

Dr. Zakaria, S.Pd., M.Si

# FITOKIMIA TUMBUHAN ARTOCARPUS

Editor :

Dr. Suriani Nur, S.T., M.Si



Sahifah

**Dr. Zakaria, S.Pd., M. Si**

**FITOKIMIA TUMBUHAN  
ARTOCARPUS**

**Editor:  
Dr. Suriani Nur, S.T., M. Si**



**Sahifah  
2019**

# **FITOKIMIA TUMBUHAN ARTOCARPUS**

**Penulis:**

**Dr. Zakaria, S.Pd., M. Si**

**ISBN: 978-623-90608-4-8**

**Editor:**

**Dr. Suriani Nur, S.T., M. Si**

**Desain Sampul:**

Syah Reza

**Tata Letak:**

Rahmatul Akbar

**Diterbitkan oleh:**

**Sahifah**

Gampong Lam Duro, Tungkop Kabupaten Aceh Besar, Provinsi  
Aceh, Kode Pos 23373, Telp. 081360104828

Email: [sahifah85@gmail.com](mailto:sahifah85@gmail.com)

Cetakan Pertama, November 2019

*Hak cipta dilindungi Undang-undang*

*Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan  
dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari Penerbit*

ISBN 978-623-90608-4-8



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT karena kami dapat menyelesaikan buku ini. Buku ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran mengenai bagaimana alur sebuah sampel tumbuhan dapat diisolasi untuk selanjutnya ditentukan struktur senyawa kimianya. Pada buku ini mengambil contoh pembahasan tumbuhan cempedak (*Artocarpus integer* (Thunb) Merr). Pembahasan pada buku ini meliputi etnobotani tumbuhan, teknik pemisahan, teknik spektroskopi, ilusidasi struktur senyawa, dan bioaktivitas.

Etnobotani membahas beberapa spesies dari beberapa famili tumbuhan, nama latin, nama Indonesia, serta nama di beberapa daerah tumbuhan itu berada. Dipaparkan pula mengenai pemanfaatan bagian tumbuhan tersebut dan jenis penyakit yang dapat diobati. Selanjutnya disebutkan pula senyawa-senyawa yang telah berhasil diisolasi. Teknik pemisahan meliputi: pengambilan sampel, isolasi, partisi, fraksinasi, dan pemurnian. Senyawa hasil isolasi dilakukan uji bioaktivitas antibakteri dan antioksidan.

Penulis menemukan banyak rintangan, kendala, kesulitan dan hambatan ketika melakukan proses penelitian hingga penulisan buku ini. Berkat bantuan dari berbagai pihak maka pada akhirnya penulis dapat menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, M.S. (Universitas Hasanuddin); Prof. Dr. Yana Maolana Syah, M.S. (Institut Teknologi Bandung); Dr. Firdaus, M.S (Universitas Hasanuddin) atas keikhlasannya meluangkan waktu dalam memberikan saran, bimbingan, nasihat selama penelitian.
2. Prof. Dr. rer.nat. Muharram, M.Si. (Universitas Negeri Makassar); Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc. (Universitas Hasanuddin); Prof. Dr. Ahyar Ahmad (Universitas

- Hasanuddin); Dr. Hasnah Natsir, M.Si. (Universitas Hasanuddin); Dr. Paulina Taba, M. Phil. (Universitas Hasanuddin) atas petunjuk, koreksi, saran untuk penyempurnaan hasil penelitian ini.
3. Rektor IAIN Bone Prof. Dr. A. Nuzul, S.H., M.Hum atas dukungan terhadap penelitian hingga penerbitan buku ini.
  4. Kepala Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam Institut Teknologi Bandung, Kepala Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Kepala Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf atas dukungan fasilitas laboratorium selama penulis melakukan penelitian.
  5. Kepala Laboratorium Spektroskopi NMR atas bantuannya dalam pengukuran  $^1\text{H-NR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$  dan kepala Laboratorium Kimia Dasar FMIPA Institut Teknologi Bandung dalam pengukuran UV-Vis sampel penelitian, Kepala Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia FMIPA atas pengukuran FTIR, Kepala Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA atas pengukuran aktivitas antioksidan, dan Kepala Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas pengukuran aktivitas antibakteri.
  6. Kepala Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi, LIPI atas determinasi tumbuhan sampel.
  7. Ayahanda Muhammad Mustafah (Alm) dan Ibunda Bunga (almh) yang semasa hidupnya memberikan dukungan penuh terhadap pendidikan kami.
  8. Saudara-saudaraku: Sulaeman, S.Pd., M.Pd. dan Jamaluddin atas dukungan, motivasi dan doanya.
  9. Isteriku Eny Santi, S. Pd atas segalanya dan Isteriku Dra. Jumriati (almh), teramat dalam kepada anakku tersayang Syafirah Tizawani Isfania, S. Farm., Apt. atas segala pengertian, ketabahan, dan pengorbanannya.

10. Teman-teman di Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam (KOBA) Institut Teknologi Bandung dan Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam (KOBA) Universitas Hasanuddin, serta kepada semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak sempat disebut satu persatu.

Buku ini saya persembahkan khusus buat anakku Syafirah Tizawani Isfania atas penyelesaian studi Profesi Apoteker di Universitas Jenderal Sudirman Purwokerto, Jawa Tengah pada tanggal 8 Oktober 2019.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada penerbit Sahifah yang telah bersedia menerbitkan buku ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa buku ini masih belum sempurna. Olehnya itu, penulis memohon kepada Allah SWT agar senantiasa memberikan taufik dan hidayah-Nya agar kiranya pembaca mendapatkan manfaat dari buku ini.

Watampone, 8 Oktober 2019

Dr. Zakaria, S.Pd, M.Si



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>VII</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. HUTAN INDONESIA .....	4
C. MANFAAT HUTAN .....	6
<b>BAB II TUMBUHAN OBAT INDONESIA .....</b>	<b>11</b>
A. FAMILI ASTERACEAE.....	11
B. FAMILI ZINGIBERACEAE .....	23
C. FAMILI SIMAROUBACEAE .....	36
D. FAMILI CAESALPINIACEAE.....	44
E. FAMILI MELIACEAE.....	50
F. FAMILI CLUSIACEAE.....	55
<b>BAB III SENYAWA KIMIA TUMBUHAN</b>	
<b><i>ARTOCARPUS</i>.....</b>	<b>65</b>
A. TINJAUAN UMUM TUMBUHAN <i>ARTOCARPUS</i> .....	65
B. FITOKIMIA TUMBUHAN <i>ARTOCARPUS</i> .....	69
C. BIOAKTIVITAS TUMBUHAN <i>ARTOCARPUS</i> .....	113
D. BIOGENESIS SENYAWA DARI SPESIES <i>ARTOCARPUS</i> .....	114
<b>BAB IV TEKNIK ISOLASI SENYAWA</b>	
<b><i>ARTOCARPUS INTEGERS</i> (THUNB)</b>	
<b>MERR.....</b>	<b>123</b>
A. TAHAPAN ISOLASI .....	123
B. DATA SPEKTROSKOPI SENYAWA HASIL ISOLASI ...	128
<b>BAB V ILUSIDASI STRUKTUR SENYAWA</b>	
<b><i>ARTOCARPUS INTEGERS</i> (THUNB)</b>	
<b>MERR.....</b>	<b>141</b>
A. PENENTUAN STRUKTUR SENYAWA HASIL ISOLASI.....	141



B. HUBUNGAN BIOGENESIS SENYAWA HASIL ISOLASI DARI <i>ARTOCARPUS INTEGER</i> (THUNB.) MERR. ....	159
<b>BAB VI AKTIVITAS KIMIA SENYAWA</b> <i>ARTOCARPUS INTEGER</i> (THUNB) MERR..	<b>167</b>
A. AKTIVITAS ANTIOKSIDAN .....	167
B. AKTIVITAS ANTIBAKTERI.....	183
<b>BAB VII PENUTUP .....</b>	<b>189</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>191</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>217</b>
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS.....</b>	<b>237</b>

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Hutan tropis Indonesia merupakan salah satu hutan yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati (*biodiversity*) terluas di dunia dan berada pada urutan kedua setelah Brazil. Sekitar 250.000 spesies tumbuhan tingkat tinggi berada di dunia, 30.000 spesies di antaranya terdapat di Indonesia (Achmad, 2006). Tumbuhan tropis mempunyai kemampuan merekayasa keanekaragaman senyawa kimia yang mempunyai berbagai bioaktivitas yang menarik. Setiap spesies tumbuhan merupakan produsen metabolit sekunder yang sangat istimewa, sehingga keanekaragaman hayati merupakan sumber keanekaragaman molekul dengan masing-masing sifat dan manfaatnya. Kemampuan ini disebabkan oleh mekanisme pertahanan diri, mengingat tumbuhan tersebut hidup di bawah kondisi iklim yang keras dan gangguan dari herbivora, serangga, dan hama penyakit (Hakim, 2007).

Salah satu tumbuhan tingkat tinggi yang tumbuh dan tersebar di daerah tropis dan subtropis, termasuk di Indonesia adalah famili Moraceae. Moraceae terdiri atas 75 genus dan 1.850 species (Hutchinson, 1967) dan terdapat 3 genus besar yaitu *Morus*, *Ficus*, dan *Artocarpus*. Di Indonesia, *Artocarpus* dikenal sebagai tumbuhan “nangka-nangkaan” dan terdapat sekitar 50 spesies yang tersebar di wilayah Kalimantan, Sumatra, Maluku, Sulawesi, Jawa, dan Nusa Tenggara (Lemmens, 1995). Secara etnobotani, beberapa bagian dari tumbuhan *Artocarpus* telah lama dimanfaatkan sebagai obat tradisional oleh masyarakat. Akar *A. heterophyllus* digunakan untuk mengatasi demam, disentri, dan malaria, bijinya untuk obat diare, dan daunnya sebagai obat bisul, demam, luka, dan penyakit kulit. Seduhan kulit batang *A. elasticus* digunakan sebagai pencegah kehamilan, getahnya dimanfaatkan sebagai

## Bab I || Pendahuluan

obat disentri dan pereda demam (Heyne, 1987), sedangkan rebusan akar *A. integra* dapat mengobati demam. Abu daun *A. communis* yang dicampur dengan minyak kelapa dan kunyit digunakan untuk mengobati penyakit kulit, bunganya yang dibakar sampai menjadi arang bermanfaat sebagai obat sakit gigi, dan akarnya dapat menghentikan murus darah. Penggunaan tumbuhan *Artocarpus* sebagai obat tradisional berkaitan dengan senyawa metabolit sekunder yang dikandungnya.

Setiap famili tumbuhan tingkat tinggi memiliki ciri golongan senyawa organik tertentu yang dikandungnya. Famili Lauraceae banyak mengandung senyawa alkaloid (Suhartati, 2001), sedangkan famili Moraceae banyak mengandung senyawa golongan fenol (Achmad, 1999). Senyawa-senyawa fenol yang ditemukan pada *Artocarpus* dikelompokkan ke dalam golongan flavonoid (calkon, flavanon, flavan-3-ol, flavon dan turunannya), stilben, santon (dihidrobensosanton), dan senyawa golongan *Adduct Diels-Alder* (Ersam, 2002; Hakim, 2006; Syah, 2006). Senyawa flavonoid yang merupakan ciri khas *Artocarpus*, yaitu flavon yang terprenilasi pada posisi C-3 dan teroksigenasi pada cincin B posisi 2', atau 2', 4' atau 2', 4', 5'. Beberapa turunan flavon terprenilasi mempunyai struktur senyawa yang unik sebagai hasil siklisasi yang melibatkan cincin B dan substituen isoprenil pada C-3 (Nomura, 1998; Achmad, 1999).

Selain mempunyai struktur senyawa kimia yang unik dan menarik, senyawa flavonoid yang ditemukan pada *Artocarpus* juga memiliki aktivitas biologi yang beragam, antara lain antitumor (Nomura, 1998; Pedro, 1995), antimalaria (Widyawaruyanti, 2007; Boonphong, 2007) dan antioksidan (Fukai, 2003). Senyawa artokarpin (3) dan artokarpesin (48) dari *Artocarpus* dapat menghambat pertumbuhan *Streptococci* yang dapat membentuk plag sehingga diharapkan dapat melindungi karies gigi, sedangkan kudraflavon C (2) bersifat sitotoksik yang

## **Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

sangat aktif terhadap sel murin leukemia P-388 sehingga berpotensi sebagai antikanker (Hakim, 2007).

Tumbuhan famili Moraceae umumnya menghasilkan senyawa fenol yang secara biogenesis terbentuk melalui jalur sikimat dan asetat malonat. Senyawa flavonoid dari *Artocarpus* memiliki ciri teroksigenasi pada cincin B dan memiliki substituen isoprenil pada C-3 dan atau pada posisi lain. Ciri khas lainnya adalah pola oksigenasi cincin B pada posisi C-2' dan C-4' atau C-2', C-4', dan C-5'. Hal ini tidak mengikuti kelaziman pola oksigenasi flavonoid tumbuhan lain pada umumnya. Hal ini pula yang menyebabkan tumbuhan *Artocarpus* dapat memproduksi metabolit sekunder yang beragam. Biogenesis senyawa hasil isolasi pada tumbuhan *Artocarpus* melalui jalur sikimat dan asetat malonat menghasilkan senyawa turunan calkon, yang selanjutnya membentuk senyawa turunan flavanon yaitu artokarpanon (1). Artokarpanon (1) mengalami reaksi oksidasi menghasilkan senyawa turunan flavon yaitu norartokarpetin (5). Senyawa turunan flavonoid pada *Artocarpus* kelompok flavon dapat mengalami reaksi prenilasi dan hidroksilasi menghasilkan kelompok senyawa turunan 3-prenilflavon (Musthapa, 2009), seperti artokarpin (3) dan kudraflavon C (2). Buku ini menarik, karena membahas senyawa turunan isoflavonoid yaitu tephrosin (4) yang belum pernah ditemukan sebelumnya pada genus *Artocarpus*. Senyawa kelompok isoflavonoid ini, umumnya ditemukan pada tumbuhan famili Pabaceae (Vanconcelos, 2012). Secara biogenesis senyawa tephrosin (4) pada *Artocarpus* disarankan melalui jalur sikimat dan asetat malonat yang menghasilkan senyawa flavonoid yaitu naringenin (118). Selanjutnya mengalami penataan ulang menghasilkan senyawa turunan isoflavonoid genistein (120) (Dewick, 2002). Senyawa turunan isoflavonoid ini membentuk kelompok senyawa roten yaitu tephrosin (4). Secara keseluruhan pada penelitian ini menyatakan bahwa genus *Artocarpus* merupakan sumber

## **Bab I || Pendahuluan**

keanekaragaman senyawa fenol, khususnya jenis flavanon, flavon, 3-prenilflavon, dan isoflavonoid. Data yang berhasil dikumpulkan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk menelusuri potensi sumber bahan kimia tumbuhan lainnya di Indonesia.

### **B. Hutan Indonesia**

Hutan adalah sumberdaya alam yang strategis, oleh karena itu hutan seharusnya dikelola secara berkelanjutan agar dapat memberi manfaat sebesar-besarnya bagi rakyat Indonesia, sebagaimana amanat Undang-Undang Dasar 1945. Prasyarat menuju pengelolaan hutan secara lestari dan berkelanjutan, tidak terlepas dari kebutuhan data dan informasi yang lengkap, terpercaya dan terkini. Salah satu informasi yang dibutuhkan adalah kondisi tutupan hutan dan penggunaan lahan. Informasi ini menjadi landasan ketika hendak merencanakan, memanfaatkan dan melakukan evaluasi terhadap pengelolaan sumberdaya hutan, yang mampu menjamin kelestarian hutan dan peningkatan kemakmuran rakyat. Tutupan hutan di tahun 2004 diperkirakan sekitar 94 juta hektare atau 50 persen dari total luas lahan di Indonesia dan terus berkurang menjadi 90 juta hektare di tahun 2012.

