



Tiga senyawa flavan-3-ol dari tumbuhan *Artocarpus reticulatus*[#]

Sjamsul Arifin Achmad^{##}, Murniana, Silvester Sigit Udjiana, Norio Aimi*, Euis Holisotan Hakim, dan Lukman Makmur

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganeca 10, Bandung 40132
*Center for Medicinal Resources, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263, Japan

Masuk: April 1998; revisi masuk: April 1998; diterima: Juni 1998

Sari

Tiga senyawa turunan flavan-3-ol, yakni afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1), katekin (2), dan afzelekin (3), telah ditemukan pada kulit batang dan kulit akar tumbuhan *Artocarpus reticulatus* Miq. (Moraceae), suatu tumbuhan langka yang berasal dari Sulawesi dan endemik untuk Indonesia, serta dikenal dengan nama daerah *maumbi*. Struktur molekul ketiga senyawa tersebut telah ditetapkan berdasarkan data fisika dan spektroskopi.

Kata kunci: afzelekin; afzelekin-3-O- α -L-ramnosida; *Artocarpus reticulatus* Miq.; flavan-3-ol; katekin; *maumbi*, Moraceae.

Abstract

Three flavan-3-ols from *Artocarpus reticulatus*

Three flavan-3-ol derivatives, namely afzelechin-3-O- α -L-rhamnoside (1), catechin (2) and afzelechin (3), were isolated from the tree and the root barks of *Artocarpus reticulatus* Miq. (Moraceae), a rare species found in Sulawesi and endemic to Indonesia, locally known as *maumbi*. The structures of all these compounds were elucidated based on physical and spectroscopic data.

Keywords: afzelechin; afzelechin-3-O- α -L-rhamnoside; *Artocarpus reticulatus* Miq.; catechin; flavan-3-ol; *maumbi*, Moraceae

1 Pendahuluan

Pada makalah terdahulu,¹⁻⁸ telah kami laporkan penelitian tentang ilmu kimia sejumlah tumbuhan hutan tropika Indonesia. Pada makalah berikutnya,⁹⁻¹¹ telah kami laporkan pula penemuan suatu senyawa baru jenis monopenilflavon yang diberi nama siklocampedol, bersama-sama dengan artokarpin, senyawa jenis diprenilflavon, heteroflavanon A, suatu senyawa flavanon langka, serta empat senyawa triterpen, yakni siklocukalenol, glutinol, sikloartenon, dan 24-metilensikloartanon, dan satu sterol, β -sitosterol, dari kayu dan kulit batang tumbuhan *Artocarpus champeden*. Ketiga senyawa flavonoid yang telah ditemukan ini memperlihatkan toksisitas yang tinggi terhadap udang *Artemia salina*, dan menghambat transportasi asam amino melalui membran usus ulat sutera *Bombyx mori*.^{10,11} Melanjutkan penelitian kami

ini, tentang ilmu kimia tumbuh-tumbuhan *Artocarpus* Indonesia, tiga senyawa turunan flavan-3-ol, yaitu afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1), katekin (2), dan afzelekin (3), telah ditemukan pula pada kulit batang dan kulit akar tumbuhan *Artocarpus reticulatus* Miq. Penemuan dan penetapan struktur ketiga senyawa tersebut akan dilaporkan di dalam makalah ini. Makalah ini juga merupakan laporan pertama, baik mengenai ilmu kimia tumbuhan *A. reticulatus* maupun penemuan afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1) dan afzelekin (3) dari tumbuh-tumbuhan genus *Artocarpus*.

2 Percobaan

Umum. Semua titik leleh ditentukan dengan menggunakan alat penetapan titik leleh mikro.

[#] Bagian ke-4 dari seri "Ilmu Kimia Tumbuhan Moraceae Indonesia". Untuk bagian ke-1, ke-2, dan ke-3, lihat pustaka (9)-(11)

^{##} Korespondensi dialamatkan kepada yang bersangkutan: Telp. 022-2502103, Fax. 022-2504154

