi diuji secara *in vitro* dengan metode penangkapan radikal bebas DPPH. Senyawa teridentifikasi dan 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametil-kroman-2-asam karboksilat (*trolox*, suatu senyawa analog dari tokoferol) masing-masing dilarutkan dengan MeOH pada tingkat konsentrasi

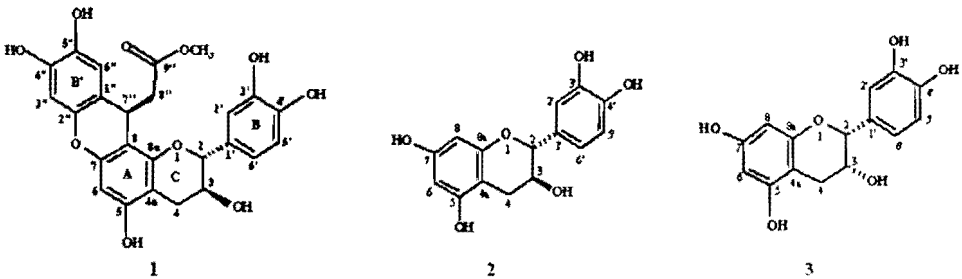
25, 50, 75, and 100 µg/mL, dan 90 µL tiap larutan sampel uji tersebut ditambahkan dengan campuran larutan 0.4 mM DPPH, 20% MeOH/H₂O, dan larutan penyangga 0.2 M 2-(*N*-morpholino)ethanesulfonic acid (MES) (1:1:1). Larutan yang diperoleh dicampur dengan bantuan *vortex mixer*, dan dibiarkan selama 20 menit, dan kemudian absorbansi dari sisa DPPH di dalam larutan diukur dengan spektrofotometer UV-visible pada 520 nm. Persen penghambatan radikal bebas DPPH oleh sampel dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Aktivitas penghambatan DPPH (%) = (1 - A/Ao) x 100, dimana Ao adalah absorbansi larutan tanpa sampel dan A adalah absorbansi dari larutan dengan sampel setelah 20 menit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Senyawa Terisolasi dan Teridentifikasi dari Kulit Kayu Mahoni dan Aktivitas Antioksidannya

Fraksinasi ekstrak aseton dengan *n*-heksan, dietil eter, dan etil asetat dan pemisahan dengan kromatografi secara bertahap telah menghasilkan tiga senyawa terisolasi dan teridentifikasi (Senyawa 1-3)(Gb. 2).



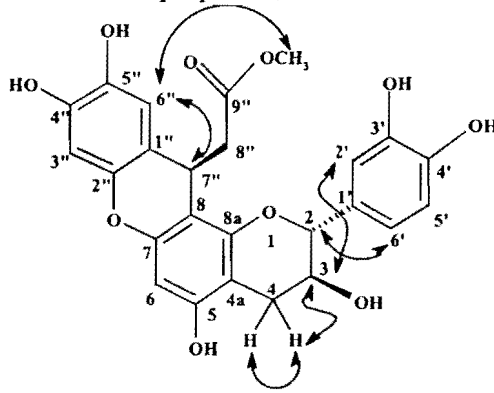
Gambar 2. Senyawa-senyawa terisolasi dan teridentifikasi dari kulit kayu Mahoni

Data spektrum ¹H NMR senyawa 1 menunjukkan sebuah singlet pada δ 3.44 (3H, -OCH₃) dengan signal tujuh proton alifatik dan enam proton aromatik. Spektrum ¹³C NMR memperlihatkan 18 puncak karbon aromatik yang mengindikasikan adanya tiga cincin aromatik selain satu buah karbon ester karbonil (>C=O) dan enam karbon alifatik, satu karbon -OCH₃, mengindikasikan adanya -COOCH₃ dan lima karbon metilen dan/atau metana. Keberadaan ester juga didukung dengan spektrum IR senyawa 1 yang memperlihatkan pita yang kuat pada 1743 cm⁻¹ (>C=O), 1282 cm⁻¹ (CO-OR) dan 1112 cm⁻¹ (COO-R). Tiga signal aromatik pada spektrum ¹H NMR, yaitu dua doublet pada δ 6.77 (1H, *J* = 8.1 Hz, H-5') dan 6.85 (1H, *J* = 2.0 Hz, H-2') dan sebuah doublet doublet pada δ 6.73 (1H, *J* = 8.3, 2.0 Hz, H-6')

^{13}C NMR pada δ 146.1 (C-4'-O-) dan 146.3 (C-3'-O-) menunjukkan adanya suatu gugus 3',4'-dihidroksifenil (cincin B). Signal empat proton alifatik, satu doublet pada δ 4.73 (1H, $J = 7.1$ Hz, H-2), satu multiplet pada δ 4.01 (1H, H-3), dan dua doublet doublet pada δ 2.60 (1H, $J = 16.4, 7.4$ Hz, Hb-4) dan 2.83 (1H, $J = 16.3, 5.1$ Hz, Ha-4) untuk proton metilen *nonequivalent* yang berikatan dengan sebuah karbon asimetrik (C-3) memperlihatkan keberadaan sebuah skeleton flavan-3-ol (cincin C), yang didukung dengan puncak ^{13}C NMR dari tiga karbon alifatik pada δ 82.8 (C-2), 68.6 (C-3), dan 28.3 (C-4). Tetapan kopling proton yang besar antara H-2 dan H-3 ($J_{2,3} = 7.1$ Hz) mengindikasikan bahwa flavan-3-ol memiliki konfigurasi 2,3-*trans*, bukan konfigurasi *cis* yang memberikan tetapan kopling proton yang lebih kecil ($J_{2,3} = -2$ Hz). Oleh karena itu, senyawa ini diidentifikasi sebagai suatu turunan dari catechin dengan dibandingkan dengan data spektroskopik senyawa **2** dan (+)-catechin (Davis *et al.*, 1996), selain senyawa **3** dan (-)-epicatechin. (Sun *et al.*, 2004; Fan *et al.*, 2006).