Sebagian dari hutan tropis terbesar di dunia terdapat di Indonesia. Dalam hal luasnya, hutan tropis Indonesia menempati urutan ketiga setelah Brasil dan Republik Demokrasi Kongo (dulunya Zaire) dan hutan-hutan ini memiliki kekayaan hayati yang unik. Tipe-tipe hutan utama di Indonesia berkisar dari hutan-hutan Dipterocarpaceae dataran rendah yang selalu hijau di Sumatera dan Kalimantan, sampai hutan-hutan musun musiman dan padang savana di Nusa Tenggara, serta hutan-hutan non-Dipterocarpaceae dataran rendah dan kawasan alpin di Irian Jaya (kadang juga disebut Papua). Indonesia juga memiliki hutan mangrove yang terluas di dunia. Luasnya diperkirakan 4,25 juta hektar pada awal tahun 1990-an. Sebagian

## **Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

besar habitat ini menghadapi ancaman kritis. Saat ini Indonesia kehilangan sekitar 2 juta hektar hutan setiap tahun. Skala dan laju deforestasi sebesar ini belum pernah terjadi sebelumnya. Organisasi-organisasi lingkungan kadangkala dituduh melebih-lebihkan kekhawatiran mereka mengenai kerusakan yang akan segera terjadi. Dalam kasus Indonesia, berbagai prediksi bencana akibat hilangnya habitat dan penurunan jumlah spesies tidak dibesar-besarkan. Survey terbaru dan yang paling diakui hasilnya mengenai tutupan hutan Indonesia memprediksikan bahwa hutan-hutan Dipterocarpaceae dataran rendah – habitat tropis yang paling kaya – akan lenyap dari Sumatera dan Kalimantan pada tahun 2010 jika kecenderungan saat ini tetap tidak dicegah (Holmes, 2000).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) (2018) menyebutkan luas kawasan hutan Indonesia saat ini tercatat sekitar 125,9 juta hektare (ha) atau seluas 63,7 persen dari luas daratan Indonesia. Luas saat ini merupakan hasil evolusi kawasan hutan yang pada awalnya merupakan komitmen pemerintah dan pemerintah daerah, berupa kesepakatan yang dituangkan dalam bentuk peta Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK). Dari periode ke periode, luas kawasan hutan secara proporsional menurun. "Kawasan hutan produksi yang dapat dikonversi (HPK) terjadi penurunan yang cukup besar, walaupun pada akhirnya penurunannya berkurang. Pada kawasan hutan produksi tetap (HP dan HPT) luas kawasan hutan menurun, sedangkan untuk kawasan hutan lindung (HL) luas kawasan hutannya relatif tetap. Sementara itu, pada Kawasan Hutan Konservasi (HK) terjadi kenaikan secara proporsional.

Adapun pemanfaatan hutan juga banyak diberikan kepada korporasi dalam bentuk HPH dan HTI sekitar 98 persen. Sehingga secara keseluruhan porsi pelepasan dan penggunaan kawasan hutan serta pemanfaatan hutan untuk kepentingan korporasi sekitar 96 persen dan masyarakat sekitar 4 persen.

## **C. Manfaat Hutan**

### **1. Sebagai Paru-Paru Dunia**

Fungsi hutan yang utama adalah sebagai paru-paru dunia. Maksudnya hutan menghasilkan oksigen dan menyerap karbondioksida. Pepohonan pada hutan menjadi sumber penghasil oksigen alami yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Hal ini yang membuat hutan dijuluki sebagai paru-paru dunia.

### **2. Menjaga Keseimbangan Ekosistem**

Hutan juga memiliki manfaat untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Dalam hutan terdapat ratusan spesies hewan dan tumbuhan yang berbeda-beda. Hal ini membuat ekosistem alam menjadi tetap seimbang dimana banyak berlangsung proses-proses alam seperti rantai makanan. Hutan juga terdiri dari komponen biotik dan abiotik.

### **3. Menjadi Habitat Makhluk Hidup**

Hutan menjadi habitat atau tempat tinggal bagi makhluk hidup, baik hewan dan tumbuhan atau bahkan manusia di suku pedalaman. Ada banyak spesies hewan dan tumbuhan yang hidup di tumbuhan. Bayangkan jika tidak ada hutan, maka akan ada banyak spesies makhluk hidup yang mati karena tidak memiliki tempat tinggal alami.

### **4. Mengatur Iklim dan Mendatangkan Hujan**

Hutan juga dapat mengatur iklim dan mendatangkan hujan. Hal ini karena hutan dapat mempengaruhi pola cuaca regional dan menciptakan iklim mikronya sendiri. Contohnya bisa dilihat di hutan amazon

di Amerika Selatan yang mempengaruhi kondisi atmosfer dan menghadirkan curah hujan reguler di sekitarnya.

### **5. Menjaga Kesuburan Tanah**

Hutan dapat menyuburkan tanah. Hal ini karena terdapat banyak tumbuhan yang jika daunnya berguguran, maka akan menjadi membusuk dan terurai sehingga berubah menjadi tanah humus. Humus dapat meningkatkan kesuburan tanah. Hal ini yang membuat hutan bermanfaat untuk menjaga dan mempertahankan kesuburan tanah.

### **6. Mencegah Bencana Banjir dan Longsor**

Manfaat hutan juga berfungsi untuk mencegah bencana, yakni bencana banjir, erosi dan tanah longsor. Hutan di dataran tinggi berfungsi sebagai daerah resapan air dan mencegah mengalirnya air. Aliran air akan terhambat sehingga dapat mencegah terjadinya banjir dan longsor.

### **7. Sebagai Sumber Makanan**

Hutan juga berfungsi bagi manusia sebagai sumber makanan. Dalam hutan kita bisa menemukan banyak buah-buahan dan sayur-sayuran. Selain itu juga ada hewan-hewan yang bisa dikonsumsi seperti ayam, rusa, kalkun dan sebagainya. Tak heran jika hutan menyimpan banyak sumber makanan bagi manusia.

### **8. Sebagai Bahan Medis dan Obat-Obatan**

Selain bahan makanan, hutan juga menyimpan banyak bahan medis dan obat-obatan. Ada banyak bahan-bahan herbal yang berguna untuk pengobatan, begitu pula dengan aneka tumbuhan untuk pengobatan secara alamiah. Hutan menyimpan banyak bahan untuk keperluan medis.



### **9. Membersihkan Polutan**

Manfaat hutan juga penting untuk membersihkan polutan yang ada di sekitarnya. Hutan akan mengurangi polusi karbondioksida yang ada di sekitarnya. Hutan menggunakan *phytoremediation* untuk membersihkan polutan-polutan tertentu. Pepohonan bisa mengurai racunnya sehingga menjadi tidak terlalu berbahaya.

### **10. Menampung Air**

Fungsi hutan juga berguna untuk menampung air dan mengisi *aquifer*. Hutan dapat menyerap air hujan, meski tentu tidak semuanya dapat diserap. Air yang mengalir melewati akarnya akan turun ke dalam *aquifer*, mengisi kembali air tanah yang penting untuk minum, sanitasi, irigasi, dan kebutuhan manusia lainnya.

### **11. Mengatur Temperatur Bumi**

Fungsi hutan berikutnya adalah dapat mengatur temperatur bumi. Adanya pepohonan menciptakan area teduh yang sejuk. Hal ini akan menurunkan temperatur daerah sekitarnya sehingga menjadi lebih asli dan lebih sejuk. Hutan dapat mendinginkan daerah yang panas karena banyaknya pepohonan.

### **12. Sebagai Sumber Cadangan Air**

Hutan juga berfungsi sebagai sumber cadangan air yang alami. Adanya berbagai jenis pepohonan merupakan salah satu sumber cadangan yang melakukan peresapan air yang sangat besar. Tidak heran bahwa jika cadangan air sangat besar yang terdapat di dalam hutan.

### **13. Sebagai Sarana Olahraga**

Manfaat hutan juga bisa dimanfaatkan sebagai sarana olahraga. Ada banyak jenis-jenis olahraga yang bisa dilakukan dengan hutan, di antaranya adalah hiking atau bersepeda. Selama dikelola dengan baik, hutan menjadi medan yang menantang untuk olahraga.

#### **14. Sebagai Sarana Pariwisata**

Hutan berfungsi sebagai sarana pariwisata juga. Tidak sedikit yang memanfaatkan hutan sebagai tempat wisata edukasi. Hutan dapat dijadikan tempat wisata yang menyenangkan jika dikelola dengan baik. Keindahan panorama dan keanekaragaman flora dan fauna menjadi daya tarik pariwisata hutan.

Hutan Indonesia memiliki sumber daya alam hayati yang beranekaragam dan banyak diantaranya mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi sumber daya ekonomi. Akan tetapi dari sekian banyak sumber daya hayati, sebagian besar masih belum dikembangkan sebagai barang bernilai ekonomis, meskipun secara turun temurun dipergunakan sebagai sumber kehidupan yang salah satu diantaranya sebagai obat-obatan. Penggunaan tumbuhan obat sebagai bahan baku obat sudah dilakukan oleh manusia sejak dikenalnya proses meramu dan masih berlangsung hingga kini. Tumbuhan obat digunakan oleh banyak orang karena relatif memiliki efek samping yang kecil dan lebih murah dibandingkan dengan obat-obatan kimia.







## BAB II TUMBUHAN OBAT INDONESIA

Sejak ratusan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan sumber alam hayati sebagai obat-obatan. Tumbuh-tumbuhan mempunyai nilai kesehatan yang tinggi. Obat-obatan yang berasal dari tumbuhan pada awal penggunaannya dalam bentuk serbuk, tapal, larutan, dan formulasi lainnya. Jamu telah lama digunakan di Indonesia yang berhubungan dengan berbagai pengobatan. Masyarakat menggunakan tumbuhan sebagai obat-obatan berdasarkan pengalaman menyembuhkan penyakit atau bioaktivitas yang diketahuinya. Pengetahuan masyarakat yang secara tradisional tersebut mendorong dilakukannya penelitian tentang kandungan senyawa kimia pada tumbuhan. Penelitian tumbuhan obat di Indonesia telah banyak menghasilkan berbagai jenis senyawa kimia dengan struktur molekul yang beragam. Selain famili Moraceae yang menjadi pembahasan utama, beberapa famili dari tumbuhan yang telah diteliti kandungan kimia dan khasiatnya dalam bentuk bioaktivitas.

### A. Famili Asteraceae

Famili Asteraceae terdiri dari 1100 genus dan lebih dari 20.000 spesies. Tumbuhan ini tersebar luas di wilayah subtropika dan beriklim sedang. Genus utama pada famili ini antara lain *Senecio* yang terdiri dari 1500 spesies dan *Vernonia* yang terdiri dari 900 spesies. Genus *Ageratum* terdiri hanya 30 spesies ditemukan di Amerika Latin, Karibia, dan telah dibudidayakan di Asia Tenggara (Cronquist, 1981; de Padua, 1999).

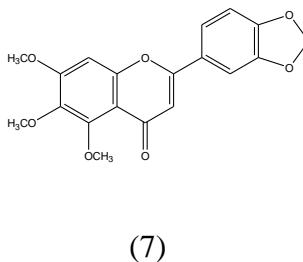
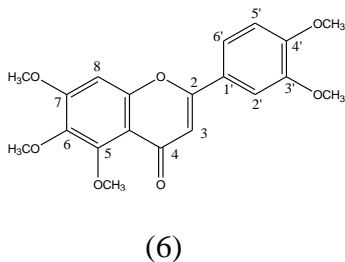
#### 1. *Ageratum conyzoides* L.

Tumbuhan *A. conyzoides* atau babadotan di Indonesia, Taiwan dan Filipina digunakan untuk menyembuhkan penyakit perdarahan seperti perdarahan rahim, pembersih setelah melahirkan, mimisan, penyakit kulit (seperti luka, borok, kudis,

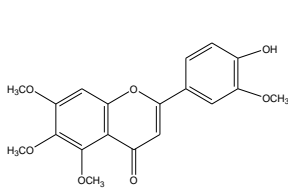
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

bisul), dan gangguan pencernaan (seperti sakit perut), mules dan diare. *A. conyzoides* juga digunakan untuk merangsang persalinan, pengobatan demam, malaria, antiinflamasi, keseleo, dan pegal linu. Tumbuhan ini di beberapa daerah dikenal dengan nama rumput tahi babi (Jambi), rumput Belanda (Bengkulu), babadotan (Jawa), jukut bau, ki bau (Sunda), dus bedusan (Madura), tada-tada tanah (Kalimantan Tengah), dan lawet (Sulawesi) (Anonim, 1995).

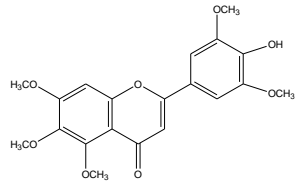
Kandungan senyawa kimia dari *A. conyzoides* adalah golongan flavonoid, kromen, dan alkaloid pirlizidin. Flavonoid yang dihasilkan adalah jenis flavon yang termetoksilasi dengan pola oksigenasi pada atom karbon C-5,6,7 atau C-5,6,7,8 pada cincin A dengan kombinasi oksigenasi pada atom karbon C-3',4' atau C-3',4',5' atau C-2',4',5' pada cincin B. Pada daun dan dahan ditemukan polimetoksi flavon 5,6,7,3',4'-pentametoksiflavon (sinensetin) (6), 5,6,7-trimetoksi-3',4'-metilendioksi-flavon (agekoniflavon A) (7), 5,6,7,3'-tetrametoksi-4'-hidroksiflavon (agekoniflavon B) (8), 5,6,7,3',5'-pentametoksi-4'-hidroksiflavon (agekoniflavon C) (9). Senyawa jenis kromen yang ditemukan berasal dari dahan, daun dan bunga seperti 6-metoksi-2,2-dimetilkromen (10) dan 7-hidroksi-2,2-dimetilkromen (11) (Adesogan, 1979; Gonzalez, 1991).



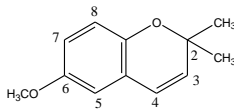
## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



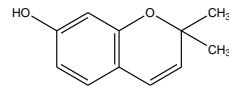
(8)



(9)



(10)



(11)

### 2. *Artemisia vulgaris* Linn.

Di Indonesia, *Artemisia vulgaris* umumnya dikenal dengan nama baru cina. Di beberapa daerah dikenal sesuai nama daerahnya, misalnya jukut loko mala (Sunda), suket gajahan (Jawa), brobos kebo (Surabaya), daun manis (Jakarta), dan goro-goro (Ternate) (Dharma, 1985; Heyne, 1987). Spesies *A. vulgaris* diduga berasal dari Asia Tengah dan Asia Barat dan mengalami migrasi ke wilayah Amerika Utara, selanjutnya masuk ke wilayah Asia Tenggara yaitu pulau Jawa. Di Jawa, tumbuhan ini seringkali ditemukan di pinggir jalan dataran rendah berpasir pada ketinggian 250-3000 meter di atas permukaan laut (Cronquist, 1981; de Padua, 1999).

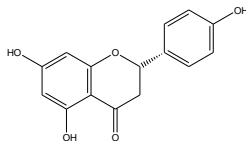
Tumbuhan *Artemisia vulgaris*, daunnya dapat mengatasi gangguan haid, atau radang haid yang tidak teratur, keputihan, kejang perut, disentri, mulas, dan kurang nafsu makan. Daunnya juga digunakan untuk menyembuhkan penyakit beri-beri, wasir, penyakit kulit seperti bisul, borok, frambusia, dan lemah syahwat, sedangkan akarnya digunakan untuk mengobati penyakit ayau. Beberapa Negara seperti Filipina, Malaysia dan Vietnam juga memanfaatkan tumbuhan ini untuk hal yang sama,



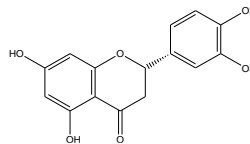
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

termasuk sebagai peluruh haid, obat yang dapat menyebabkan abortus, mengeluarkan dahak dari saluran pernafasan. Tumbuhan ini di Korea digunakan untuk menyembuhkan gangguan lambung, diare, disentri, demam dan wasir dan di Eropa digunakan untuk mengatasi nyeri haid dan gangguan lambung.

Senyawa kimia yang terkandung pada tumbuhan *A. vulgaris* adalah golongan fenol seperti flavonoid, kumarin, dan asam fenolat, seskuiterpen, dan poliasetilen. Senyawa turunan flavanon seperti naringenin (12), eriodiktiol (13), homoeriodiktiol (14); senyawa turunan flavon seperti apigenin (15), luteolin (16), krisoeriol (17), serta turunan flavonol seperti isoramnetin (18), kuersetin 3,7,3'-trimetil eter (19) (Lee, 1998; Nikolova, 2004). Senyawa kumarin yang terkandung pada *A. vulgaris* yang berasal dari bagian herba dan akar antara lain, umbeliferon (20), eskuletin (21), skopoletin (22) dan eskulin (23). Pada herba juga terkandung senyawa terpenoid seperti vulgarol (24), borneol (25), kamfor (26), mircen (27), sedangkan senyawa seskuiterpen turunan eudesman seperti eudesman (28), asam eudesman I (29) dan asam eudesman II (30). Beberapa jaringan tumbuhan *A. vulgaris* mengandung senyawa turunan poliasetilen di antaranya trideka-1,3,5-trien-7,9,11-triuna (31) (Haider, 2003; Haggag, 2000).