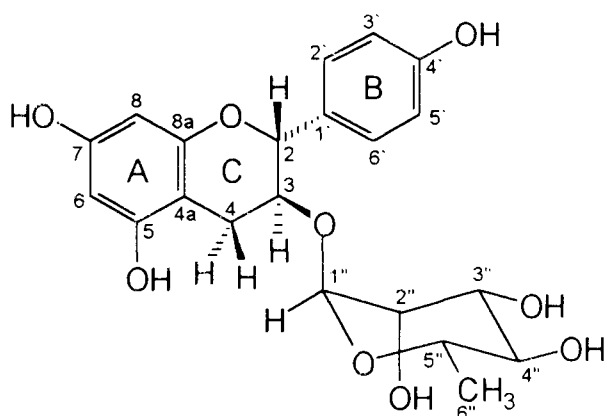
Spektrum ultraviolet (UV) dan inframerah (IR) diukur, masing-masing dengan spektrofotometer Beckman DU-7000 dan Shimadzu FTIR 8501. Spektrum resonansi magnet inti proton ($^1\text{H-NMR}$) dan karbon ($^{13}\text{C-NMR}$) diukur dengan menggunakan spektrometer JEOL JNM A 5000, yang bekerja pada 500 MHz ($^1\text{H-}$) dan 125,6 MHz ($^{13}\text{C-}$) menggunakan TMS sebagai standar internal. Spektrum massa (MS) diperoleh dengan menggunakan spektrometer massa JMS-HM20. Kromatografi cair tekanan (KCV) dilakukan dengan menggunakan Si gel Merck 60 GF254, kromatografi tekan dengan Si gel Merck 60 (230 - 400 mesh), dan analisis kromatografi lapis tipis (KLT) pada pelat berlapis Si gel Merck Kieselgel 60 F254, 0,25 mm.

Pengumpulan bahan tumbuhan. Bahan tumbuhan berupa kulit batang dan kulit akar *A. reticulatus* dikumpulkan pada bulan Mei 1994 dari Taman Hutan Raya Ir. H. Juanda, Bandung. Spesies ini diidentifikasi oleh Herbarium Bandungense, Jurusan Biologi, Institut Teknologi Bandung, dan spesimennya tersimpan di herbarium tersebut.

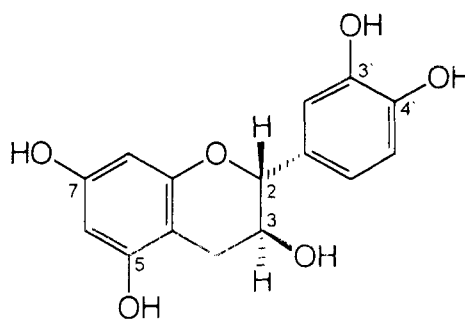
Ekstraksi dan isolasi. Kulit batang yang telah dikeringkan dan digiling halus (2,4 kg) diekstraksi berturut-turut dengan n-heksana dan aseton. Setelah pelarut diuapkan dari ekstrak aseton, pada tekanan rendah, diperoleh residu berupa padatan berwarna coklat (90 g). Residu ini dipartisi dengan etil asetat, dan setelah pelarutnya diuapkan menghasilkan ekstrak etil asetat berupa padatan berwarna coklat (41 g). Ekstrak etil asetat ini difraksinasi dengan KCV Si gel dengan menggunakan campuran eluen heksan-EtOAc, EtOAc, dan EtOAc-aseton yang kepolarannya berangsur-angsur dinaikkan, menghasilkan 30 fraksi. Fraksinasi ini diulangi beberapa kali. Penggabungan fraksi-fraksi tersebut berdasarkan hasil analisis KLT menghasilkan

lima fraksi utama. Fraksi kedua (590 mg) difraksinasi lebih lanjut dengan menggunakan kromatografi tekan, menghasilkan empat fraksi utama. Fraksi keempat (1,9 g), pada kromatografi tekan berikutnya menghasilkan zat padat (520 mg), dan rekristalisasi dalam campuran kloroform-aseton menghasilkan afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (**1**) (60 mg), sedangkan fraksi kedua dengan perlakuan yang sama menghasilkan katekin (**2**) (84 mg). Dengan menggunakan cara yang sama seperti di atas, dari kulit akar diperoleh afzelekin (**3**) (9,7 mg).