Cincin aromatik A diperkirakan sebuah cincin tersubstitusi pada kelima karbon aromatik dan hanya satu karbon tak tersubstitusi (C-6-H), sebab ^1H and ^{13}C NMR memperlihatkan puncak pada δ 6.10 (1H, *s*, H-6) dan δ 95.9 (C-6-H) dan 104.3 (C-8-C) bersama dengan δ 156.2 (C-5-O), 153.1 (C-7-O), 153.1 (C-8a-O), dan 103.9 (C-4a-C), tetapi tidak ada signal H-8 atau puncak C-8-H (δ 96.3 untuk catechin atau 96.4 untuk epicatechin). Di samping skeleton catechin skeleton, adanya enam karbon aromatik, dua karbon alifatik, dan sebuah metil ester juga ditunjukkan oleh ^{13}C NMR, yang mengindikasikan bahwa senyawa **1** memiliki sebuah gugus metil fenilpropanoat (cincin aromatik B' dan rantai samping C-7", 8", dan 9"). Spektrum ^1H NMR juga memperlihatkan dua singlet proton aromatik pada δ 6.45 (1H) dan 6.63 (1H), orientasi *para*, dan juga dua puncak ^{13}C NMR aromatik C-H pada δ 104.2 dan 114.9. Puncak pada δ 116.2 untuk C-1"-C aromatik, dan tiga puncak dari lima puncak pada δ 142.3–146.6 ditujukan untuk tiga C-O pada cincin B' dan dua puncak sisa untuk dua C-O. Selanjutnya keberadaan C-7"-H (metan asimetrik) dan C-8"-H₂ (metilen *nonequivalent*) ditunjukkan dengan spektrum ^1H NMR: satu doublet doublet pada δ 4.43 ($J = 7.4, 4.8$ Hz) dan dua doublet doublet pada δ 2.46 ($J = 14.2, 7.5$ Hz) dan 2.64 ($J = 14.3, 4.8$ Hz), dan dengan puncak ^{13}C NMR pada δ 31.4 (C-7") dan 45.0 (C-8"). Puncak ^{13}C NMR C-8 (δ 104.3) mengalami *downfield* dibandingkan C-8 (δ 95.5) pada senyawa **2** (catechin). Oleh karena itu gugus fenilpropanoid yang tersubstitusi pada karbon 1,2,4,5 (cincin B') mengalami fusi pada cincin A, yang tersubstitusi pada karbon 4a,5,7,8,8a, dari catechin pada posisi C-8 dan C-1" melalui C-7" dan pada posisi C-7 dan C-2" melalui C-7 atom oksigen. Data FAB-MS senyawa **1** memperlihatkan puncak ion molekul: $[\text{M}+\text{Na}]^+$ pada m/z 505, $[\text{M}+\text{H}]^+$ pada m/z 483, dan $[\text{M}]^+$ pada m/z 482. Data ini telah dibandingkan dengan catiguanin A dan B, diastereomer senyawa epikatekin tersubstitusi fenilpropanoid, yang diisolasi dari kulit kayu *Trichilia catigua* (Meliaceae).⁵⁰ Senyawa **1** analog dengan kedua senyawa tersebut. Perbedaan yang utama terdapat pada signal C-2 (δ 82.8), sebuah flavan tipe katekin, dibandingkan dua catiguanin (δ 79.8 untuk A dan 80.1 untuk B, sebuah flavan tipe epikatekin) selain

proton tetapan kopling ($J_{2,3} = 7.1 \text{ Hz}$). Signal pada δ 95.9 (C-6), 103.9 (C-4a), 104.4 (C-8) konsisten dengan catiguanin A. Konformasi fenilpropanoid senyawa **1** lebih sesuai dengan catiguanin A. Korelasi NOESY (Gb. 3) menunjukkan bahwa 7''-H dan proton metil ester memiliki korelasi dengan 6''-H pada cincin B'. Hal ini memperkuat dugaan bahwa gugus metil etanoat pada C-7'' adalah berorientasi *trans* terhadap cincin B' atau bentuk konfigurasi β yang dibandingkan pula dengan catiguanin A dan cinchonain Ia.⁵¹ Konfigurasi relative senyawa **1** adalah $2R^*, 3S^*, 7''R^*$. Berdasarkan seluruh data spektroskopik, senyawa **1** diidentifikasi sebagai $(2R^*, 3S^*, 7''R^*)$ -catechin-8,7''-7,2''-epoksi-(metal^{4'',5''}-dihidroksifenilpropanoat), diberi nama swietemacrophyllanin.

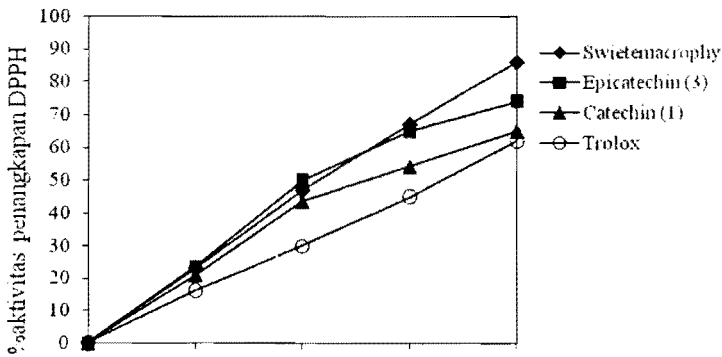


Gambar 3. Korelasi NOESY dari swietemacrophyllanin

Spektrum ^1H NMR senyawa **2** menunjukkan sebuah singlet pada δ 5.85 (1H, 8-H) dan sebuah singlet yang lebar pada δ 5.92 (1H, 6-H) mengindikasikan adanya cincin aromatik yang tersubstitusi pada keempat karbonnya. Dua doublet pada δ 6.83 (1H, $J = 2.0 \text{ Hz}$, 2'-H) dan 6.76 (1H, $J = 8.1 \text{ Hz}$, 5'-H) dan sebuah doublet doublet pada δ 6.71 (1H, $J = 8.3, 2.0 \text{ Hz}$, 6'-H) bersama dengan signal karbon pada δ 146.2 (C-3') dan 146.3 (C-4') menunjukkan adanya sebuah cincin aromatik yang tersubstitusi pada karbon 1,3,4. Sebuah doublet pada δ 4.56 (1H, $J = 7.6 \text{ Hz}$, 2-H) dan sebuah multiplet pada δ 3.97 (1H, 3-H), dua doublet doublet pada δ : 2.50 (1H, $J = 16.1, 8.1 \text{ Hz}$, 4a-H) dan 2.84 (1H, $J = 16.1, 5.4 \text{ Hz}$, 4b-H) mencirikan suatu proton metilen *non-equivalent* terhubung dengan sebuah karbon stereogenetik. Data ini dan signal ^{13}C NMR pada δ 28.6 (C-4), 68.9 (C-3), dan 82.9 (C-2) menunjukkan adanya sebuah flavan-3-ol tersubstitusi pada karbon 5,7,3',4'. Spektrogram ^1H - ^1H COSY menunjukkan bahwa 3-H memiliki korelasi kuat dengan 4a-H dan korelasi lemah dengan 4b-H, sedangkan 3-H berkorelasi dengan 2-H. Tetapan kopling ($J_{2,3} = 7.6 \text{ Hz}$) mengindikasikan cincing C memiliki sebuah konfigurasi 2,3-*trans*. Data FAB-MS menunjukkan bahwa puncak ion molekulnya pada m/z 291 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Berdasarkan seluruh data spektroskopik, senyawa **1** diidentifikasi sebagai catechin, 2,3-*trans*-5,7,3',4'-tetrahidroksi-flavan-3-ol. Data ini identik dengan (+)-catechin, yang diisolasi dari teh hijau.