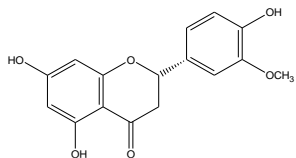


(12)

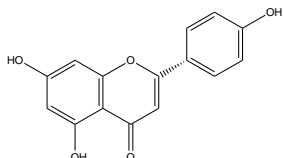


(13)

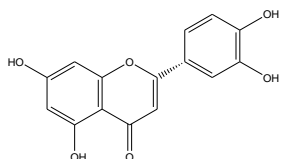
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



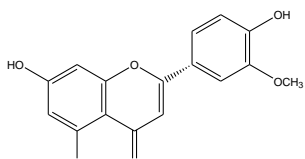
(14)



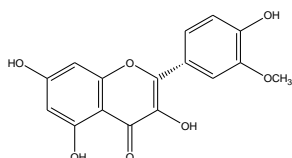
(15)



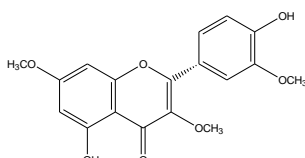
(16)



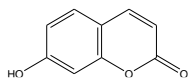
(17)



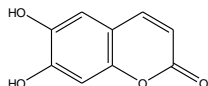
(18)



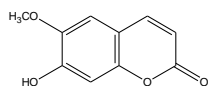
(19)



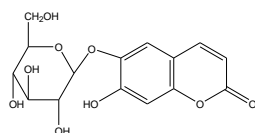
(20)



(21)

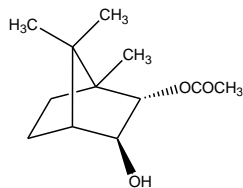


(22)

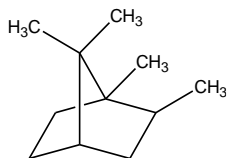


(23)

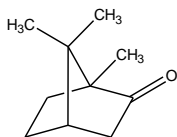
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



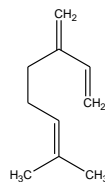
(24)



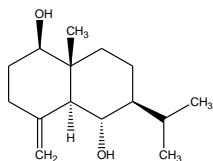
(25)



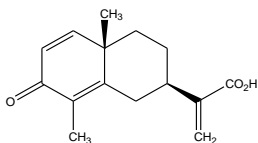
(26)



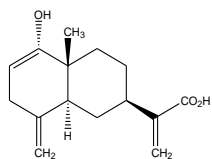
(27)



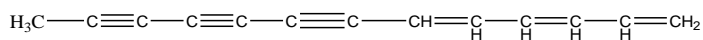
(28)



(29)



(30)



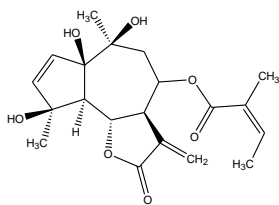
(31)

### 3. *Chrysanthemum indicum* Linn.

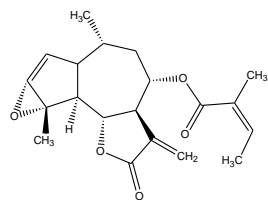
*Chrysanthemum indicum* dikenal dengan nama seruni, namun tumbuhan ini juga dikenal dengan nama seruni hutan atau sruni (Jawa) (Anonim, 1995). *Chrysanthemum indicum* tumbuh secara liar di Jepang, Cina, Taiwan, Jawa dan Filipina, walaupun sebagian Negara sudah membudidayakannya. Ekstrak air bunga tumbuhan *Chrysanthemum indicum*, di Jawa digunakan sebagai obat demam, sedangkan daunnya untuk meningkatkan aliran keringat. Tumbuhan ini di negara Cina digunakan untuk obat tradisional sebagai antiflogistik atau antiradang (sakit kepala, vertigo, dan sakit mata) (Tang, 1992).

Ciri khas kandungan senyawa kimia pada *C. indicum* adalah seskuiterpen yang termasuk jenis guaian, eudesman, dan germakran, serta terpenoid, steroid dan senyawa fenol golongan flavonoid. Senyawa seskueterpen jenis guaian yang ditemukan pada *C. indicum* di antaranya tunefulin (32). Ekstrak herba *C. indicum* ditemukan pula senyawa guaian dan diidentifikasi sebagai angeloilajadin (33), angeloilkumambrin B (34), dan arteglasin (35). Seskuiterpen jenis eudesman yang ditemukan dari bunga *C. indicum* yaitu krisantemol (36) yang bersifat antiinflamasi dan krisanterol, sedangkan jenis germakran adalah germakren D (37). Senyawa terpenoid yang ditemukan pada *C. indicum* umumnya jenis triterpenoid seperti lupeol (38),  $\beta$ -amirin (39),  $\alpha$ -amirin (40), asam ursolat (41) (Mladenova, 1988). Sementara senyawa sterol yang ditemukan pada *C. indicum* adalah  $\beta$ -sitosterol (42) dan stigmasterol (43). *C. indicum* juga terdapat beberapa senyawa golongan flavonoid, misalnya dari ekstrak bunga ditemukan turunan flavanon yaitu asam (2S)-eriodiktiol 7-O- $\beta$ -D-glukopiranosiduronat (44) dan asam (2R)-eriodiktiol 7-O- $\beta$ -D-glukopiranosiduronat (45), turunan flavonol di antaranya kuercetin 3,7-di-O- $\beta$ -D-glukopiranosida (46), eupatolin (47), dan penduletin (48) (Matsuda, 2002).

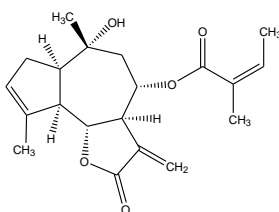
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



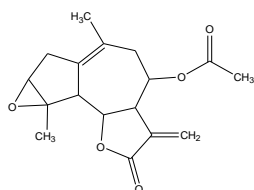
(32)



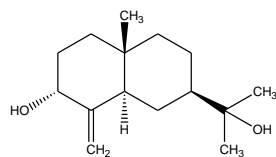
(33)



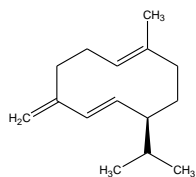
(34)



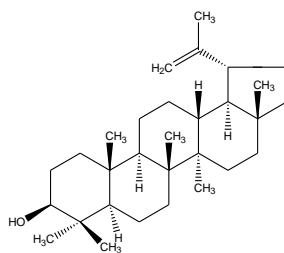
(35)



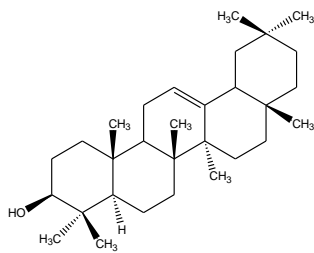
(36)



(37)

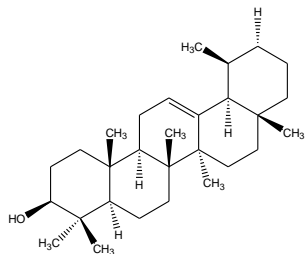


(38)

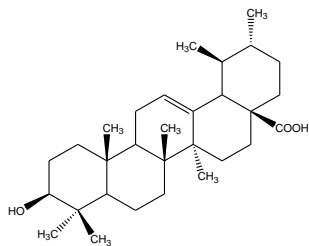


(39)

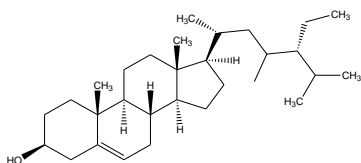
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



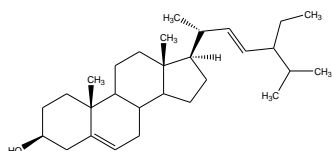
(40)



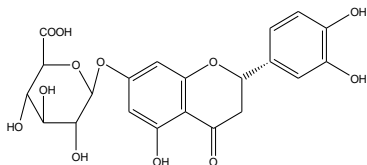
(41)



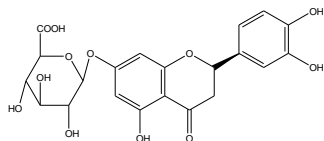
(42)



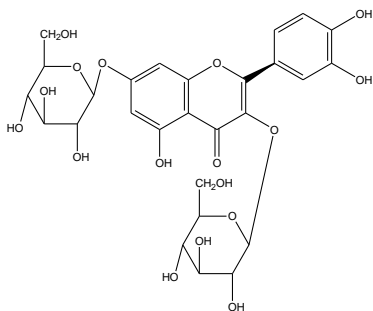
(43)



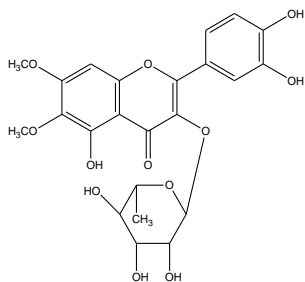
(44)



(45)

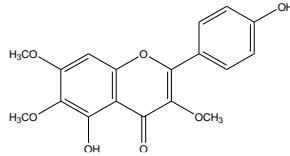


(46)



(47)

## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



(48)

### 4. *Elephantopus scaber* Linn.

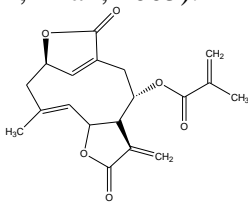
*Elephantopus scaber* Linn, di Indonesia lazimnya dikenal dengan nama tapak liman. Di masing-masing daerah diberi nama sesuai daerahnya, tutup bumo (Aceh), maram dapat (Melayu), bala gaduk (Sunda), tapak tangan (Jawa), talpak tana (Madura), sambung masut (Dayak), akar kesumang (Sumbawa), nainai (Kupang), dan tali kuleleng (Ambon) (Heyne, 1987; Sangat, 2000). Genus *Elephantopus* terdapat sekitar 30 spesies berasal dari wilayah tropika Amerika dan telah menyebar di Asia Tenggara, akan tetapi spesies *E. scaber* mungkin berasal dari dan atau endemik di Asia Tenggara (de Padua, 1999). Spesies *E. scaber* di pulau Jawa terdapat di padang rumput, sawah, dan tepi jalan pada ketinggian hingga 1500 meter dpl.

Beberapa negara seperti Indonesia dan India, *E. scaber* secara tradisional digunakan untuk mengobati berbagai penyakit. Akar dan daun *E. scaber* digunakan sebagai antipiretik (pereda demam) dan obat malaria, selain itu daun *E. scaber* juga dapat mengobati penyakit batuk, sariawan, diare, dan disentri, sedangkan herba tumbuhan ini sebagai obat peradangan rahim dan keputihan. *E. scaber* juga digunakan sebagai peluruh kencing/diuretik, ekspektoran, obat luar untuk luka, penawar racun, detoksikan, dan afrodisiak.

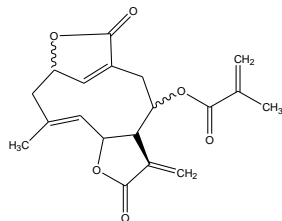
Secara kimiawi, *E. scaber* mengandung senyawa seskuiterpen jenis germakran, jenis guaianolida, serta flavonoid, triterpenoid dan sterol. Sejumlah senyawa seskuiterpen jenis germakran dari *E. scaber* di antaranya deoksielefantopin (49),

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

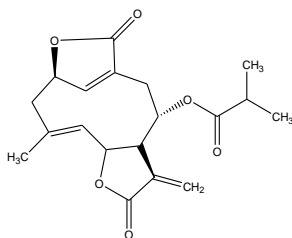
stereoisomer isodeoksielefantopin (50), 17,19-dihidrodeoksi-  
elefantopin (51), sedangkan jenis guaian di antaranya  
deasilisianopikrin (52), glukozaluzanin (53), dan krepisida E (54)  
(Liang, 2003, 2004; Than, 2005). Tumbuhan *E. scaber* juga  
mengandung senyawa flavonoid jenis flavon yaitu luteolin (55),  
luteolin-7-O- $\beta$ -glukosida (56), diosmetin (57), dan tricrin (58).  
Senyawa fenol lainnya diperoleh dari ekstrak metanol, yaitu  
asam 3,5-dikafeoilkuinat (59) dan asam 4,5-dikafeoilkuinat (60)  
(Ichikawa, 1991). Senyawa turunan triterpen yang ditemukan  
dari tumbuhan *E. scaber* di antaranya epifridelinol (61), lupeol  
(62), dan lupeol asetat (63) (De Silva, 1982; Than, 2005). *E.*  
*scaber* juga mengandung senyawa sterol seperti stigmasterol  
(64) dan glukosida stigmasteril 3- $\beta$ -glukopiranosida (65) (De  
Silva, 1982; Than, 2005).



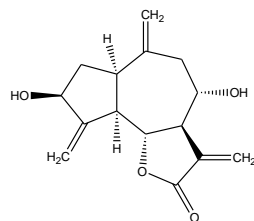
(49)



(50)



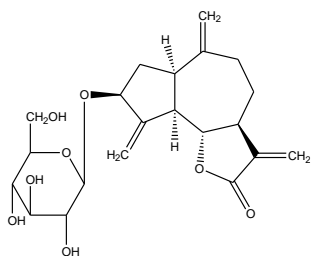
(51)



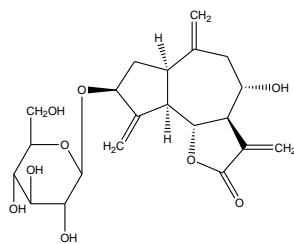
(52)



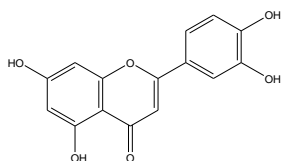
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



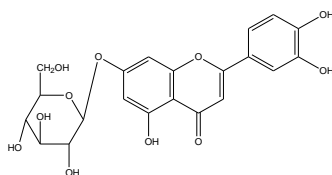
(53)



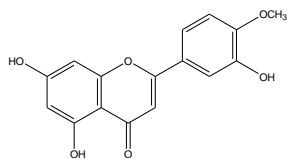
(54)



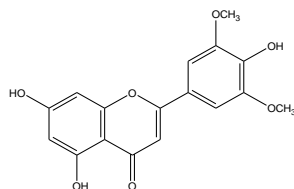
(55)



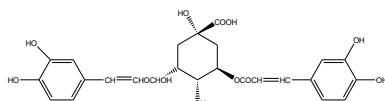
(56)



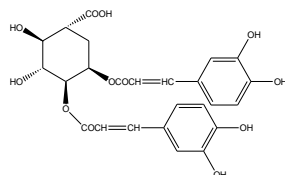
(57)



(58)

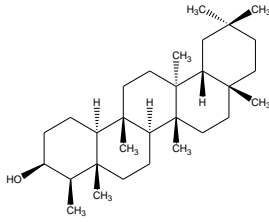


(59)

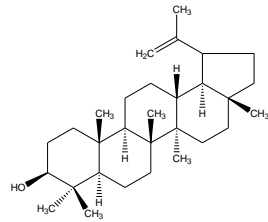


(60)

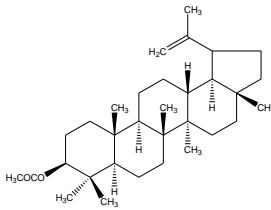
## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



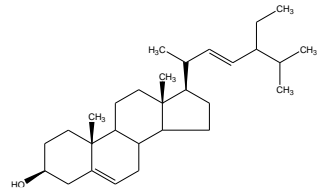
(61)



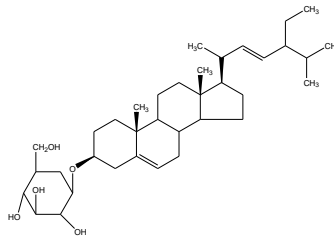
(62)



(63)



(64)



(65)

### B. Famili Zingiberaceae

Famili Zingiberaceae tersebar di Asia Selatan dan Asia Tenggara yang terdiri atas 47 genus dan sekitar 1000 spesies, genus terbesar adalah *Alpinia* dengan lebih dari 200 spesies. Sejumlah spesies dari Zingiberaceae dijadikan sebagai rempah-rempah atau sebagai sumber karbohidrat.

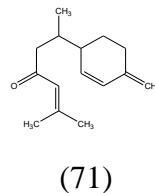
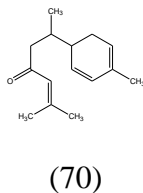
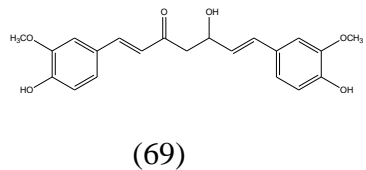
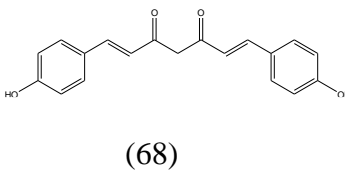
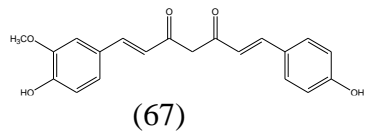
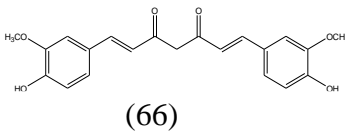
#### 1. *Curcuma domestica* Val.

## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

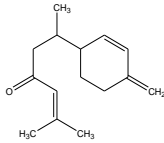
*Curcuma domestica* Val. [sinonim *Curcuma longa* (Auct.) Linn.] di Indonesia umumnya dikenal dengan nama kunyit. Kunyit memiliki nama daerah, kunyet (Aceh), kuning (Gayoh), hunik (Batak, Timor), kunyir, jinten (Lampung), koneng, koneng temen, konyek, temu kuning (Sunda), kunir bentis (Jawa), konyek, temo koneng (Madura), kuneh (Flores), unnyi (Bugis), kuminu, unin (Ambon), guraci (Ternate), rame (Papua) (Anonim, 1995; Sangat, 2000).