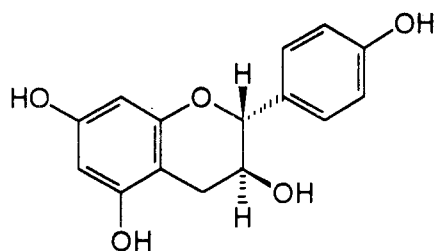
Afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1**):** diperoleh sebagai kristal berwarna kuning muda, t.l. 175-176 °C; EIMS menunjukkan ion molekul pada m/z 436 ($\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{O}_{16}$); IR (KBr) ν_{maks} 3450 (OH), 1606, 1517, 1473 (benzen) cm^{-1} ; UV (MeOH) λ_{maks} 207, 228 (bahu), 276 nm; (MeOH + NaOH) 207, 246 (bahu), dan 288 nm; $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 500 MHz) δ 1,23 (3H, d, $J = 6,1$ Hz, H-6'' CH₃), 2,63 (1H, dd, $J = 8,5$ dan 16,1 Hz, H-4 β), 2,90 (1H, dd, $J = 5,9$ dan 16,1 Hz, H-4 α), 3,30 (1H, dd, $J = 3,4$ dan 9,5 Hz, H-4''), 3,47 (1H, dd, $J = 1,7$ dan 3,1 Hz, H-2''), 3,56 (1H, dd, $J = 3,4$ dan 9,5 Hz, H-3''), 3,69 (1H, m, H-5''), 3,92 (1H, ddd, $J = 5,9$; 7,4; dan 8,5 Hz, H-3), 4,24 (1H, d, $J = 1,8$ Hz, H-1''), 4,65 (1H, d, $J = 8,1$ Hz, H-2), 5,85 (1H, d, $J = 2,4$ Hz, H-8), 5,93 (1H, d, $J = 2,5$ Hz, H-6), 6,78 (2H, tt, $J = 2,0$; 2,8; dan 8,9 Hz, H-3' dan H-5'), 7,21 (2H, tt, $J = 1,7$; 2,8; dan 8,9 Hz, H-2' dan H-6'); $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 125,6) δ 158,53 (s, C-4'), 157,97 (s, C-7), 157,57 (s, C-5), 156,92 (s, C-8a), 131,22 (s, C-1'), 129,40 (d, C-2'), 129,40 (d, C-6'), 116,07 (d, C-3'), 116,07 (d, C-5'), 102,26 (d, C-1''), 100,68 (s, C-4a), 96,38 (d, C-6), 95,45 (d, C-8), 81,14 (d, C-2), 76,20 (d, C-3), 73,93 (d, C-4''), 72,24 (d, C-3''), 71,97 (d, C-2''), 70,32 (d, C-5''), 28,26 (t, C-4), 17,91 (q, C-6'').



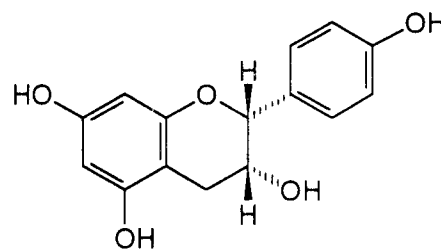
1



2



3



4

Katekin (2): diperoleh sebagai kristal ungu dan menghasilkan warna violet dengan FeCl_3 , t.l. 131-132 °C, EIMS menunjukkan ion molekul pada m/z 290 ($\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$); IR (KBr) ν_{maks} 3300 (OH), 1628, 1524, 1470 (benzen) cm^{-1} ; UV (MeOH) λ_{maks} 209, 232 (bahu), dan 281 nm; (MeOH + NaOH) 207, 253 (bahu), 293 nm; $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 500 MHz) δ 2,49 (1H, dd, $J = 8,0$ dan 16,1 Hz, H-4 β), 2,84 (1H, dd, $J = 5,4$ dan 16,1 Hz, H-4 α), 3,97 (1H, m, H-3), 4,56 (1H, d, $J = 7,5$ Hz, H-2), 5,84 (1H, d, $J = 2,4$ Hz, H-8), 5,91 (1H, d, $J = 2,4$ Hz, H-6), 6,71 (1H, dd, $J = 2,2$ dan 8,2 Hz, H-6'), 6,75 (1H, d, $J = 8,1$ Hz, H-5'), 6,83 (1H, d, $J = 2,0$ Hz, H-2'); $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 125,6 MHz) δ 157,86 (s, C-7), 157,59 (s, C-5), 156,93 (s, C-8a), 146,24 (s, C-3'), 146,17 (s, C-4'), 132,25 (d, 1'), 120,04 (d, C-6'), 116,10 (d, C-5'), 115,28 (d, C-2'), 100,84 (s, C-4a), 96,31 (d, C-6), 95,52 (d, C-8), 82,88 (d, C-2), 68,83 (d, C-3), 28,53 (t, C-4).

Afzelekin (3): diperoleh sebagai kristal berwarna coklat, t.l. 242-244 °C; EIMS menunjukkan ion molekul pada m/z 274 ($\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_5$), IR (KBr) ν_{maks} 3423 (OH), 1622, 1514, 1471 (benzen) cm^{-1} ; UV (MeOH) λ_{maks} 210, 242 (bahu), dan 286 nm; $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 500 MHz) δ 2,73 (1H, dd, $J = 8,2$ dan 17,0 Hz, H-4 β), 2,88 (1H, dd, $J = 6,0$ dan 17,0 Hz, H-4 α), 4,19 (1H, m, H-3), 4,60 (1H, d, $J = 8,1$ Hz, H-2), 5,85 (1H, d, $J = 2$ Hz, H-8), 5,94 (1H, d, $J = 2$ Hz, H-6), 6,78 (2H, tt, $J = 2,0$, 2,7, dan 8,6 Hz, H-3' dan H-5'), 7,32 (2H, t, $J = 2,0$; 2,8; dan 8,9 Hz, H-2' dan H-6'); $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 125,6 MHz) δ 157,86 (s, C-7), 157,69 (s, C-5), 157,58 (s, C-8a), 157,00 (s, C-4'), 131,62 (s, C-1'), 129,16 (d, C-2'), 129,16 (d, C-6'), 115,74 (d, C-3'), 115,74 (d, C-5'), 100,90 (s, C-4a), 96,31 (d, C-6), 95,48 (d, C-8), 82,88 (d, C-2), 68,85 (d, C-3), 28,92 (t, C-4).