Spektrum ^1H NMR senyawa **3** menunjukkan dua doublets pada δ 5.91 (1H, $J = 2.4$ Hz, 8-H) dan 5.93 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, 6-H) yang mengindikasikan adanya sebuah cincin aromatik tersubstitusi pada keempat karbonnya. Dua doublet pada δ 6.97 (1H, $J = 2.0$ Hz, 2'-H) dan 6.77 (1H, $J = 8.1$ Hz, 5'-H) dan sebuah doublet doublet pada δ 6.75 (1H, $J = 8.1, 2.2$ Hz, 6'-H) bersama dengan puncak karbon pada δ 145.8 (C-3') dan 146.0 (C-4') menunjukkan adanya cincin aromatik tersubstitusi pada karbon 1,3,4. Sebuah singlet lebar pada δ 4.81 (1H, 2-H), sebuah multiplet pada δ 4.17 (1H, $J = 1.5$ Hz, 3-H), dan dua doublet doublet pada δ 2.73 (1H, $J = 16.8, 2.7$ Hz, 4a-H) dan 2.86 (1H, $J = 16.7, 4.0$ Hz, 4b-H) juga terobservasi. Data ini dan puncak ^{13}C NMR pada δ 29.3 (C-4), 67.5 (C-3), dan 79.9 (C-2) menunjukkan adanya sebuah flavan-3-ol dengan substitusi pada karbon 5,7,3',4'. Konfigurasi 2,3-*cis* cincin C dicirikan dengan tetapan kopling yang kecil antara 2-H and 3-H. Hal ini diduga dari signal 2-H yang terlihat sebagai sebuah singlet yang lebar pada δ 4.81 (Sharma *et al.*, 2001; Hagggar *et al.*, 1998). Data FAB-MS menunjukkan bahwa puncak ion molekuler pada m/z 329 $[\text{M}+\text{K}]^+$, 313 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, dan 291 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Berdasarkan seluruh data spektroskopik, senyawa **2** diidentifikasi sebagai epicatechin, 2,3-*cis*-5,7,3',4'-tetrahidroksi-flavan-3-ol. Data ini identik dengan (-)-epicatechin. (Sun *et al.*, 2006; Fan *et al.*, 2004).

Pengukuran aktivitas antioksidan dari senyawa-senyawa terisolasi dari *S. macrophylla* dilakukan dengan metode penangkapan radikal bebas DPPH. Sebagai referensi digunakan senyawa 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chroman-2-carboxylic acid (trolox), senyawa analog dari tocopherol. Hasil uji menunjukkan bahwa senyawa-senyawa terisolasi memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dibandingkan trolox sebagai referensi. Gambar 4 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa senyawa **1** menghambat 50% radikal bebas DPPH (IC_{50}) pada konsentrasi yang paling rendah ($56 \mu\text{g/mL}$) yang mengindikasikan bahwa senyawa baru tersebut memiliki aktivitas yang tertinggi.



Gambar 4. Aktivitas penangkapan radikal bebas DPPH senyawa teridentifikasi dari kulit kayu Mahoni

Tabel 3. Aktivitas antioksidan dari senyawa teridentifikasi kulit kayu Mahoni yang dinyatakan dengan nilai IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)

Senyawa	IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)
Swietemacrophyllanin (1)	56
Epicatechin (3)	59
Catechin (2)	70
Trolox	81

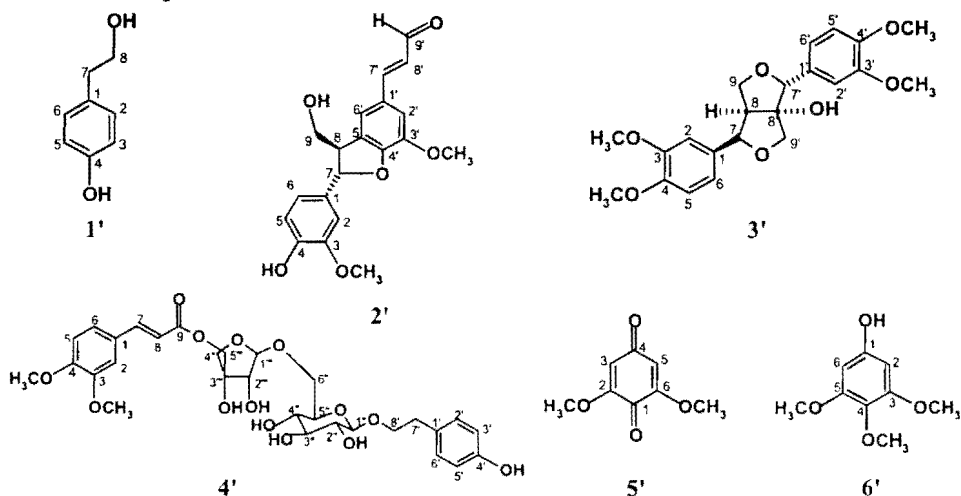
Keterangan: IC_{50} adalah konsentrasi yang mampu menghambat 50% aktivitas DPPH