Tumbuhan *C. domestica* diperkirakan berasal dari Asia Selatan dan Tenggara kemudian menyebar ke Cina, Afrika Timur dan Barat. Saat ini *C. domestica* dibudidayakan di seluruh wilayah tropika, India dan Asia Tenggara (de Padua, 1999). *C. domestica* merupakan jenis temu yang paling terkenal dan banyak digunakan dan di Jawa tumbuh merata (Cronquist, 1981). Semua ramuan obat tradisional jamu menggunakan rimpang *C. domestica*. Selain sebagai untuk rempah-rempah, juga digunakan sebagai obat-obatan. *C. domestica* digunakan sebagai pengobatan penyakit kulit, pengobatan penyakit yang berhubungan dengan saluran pernapasan, sinusitis, asma, sebagai ekspektoran atau peluruh dahak. Selain itu *C. domestica* juga digunakan sebagai pengobatan yang berhubungan dengan saluran pencernaan, nyeri perut, sembelit, infeksi saluran kencing, diuretik atau peluruh kencing, bengkak, rematik, hepatitis, sakit mata dan pengobatan pada wanita yang sudah melahirkan. Bentuk sediaan *C. domestica* dapat berupa bubuk, pasta, salep, obat gosok, minyak dan bahan hisap. Sediaan ini dapat digunakan sebagai obat untuk radang usus buntu, radang rahim, amandel, eksim, borok, kudis, sakit gigi, radang selaput lendir hidung, anemia, tekanan darah tinggi, penyakit kuning, dan disentri. Rimpang *C. domestica* juga digunakan untuk pengobatan diare, menstrubasi tidak teratur, tuberculosis, radang gusi, di samping sebagai insektisida, fungisida, nematisida (Dharma, 1985; Heyne, 1987).

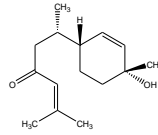
Ciri senyawa kimia yang terdapat pada *C. domestica* adalah senyawa fenol turunan diarilheptanoid atau kurkuminoid dan seskuiterpen. Rimpang *C. domestica* ditemukan 3 zat warna fenol turunan diarilheptanoid. Ketiga senyawa fenol tersebut yang merupakan komponen fenol utama, masing-masing adalah bisferuloilmetan atau kurkumin (66), 4-hidroksi-sinamoil feruloil metan atau demetoksikurkumin (67), bis(4-hidroksisinamoil)-metan atau bisdemetoksikurkumin (68), dan turunan kurkuminoid tak simetri yaitu dihidrokurkumin (69) (Ohshiro, 1990; Park, 2002). Senyawa seskuiterpen keton yang berhasil diisolasi dari *C. domestica* adalah jenis bisabolen seperti  $\alpha$ -turmeron (70),  $\beta$ -turmeron (71), kurlon (72), 4-hidroksibisabola-2,10-dien-9-on (73), bisakuron (74), 4-metoksi-5-hidroksibisabola-2,10-dien-9-on (75), 4,5-dihidroksi-bisabole-2,10-dien (76), dan bisabola-3,10-dien-2-on (77) (Matsuo, 2002; Oshiro, 1990).



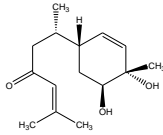
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



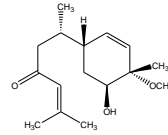
(72)



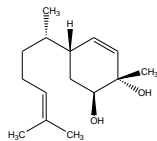
(73)



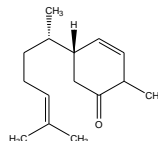
(74)



(75)



(76)



(77)

### 2. *Curcuma xanthorrhiza* Roxb.

*Curcuma xanthorrhiza* Roxb. (sinonim *C. zerumbet* Roxb., *C. zerumbet majus* Rumph.), di Indonesia dikenal dengan nama temulawak. Tumbuhan ini memiliki nama daerah sesuai daerah masing-masing, temolabak (Madura), koneng kede, temu raya, temu besar (Sunda), koneng tegel (Jawa), tommo (Bali), tommon (Sulawesi Selatan), dan karbanga (Ternate) (Anonim, 1986; Sangat, 2000). *C. xanthorrhiza* merupakan tumbuhan asli untuk wilayah Indo-Malesia, mulai dari India, Indocina, Taiwan, Thailand, seluruh Malesia sampai Pasifik, Australia, dan lazim dibudidayakan di pulau Jawa (Cronquist, 1981).

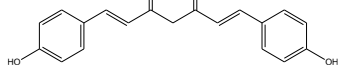
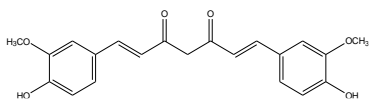
*Curcuma xanthorrhiza* atau temulawak banyak sekali digunakan untuk pengobatan tradisional. *C. xanthorrhiza* merupakan salah satu unsur utama bahan ramuan obat

## **Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

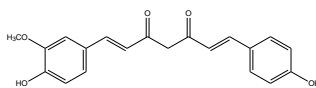
tradisional jamu. Terdapat lebih dari 50 resep yang menggunakan *C. xanthorrhiza* untuk pengobatan berbagai penyakit. Pengobatan tersebut berhubungan dengan penyakit antara lain gangguan saluran pencernaan (seperti diare, disentri, cacingan, kurang nafsu makan), gangguan hati, sakit kuning, gangguan ginjal (kencing batu, empedu), pengobatan rematik, kejang-kejang, dan pegal linu. Rimpang *C. xanthorrhiza* juga digunakan untuk pengobatan yang berhubungan dengan penyakit kolesterol, tekanan darah tinggi, bahan ramuan peluruh haid, haid tidak lancar, perawatan setelah melahirkan, dan untuk meningkatkan produksi air susu (galaktagogum). Di berbagai Negara, *C. xanthorrhiza* juga digunakan sebagai bahan obat, masyarakat Filipina menggunakannya sebagai penambah nafsu makan, pengobatan penyakit cacing, dan demam. Di Cina digunakan pengobatan gangguan saluran pencernaan, sedangkan di Eropa digunakan sebagai obat choleretik (de Padua, 1999).

Senyawa kimia yang telah ditemukan pada *C. xanthorrhiza* umumnya senyawa turunan diarilheptan atau kurkuminoid dan senyawa seskuiterpen jenis bisabolen. Rimpang *C. xanthorrhiza* ditemukan senyawa kurkuminoid di antaranya 1,7-bis (4-hidroksi-3-metoksifenil-1,6-heptadien-3,5-dion atau kurkumin (78), mono-demetoksikurkumin atau demetoksikurkumin (79), dan bisdemetoksikurkumin (80) (Uehara, 1992). Senyawa kimia berikutnya dari tumbuhan *C. xanthorrhiza* ialah terdapatnya senyawa seskuiterpen jenis bisabolen. Minyak atsiri dari rimpang *C. xanthorrhiza* ditemukan turunan bisabolen di antaranya  $\beta$ -kurkumen (81),  $\beta$ -seskuifelandren (82),  $\beta$ -atlanton (83), turmeron (84), ar-kurkumen (85),  $\alpha$ -kurkumen (86), ar-turmeron (87), dan santorizol (88) (Itokawa, 1985). Di samping itu terdapat pula senyawa sejenis pada rimpang tumbuhan *C. xanthorrhiza* yaitu bisakurool (89), kurlon (90), bisakuron (91), bisakumol (92), bisakuron A (93) (Uehara, 1990)

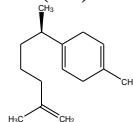
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



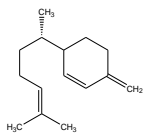
(80)



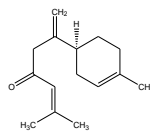
(79)



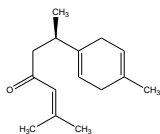
(81)



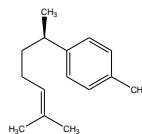
(82)



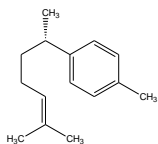
(83)



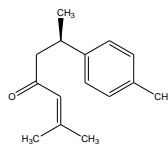
(84)



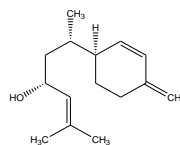
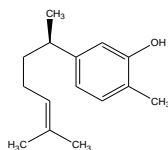
(85)



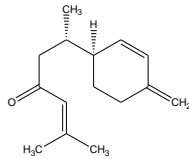
(86)



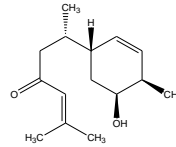
(87)



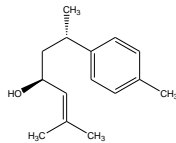
(88)



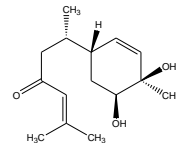
(89)



(90)



(91)



(92)



(93)



### 3. *Zingiber officinale* (Willd.) Rosc.

Tumbuhan *Zingiber officinale* (Willd.) Rosc. umumnya dikenal dengan nama jahe. Nama lain dari *Z. officinale* diberikan berdasarkan nama daerah masing-masing, misalnya jae (Jawa), pase (Bugis), lala (Makassar, Aru), jhai (Madura), melito (Gorontalo), sipadeh, sipodeh (Minangkabau), lea (Flores), halia (Aceh), pege (Batak), pusu, sekela, sehi, sewe (Ambon), alai (Sumba), lahja, cipakan (Bali), lahia (Nias) (Anonim, 1995). *Z. officinale* atau jahe ditanam merata di seluruh kepulauan Indonesia dan selalu ditemukan sebagai tanaman budidaya (Dharma, 1985).

Di Indonesia, *Z. officinale* telah digunakan sebagai bahan ramuan obat tradisional atau bumbu makanan. Rimpang *Z. officinale* dengan rasanya yang pedas, hangat, dan diaforetik (mengeluarkan keringat), umumnya digunakan untuk meningkatkan nafsu makan, pengobatan influenza, gangguan saluran pernafasan, masuk angin, gangguan pencernaan (mules), diare, muntah-muntah, obat gosok penyakit encok, terkilir,

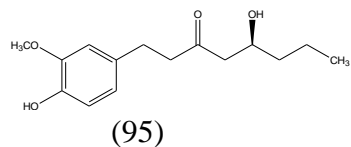
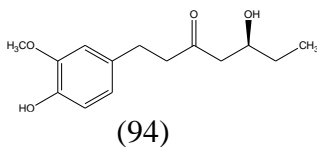


## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

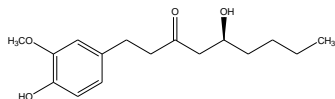
bengkak, gatal-gatal, digigit ular, kolera, dan difteri. *Z. officinale* juga digunakan pula sebagai bahan ramuan obat batuk dan luka (Anonim, 1995; Dharma, 1985).

Rasa khas kandungan senyawa dari *Z. officinale* adalah berasa pedas dan berbau. Senyawa kimia utama yang berasa pedas berasal dari rimpang *Z. officinale* yang dikenal dengan nama gingerol. Senyawa-senyawa turunan gingerol atau 1-(4-hidroksi-3-metoksifenil-5-hidroksialkan-3-on dan dengan konfigurasi  $-S(+)$  adalah merupakan turunan dihidroferulat yang berbeda satu dari yang lain dalam hal jumlah atom karbon atau panjangnya rantai samping. Senyawa-senyawa gingerol yang mempunyai perbedaan dalam panjang rantai samping adalah [3]-gingerol (94), [4]-gingerol (95), [5]-gingerol (96), [6]-gingerol (97), [8]-gingerol (98), dan [10]-gingerol (99) (Tang, 1992).

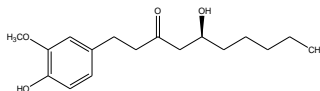
*Z. officinale* juga mengandung minyak atsiri dengan bau yang khas turunan monoterpen antara lain mirsen (100), geraniol (101), geraniol asetat (102), geraniol atau sitral (103), nerol (104), neral (105), linalol (106), limonen (107),  $\alpha$ -terpineol (108),  $\beta$ -felandren (109), sabinen (110), 1,8-sineol (111), p-simen (112), kamfen (113),  $\alpha$ -pinen (114),  $\beta$ -pinen (115), borneol (116), dan bornil asetat (117) (But, 1997; Tang, 1992). Minyak atsiri dari *Z. officinale* juga mengandung sejumlah seskuiterpen seperti farnesen (118), zingiberen (119), zingiberenol (120), seskuifelandrol (121), seskuisabinen hidrat (122), seskuitujen (123),  $\beta$ -bisabolen (124),  $\beta$ -seskuifelandren (125), zingibenerol (126), ar-kurkumen (127),  $\mu$ -selinen (128), dan  $\beta$ -elemen (129) (Buckingham, 1994; Tang, 1992).



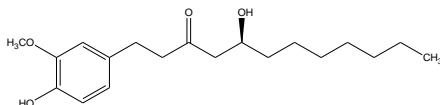
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



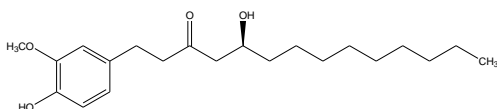
(96)



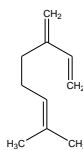
(97)



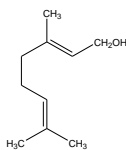
(98)



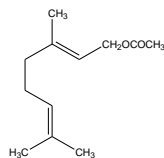
(99)



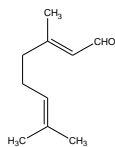
(100)



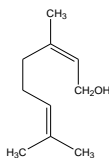
(101)



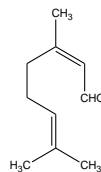
(102)



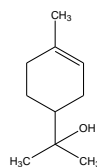
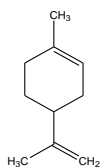
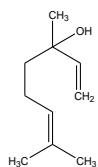
(103)



(104)

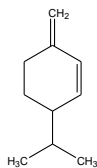


(105)

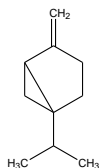


## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

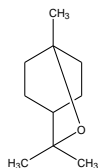
(106)



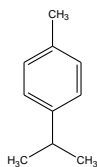
(107)



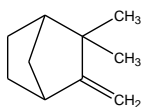
(108)



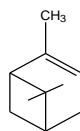
(109)



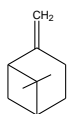
(110)



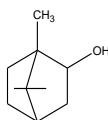
(111)



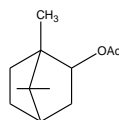
(112)



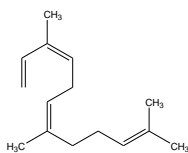
(113)



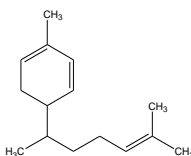
(114)



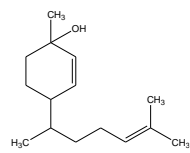
(115)



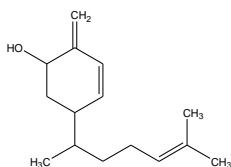
(116)



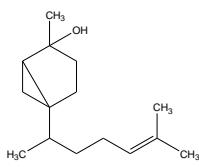
(117)



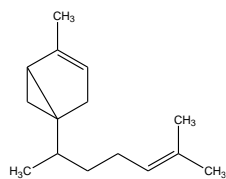
(118)



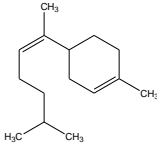
(119)



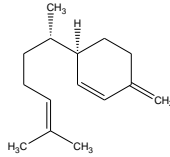
(120)



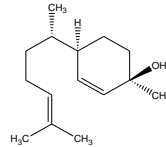
(121)



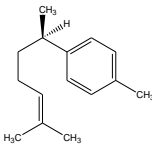
(122)



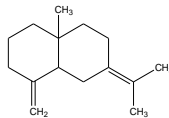
(123)



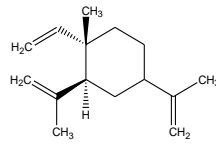
(124)



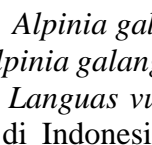
(125)



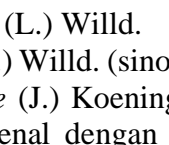
(126)



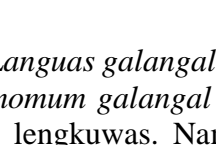
(127)



(128)



(129)



#### 4. *Alpinia galanga* (L.) Willd.

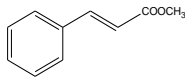
*Alpinia galanga* (L.) Willd. (sinonim *Languas galangal* L. Stuntz., *Languas vurgare* (J.) Koenig., *Amomum galangal* L. Lour.), di Indonesia dikenal dengan nama lengkuas. Nama daerah tumbuhan ini antara lain langkuwas (Maluku), langkuweh (Minangkabau), lakuwe (Nias), lawas (Lampung), halawas (Sumatra Utara), laja (Sunda), laos (Jawa, Madura), likku (bugis), dan galiasa (Ternate) (Anonim, 1995). *A. galanga* tumbuh secara liar atau dibudidayakan di wilayah tropika Asia Tenggara, Cina, dan Suriname.