3 Pembahasan

Pada ekstraksi kulit batang *A. reticulatus* dihasilkan senyawa afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1) dan katekin (2), sedangkan pada ekstraksi kulit akar dihasilkan senyawa afzelekin (3), ketiganya diperoleh melalui

beberapa tahap fraksinasi, diikuti oleh pemilihan fraksi utama berdasarkan analisis kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi partisi.

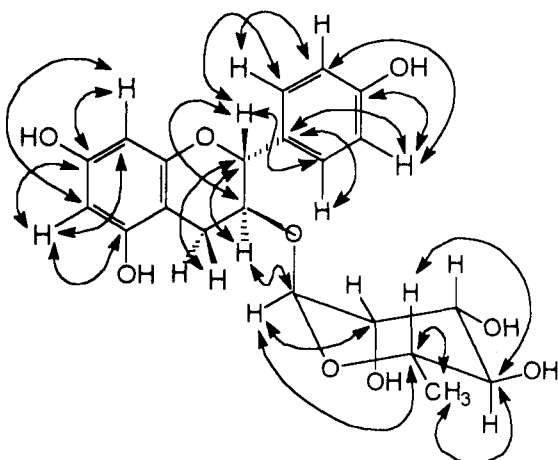
Afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1) diperoleh sebagai kristal berwarna kuning muda, t.l. 175-176 °C. Spektrum massa (EIMS) senyawa 1 menunjukkan ion molekul pada m/z 436, yang sesuai untuk rumus molekul $\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{O}_{10}$. Spektrum UV menunjukkan λ_{maks} (MeOH) pada 207, 228 dan 276 nm, sedangkan spektrum IR memperlihatkan adanya pita serapan untuk gugus hidroksil pada ν_{maks} 3450 cm^{-1} dan cincin benzen pada 1606, 1517, dan 1473 cm^{-1} . Spektrum ^1H - dan ^{13}C -NMR senyawa 1 dapat dinyatakan secara rinci dengan bantuan spektrum NMR dua dimensi (2D), yaitu spektrum korelasi (COSY) proton homonuklir (^1H - ^1H COSY), spektrum korelasi heteronuklir ^1H - ^{13}C COSY kuantum rangkap (HMOC), dan spektrum korelasi heteronuklir jarak jauh (HMBC). Spektrum ^1H -NMR senyawa 1 memperlihatkan sejumlah sinyal, masing-masing untuk satu proton pada δ 4,65 (d, $J = 8,1$ Hz), 3,92 (ddd, $J = 5,9$, 7,4, dan 8,5 Hz), 2,63 (dd, $J = 8,5$ dan 16,1 Hz), dan 2,90 (dd, $J = 5,9$ dan 16,1 Hz), yang merupakan ciri khas suatu flavan-3-ol, masing-masing untuk resonansi proton H-2, H-3, H-4 α , dan H-4 β .^{12,13} Di samping itu, terdapat pula dua doublet, masing-masing untuk satu proton, pada δ 5,93 ($J = 2,5$ Hz) dan 5,85 ($J = 2,4$ Hz) untuk proton H-6 dan H-8 pada cincin-A, yang berorientasi-*meta*. Pada spektrum ini ditemukan pula dua sinyal, masing-masing terdiri dari dua proton, pada δ 7,21 (tt, $J = 1,7$, 2,8, dan 8,9 Hz) dan 6,78 (tt, $J = 2,0$, 2,8, dan 8,9 Hz), untuk empat proton aromatik H-2'/H-6' dan H-3'/H-5' pada cincin-B dengan sistem penjodohan AA'XX'. Nilai tetapan penjodohan proton H-2 ($J = 8,1$ Hz), yang menunjukkan korelasi proton H-2 dan H-3, mengisyaratkan bahwa gugus aril yang terikat pada C-2 menempati orientasi ekuatorial, dan dengan demikian, stereokimia relatif senyawa 1 dapat diketahui sebagai 3 β -OH. Data ini memberi indikasi bahwa senyawa 1 adalah suatu turunan afzelekin. Spektrum ^{13}C -NMR senyawa 1 (tabel 1) memperlihatkan adanya resonansi yang terpisah untuk 21 atom karbon, yang terdiri dari sembilan karbon sp^3 dan 12 karbon sp^2 , yang terakhir berkaitan dengan dua