B. Senyawa Terisolasi dan Teridentifikasi dari Kulit Kayu Gmelina dan Aktivitas Antioksidannya

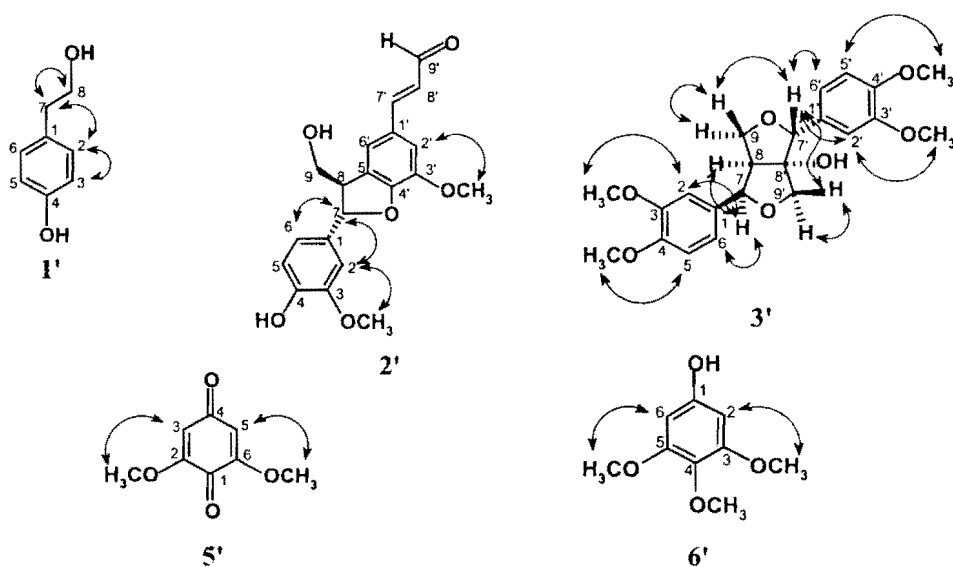
Ekstrak aseton difraksinasi dengan *n*-heksan, dietil eter, dan etil asetat untuk menghasilkan fraksi terlarut masing-masing pelarut. Dari fraksi dietil eter diisolasi tiga senyawa, 1', 2', and 3' (Gb. 5). Spektrum $^1\text{H NMR}$ senyawa 1' menunjukkan dua doublet pada δ 6.78 (2H, $J = 8.3$ Hz, 3- dan 5-H) dan δ 7.10 (2H, $J = 8.5$ Hz, 2- dan 6-H) untuk proton cincin aromatik simetrik yang tersubstitusi pada orientasi *para*, sebuah singlet lebar untuk Ar-4-OH pada δ 4.97, dan dua triplet untuk sebuah Ar- $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-O-}$ moiety pada δ 2.80 (2H, $J = 6.6$ Hz, 7-H) dan 3.83 (2H, $J = 6.6$ Hz, 8-H). Spektra COSY and NOESY (Gb. 3) menunjukkan korelasi antara 2- dan 6-H dengan 3- and 5-H. Data EI-MS menunjukkan puncak ion molekuler pada m/z 138 dan fragmen puncak ion $[\text{HOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2]^+$ pada m/z 107. Berdasarkan data tersebut, senyawa 1' diidentifikasi sebagai 4-(2-hidroksietil)fenol [2-(4-hidroksifenil)etanol]. Data ini identik dengan tyrosol sebagai salah satu komponen dari minyak olive (*Olea europea*) (Giovannini *et al.*, 1999)

Spektrum $^1\text{H NMR}$ senyawa 2' menunjukkan dua singlet gugus metoksil aromatik (δ 3.94 and 3.88); dua doublet pada δ 9.66 (1H, $J = 7.8$ Hz, 9'-CHO) dan 7.42 (1H, $J = 15.6$ Hz, 7'-CH=), dan sebuah doublet doublet (δ 6.62, $J = 15.7, 7.7$ Hz, 8'-CH=) untuk sebuah gugus *trans*-cinnamaldehida; sebuah doublet 7-benzilik methine (δ 5.65, $J = 7.1$ Hz), sebuah multiplet 8-benzilik methine (δ 3.69), dan sebuah singlet lebar Ar-4-OH (δ 5.63). Signal proton aromatik pada δ 6.90 (Ar-2, 5, dan 6-H) dan 7.05 (Ar-2'-H) dan 7.14 (Ar-6'-H) menunjukkan pola karakteristik sebuah dilignol tipe fenilkumaran (sebuah neolignan tipe benzofuran). Data EI-MS menunjukkan puncak ion molekuler pada m/z 356, dan fragmen puncak ion $[\text{M-H}_2\text{O}]^+$ pada 338 dan $[\text{M-CH}_2\text{O}]^+$ pada 326. Data spektral ini dan korelasi COSY dan NOESY (Gb. 6) mengindikasikan struktur senyawa 2' adalah sebuah turunan koniferaldehida (*E*)-dehidrodikoniferil alkohol. Tetapan kopling proton yang besar antara 7-H dan 8-H ($J_{7,8} = 7.1$ Hz) menimbulkan dugaan bahwa cincin dihidrofuran memiliki sebuah konfigurasi *trans*. Data $^1\text{H NMR}$ dan EI-MS identik dengan sintetik (+)-(7*S*,8*R*) balanophonin (Yuen *et al.*, 1998)

Meskipun (-)-balanophonin alami diisolasi dari *Balanophora japonica* (Haruna *et al.*, 1982), senyawa **2'** diidentifikasi sebagai (+)-balanophonin, (+)-(E)-(7S,8R)-4,9-dihydroxy-3,3'-dimethoxy-7,4'-epoxy-8,5'-neolign-7'-en-9'-al, yang diisolasi dari *G. arborea* untuk pertama kali.



Gambar 5. Senyawa-senyawa terisolasi dan teridentifikasi dari kulit kayu *Gmelina*



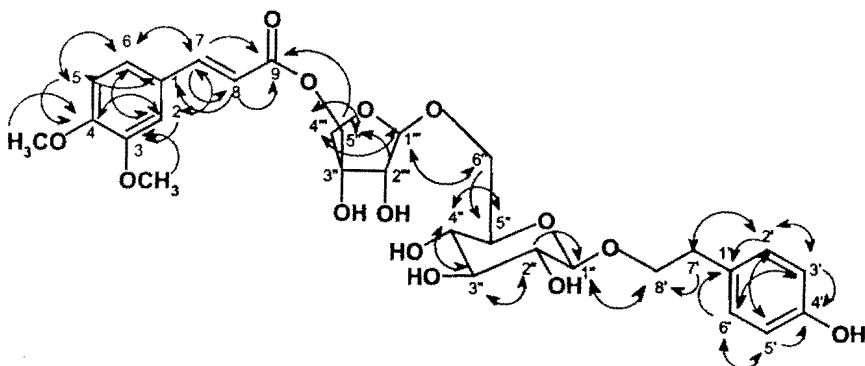
Gambar 6. Korelasi NOESY dari senyawa **1'**, **2'**, **3'**, **5'**, dan **6'**

Spektrum ^1H NMR senyawa 3' menunjukkan dua pasang proton aromatik yang tersubstitusi pada tiga karbon cincin (2, 5, 6-H dan 2', 5', 6'-H) dan empat singlet gugus metoksil aromatik pada δ 3.89, 3.90, 3.91, dan 3.92 (masing-masing 3H), yang mengindikasikan bahwa senyawa ini memiliki dua gugus veratril. Keberadaan dua doublet (δ 3.72, $J = 9.5$ Hz, 9'a-H, dan δ 4.23, $J = 9.3$ Hz, 9'b-H) dan dua triplet (δ 3.32, $J = 9.4$ Hz, 9a-H, dan δ 3.98, $J = 9.1$ Hz, 9b-H) untuk *germinal* metilen proton *non-equivalent* pada C-9' dan C-9, satu (bukan dua) multiplet (δ 3.13, 8-H), satu doublet (δ 5.23, $J = 6.3$ Hz) (benzilik 7-H) dan satu singlet (bukan doublet) (benzilik 7'-H) menunjukkan struktur sebuah lignan furanofuran tanpa 8'-H. Korelasi NOESY (Gb. 6) menunjukkan bahwa 7-H memiliki korelasi dengan 8-H, bukan dengan 9-H atau 9'-H, dimana 7'-H memiliki korelasi dengan dua proton baik 9-H dan 9'-H, yang mendukung struktur lignan dengan 7 α -H (epi-form). Data EI-MS menunjukkan puncak ion molekuler pada m/z 402. Data ini identik dengan gmelinol (8'-OH), sebuah lignan yang telah diketahui dan diisolasi dari kayu teras jenis ini. Karena jumlah senyawa 3' terlalu sedikit untuk mendeteksi rotasi optik dengan sebuah polarimeter, konfigurasi absolut senyawa 3' tidak diketahui. Untuk memudahkan konfigurasi relatif, formula struktur (+)-enantiomer digunakan dalam gambar.