Akar dan bunga dari tumbuhan *A. galanga* umumnya digunakan sebagai rempah-rempah atau sebagai sumber minyak atsiri. Rimpang *A. galanga* secara luas digunakan sebagai bahan obat tradisional untuk pengobatan penyakit kulit, gangguan saluran pernafasan, gangguan saluran pencernaan, sebagai ekspektoran, stomakikum setelah melahirkan, kanker mulut, dan kanker perut. Di Indonesia, akar tumbuhan ini juga digunakan untuk menguatkan perut besar, obat gosok, obat penyakit kulit,

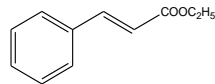
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

obat panu, pengobatan limpa membengkak, pucuknya digunakan untuk obat sakit telinga. Akar tumbuhan *A. galanga*, di Filipina digunakan sebagai karminatif dan stimulan, sedangkan daunnya digunakan untuk pengobatan rematik. Di Malaysia, akar *A. galanga* digunakan untuk stimulan dan antirematik, sedangkan biji tumbuhan ini digunakan untuk pengobatan kolit, diare, muntah-muntah, dan herpes. Buah dari *A. galanga*, di Cina digunakan untuk pengobatan berbagai penyakit gangguan pencernaan, emesis, dan diare. Di Indocina, akar *A. galanga* digunakan untuk mengobati gangguan pencernaan, kolik, disentri, kanker perut, dan keracunan makanan (Anonim, 1995; Sastroamindjojo, 1988; Kloppenburg, 1988; Perry, 1980; Tang, 1992; Van Valkenburg, 2001).

Tumbuhan *A. galanga* memiliki kandungan kimia terutama dari golongan fenilpropanoid, misalnya metil *trans*-sinamat (130). Minyak atsiri dari akar *A. galanga* antara lain menghasilkan pula turunan fenilpropanoid yaitu etil *trans*-sinamat (131) dan etil 4-metoksi-*trans*-sinamat (132). Ekstrak aseton-air rimpang dan akar *A. galanga* senyawa sejenis juga ditemukan yaitu *trans*-*p*-hidroksisinamaldehyd (133), *trans*-*p*-kumaril alkohol (134), *trans*-*p*-hidroksisinamil asetat (135), dan *trans*-*p*-kumaril diasetat (136). Rimpang dan biji *A. galanga* juga ditemukan sejumlah senyawa turunan fenilpropanoid lainnya yaitu 1'-asetoksicavikol asetat (137), 1'S-1'-asetoksieugenol asetat (138), metil eugenol (139), dan *p*-hidroksibenzaldehyd (140) (Morikawa, 2005). Senyawa turunan arilpropanoid juga ditemukan *trans*-4-metoksisinamil alkohol (141) dan *trans*-3,4-dimetoksi sinamil alkohol (142) (Itokawa, 1987).

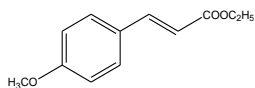


(130)

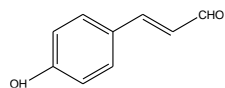


(131)

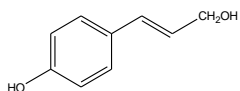
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



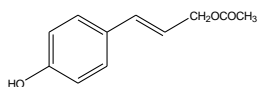
(132)



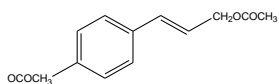
(133)



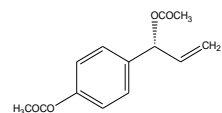
(134)



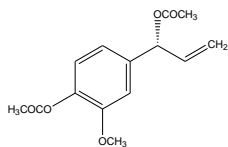
(135)



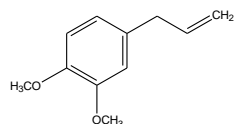
(136)



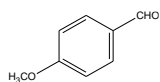
(137)



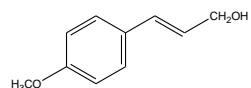
(138)



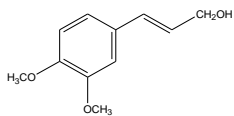
(139)



(140)



(141)



(142)

**C. Famili Simaroubaceae**

Menurut Cronquist (1981), famili Simaroubaceae terdiri dari 25 genus dan 150 spesies dan tersebar di daerah tropika, beberapa spesies lainnya seperti *Ailanthus* terdapat di daerah beriklim sedang. Genus utama yang termasuk pada famili ini adalah *Picrasma* dengan 40 spesies. Genus lain adalah *Eurycoma* yang endemik untuk daerah tropika Asia Tenggara.

1. *Brucea javanica* (L.) Merr.

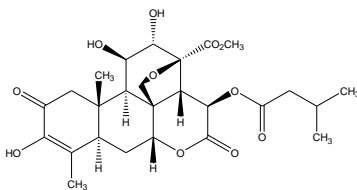
*Brucea javanica* (L.) Merr. (sinonim *Brucea sumatrana* Roxb., *Brucea amarissima* (Lour) Desv. ex Gomes) yang termasuk famili Simaroubaceae, umumnya di Indonesia dikenal dengan nama kuwalot. Nama daerah dari tumbuhan ini adalah tambar sibago, tambar bui, malur, sikalur, sipago (Batak), berul (Lampung), kendung peucang, ki padas, trawalot, walot (Sunda), tambara marica (Makassar), dan nagas (Ambon) (Anonim, 1995). Di Indonesia, tumbuhan *B. Javanica* tersebar mulai Sumatra hingga Papua. Tumbuhan ini tersebar pula secara merata di India, Sri Langka, Indocina, Cina Selatan, Taiwan, Thailand, Malaysia hingga Australia Utara.

Akar tumbuhan *B. javanica* (kuwalot) digunakan untuk mengobati disentri, penyakit usus, demam, batuk, dan rematik. Buahnya digunakan untuk mengobati demam dan mencegah pendarahan atau hemostatik, sedangkan daunnya digunakan untuk pengobatan kudis, bisul, penawar racun lipan, serta dapat pula menyembuhkan demam. Semua bagian dari tumbuhan *B. javanica* rasanya pahit dan dapat dijadikan obat demam, disentri, dan kejang perut. Sejak dahulu, di Cina buah *B. javanica* digunakan untuk pengobatan berbagai penyakit seperti diare, disentri amuba, malaria, hemoroida, dan sifilis. Biji *B. javanica* digunakan sebagai tonikum, laksatif atau pencahar, membunuh kutu, parasit, dan menghilangkan tumor (Perry, 1980).

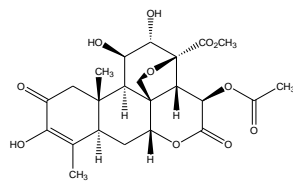
Secara kimiawi, senyawa-senyawa yang terkandung pada tumbuhan *B. javanica* adalah triterpen jenis kuasinoid yang

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

rasanya pahit. Molekul senyawa kuasinoid yang terkandung pada *B. javanica* pada umumnya mengandung 20 atom karbon dengan kerangka dasar karbon pikrasan. Sebagian besar senyawa kuasinoid yang ditemukan pada *B. javanica* adalah  $\delta$ -lakton yang sangat banyak teroksidasi. Ciri khas berikutnya senyawa kuasinoid C-20 pikrasan yang ditemukan pada *B. javanica* adalah adanya cincin C yang mengandung gugus hidroksimetil ( $\text{CH}_2\text{OH}$ ) pada atom C-8 dan gugus ini membentuk jembatan eter dengan atom C-13. Cincin D dapat pula mengandung gugus hidroksil pada atom C-15 yang teresterifikasi dengan asam-asam lemak. Akar, buah, biji, dan tangkai *B. javanica* mengandung sejumlah senyawa kuasinoid turunan pikras-3-en 2,3-oksigenasi. Dari jaringan-jaringan tersebut ditemukan brucein A (143) sebagai senyawa utama, bersama-sama dengan brucein B (144), brucein C (145), brucein I (146), brusatol (147), bruceantin (148), bruceantarin (149), dan bruceantanol (150) (Darwish, 1979; Yu, 1990). Beberapa senyawa glikosida turunan pikras-3-en 2,3-oksigenasi juga ditemukan dari berbagai jaringan tumbuhan *B. javanica* yaitu bruceosida B (151), bruceosida C (152), yadanziosida B (153), yadanziosida I (154), yadanziosida K (155), yadanziosida L (156), dan yadanziosida P (157) (Ekamiya, 1992; Yoshimura, 1985a, 1985b, 1988).



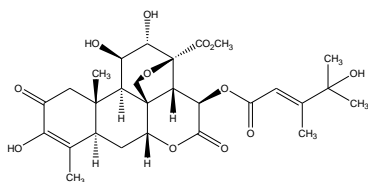
(143)



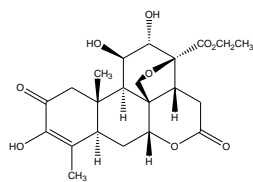
(144)



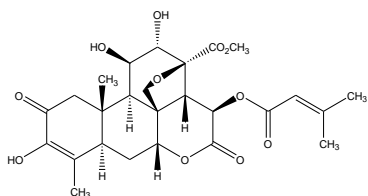
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



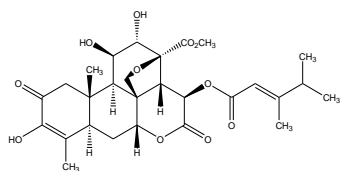
(145)



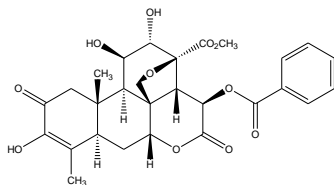
(146)



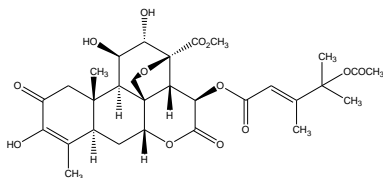
(147)



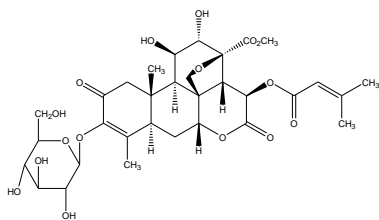
(148)



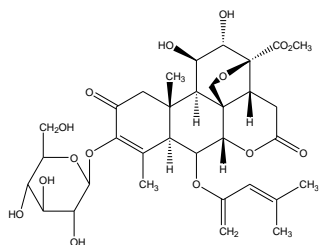
(149)



(150)

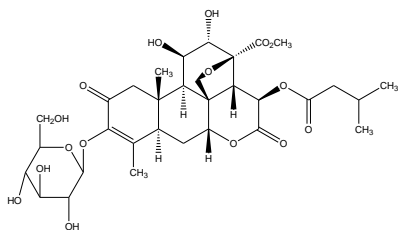


(151)

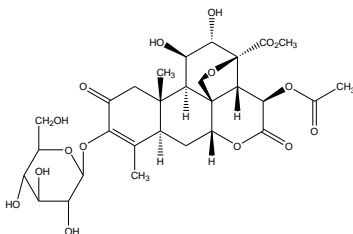


(152)

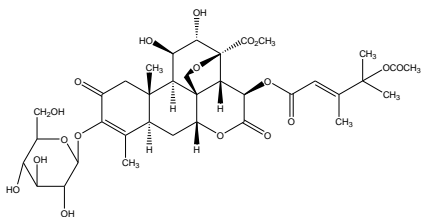
Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



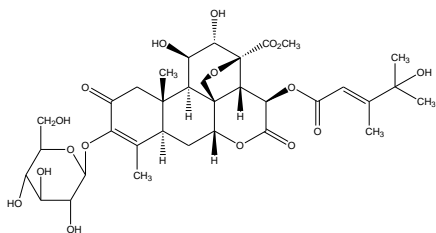
(153)



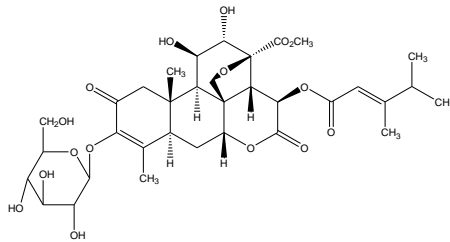
(154)



(155)



(156)



(157)

## 2. *Eurycoma longifolia* Jack.

*Eurycoma longifolia* Jack. (sinonim *Crassula pinnata sensu* Lour. Non L. f), di Indonesia umumnya dikenal dengan nama pasak bumi. Di beberapa daerah, tumbuhan ini dikenal pula dengan nama babi kurus (Batak), bidara laut, bidara pahit, bidara putih, kebel (Melayu), tungkek ali (Minangkabau), petalo bumi (Riau), empedu tanah (Jambi), mempalel (Bangka), dan merule (Kalimantan Timur) (Anonim, 1995; Sangat; 2000). Tumbuhan *E. longifolia* tumbuh dan tersebar di Burma, Thailand, Kamboja, Laos, Vietnam, Semenanjung Malaysia, Sumatra, Kalimantan, dan Filipina (Dharma, 1983).

Jaringan tumbuhan *E. longifolia*, di Indonesia digunakan sebagai obat gangguan pencernaan, diare, disentri, obat demam, malaria, sariawan, tonikum, dan penyakit kelamin. Masyarakat Kalimantan, air rebusan akar *E. longifolia* diminum sebagai afrodisiak (Anonim, 1985; Sangat, 2000). Kulit akar tumbuhan *E. longifolia*, di Malaysia digunakan sebagaimana di Indonesia. Air rebusan daunnya digunakan sebagai febrifuga atau menghilangkan demam, di Thailand digunakan secara tradisional sebagai obat malaria, sedangkan di Kamboja digunakan untuk melawan racun, obat demam, sakit kuning. Di Vietnam digunakan untuk menyembuhkan berbagai penyakit, kulitnya untuk obat gangguan pencernaan, demam, dan nyeri

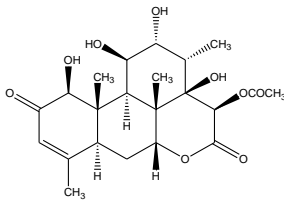
pinggang, sedangkan buahnya untuk obat disentri (Anonim, 1995; Perry, 1980).

Sebagai spesies yang termasuk famili Simaroubaceae, tumbuhan *E. longifolia* secara kimia mempunyai ciri khas yang sama seperti *B. javanica* (kuwalot), yaitu mengandung sederet senyawa kuasinoid yang berasa pahit. Selain itu, tumbuhan *E. longifolia* juga dicirikan oleh kandungan senyawa alkaloid jenis  $\beta$ -karbolin dan kantan-6-on, turunan difenil eter, bifenil dan bifenil-*neo*-lignan, turunan skualen, dan turunan triterpen jenis tirukan. Masing-masing kelompok senyawa tersebut terdiri dari sejumlah senyawa yang saling berkaitan. Sebagian besar senyawa kuasinoid yang ditemukan pada *E. longifolia* termasuk jenis kuasinoid-C-20, yang mengandung 20 atom karbon, termasuk jenis kuasinoid C-19 dan jenis kuasinoid C-18 dengan kerangka dasar karbon A, B, dan C. Senyawa-senyawa kuasinoid C-20 jenis pikrasan yang mempunyai kerangka dasar karbon A mengandung cincin  $\alpha$ -lakton dan mempunyai banyak gugus fungsi oksigen. Pada *E. longifolia* ditemukan senyawa kuasinoid turunan klaineanon, seperti 15 $\beta$ -asetil-14-hidroksiklaineanon (158), 6 $\alpha$ -asetoksi-14,15 $\beta$ -dihidroksiklaineanon (159), 6 $\alpha$ -asetoksi-15 $\beta$ -hidroksiklaineanon (160), dan 14,15 $\beta$ -dihidroksiklaineanon (161) (Itokawa, 1992; Morita, 1993).

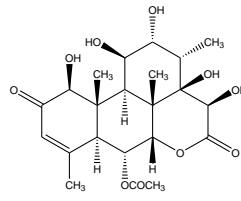
Dari tumbuhan *E. longifolia* ditemukan pula senyawa-senyawa kuasinoid-C-19 dengan kerangka 1,2-seko-1-nor-6(5-10)-abeo-pikrasan-2,5-olida sebagai produk kontraksi cincin A dan cincin B yang diberi nama eurilakton A (162) dan eurilakton B (163) (Itokawa, 1993). Senyawa kuasinoid-C-19 yang ditemukan pada *E. longifolia* di antaranya eurikolakton E (164), eurikomalakton (165), dan dihidroeurikomalakton (166) (Ang, 2002). Senyawa kuasinoid-C-19 lainnya yang ditemukan pada *E. longifolia* di antaranya 6 $\alpha$ -hidroksieurikomalakton (167) (Itokawa, 1992), 7 $\alpha$ -hidrokasi-eurikomalakton (168), 6 $\alpha$ -hidroksi-tetrahidroeurikomalakton (169), dan 4,16-dihidro-6 $\alpha$ -

## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

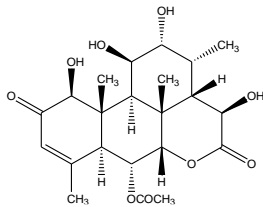
hidroksitetrahidro-eurikomalakton (170) (Ikotawa, 1993). Senyawa kuasinoid-C-18 dari *E. longifolia* antara lain laurikolakton A (171) dan laurikolakton B (172) (Itokawa, 1993), dari akar tumbuhan ini ditemukan eurikolakton A (173), eurikolakton B (174), eurikolakton D (175), dan eurikolakton C (176) (Ang, 2000, 2002).