cincin aromatik. Tiga atom karbon sp^3 beresonansi pada δ 81,14, 74,20, dan 28,26, masing-masing untuk C-2 (-CH-O-), C-3 (-CH-O-), dan C-4 (-CH₂-) suatu struktur flavan-3-ol.^{14,15} Di samping itu, enam atom karbon sp^3 beresonansi pada δ 17,91, 70,32, 71,97, 72,24, 73,93, dan 102,26 untuk suatu gugus gula, yang sesuai untuk α -L-ramnosida.^{14,16} Pola substitusi pada struktur senyawa **1** ditetapkan pula berdasarkan percobaan HMBC (gambar 1). Spektrum HMBC, memperlihatkan puncak silang korelasi antara H-2 ke C-2, antara H-4 β ke C-2, antara H-3 ke C-1'' (karbon anomerik), C-2, dan C-5'', antara H-1'' (proton anomerik) ke C-3, C-2'', dan C-5'', antara H-6'' ke C-5'' dan C-4'', antara H-6 ke C-5 dan C-8, antara H-2' ke C-3', dan antara H-5' ke C-4'. Berdasarkan data di atas, ditarik kesimpulan bahwa senyawa **1** adalah afelekin-3-O- α -L-ramnosida, dengan struktur sebagaimana tercantum.

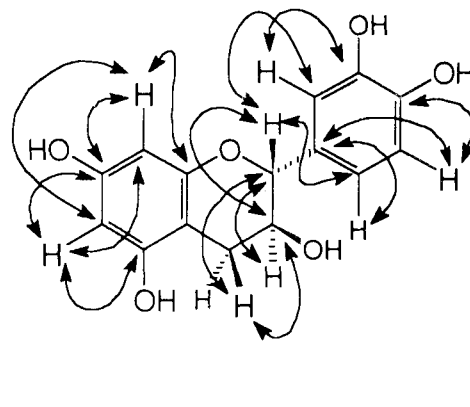
Katekin (**2**) diperoleh sebagai kristal berwarna ungu, t.l. 131-132 °C. Spektrum massa (EIMS) menunjukkan ion molekul pada m/z 290, yang sesuai untuk rumus molekul C₁₅H₁₄O₆. Spektrum UV menunjukkan λ_{maks} (MeOH) pada 209, 232, dan 281 nm, sedangkan spektrum IR menunjukkan adanya pita serapan untuk gugus hidroksil pada ν_{maks} 3300 cm⁻¹ dan cincin benzen pada 1628, 1524, dan 1470 cm⁻¹, yang memperlihatkan adanya sistem kromofor dan gugus fungsi sama seperti senyawa **1**. Semua sinyal proton dan sinyal karbon senyawa **2** juga ditetapkan secara rinci berdasarkan analisis spektrum ¹H- dan ¹³C-NMR, serta spektrum NMR 2D, yakni ¹H-¹H COSY, HMQC, dan HMBC.

Spektrum ¹H- dan ¹³C-NMR senyawa **2** (tabel 1) adalah sama seperti senyawa **1**, kecuali tidak adanya resonansi yang merupakan ciri khas untuk gugus gula.¹⁵ Seperti senyawa **1**, spektrum ¹H-NMR senyawa **2** menunjukkan pula adanya sinyal pada δ 4,56 (1H, d, $J = 7,5$ Hz), 3,97 (1H, m), 2,84 (1H, dd, $J = 5,4$ dan 16,1 Hz), dan 2,49 (1H, dd, $J = 8,0$ dan 16,1 Hz), karakteristik suatu