Spektrum ^1H NMR senyawa 4' (Tabel 2) memperlihatkan dua doublet pada δ 6.67 (2H, $J = 8.5$ Hz, 3'- dan 5'-H) dan 7.03 (2H, $J = 8.5$ Hz, 2'- dan 6'-H) untuk proton aromatik yang tersubstitusi pada posisi *para*, dan sebuah triplet pada δ 2.80 ($J = 6.8$ Hz, 7'-H₂) dan dua signal pada δ 3.69 (1H, td, $J = 7.8, 2.2$ Hz, 8'-Ha) dan 3.96 (1H, m, 8'-Hb) untuk sebuah gugus $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$, yang mengindikasikan adanya gugus 2-(*p*-hidroksifenil)etoksil. Dua signal menunjukkan sebuah oxymethylene *non-equivalent* terhubung dengan sebuah karbon stereogenetik. Dua singlet yang kuat pada δ 3.85 (3H) dan 3.86 (3H) untuk gugus metoksil aromatik, dua doublet (δ 7.19, 1H, $J = 2.0$ Hz, dan δ 6.96, 1H, $J = 8.3$ Hz) dan sebuah doublet doublet pada δ 7.15 (1H, $J = 8.4, 2.1$ Hz) untuk proton aromatik tersubstitusi pada 2, 5, 6, dan dua doublet pada δ 7.66 (1H, $J = 16.1$ Hz, 7-CH=) dan 6.42 (1H, $J = 15.9$ Hz, 8-CH=) untuk proton alkena yang mengindikasikan adanya sebuah gugus *trans*-3,4-dimethoxycinnamoyl. Signal lain ^1H NMR terletak pada δ 3.18 sampai 5.04 menunjukkan adanya suatu gugus sakarida, yang didukung dengan adanya sebelas puncak ^{13}C NMR (Tabel 2) yang terletak pada δ 67.50 sampai 110.60, kecuali untuk δ 72.17 (8'-C), yang diduga bahwa sakarida tersebut berupa sebuah disakarida. Tujuh belas puncak ^{13}C NMR lainnya menunjukkan adanya satu karbon karbonil (δ 168.69), dua karbon metoksil (δ 56.41 dan 56.51), dua karbon metilen (δ 36.38 dan 72.17), duabelas karbon aromatik atau olefinik (δ 111.47, 112.59, 116.05, 116.12 (2C), 124.14, 128.72, 130.72, 130.92 (2C), 146.83, 150.72, 152.86, dan 156.72) yang mengindikasikan dua gugus aromatik di atas. Dengan membandingkan data ^{13}C NMR senyawa analog disakarida tersusun atas sebuah glukosa dan sebuah apiosa (Yamasaki et al., 2007). Puncak karbon anomerik pada δ 104.38 dan pada 110.60 menandakan C-1'' dari glukopiranosida dan C-1''' dari apiofuranosida. Signal ^1H NMR proton anomerik pada δ 4.28 (overlapping, 1''-H) dan δ

5.04 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, 1''-H) mendukung adanya disakarida tersebut. Tetapan kopling yang lebih besar antara 2''-H dan 1''-H ($J_{2,1''} = 7.8$ Hz) mengindikasikan bahwa pusat anomerik gugus glukopiranosida memiliki konfigurasi β , bukan α yang memberikan tetapan kopling proton yang lebih kecil ($J_{2,1''} = \sim 4$ Hz).⁵⁶ Gugus apiofuranosil juga diidentifikasi dengan adanya sebuah karbon *quaternary* (C-3''') dan dua karbon metilen (C-4''' and C-5'''). Korelasi COSY menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara C-4'''-H₂ dan C-5'''-H₂ yang mengindikasikan adanya gugus apiofuranosil. Pada spektrum HMBC (Gb. 7), signal proton pada δ 4.28 (tumpang tindih, 1''-H dan 5'''-H) menunjukkan korelasi tiga ikatan dengan puncak karbon pada δ 72.17 (C-8'), 75.04 (C-4'''), 78.98 (C-2'''), dan 168.69 (C-9), di samping korelasi dua ikatan dengan puncak pada 75.00 (C-2''). Signal proton pada δ 3.69 (8'-H) memperlihatkan korelasi tiga ikatan dengan puncak karbon pada δ 104.38 (C-1''). Hal ini menunjukkan bahwa gugus *p*-hidroksifeniletoksil terikat pada C-1'' dari glukosa di samping C-9 dari gugus cinnamoyl yang teresterifikasi pada 5'''-OH (δ 4.28). Puncak apiofuranosil C-5''' pada δ 67.50 dibandingkan puncak C-5 (δ 63.8) sebuah unit apiofuranosyl yang tidak terasilasi, mendukung posisi ester (Tanaka *et al.*, 2004). Signal proton pada δ 5.04 (1'''-H) dan 3.63 (6''-H) memperlihatkan korelasi yang jauh dengan C-6'' (δ 68.58) dan C-1''' (δ 110.60). Puncak ¹³C NMR glukopiranosil pada δ 68.58 (C-6'') dibandingkan C-6 unit glukopiranosil yang tidak terasilasi (δ 60.7) membuktikan C-1''' dari unit apiosa terikat pada C-6'' dari glukosa. Data FAB-MS memperlihatkan puncak ion molekul : $[M+Na]^+$ pada m/z 645, $[M+1]^+$ pada m/z 623, dan $[M]^+$ pada m/z 622. Oleh karena itu, senyawa **4'** diidentifikasi sebagai (-)-*p*-hidroksifeniletil[5'''-O-(3,4-dimetoksicinnamoyl)- β -D-apiofuranosil(1''' \rightarrow 6'')] - β -D-glukopiranosida, suatu senyawa fenil-etanoid glikosida baru.