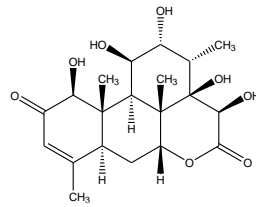
(158)



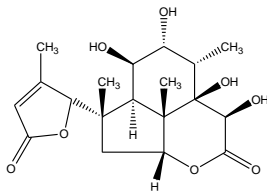
(159)



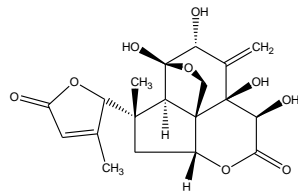
(160)



(161)

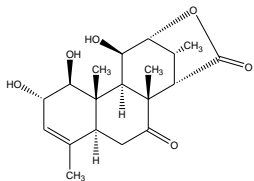


(162)

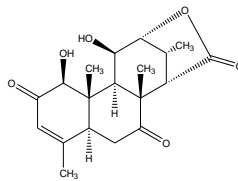


(163)

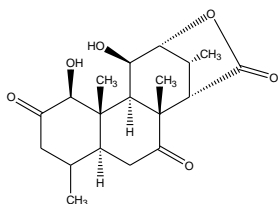
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



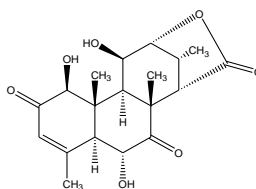
(164)



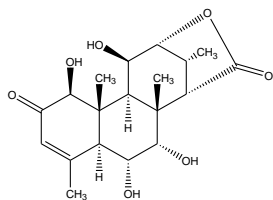
(165)



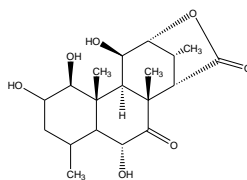
(166)



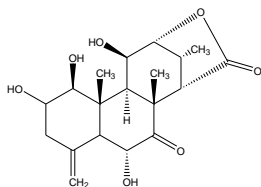
(167)



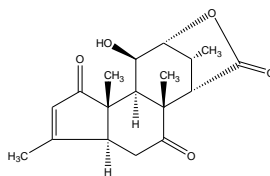
(168)



(169)

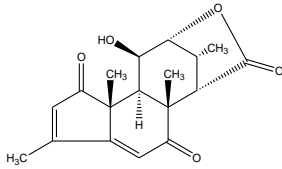


(170)

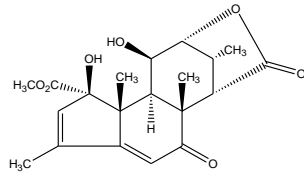


(171)

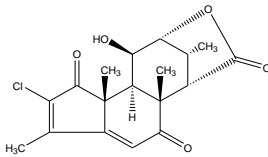
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



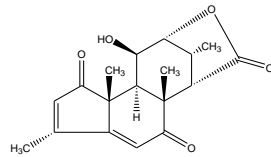
(172)



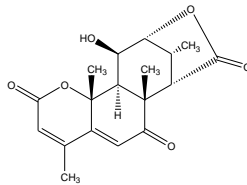
(173)



(174)



(175)



(176)

### D. Famili Caesalpiniaceae

Menurut Cronquist (1981) famili Caesalpiniaceae terdiri dari 150 genus dan 2200 spesies dan tersebar luas di daerah tropika dan sub-tropika. Genus utama pada famili ini adalah *Bauhinia*, *Chamaecrista*, dan *Senna* yang masing-masing terdiri atas 250 spesies serta *Caesalpinia* dan *Swartzia* yang terdiri dari 125 spesies.

#### 1. *Caesalpinia sappan* L.

*Caesalpinia sappan* L. sinonim *Biancaea sappan* (L.), di Indonesia lazim disebut dengan nama secang atau kayu secang.

## **Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

Di beberapa daerah dikenal dengan nama seupeuang (Aceh), seppang (Sunda, Bugis, Gayo, Sasak), sopang (Batak), sapang, lacang, cacang (Minangkabau), soga jawa (Jawa), cang (Bali), supa, supang (Bima), sepal (Timor), kayu sema (Manado), seppang (Makassar), pasa, nagel (Minahasa), sepen (Halmahera), sunyiha, sunika (Ternate), dan roro (Tidore) (Anonim, 1995; Heyne, 1987). Tumbuhan *C. sappan* tersebar luas di Asia Tenggara dan di Indonesia ditanam sebagai tanaman pagar atau tanaman pinggiran (Van Valkenburg, 2001).

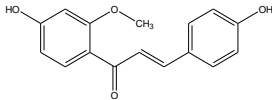
Air rebusan kayu tumbuhan *C. sappan* umumnya digunakan sebagai peluruh haid yang kuat, astringen atau pengelat. *C. sappan* juga digunakan untuk menyembuhkan tuberculosis, diare, dan disentri (Van Valkenburg, 2001). Tumbuhan ini juga digunakan untuk radang selaput lender, batuk, pegal, dan sifilis (Sangat, 2000). Di Cina, *C. sappan* digunakan sebagai obat tradisional untuk gangguan menstruasi, sebagai analgesik, atau penghilang rasa nyeri, sebagai obat antiinflamasi atau antiradang, kayunya digunakan untuk menyembuhkan luka dan wazir (Tang, 1992). Kayu tumbuhan *C. sappan*, masyarakat Thailand dan Filipina juga digunakan untuk peluruh haid, sebagai espektoran, atau peluruh dahak, dan tonikum. Tumbuhan ini di Vietnam, digunakan pula sebagai peluruh haid (Perry, 1980), sedangkan di Korea dan Jepang tumbuhan ini digunakan untuk menyembuhkan wazir dan diare (Sung, 1998).

Tumbuhan *C. sappan*, senyawa kimia yang dikandung dicirikan dengan golongan senyawa fenol antara lain flavonoid, turunan 2'-metoksicalkon, dan turunan homoisoflavonoid. Senyawa-senyawa turunan homoisoflavonoid secara biogenetik berasal dari senyawa turunan 3'-metoksicalkon ditemukan secara bersama-sama senyawa homoisoflavonoid pada tumbuhan *C. sappan*, seperti 4,4'-dihidroksi-2'-metoksicalkon atau 3-deoksisapancalkon (177) dan sapancalkon (178) (Nagai, 1984). Kayu *C. sappan* ditemukan pula sejumlah senyawa

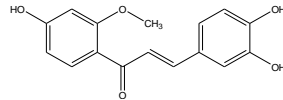


## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

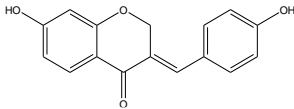
turunan homoisoflavonoid, seperti 7-hidroksi-3-(4'-hidroksibenziliden)-khroman-4-on (179), 8-metoksibonducelin (180), 3'-deoksisapanon B (181), dan 3'-deoksisapanon (182) (Namikoshi, 1987). Senyawa homoisoflavon yang ditemukan pada tumbuhan *C. sappan* adalah turunan benzokroman-4-on, seperti sapanon A (183), sapanon B (184), dan 3-deoksisapanon B (185) (Namikoshi, 1987). Dari kayu *C. sappan* ditemukan juga senyawa sejenis turunan 3,4-dihidroksihomoisoflavonoid, seperti sapanol (186), 3'-O-metilsapanol (187), 4-O-metilsapanol (188), episapanol (189), 3'-O-etilepisapanol (190), 4-O-metilepisapanol (191) (Namikhoshi, 1987).



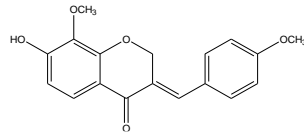
(177)



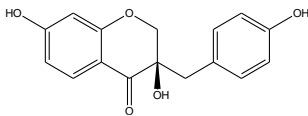
(178)



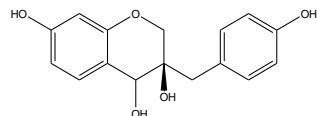
(179)



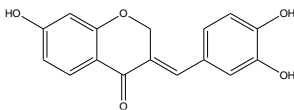
(180)



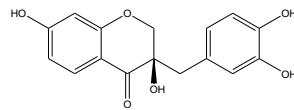
(181)



(182)

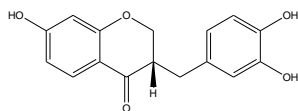


(183)

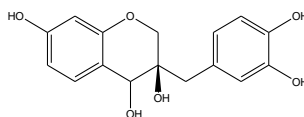


(184)

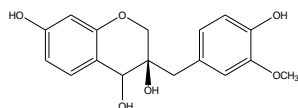
## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



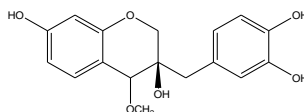
(185)



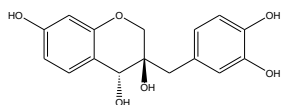
(186)



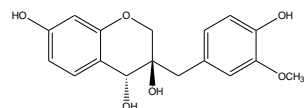
(187)



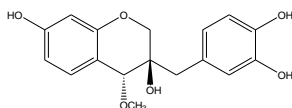
(188)



(189)



(190)



(191)

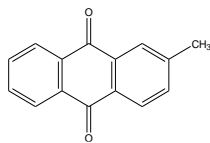
### 2. *Cassia alata* Linn. Roxb.

*Cassia alata* Linn. Roxb. sinonim *Senna alata* (L.) Roxb., di Indonesia umumnya disebut dengan nama ketepeng. Nama daerah dari tumbuhan ini adalah ketepeng badak, ki-manila (Sunda), ketepeng kebo ketepeng cina (Jawa), acon-aconan (Madura), daun kupang, daun kurap, gelenggang (Manado), dan kupang-kupang (Ternate) (Anonim, 1995). Tumbuhan *C. alata* berasal dari Amerika Selatan dan menyebar di wilayah tropika mulai dari India ke Indocina, Asia Tenggara sampai Guam. Tumbuhan ini telah dibudidayakan untuk keperluan pengobatan

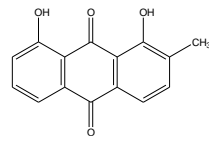
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

dan tanaman hias (de Padua, 1999). Secara tradisional, tumbuhan *C. alata* digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit. Daun tumbuhan ini digunakan sebagai obat cacung, pencahar, antiparasitik, dan untuk pengobatan herpes, sifilis, kudis, kurap, dan penyakit kulit lainnya (anonim, 1995; Dharma, 1985). Masyarakat Filipina dan India menggunakan daunnya sebagai pencahar, mengeluarkan dahak (ekspektoran), pengelat atau astringen, dan ekzema (De Padua, 1999).

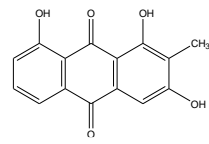
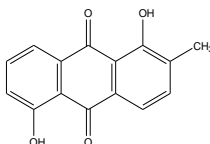
Tumbuhan *C. alata* dari segi kimiawi mengandung senyawa turunan antrakuinon. Senyawa antrakuinon pada tumbuhan ini diperoleh dari jaringan daun, buah, biji, akar, dan dahan. Senyawa tersebut antara lain 2-metilantrakuinon (192), isokrisofanol (193), 1,5-dihidroksi-2-metilantrakuinon (194), 1,3,8-trihidroksi-2-metilantrakuinon (195), alatonal (196), 1,5-dihidroksi-8-metoksi-2-metilantrakuinon (197), 1,3,5,8-tetrahidroksi-2-metilantrakuinon (198). Senyawa antrakuinon lainnya yang terdapat pada *C. alata* adalah krisofanol (199), aloeamodin (200), rein (201), alatinon (202), dan emodin (203), fision (204). Senyawa turunan glikosida antrakuinon pada tumbuhan ini adalah fision-1-glikosida (205), 5-hidroksi-2-metilantrakuinon-2-metilantrakuinon-1-O-rutinosida (206), dan 1,5-dihidroksi-8-metoksi-2-metilantrakuinon-3-O- $\beta$ -D-glukopiranosida (207) (Agarkar, 1999; Fernad, 2008).



(192)

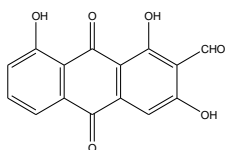


(193)

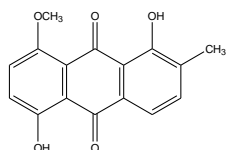


**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

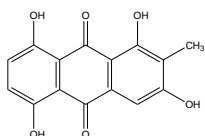
(194)



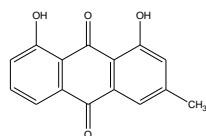
(195)



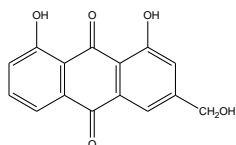
(196)



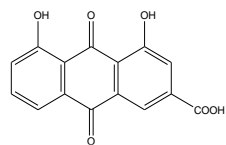
(197)



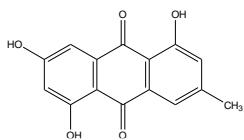
(198)



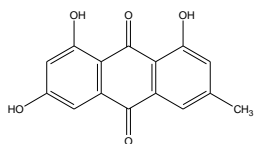
(199)



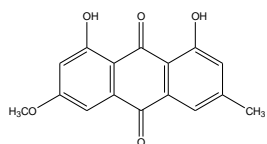
(200)



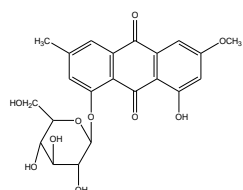
(201)



(202)

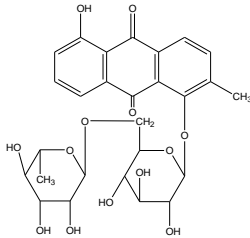


(203)



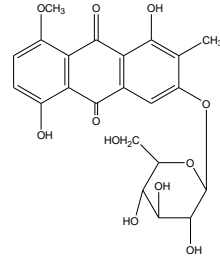
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

(204)



(206)

(205)



(207)

### E. Famili Meliaceae

Famili Meliaceae terdiri dari 51 genus dan 550 spesies yang tersebar di wilayah tropika dan subtropika. Terdapat 5 genus utama, yaitu *Aglaia* (100 spesies), *Trichilia* (65 spesies), *Dysoksylum* (60 spesies), *Chisocheton* (30 spesies), dan *Turraea* (24 spesies).

#### 1. *Melia azedarach* L.

Tumbuhan *Melia azedarach* L. sinonim *Melia azadirachta* L., *Azadirachta indica* A. Juss. di Indonesia umumnya dikenal dengan nama mindi atau mindi kecil. Nama daerah dari tumbuhan ini di antaranya buing (Aceh), renceh (Batak), reuceuh, grinjing (Sunda), gringging, cakra-cikri (Jawa), dan bou (Sulawesi Tengah) (Anonim, 1995; Sangat, 2000). *M.azedarach* berasal dari Himalaya dan Iran, di Indonesia tidak tumbuh liar tetapi ditanam menyebar di mana-mana karena bunganya yang indah.

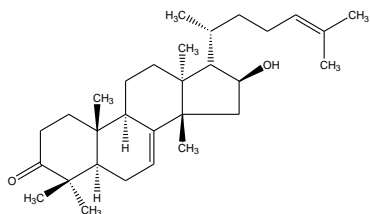
## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

Tumbuhan *M. azedarach* atau mindi, di Indonesia digunakan untuk menyembuhkan berbagai penyakit, seperti peluruh cacing usus (antelmintik), malaria, gangguan saluran pencernaan (maag), peluruh kencing (deuretik), kencing manis (diabet), obat penyakit kulit, dan penghilang rasa nyeri (antinflamasi) (Anonim, 1995; Sangat, 2000). Di Cina tumbuhan *M. azedarach*, akarnya digunakan sebagai antelmintik, sebagai obat luar untuk pengobatan penyakit kulit, dan digunakan juga sebagai obat nyeri perut. Sementara di Malaysia digunakan juga sebagai penyembuh penyakit kulit, sedangkan di Filipina digunakan pula dengan maksud yang sama, sebagai obat penyakit kulit, obat cacing (antelmintik) (Perry, 1980).

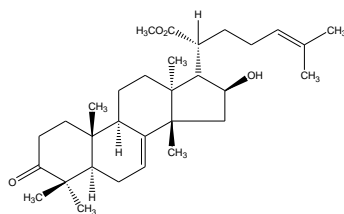
Secara kimiawi tumbuhan *M. azedarach* mengandung senyawa yang dicirikan oleh senyawa-senyawa turunan limonoid (C-26) atau tetranortriterpen. Secara biogenesis berasal dari triterpen tetrasiklik jenis eufan (C-30) melalui protolimonoid dengan serangkaian reaksi oksidasi dan penataan ulang. Jaringan buah, kulit batang, kulit ranting, kayu, dan akar tumbuhan *M. azedarach* ditemukan senyawa triterpen jenis eufan yang mengandung gugus  $\Delta^{7,8}$ -14 $\beta$ -metil. Ekstrak petrol eter kulit batang *M. azedarach* diperoleh senyawa 16 $\beta$ -hidroksieufan-7,24-dien-3-on atau kulinon (208) dan metil kulonat (209) (Chiang, 1973), sementara dari buahnya diperoleh suatu senyawa sejenis yaitu asam azedarachat (210) (Zhao, 1999).

Ekstrak etanol jaringan akar *M. azedarach* ditemukan pula beberapa senyawa turunan eufan yang mengandung gugus  $\Delta^{7,8}$ -14 $\beta$ -metil dan cincin 16,21-lakton yaitu kulakton (211), sendanolakton (212), 2 $\alpha$ -hidroksi-3 $\beta$ -metoksi-6-okso-13 $\alpha$ ,17 $\alpha$ -lanosta-7,24-dien-21,16 $\beta$ -olida (213) dan 6 $\beta$ -hidroksi-3-okso-13 $\alpha$ ,14 $\beta$ ,17 $\alpha$ -lanosta-7,24-dien-21,16 $\beta$ -olida (214) (Faizi, 2002).