flavan-3-ol, masing-masing untuk resonansi proton H-2, H-3, H-4 α , dan H-4 β .^{12,13} Spektrum ini juga memperlihatkan dua sinyal pada δ 5,91 (1H, d, $J = 2,4$ Hz) dan 5,84 (1H, d, $J = 2,4$ Hz) masing-masing untuk proton H-6 dan H-8 pada cincin-A, yang berorientasi-*meta*. Selain itu, ditemukan pula tiga sinyal pada δ 6,83 (1H, d, $J = 2,0$ Hz), 6,75 (1H, d, $J = 8,1$ Hz), dan 6,71 (1H, dd, $J = 2,2$ dan 8,2 Hz), masing-masing untuk proton aromatik H-2', H-5', dan H-6' pada cincin-B, yang mempunyai sistem penjodohan AMX. Resonansi spektrum ¹³C-NMR senyawa **2** (tabel 1) memperlihatkan adanya 15 atom karbon, yang terdiri dari tiga karbon sp^3 dan 12 karbon sp^2 , yang terakhir berkaitan dengan dua cincin aromatik. Ketiga atom karbon sp^3 beresonansi pada δ 82,88, 68,83, dan 28,53, masing-masing untuk C-2 (-CH-O-), C-3 (-CH-O-), dan C-4 (-CH₂-) suatu struktur flavan-3-ol.^{14,15} Pola substitusi pada struktur senyawa **2** ditetapkan pula berdasarkan percobaan HMBC (gambar 2). Spektrum HMBC memperlihatkan korelasi jarak jauh antara H-2 ke C-3, C-2', dan C-6', antara H-4 β ke C-2 dan C-3, antara H-6 ke C-5 dan C-7, antara H-8 ke C-7 dan C-8a, begitu juga antara H-5' ke C-1', C-3', dan C-4'. Berdasarkan data ini dapat disimpulkan bahwa senyawa **2** mengandung gugus fenol pada atom karbon aromatik C-5, C-7, C-3', dan C-4' pada struktur flavan-3-ol. Selanjutnya, proton H-2 memperlihatkan pula tetapan penjodohan, $J = 7,5$ Hz, untuk konfigurasi 3 β -OH. Dari semua data ini dapat disimpulkan bahwa senyawa **2** adalah suatu 5,7,3',4'-tetrahidroksiflavan-3 β -ol atau katekin. Kesimpulan ini didukung oleh data spektrum ¹³C-NMR senyawa **2** yang identik dengan yang dilaporkan untuk katekin.¹⁴⁻¹⁶ Katekin telah ditemukan pula pada tumbuhan *Artocarpus integra* dan memperlihatkan aktivitas anti-ulserogenik.¹⁷ Telah dilaporkan pula bahwa katekin bersifat sebagai inhibitor terhadap siklooksigenase-1 dan -2 dalam biosintesis prostaglandin.¹⁸



Gambar 1 Beberapa korelasi HMBC yang dipilih untuk senyawa **1**



Gambar 2 Beberapa korelasi HMBC yang dipilih untuk senyawa **2**

Afzelekin (**3**) diperoleh sebagai kristal berwarna coklat, t.l. 242-244 °C. Spektrum massa (EIMS) senyawa **3** menunjukkan ion molekul pada m/z 274 yang sesuai untuk rumus molekul $C_{15}H_{14}O_5$. Spektrum UV menunjukkan λ_{maks} (MeOH) pada 210, 242, dan 286 nm, sedangkan spektrum IR memperlihatkan adanya pita serapan untuk gugus hidroksil pada ν_{maks} 3423 dan cincin benzen pada 1622, 1514, dan 1471 cm^{-1} . Spektrum 1H - dan ^{13}C -NMR senyawa **3** (tabel 1) adalah sama seperti senyawa **1**, tetapi tidak menunjukkan adanya gugus gula. Spektrum 1H -NMR senyawa **3** memperlihatkan adanya sinyal pada δ 4,60 (1H, d, $J = 8,1$ Hz), 4,19 (1H, m), 2,88 (1H, dd, $J = 6,0$ dan 17,0 Hz), dan 2,73 (1H, dd, $J = 8,2$ dan 17,0 Hz), yang merupakan ciri khas untuk proton H-2, H-3, H-4 α , dan H-4 β , suatu struktur flavan-3-ol.^{12,13} Spektrum 1H -NMR memperlihatkan pula dua singlet, masing-masing untuk satu proton, pada δ 5,94 (d, $J = 2$ Hz) dan 5,85 (d, $J = 2$

Hz) untuk proton aromatik H-6 dan H-8 pada cincin-A, yang berorientasi-*meta*. Di samping itu, terdapat pula dua sinyal, masing-masing terdiri dari dua proton pada δ 6,78 (tt, $J = 2,0, 2,7$ dan 8,6 Hz) dan 7,32 (tt, $J = 2,0, 2,8$ dan 8,9 Hz), untuk empat proton aromatik C-3'/C-5' dan C-2'/C-6' pada cincin-B, dengan sistem penjodohan AA'XX'. Sama seperti senyawa **1** dan **2**, spektrum 1H -NMR senyawa **3** memperlihatkan pula suatu doublet untuk proton H-2 pada δ 4,60, dengan tetapan penjodohan, $J = 8,1$ Hz, yang mengisyaratkan konfigurasi relatif senyawa **3** sebagai 3 β -OH. Berdasarkan analisis spektrum UV, IR, MS, dan 1H -NMR di atas ditarik kesimpulan bahwa senyawa **3** adalah afzelekin. Kesimpulan ini didukung oleh spektrum ^{13}C -NMR senyawa **3** yang mirip dengan spektrum ^{13}C -NMR untuk senyawa epiafzelekin (**4**) (tabel 1), seperti dilaporkan di literatur.¹⁵