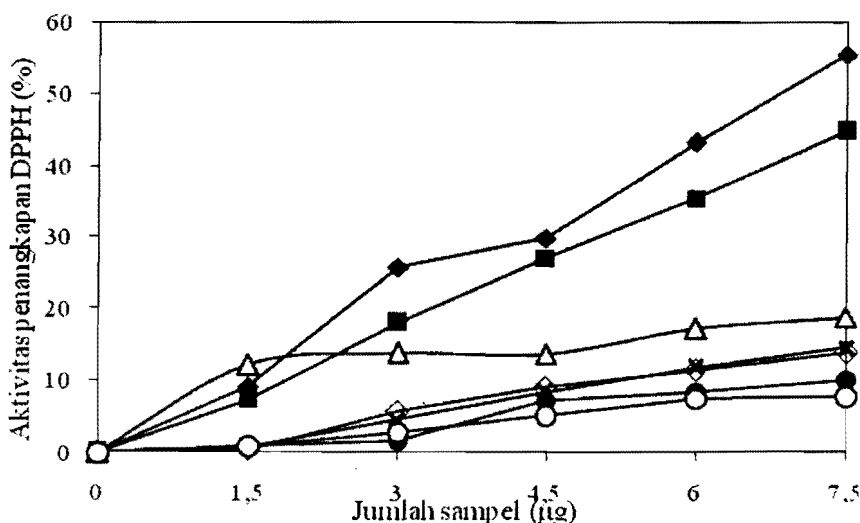
Ekstrak metanol kulit *G. arborea* menghasilkan dua senyawa teridentifikasi, **5'** and **6'** (Gb. 5). Data EI-MS senyawa **5'** memperlihatkan puncak ion molekul pada m/z 168. Spektrum ¹H NMR memperlihatkan dua singlet pada δ 5.86 (2H, CH=) dan 3.82 (6H, -OCH₃), yang memiliki sebuah korelasi NOESY satu sama lainnya (Gb. 6). Senyawa **5'** diidentifikasi sebagai 2,6-dimethoxy-*p*-benzoquinon dengan membandingkan data senyawa autentik dari kayu Tanjung (*Mimusops elengi*) (Katayama *et al.*, 2005).



Gambar 7. Korelasi HMBC dari senyawa 4'

Spektrum ^1H NMR senyawa 6' menunjukkan sebuah singlet proton aromatik pada δ 6.09 (2H), sebuah singlet lebar dari sebuah fenol pada δ 4.76 (1H), dan dua singlet gugus metoksil aromatik pada δ 3.82 (6H) dan 3.78 (3H) yang mengindikasikan sebuah struktur aromatik simetris. Spektrum NOESY (Gb. 6) menunjukkan bahwa proton aromatik memiliki korelasi dengan gugus metoksil aromatik pada δ 3.82. Data EI-MS menunjukkan puncak ion molekul pada m/z 184. Senyawa 6' diidentifikasi sebagai 3,4,5-trimethoxyphenol dibandingkan dengan data senyawa autentik yang diisolasi dari kayu Tanjung (*Mimusops elengi*) (Katayama *et al.*, 2005).

Uji penangkapan radikal bebas DPPH dari senyawa-senyawa teridentifikasi (Gb. 8) mengindikasikan bahwa senyawa 3,4,5-trimethoxyphenol (6') memiliki aktivitas antioksidan yang moderat dibandingkan senyawa lainnya yang aktivitasnya rendah. Penelitian sebelumnya tentang tyrosol (1') yang diisolasi dari tumbuhan olive (*Olea europea*) menunjukkan senyawa ini memiliki aktivitas antioksidan yang lemah (Bonilla *et al.*, 2006). (+)-Balanophonin (2', sebuah 8-5' neolignan) dan gmelinol (3', sebuah lignan) memiliki aktivitas lebih rendah dari 3,4,5-trimetoksifenol (6'), tetapi lebih kuat dibandingkan 2,6-dimetoksi-*p*-benzoquinon (5') dan (-)-*p*-hidroksifeniletal[5'''-O-(3,4-dimetoksicinnamoyl)- β -D-apiofuranosil(1''' \rightarrow 6'')]- β -D-glukopiranosida (4', sebuah feniletanoid glikosida). Derajat metoksilasi dari lignan menurunkan aktivitas penangkapan DPPH karena mengurangi jumlah gugus hidroksil fenolik (Eklund *et al.*, 2005). Sedangkan sebagian besar quinon memiliki aktivitas lebih rendah dibandingkan lignan. (Cai *et al.*, 2005).



Gambar 8. Aktivitas penangkapan radikal bebas DPPH dari senyawa-senyawa terisolasi dan teridentifikasi kulit kayu *Gmelina arborea*. (◆) trolox, (■) 3,4,5-trimethoxyphenol (6'), (Δ) tyrosol (1'); (●) gmelinol (3'), (◇) (+)-balanophonin (2'), (●) 2,6-dimethoxy-p-benzoquinone (5'), (○) (-)-p-hydroxyphenylethyl[5'''-O-(3,4-dimethoxycinnamoyl)-β-D-apiofuranosyl(1'''→6'')]β-D-glucopyranoside (4')

IV. KESIMPULAN

Beberapa senyawa fenolik diisolasi dan diidentifikasi dari kulit kayu mahoni (*S. macrophylla*) dan gmelina (*G. arborea*). Dari kulit kayu mahoni, senyawa baru telah diisolasi dan diidentifikasi, yaitu swietemacrophyllanin, turunan dari catechin, selain senyawa yang telah dikenal yaitu epicatechin dan catechin. Swietemacrophyllanin memiliki aktivitas antioksidan yang paling tinggi dibandingkan dua senyawa lainnya.