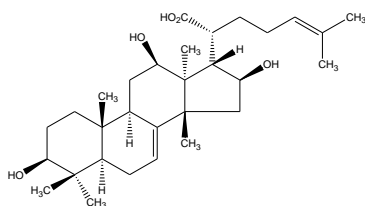
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



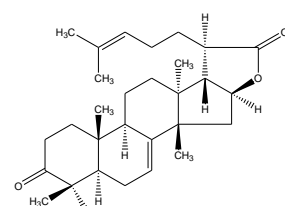
(208)



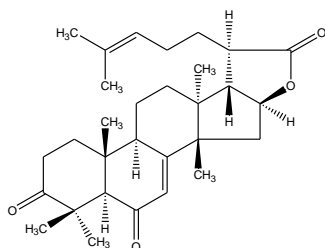
(209)



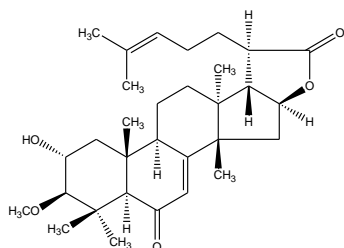
(210)



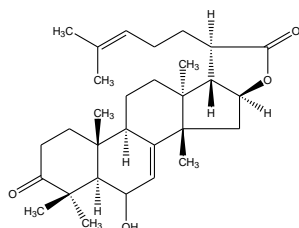
(211)



(212)



(213)



(214)

2. *Aglaiia odorata* Lour.

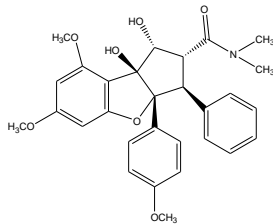
Di Indonesia, *Aglaiia odorata* Lour. (sinonim *Aglaiia chaudocensis*, *Aglaiia duperreana* Pierre, *Aglaiia oblanceolata* Craib, *Camunium sinense* Rumph.) dikenal dengan nama pacar cina. Di beberapa daerah memiliki nama masing-masing di antaranya pokok telur belangkas (Melayu), culan (Sunda), pacar culam (Jawa, Maluku), dan bunga maniran (Kalimantan) (Anonim, 1995; Lemmens, 2003). Tumbuhan *A. odorata* telah lama digunakan sebagai obat tradisional. Di Indonesia *A. odorata* (pacar cina) digunakan untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Bunga tumbuhan ini digunakan sebagai pengobatan penyakit perut kembung, batuk, pusing, dan melancarkan persalinan, sedangkan daunnya digunakan menyembuhkan kencing nanah, penyakit kulit, memar, bisul, diare, pengobatan haid berdarah banyak, dan bau badan. Sebagian besar wilayah Malaysia bunga tumbuhan *A. odorata* digunakan untuk obat demam. Di Filipina bunganya yang berbau harum juga digunakan sebagai pewangi pakaian, rokok, dan minuman teh, sedangkan akar dan daunnya digunakan sama di Cina termasuk sebagai tonikum. Di Vietnam, bunga dan daunnya digunakan untuk pengobatan demam, asma, dan penyakit kuning, daun *A. odorata* juga digunakan sebagai ekspektoran, stimulan, dan antipiretik dan juga untuk pengobatan menoralgia (tidak datang haid) (Anonim, 1995; Lemmens, 2003).

Kelompok senyawa yang terkandung pada tumbuhan *A. odorata* (pacar cina) lazim dikenal dengan nama rokaglamida (flavaglin) karena berasal dari penggabungan flavonol-sinamat. Pada tumbuhan ini, turunan rokaglamida ditemukan bersama senyawa turunan aglain, hanya berbeda dari segi cincin heterosiklik. Ekstrak metanol daun *A. odorata* ditemukan senyawa turunan rokaglamida yaitu rokaglamida (215), desmetilrokaglamida (216), metilrokaglat (217), dan rokaglaol (218) (Yang, 2004). Ekstrak ranting dan daun *A. odorata* ditemukan pula beberapa senyawa turunan rokaglamida yang

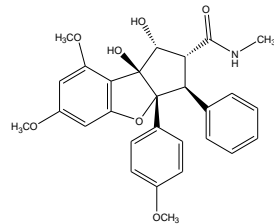


## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

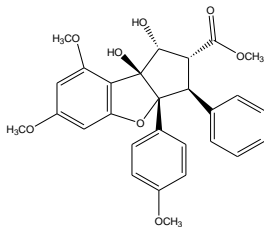
bersifat insektisida, yaitu 3'-hidroksi-rokaglamida (219), 1-O-asetil-3'-hidroksirokaglamida (220), 3'-metoksirokaglamida (221), 3'-metoksirokaglaol (222), 3'-hidroksidemetilrokaglamida (223), 3'-hidroksimetilrokaglat (224), 3'-hidroksididemetil-rokaglamida (225), dan 1-oksim-3'-metoksimetilrokaglat (226) (Nugroho, 1999; Yang, 2004).



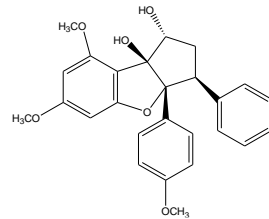
(215)



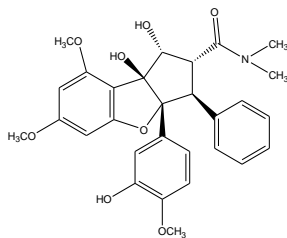
(216)



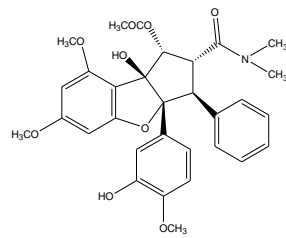
(217)



(218)

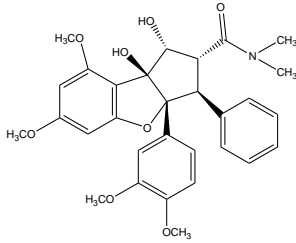


(219)

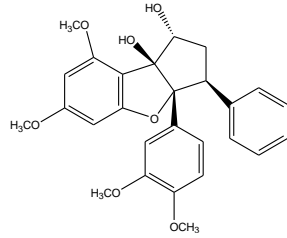


(220)

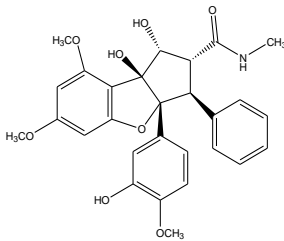
**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***



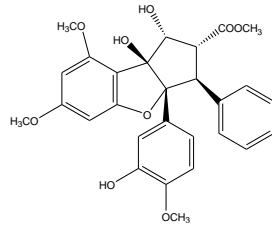
(221)



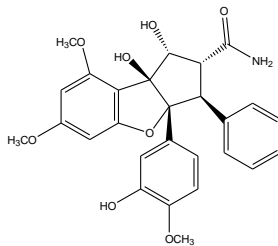
(222)



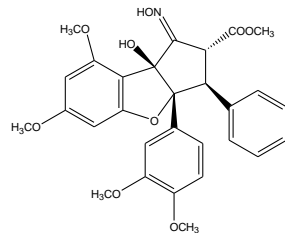
(223)



(224)



(225)



(226)

**F. Famili Clusiaceae**

Famili Clusiaceae terdiri dari 50 genus dan 1200 spesies yang tersebar di wilayah tropika yang lembab. Lebih dari setengah jumlah spesies masuk pada tiga genus utama yaitu *Hypericum* sekitar 350 spesies, *Clusia* sekitar 200 spesies, dan *Garcinia* sekitar 200 spesies.

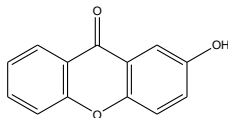
### 1. *Calophyllum inophyllum* Linn.

*Calophyllum inophyllum* Linn. (sinonim *Calophyllum bintagor* Roxb.) umumnya dikenal dengan nama nyamplung. Di beberapa daerah diberi nama bunut (Aceh), punaga (Minangkabau, Makassar), penago (Lampung), nyamplong, camplong (Madura), mandara (Bali), kanaga, panaga (Kalimantan Selatan), dunggala (Gorontalo), puse (Bugis), dan hatau (Ambon) (Anonim, 1995; Heyne, 1987, Sangat, 2000). Tumbuhan *C. inophyllum* tersebar di wilayah Afrika Timur, Asia Selatan, hingga Jepang. Tumbuhan ini endemik di Asia Tenggara dan tersebar luas di Pulau Jawa. Di Indonesia, tumbuhan *C. inophyllum* digunakan secara tradisional untuk penyembuhan berbagai penyakit. Daun tumbuhan ini digunakan untuk mengobati sakit mata, bijinya digunakan untuk obat kudis, obat rambut, dan rematik, serta bagian lainnya digunakan untuk pengobatan demam, konstipasi (sembelit), pelancar ekskresi urin (diuretik), perdarahan banyak (hematuria), infeksi gonore, kanker, dan kelenjar bengkak (Anonim, 1995; Sangat, 2000; Perry, 1980). Di Filipina daun tumbuhan *C. inophyllum* digunakan sebagai astringen dan untuk pengobatan hemorrhoid (Perry, 1980). Di Vietnam minyak biji dan resin *C. inophyllum* digunakan sebagai pengobatan tradisional rematik, penyakit kulit, kudis, antiinflamasi, luka dan rasa nyeri (Nguyen, 2005), sementara di Pakistan *C. inophyllum* digunakan sebagai antiseptik, astringen, ekspektoran, analgesik, diuretik dan purgatif.

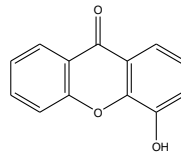
Ciri utama kandungan senyawa kimia tumbuhan *C. inophyllum* adalah ditemukannya senyawa-senyawa turunan santon, kumarin, triterpen jenis fridelan. Jaringan kayu, akar, kulit akar, kulit batang, ranting, daun, dan biji ditemukan senyawa turunan santon sederhana. Senyawa santon tersebut adalah 2-hidroksisanton (227), 4-hidroksisanton (228), 1-hidroksi-2-metoksisanton (229), 2-hidroksi-1-metoksisanton

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

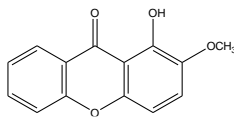
(230), 1, 2-dimetoksisanton (231), 1,5-dihidroksisanton (232), 1,7-dihidroksisanton (233), 1,5,6- trihidroksisanton (234), 1,6-dihidroksi-5- metoksisanton (235), 6-hidroksi-1,5 dimetoksisanton (236), 1,3,8-trimetoksi-7-metoksisanton (237), dan 1,3-dihidroksi-7,8-dimetoksisanton (238). Kayu batang dan jaringan lain *C. inophyllum* ditemukan pula senyawa turunan santon monoprenilasi, yaitu 1,5-dihidroksi-6-(3-metilbut-2-enil)santon (239), 6- (3, 3-dimetilalil)-1,5-dihidroksisanton (240), 2-(3-metilbut-2-enil)-1,3,5-trihidroksisanton (241), 2-(3-metilbut-2-enil) -1, 3, 5, 6-tetrahidroksisanton (242), 2-(3,3-dimetilalil)-1,3,5-trihidroksisanton (243), 2-(3,3-dimetilalil)-1, 3, 5, 6-tetrahidroksisanton (244), 2-(3-hidroksi-3-metilbutil(-1, 3, 5, 6-tetrahidroksisanton (245), 6-deoksijakarubin (246), dan jakarubin (247) (Jantan, 2001; Kumar, 1976).



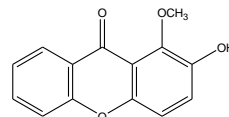
(227)



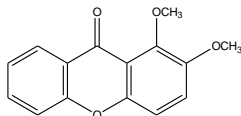
(228)



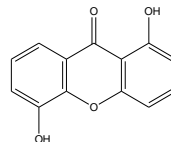
(229)



(230)

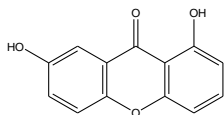


(231)

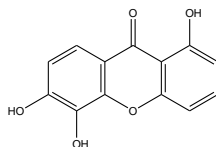


(232)

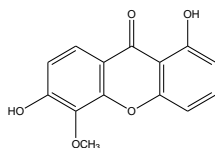
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia



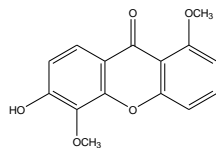
(233)



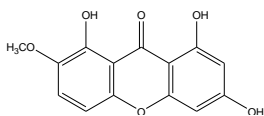
(234)



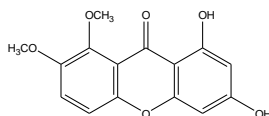
(235)



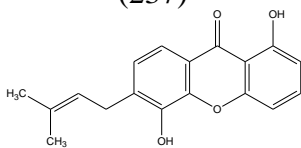
(236)



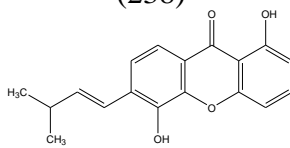
(237)



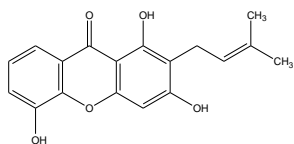
(238)



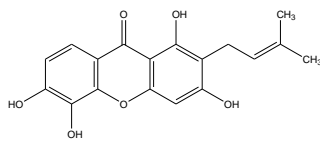
(239)



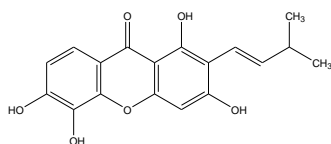
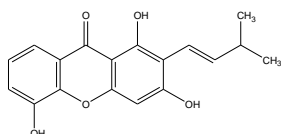
(240)



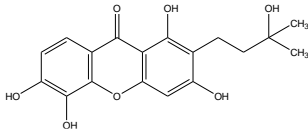
(241)



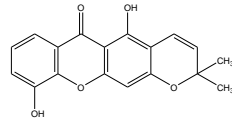
(242)



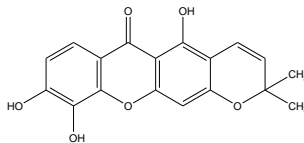
(243)



(244)



(245)



(246)

(247)

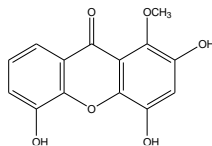
## 2. *Garcinia mangostana* Linn.

*Garcinia mangostana* Linn. di Indonesia dikenal dengan nama manggis. Masing-masing daerah juga memberi nama seperti mangisto, manggus, manggusta (Karo), manggista, manggih (Minangkabau), manggu (Sunda), ki rasa (Makassar), dan basilang (Halmahera) (Anonim, 1995). *G. mangostana* Linn. merupakan tumbuhan asli Asia Tenggara dan banyak terdapat di Indonesia, ditanam dan tersebar di wilayah tropika (Perry, 1980). Kulit buah tumbuhan *G. mangostana* di beberapa negara (India, Burma, Indo-Cina Selatan, Indonesia, dan Filipina) digunakan untuk pengobatan diare dan disentri (Perry, 1980). Secara khusus, di Indonesia kulit buahnya yang kecut digunakan sebagai astringen (pengelat) pada pengobatan diare dan mencret, sedangkan isi buah digunakan untuk mengatasi diare, keputihan, borok, dan penyakit cacing (Dharma, 1985). Air rebusan kulit *G. mangostana* digunakan untuk pengobatan nyeri tenggorokan dan amandel bengkak. Kayu dan kulit kayunya digunakan untuk pengobatan lambung, mules, diare,

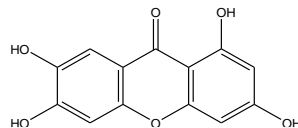
## Bab II || Tumbuhan Obat Indonesia

dan perawatan setelah melahirkan (Sangat, 2000). Di Malaysia, kulit, daun, dan akar *G. mangostana* digunakan untuk pengobatan penyakit kulit dan gangguan haid (Perry, 1980), sedangkan di Thailand kulit buahnya digunakan dengan maksud yang sama, termasuk pengobatan luka, diare, dan infeksi kulit (Suksamrarn, 2002).

Berdasarkan pada komposisi kimia, tumbuhan *G. mangostana* sangat kaya dengan senyawa turunan santon yang teroksidasi dan terprenilasi. Bersama dengan senyawa turunan santon, tumbuhan *G. mangostana* juga mengandung senyawa turunan fenol lainnya (flavonoid, benzofenon, dan arilbenzofuran) dengan beberapa aktivitas biologi seperti antibakteri, antifungal, dan promotor antitumor. Beberapa senyawa turunan santon sederhana berhasil diisolasi dari tumbuhan ini, di antaranya 1-metoksi-2,4,5-trihidroksisanton atau BR santon B (248) dan 1,3,6,7-tetrahidroksisanton atau noratiriol (249). Senyawa turunan santon dari jaringan kulit luar buah yaitu 1,5-dihidroksi-3-metoksi-2-(3-metilbut-2-enil)santon (250), trapezifolisanton (251) (Suksamrarn, 2003), dan mangostinon (252) (Asai, 1995). Di samping itu, dari tumbuhan *G. mangostana* ditemukan pula senyawa santon lainnya yaitu 1,6-dihidroksi-3-metoksi-2-(3-metilbut-2-enil)santon (253) dan 1,7-dihidroksi-3-metoksi-2-(3-metilbut-2-enil)santon (254) (Sen, 1981; Huang, 2001). Di samping itu ditemukan pula senyawa turunan santon trioksidasi-1,3,6 dan dua substituen isoprenil pada posisi C-2,4, yaitu garcinon A (255) (Sen, 1980).