Tabel 1 Geseran kimia ^{13}C -NMR senyawa 1, 2, 3, dan 4¹⁵

C	1*	2*	3*	4**
2	81,14	82,88	82,88	79,53
3	76,20	68,83	68,85	66,90
4	28,26	28,53	28,92	29,16
4a	100,68	100,84	100,90	99,79
5	157,57	157,59	157,58	157,63
6	96,38	96,31	96,31	96,25
7	157,97	157,86	157,69	157,66
8	95,45	95,52	95,48	95,78
8a	156,92	156,93	157,00	157,24
1'	131,22	132,25	131,62	131,55
2'	129,40	115,28	129,16	129,17
3'	116,07	146,17	115,74	115,50
4'	158,53	146,24	157,86	157,69
5'	116,07	116,10	115,74	115,50
6'	129,40	120,04	129,16	129,17
1''	102,26			
2''	71,97			
3''	72,24			
4''	73,93			
5''	70,32			
6''	17,91			

* Spektrum diukur dalam metanol- d_4

** Spektrum diukur dalam aseton- d_6

4 Kesimpulan

Penelitian kimia tumbuhan *A. reticulatus* telah dilakukan untuk pertama kalinya di laboratorium kami, dan dari penelitian ini telah ditemukan tiga senyawa fenol, yakni afzelekin-3-O- α -L-ramnosida (1), katekin (2), dan afzelekin (3). Senyawa 2 dan 3 sudah dilaporkan sebelumnya dari sumber alam hayati lainnya,^{15,17} tetapi sepengetahuan kami, senyawa 1 belum pernah dilaporkan dalam literatur. Hal baru lainnya dari penelitian kami sekarang ini terletak pada senyawa 1 dan 3 yang, sejauh pengetahuan kami, belum pernah ditemukan dari genus *Artocarpus*, walaupun katekin (2) telah dilaporkan pada *A. integra*.¹⁷ Tambahan pula, senyawa flavonoid yang berasal dari tumbuhan genus *Artocarpus* lazimnya mengandung substituen isoprenil pada atom karbon C-3 dari struktur flavonoid, sedangkan cincin-B teroksidasi dengan orientasi-*meta* pada atom karbon C-2' dan C-4'.¹⁹⁻²¹ Dalam penelitian ini, ciri-ciri kimia senyawa flavonoid tersebut tidak atau belum ditemukan pada tumbuhan *A. reticulatus*. Fenomena ini masih terus diselidiki.

5 Ucapan terima kasih

Penelitian ini didukung oleh dana penelitian Riset Unggulan Terpadu, Dewan Riset Nasional, Menteri Negara Riset dan Teknologi. Terima kasih disampaikan kepada Taman Hutan Raya Ir. H. Juanda, Bandung, yang telah menyediakan bahan tumbuhan yang diperlukan. Terima kasih disampaikan pula kepada Herbarium Bandungense, Jurusan Biologi, Institut Teknologi Bandung, yang telah membantu mengidentifikasi spesimen tumbuhan ini.