Dari kulit kayu gmelina, enam senyawa telah diisolasi dan diidentifikasi, yaitu tyrosol, (+)-balanophonin, gmelinol, (-)-p-hidroksifeniletal[5'''-O-(3,4-dimetoksicinnamoyl)-β-D-apiofuranosil(1'''→6'')]β-D-glukopiranosida, 2,6-dimetoksi-p-benzoquinon, dan 3,4,5-trimetoksi fenol. Senyawa (-)-p-hidroksifeniletal[5'''-O-(3,4-dimetoksicinnamoyl)-β-D-apiofuranosil(1'''→6'')]β-D-glukopiranosida merupakan senyawa feniletanoid glikosida baru. Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH menunjukkan senyawa (-)-p-hidroksifeniletal[5'''-O-(3,4-dimetoksicinnamoyl)-β-D-apiofuranosil(1'''→6'')]β-D-glukopiranosida memiliki aktivitas yang moderat dibandingkan senyawa lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agunu, A. Yusuf S., Andrew, G.O., Zezi, A.U., Abdurahman, E.M. 2005. Evaluation of five medicinal plants used in diarrhoea treatment in Nigeria. *J Ethnopharmacol* 101:27-30.
- Amorós-Marín L, Torres, W.I, Asenjo, C.F. 1959. Isolation of Cycloeucaleanol from West Indian Mahogany Wood. *J. Org. Chem.*, 24: 411-413.
- Ali, F. Sarma, T.C, Saikia, CN. 1993. Pulp and paper from certain fast-growing plant species. *Biores Tech* 45:65-67.
- Anjaneyulu, A.S.R., Row, L.R, Subrahmanyam, C. 1972. A new lignan from *Gmelina arborea* Linn. *Tetrahedron Lett* 22:2179-2182.
- Anjaneyulu, A.S.R., Rao, A.M., Rao, V.K., Row, L.R., Pelter, A., Ward, R.S. 1977. Novel hydroxy lignans from the heartwood of *Gmelina arborea*. *Tetrahedron* 33:133-143.
- Anjaneyulu, A.S.R., Rao, K.J., Rao, V.K., Row, L.R., Subrahmanyam, C, Pelter, A., Ward, R.S. , 1975. The structures of lignans from *Gmelina arborea* Linn. *Tetrahedron* 31:1277-1285.
- Barik, B.R., Bhowmik, T. Dey, A.K., Patra, A., Chatterjee, A., Joy, S.S., 1992. Premnazole an isoxazole alkaloid of *Premna integrifolia* and *Gmelina arborea* with antiinflammatory activity. *Fitoterapia* 63:295–299.
- Babu, PS, Prabuseenivasan, S., and Ignacimuthu, S. 2007. Cinnamaldehyde, a potential antidiabetic agent. *Phytomedicine* 14:15-22.
- Bhattacharjee, A.K., Das, A.K., 1969. Phytochemical survey of few Mysore plants. *Econ Bot* 23:274-276.
- Brown, N, Jennings, S, Clements, T. 2003. The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. *Persp Plant Ecol Evol Syst* 6:37–49.
- Bonilla, M.P., Salido, S., van Beekb, T.A., Linares-Palomino, P.J., Altarejos, J, Noguerras, M. Sánchez, A. 2006. Isolation and identification of radical scavengers in olive tree (*Olea europaea*) wood. *J Chromatogr A* 1112:311–318.
- Bourdy, G., De Walt, S.J., Chávez de Michel, L.R., Roca, A, Deharo E, Munöz V, Balderrama L, Quenevo C, and Gimenez A, 2000. Medicinal Plants Uses of the Tacana, An Amazonian Bolivian Ethnic Group. *J. Ethnopharmacol.*, 70: 87–109.
- Cai, Y.Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q. Corke, H. 2006. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sci* 78:2872-2888 .
- Chan, K.C., Tang, T.S., Toh, H.T. 1976. Isolation of swietenolide diacetate from *Swietenia macrophylla*. *Phytochemistry* 15:429–430

- Connolly, J.D., McCrindle R, Overton KH, Warnock WDC. 1965. Swietenolide. *Tetrahedron Lett* 6:2937-2940.
- Dutta, N.K., Mazumdar, K. Mishra, U.S., Dastidar, S.G., and Park, J.H. 2007. Isolation and identification of a flavone (quercetin) from *Butea frondosa* bark. *Pharm. Chem. J.* 41:269-271.
- Davis, A.L., Cai, Y. Davies, A.P., Lewis, J.R. 1996. ¹H and ¹³C NMR Assignments of Some Green Tea Polyphenols. *Magn. Reson. Chem.*, 34: 887-890.
- Eklund, .C., Langvik, O.K., Warna, J.P., Salmi, T.O., Willfor, S.M., Sjöholm, R.E. 2005. Chemical studies on antioxidant mechanisms and free radical scavenging properties of lignan. *Org Biomol Chem* 3:3336-3347.
- Evans, J. 1982. *Plantation forestry in the tropics*. Clarendon press, Oxford, UK, p. 472.
- Fan, P.H., Lou, H.X., Yu, W.T., Ren, D.M., Ma, B, Ji, M. 2004. Novel Flavanol Derivatives from Grape Seeds. *Tetrahedron Lett.*, 45: 3163-3166.
- Foo, L.Y. 1987. Phenylpropanoid Derivatives of Catechin, Epicatechin and Phylloflavan from *Phyllocladus trichomanoides*. *Phytochemistry*, 26: 2825-2830.
- Giovannini, C. Straface, E. Modesti, D. Coni. E. Cantafora, A. De Vincenzi, M. Malorni, W. Masella, L. 1999. Tyrosol, the major olive oil biophenol, protects against oxidized-LDL-induced injury in Caco-2 Cells. *J Nutr* 129:1269-1277.
- Haggar, J.P., Briscoe, C.B., Butterfield, R.P., 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecol Man* 106:195-203.
- Haruna, M. Koube, T. Ito, K. Murata, H. 1982. Balanophonin, a new neolignan from *Balanophora japonica* MAKINO. *Chem Pharm Bull* 30:1525-1527.
- Hosny, M. Rosazza, P.N. 1998. Gmelinosides, twelve acylated iridoid glycosides from *Gmelina arborea*. *J Nat Prod* 61:734-742.
- Hsieh, H.J., Giridhar, R.Wu, W.T. 2007. Regioselective formation of kojic acid-7-O-alpha-D-glucopyranoside by whole cells of mutated *Xanthomonas campestris*. *Enzym Microb Tech.*
- Jensen, M. 1995. *Trees commonly cultivated in Southeast Asia illustrated field guide*. RAP publication: 1995/38. FAO. Bangkok. Thailand.
- Kadota. S. Marpaung, L., Kikuchi, T., Ekimoto H. 1990a. Constituents of the seed of *Swietenia mahagoni* JACQ. I. Isolations, structures and ¹H and ¹³C nuclear magnetic resonance signal assignment of new tetranortriterpenoids related to swietenine and swietenolide. *ChemPharm Bull* 38:639-651.
- Kadota, S. Marpaung, L., Kikuchi, T., Ekimoto H, 1990b. Constituents of The Seeds of *Swietenia mahagoni* JACQ. II. Structures of Swietemahonin A, B, C, D, E, F, and G and Swietemahonolide. *Chem. Pharm. Bull.*, 38: 894-901.