6 Daftar pustaka

1. Sjamsul Arifin Achmad, Thomas Hoyer, Anders Kjaer, Lukman Makmur and Rolf Norrestam, "Molecular and crystal structure of hyptolide, a naturally occurring α,β -unsaturated δ -lactone", *Acta Chemica Scandinavica*, **B 41**, 599 - 609 (1987).
2. Sjamsul Arifin Achmad, Effendi, Emilio L. Ghisalberty, Euis Holisotan Hakim, Lia Dewi Juliawaty, Lukman Makmur, dan Allan H. White, "Ilmu kimia tumbuhan Lauraceae Indonesia: VI. Kriptokaryon dari *Cryptocarya laevigata* Bl. (Lauraceae)", *Proceedings ITB*, **24**(2/3), 9-16 (1991).
3. Sjamsul Arifin Achmad, Emilio L. Ghisalberty, Euis Holisotan Hakim, Lukman Makmur and Manuntun Manurung, "A sesquiterpene alcohol from *Litsea amara*", *Phytochemistry*, **31**(6), 2153 - 2154 (1992).
4. Sjamsul Arifin Achmad, Azminah, Effendy, Emilio L. Ghisalberty, Euis Holisotan Hakim, Lukman Makmur and Allan H. White, "Structural studies of the bioactive furano sesquiterpenes from *Cryptocarya densiflora* (Lauraceae)", *Aust. J. Chem.*, **45**, 445 - 450 (1992).
5. Euis Holisotan Hakim, Sjamsul Arifin Achmad, Effendy, Emilio L. Ghisalberty, David C.R. Hockless and Allan H. White, "Structural studies of three sesquiterpenes from *Litsea spp.* (Lauraceae)", *Aust. J. Chem.*, **46**, 1355 - 1362 (1993).
6. Euis Holisotan Hakim, Sjamsul Arifin Achmad, Buchari, dan Sidharta Pramutadi, "Ilmu kimia tumbuhan Lauraceae Indonesia: X. Alkaloid benzilisokuinolin dari *Litsea cassiaefolia*", *Proceedings ITB*, **27**(3), 1 - 9 (1994).
7. Euis Holisotan Hakim, Sjamsul Arifin Achmad, Buchari, dan Sidharta Pramutadi, "Ilmu kimia tumbuhan Lauraceae Indonesia: XI. Alkaloid aporfin dan oksoaporfin dari *Litsea excelsa*", *Proceedings ITB*, **27**(3), 11 - 19 (1994).
8. Sjamsul Arifin Achmad, Euis Holisotan Hakim, Lia Dewi Juliawaty, Lukman Makmur and Yana Maolana Syah, "Chemical studies of Indonesian rainforest plants: Triterpenoids from *Cryptocarya crassinervia* and *Litsea elliptica*", *Rep. Asahi Glass Found.*, 691 - 695 (1994).
9. Sjamsul Arifin Achmad, Euis Holisotan Hakim, Lia Dewi Juliawaty, Lukman Makmur, Suyatno, Norio Aimi and Emilio L. Ghisalberty, "New prenylated flavone from *Artocarpus champeden*", *J. Nat. Prod.*, **59**(9), 878-879 (1996).
10. Paolo Parenti, Alessandro Pizzigoni, Giorgio Hanozet, Euis Holisotan Hakim, Lukman Makmur, Sjamsul Arifin Achmad and Barbara Giordana, "A new prenylated flavone from *Artocarpus champeden* inhibits the K⁺-dependent amino acid transport in *Bombyx mori* Midgut", *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **244**, 445-448 (1998).
11. Euis Holisotan Hakim, Emilia Evi Marlina, Didin Mujahidin, Sjamsul Arifin Achmad, Emilio L. Ghisalberty, dan Lukman Makmur, "Artokarpin dan heteroflavanon A, dua senyawa flavonoid bioaktif dari *Artocarpus champeden*", *Proceedings ITB*, **30**(1), 31-36 (1998).
12. Lawrence J. Porter, "Flavans and proanthocyanidins", *In The Flavonoids: Advances in Research Since 1986* (J.B. Harborne, Ed.), Chapman & Hall, London (1994), 23 - 55.
13. K.R. Markham dan H. Geiger, "1H Nuclear magnetic resonance spectroscopy of flavonoids and their glycosides in hexadeuterodimethylsulfoxide", *Dalam The flavonoids: advances in research since*

- 1986, J.B. Harborne (Ed.), Chapman & Hall, London (1994), 441 - 497.
14. Pawan K. Agrawal and Prakash Rastogi, "¹³C NMR Spectroscopy of flavonoids", *Heterocycles*, **16**(12), 2181 - 2236 (1981).
 15. Adrienne L. Davis, Ya Cai, Alan P. Davies and J.R. Lewis, "¹H and ¹³C-NMR assignments of some green tea polyphenols", *Magnetic Resonance Chem.*, **34**, 887 - 890 (1996).
 16. Ken R. Markham, V. Mohan Chari and Tom J. Mabry, "Carbon-13 NMR spectroscopy of flavonoids", Dalam *The flavonoids: advances in research* (J.B. Harborne and T.J. Mabry, Eds.), Chapman and Hall, London (1982), 19-134.
 17. Mikio Yamazaki, E. Okuyawa, T. Matsudo, T. Takamaru, and T. Kaneko, *Yakugaku Zasshi*, **107**(11), 914 (1987).
 18. Ylva Noreen, Therese Ringbom, Premila Perera, Helena Danielson, and Lars Bohlin, "Development of a radiochemical cyclooxygenase-1 and -2 in vitro assay for identification of natural products as inhibitors of prostaglandin biosynthesis", *J. Nat. Prod.*, **61**(1), 2 - 7 (1998).
 19. K. Venkataraman, "Wood phenolics in the chemotaxonomy of the Moraceae", *Phytochemistry*, **11**, 1571 - 1586 (1972).
 20. Taro Nomura, "Phenolic compounds of the mulberry tree and related plants", Dalam *Progress in the chemistry of organic natural products* (W. Herz, H. Grisebach, C.W. Kirby, dan Ch. Tamm, Eds.), Springer-Verlag, Vienna, **53**, 87 - 199 (1988).
 21. Taro Nomura and Yoshio Hano, "Isoprenoid-substituted phenolic compounds of Moraceous plants", *Nat. Prod. Rep.*, **11**, 205 (1994).