- Kadota, S. Marpaung, L., Kikuchi, T., Ekimoto, H., 1990c. Constituents of The Seed of *Swietenia mahagoni* JACQ. III. Structure of Mahonin and Secomahoganin. *Chem. Pharm. Bull.*, 38: 1495-1500.
- Kala, C.P. 2005. Ethnomedicinal botany of the Apatani in the Eastern Himalayan region of India. *J Ethnobi Ethnomed* 1:1-8.
- Kawamura, F., Ohara, S., Nishida, A. 2004. Antifungal activity of constituents from the heartwood *Gmelina arborea*: Part 1. Sensitive antifungal assay against Basidiomycetes. *Holzforschung* 58:189-192.
- Kawamura, F. Ohara, S. 2005. Antifungal activity of iridoid glycosides from the heartwood of *Gmelina arborea*. *Holzforschung* 59:153-155.
- Katayama, T. Maeda, M., Suzuki, T., Syafii, W., Muladi S. 2005. Extractives from tanjung wood, akar kuning wood, and gimbul wood and their antioxidant and antifungal activities. In: *Proceeding of the 6th International Wood Science Symposium*. Bali, August 2005, pp. 329-333.
- Kim, S. Lee, Y.K., Kim, H.J., Lee, H.H . 2003. Physico-mechanical properties of particleboards bonded with pine and wattle tannin-based adhesives. *J Adhes Sci Tech* 7:1863-1875.
- Kofujita, H., Y. Fujino, M. Ota, and K. Takahashi, 2006. Antifungal diterpenes from the bark of *Cryptomeria japonica* D. Don. *Holzforschung* 60:20-23.
- Laver, M.L. 1991. Bark. In: Lewin M, Goldstein IS (ed) *Wood structure and composition*. Marcel Dekker Inc, New York, pp. 409-433.
- Lamb, F.B. 1966. Mahogany of tropical America: Its ecology and management. University of Michigan Press, Ann Arbor, pp 220.
- Maisch, J.M. 1885. Botanical Medicine Monographs and Sundry on some useful plants of the natural order of verbenaceae. *Am J Pharm* 57:7.
- Mahale, G., Medha, H. Goudar I. 2006. Dyeing silk with mahogany leave extract. *ATA Journal* 17:72-75
- Murnigsih, T. Subeki, Matsuura, H., Takahashi, K., Yamasaki, M., Yamato, O., Maede, Y., Katakura, K., Suzuki, M., Kobayashi, S., Chairul, Yoshihara, T. 2005. Evaluation of the inhibitory activities of the extracts of Indonesian traditional medicinal plants against *Plasmodium falciparum* and *Babesia gibsoni*. *J Vet Med Sci* 67:829-31.
- Maiti, A. Dewanjee, S., Mandal, S.C. 2007. In vivo evaluation of antidiarrhoeal activity of the seed of *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Trop J Pharm Res* 6:711-71611.
- Mootoo, B.S., Ali. A., Motilal, R., Pingal, R., Ramlal, A., Khan, A., Reynolds, W.F., McLean, S. 1999. Limonoids from *Swietenia macrophylla* and *S. aubrevilleana*. *J Nat Prod* 62:1514-1517.

- Nair, A.G.R., Subramanian, S.S. 1975. Quercetagenin and other flavones from *Gmelina arborea* and *Gmelina asiatica*. *Phytochemistry* 14:1135–1136.
- Olatunji, G. 1999. Furanosorcinol from the heartwood of *Gmelina arborea*. *Cellulose Chem Technol* 33:37-39.
- Packer, L., Rimbach, G., Virgili F. 1999. Antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (*Pinus maritima*) bark, pycnogenol. *Free Radical Biol Med* 27:704-724.
- Pouchert, C.J., Behnke, J. 1993. The Aldrich library of ¹³C and ¹H FT NMR spectra. Edition I Vol. II. Aldrich Chem Co USA.
- Rao, D.V., Rao, E.V., Viswanadham, N. 1967. Occurrence of Luteolin in the leaves of *Gmelina arborea* Linn. *Curr Sci* 36:71-72.
- Solomon, K.A., Malathi, R., Rajan. S.S., Narasimhan, S., Nethaji, M. 2003). Swietenine. *Acta Cryst E* 59 :1519-1521.
- Soares, M.G., Batista-Pereira, L.G., Fernandes, J.B., Correa, A.G., Da Silva, M.F.G.F., Vieira, P.C., Filho, E.R., Ohashi, O.S., 2003. Electrophysiological responses of female and male of *Hypsiphyla grandella* (Zeller) to *Swietenia macrophylla* essential oils. *J Chem Ecol* 29:2143-2151.
- Saad, M.M.G., Iwagawa, T., Doe, M., Nakatani, M. 2003. Swietenialides, novel ring D opened phragmalin limonoid orthoesters from *Swietenia mahogany* JACQ. *Tetrahedron* 59:8027-8033.
- Somanadhan, B. Varughese, G., Palpu, P., Sreedharan, R., Gudiksen, L., Smitt, U.W., Nyman U. 1999. An ethnopharmacological survey for potential angiotensin converting enzyme inhibitors from Indian medicinal plants. *J Ethnopharmacol* 65:103–112.
- Sharma. H.K., Changte, L., Dolui, A.K. 2001. Traditional medicinal plants in Mizoram, India. *Fitoterapia* 72:146-161.
- Satyanarayana, P.Rao, K., Ward, R.S., Pelter, A. 1986. Arborone and 7-oxo-dihydrogmelinol: Two new keto-lignans from *Gmelina arborea*. *J Nat Prod* 49:1061-1064.
- Satyanarayana, P. Subrahmanyam, P., Kasai, R., Tanaka, O. 1985. An apiose-containing coumarin glycoside from *Gmelina arborea* root. *Phytochemistry* 24:1862-1863.
- Sun, J. Jiang, Y., Wei, X., Shi, J., You, Y., Liu, H., Kakuda, Y., Zhao, M. 2006. Identification of (-)-Epicatechin as The Direct Substrate for Polyphenol Oxidase Isolated from Lichi Pericarp. *Food Res. Int.*, 39: 864-870.
- Tanaka, T. Ikeda, T, Kaku, M., Zhu, X.H., Okawa. M., Yokomizo. K., Uyeda, M., Nohara T. 2004. A new lignan glycoside and phenylethanoid glycoside from *Strobilanthes cusia* BREMEK. *Chem Pharm Bull* 52:1242-1245.

- Tang, W. Hioki, H., Harada, K., Kubo, M., Fukuyama, Y. 2007. Antioxidant Phenylpropanoid-Substituted Epicatechin from *Trichilia catigua*. *J. Nat. Prod.*, 70: 2010-2013.
- Wang, Z. 2004 Cultivation and utilization of *Gmelina arborea* in South Yunnan, China. *New Forests* 28:201-2059
- Yuen, M.S.M., Xue, F., Mak, T.C.W., Wong, H.N.C. 1998. On the absolute structure of optically active neolignan containing a dihydrobenzo[b]furan skeleton. *Tetrahedron* 54:12429-12444.
- Yamasaki, T. Masuoka, C., Nohara, T., Ono M. 2007. A new phenylethanoid glycoside from the fruits of *Callicarpa japonica* Thunb. var. *luxurians* Rehds. *J Nat Med* 61:318-322.