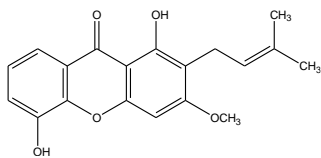


(248)

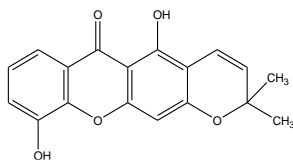


(249)

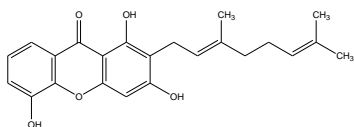
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



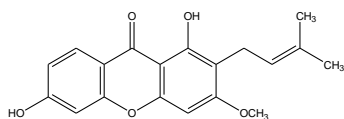
(250)



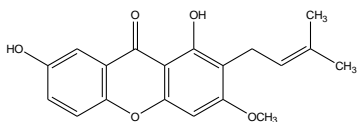
(251)



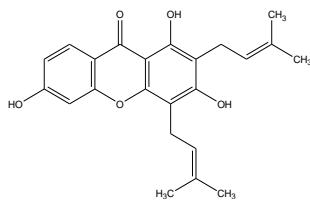
(252)



(253)



(254)



(255)









### BAB III

## SENYAWA KIMIA TUMBUHAN ARTOCARPUS

#### A. Tinjauan Umum Tumbuhan *Artocarpus*

Moraceae adalah famili tumbuhan yang tersebar di daerah tropis sampai subtropis, umumnya berupa pohon dengan kualitas yang baik sementara sebagian yang lain berupa perdu. Tumbuhan ini berbatang, berkayu, dan bergetah. Daun tunggal duduk tersebar, ujung ranting tertutup sepasang daun, seringkali dengan daun penumpu besar yang memeluk batang atau merupakan suatu selaput bumbung. Famili Moraceae terdiri atas 75 genus dan 1850 spesies (Hutchinson, 1967). *Morus*, *Ficus*, dan *Artocarpus* merupakan tiga genus terbesar pada famili Moraceae.

*Artocarpus* terdiri atas sekitar 50 spesies dan tersebar di wilayah Indonesia. Sebarannya meliputi Kalimantan 23 spesies, Sumatra 17 spesies, Maluku 8 spesies, Sulawesi 6 spesies, Jawa 4 spesies, dan Nusa Tenggara 3 spesies (Lemmens dkk., 1995). Tumbuhan ini juga ditemukan di Asia Selatan, Papua Nugini, dan Pasifik Selatan (Lemmens dkk., 1995). Di Indonesia, *Artocarpus* dikenal sebagai tumbuhan “angka-nangkaan”. Tumbuhan *Artocarpus* umumnya berupa pohon tinggi bergetah putih di seluruh bagian, lembar daunnya agak keras dan tersusun berseling, buah berdaging dengan ukuran kecil sampai besar, berkayu besar, dan berakar tunggang (Heyne, 1987).

Batang *Artocarpus* banyak digunakan sebagai bahan bangunan, misalnya *A. gomezianus* sebagai bahan pembuatan kursi dan meja. Jenis kayunya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu terap dan keledang. Kayu terap merupakan tumbuhan *Artocarpus* yang memiliki kayu ringan, berwarna agak putih, dan mudah digergaji; diantaranya adalah *A. elasticus* dan *A. scortechinii*. Kayu keledang yaitu tumbuhan *Artocarpus* yang berkayu agak keras, berwarna lebih gelap, sukar digergaji karena seratnya yang liat; diantaranya adalah *A. anisophyllus* dan *A.*

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

*lanceifolius*. *Artocarpus* menghasilkan buah yang dapat dimakan dan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, seperti buah dari *A. heterophyllus* (nangka), *A. integer* (cempedak), *A. altilis* (sukun), dan *A. odoratissimus* (terap). Berdasarkan banyaknya kemiripan morfologi spesies pada genus *Artocarpus*, Jarret (1960) menyusun dan mengelompokkan kembali genus ini menjadi dua subgenus, yaitu *Artocarpus* dan *Pseudojaca*. Subgenus *Artocarpus* terdiri atas 27 spesies termasuk *A. integer* (cempedak), sementara subgenus *Pseudojaca* terdiri atas 20 spesies.

Beberapa bagian dari tumbuhan *Artocarpus* oleh masyarakat dimanfaatkan sebagai obat tradisional, misalnya akar *A. heterophyllus* digunakan untuk mengatasi demam, disentri, dan malaria, bijinya dimanfaatkan untuk obat diare, dan daunnya berguna untuk obat bisul, demam, luka, dan penyakit kulit. Seduhan kulit batang *A. elasticus* digunakan sebagai pencegah kehamilan, getahnya dimanfaatkan sebagai obat disentri dan pereda demam (Heyne, 1987).

Penggunaan tumbuhan *Artocarpus* sebagai obat tradisional berkaitan dengan senyawa metabolit sekunder yang dikandungnya. Pada umumnya tumbuhan genus ini mengandung senyawa turunan fenol (Venkataraman, 1972; Nomura dkk., 1998; Hakim dkk., 2006) dan nonfenolik (Achmad dkk., 1996; Altman dkk., 1976). Berdasarkan penelitian, senyawa metabolit sekunder tersebut memiliki aktivitas biologis yang beragam, antara lain antimalaria (Widyawaruyanti dkk., 2007; Rahmani dkk., 2008), antitumor (Pedro dkk., 2005), dan antioksidan (Alfiani dkk., 2011; Nasution dkk., 2014).

#### **1. Taksonomi Tumbuhan *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.**

## **Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

*Artocarpus integer* (Thunb) Merr. umumnya dikenal dengan nama cempedak, sinonim dengan *A. integrifolia* Person dan *A. champeden* (Lour) Stoke. Nama umum *A. integer* di beberapa negara adalah cempedak (Indonesia), cempedak, campeda, banking, baroh (Malaysia), sonekadat (Myanmar), champada (Thailand), dan tibadak (Brunei) (Verheij dkk., 1997). Di Indonesia, nama lokal *A. integer* adalah tiwadak, tuadak, mangkahai (Kalimantan), tembedak, kakan, bikara, cubadak (Sumatra), nangka beurit, nongko cino, comedak (Jawa), campada, nangka balanda, tabodoko, nanakan, cidu, panasa (Sulawesi), naka wara (Nusa Tenggara), nakane, tawedak, tuada (Maluku), tambadak (Papua) (Heyne, 1987; Verheij dkk., 1997; Lempang dkk., 2012).

Taksonomi tumbuhan *A. integer* (Thunb) Merr. dapat dilihat pada klasifikasi berikut:

Kingdom	: Plantae – Plants
Subkingdom	: Tracheobionta– cascular plants
Divisi	: Magnoliophyta
Subdivisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida – Dicotyledons
Subkelas	: Hammamelidae
Ordo	: Urticales
Famili	: Moraceae
Genus	: <i>Artocarpus</i>
Spesies	: <i>Artocarpus integer</i> (Thunb) Merr.

### **2. Morfologi Tumbuhan *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.**

*Artocarpus integer* (cempedak) tumbuh secara alami di hutan hujan tropis dataran rendah, baik hutan primer maupun sekunder. Tumbuhan ini merupakan pohon kanopi kedua (strata kodominan) yang berumur panjang, tumbuh pada ketinggian sampai 500 m dpl., tetapi kadang ditemukan di tempat yang

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

lebih tinggi (kurang dari 1.300 m dpl). Cempedak dapat dijumpai di lereng bukit yang lembab, tanah yang permukaan airnya cukup tinggi (0,5–2 m), mampu hidup di daerah banjir musiman dan lahan rawa. Tumbuh ideal pada ketinggian 1 – 700 m dpl, di daerah yang relatif basah dengan curah hujan antara 2.500–3.000 mm/tahun (Schmidt dkk., 1951).

Cempedak berupa pohon monoesis yang selalu hijau (*ever green*), batangnya lurus dan silindris (Lemmens dkk., 1995). Tingginya mencapai 15 m dan diameter batang  $\pm$  40 cm (Heyne, 1987). Pangkal batang terdapat benjolan-benjolan, di batang utama tumbuh ranting, daun dan buah. Kulit kayunya berwarna abu-abu dan kadang-kadang coklat keabu-abuan, tebalnya 2 – 3,5 cm, jika batang dipotong atau dilukai akan mengeluarkan getah yang berwarna putih.

Bentuk daun eliptik (*elliptic*) sampai bulat telur sungsang (*obovate*), susunan berselang (*alternate*), panjang daun 5 – 25 cm dan lebar 2,5 – 12 cm, pangkal daun berbentuk pasak (*cuneate*) sampai bundar (*rounded*), pinggir daun rata (*integer*), tulang daun 6 – 10 pasang yang letaknya lateral dan agak melengkung ke depan (*pinnate*), tangkai daun 1 – 3 cm, ranting muda dan permukaan bawah daun berbulu halus (*pubescent*) yang panjangnya  $\pm$  3 mm. Bunga berbentuk tunggal yang muncul di ketiak daun, batang cabang, batang utama hingga pangkal batang. Cempedak mulai berbunga pada umur 3 – 6 tahun, musim bunga tidak bergantung musim, dapat berbunga pada setiap saat.

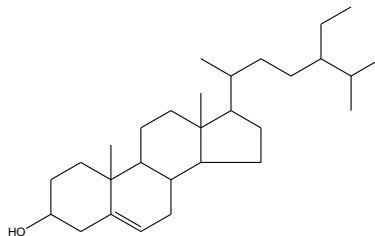
Buah cempedak berbentuk silinder sampai bulat dengan ukuran panjang 10 – 15 x 20 – 35 cm dan diameter 10 – 15 cm. Daging buah berwarna putih kekuningan sampai jingga, rasanya manis dan aromanya harum, bertekstur lembut, licin berlendir dan agak berserat. Buah cempedak menyerupai nangka, namun ukurannya lebih kecil, kulit lebih halus, aroma lebih tajam, dan getahnya lebih sedikit. Periode pematangan buah cempedak 3 – 6 bulan, bergantung pada genotipe dan iklim.

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

Panen cempedak di Sulawesi Selatan khususnya di Kabupaten Luwu, Luwu Utara dan Luwu Timur, umumnya dilakukan pada bulan januari – april (Lempang dkk., 2013).

### B. Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus*

Senyawa kimia yang ditemukan dari tumbuhan *Artocarpus* dapat dibedakan atas beberapa golongan, diantaranya golongan steroid, terpenoid, flavonoid, stilben, dan senyawa jenis *Adduct Diels-Alder*. Golongan steroid yang telah diisolasi adalah  $\beta$ -sitosterol (256) dari kulit kayu *A. chaplasha* (Mahato dkk., 1971), kulit akar *A. reticulatus* (Murniana dkk., 1995), dan kulit batang *A. champeden* (Achmad dkk., 1996). Senyawa golongan terpenoid yang umum ditemukan adalah triterpen jenis tetra- atau pentasiklik. Tumbuhan *Artocarpus* paling banyak mengandung senyawa golongan flavonoid dibanding golongan senyawa lainnya. Senyawa flavonoid yang merupakan ciri khas *Artocarpus*, yaitu flavon yang terprenilasi pada posisi C-3 dan teroksigenasi pada posisi 2', 4' atau 2', 4', 5' pada cincin B. Substituen isoprenil pada C-3 ini melalui reaksi sekunder dapat membentuk senyawa-senyawa turunan flavon dengan kerangka karbon yang lebih kompleks seperti piranoflavon, oksepinoflavon, dan dihidrobenzosanton (Achmad dkk., 1999; Nomura dkk., 1994, 1998; Venkataraman, 1972). Senyawa-senyawa flavonoid ini dapat dibedakan atas kelompok calkon, flavan, dan flavon.

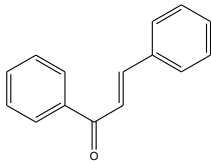




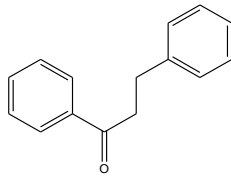
(256)

### 1. Senyawa Flavonoid

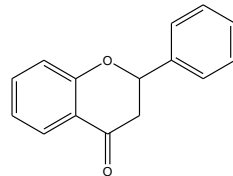
Flavonoid merupakan senyawa golongan fenol yang banyak ditemukan pada genus *Artocarpus* dengan ciri khas adanya gugus prenil. Senyawa flavonoid yang mengikat gugus prenil dapat mengalami modifikasi melalui pembentukan cincin yang baru dari gugus prenil dengan gugus fenol yang mengakibatkan struktur senyawa fenol dari genus ini sangat bervariasi. Flavonoid merupakan golongan senyawa dengan kerangka dasar C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (berdasarkan penomoran struktur flavon). Senyawa turunan flavonoid yang telah diisolasi dari tumbuhan *Artocarpus*, dikelompokkan ke dalam beberapa tipe kerangka utama, yaitu kerangka flavanon, dihidroflavonol, calkon, dihidrocalkon, flavon, flavonol, flavan-3-ol, dan flavan.



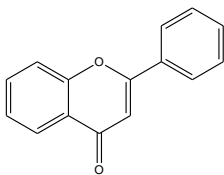
Calkon



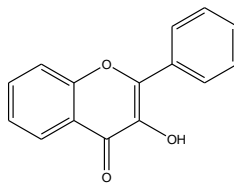
Dihidrocalkon



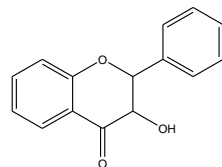
Flavanon



Flavon

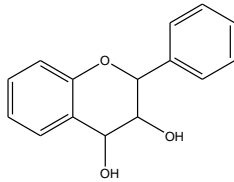


Flavonol

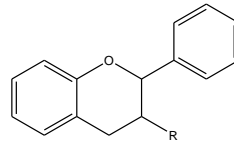


Dihidroflavonol

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***



Flavan-3,4-diol



Flavan-3-ol, R = OH  
Flavan, R = H

Gambar 1. Kerangka dasar senyawa kelompok flavonoid

Flavonoid dapat ditemukan pada jaringan tumbuhan dalam daun, kulit dan kayu batang, kulit dan kayu akar, dan bunga. Keragaman struktur flavonoid ditentukan oleh jumlah dan posisi gugus fungsi oksigen, adanya *O*-metilasi dan *C*-metilasi, pemasukan *C*-terprenil (gugus isoprenil, geranyl, dan farnesil), dan *O*-glikosilasi. Senyawa flavonoid dari beberapa spesies tumbuhan *Artocarpus* dengan berbagai jenis gugus fungsi yang telah diteliti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Senyawa flavonoid dari tumbuhan *Artocarpus*

Spesies	Bagian Tumbuhan dan Asal	Jenis kerangka	Pustaka
<i>A. altilis</i>	Kulit akar (Indonesia)	3-Prenilflavon, piranoplavon, furanodihidrobenzosanton, 2-aril benzofuran	Sultanbawa, 1989; Chen, 1993; Hano, 1994; Syah, 2006a
<i>A. champeden</i>	Kulit akar,	Flavanon, oksepinoflavon, piranoflavon	Ahmad, 1996; Hakim, 1999

**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**

	Kulit batang (Indonesia)		dan 2005; Nomura, 1998
	Kayu batang (Indonesia)	3-prenilflavon, tetrahidrosanton, furanodihidrobenzosanton	
<i>A. communis</i>	Bunga (Indonesia)	Dihidroalkon, flavanon	Koshihara, 1996; Hakim, 1999, 2005; Nomura, 1998
	Kayu akar (Indonesia)	3-Prenilflavon, tetrahidrosanton, santanolida	
<i>A. elasticus</i>	Kayu batang (Thailand)	Flavon, 3-prenilflavon, piranoflavon	Kijjoa, 1996 dan 1998
<i>A. glauca</i>	Kayu akar (Indonesia)	Flavan-3-ol, 3-prenilflavon	Hakim, 2006
<i>A. heterophyllus</i>	Kulit batang (India, Indonesia)	Flavanon, flavon, dihidrobenzosaton, Furanodihidrobenzosanton	Parthasarathy, 1969; Rao, 1973; Venkataraman, 1972; Lu, 1993, 1994; Aida, 1993, 1994; Chung, 1995; Kazuki, 1995
	Kulit akar (Formosa)	Flavan-3-ol, flavanon, 3-prenilflavon, piranoflavon,	
	Kayu batang (India)	furanodihidrobenzosanton, siklopentenosanton	

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

<i>A. hirtusus</i>	Kayu batang (India)	Flavan-3-ol, flavon, 3-prenilflavon, piranoflavon	Venkataraman, 1972; Nair, 1990
<i>A. incise</i>	Kayu batang (Papua Nugini, India)	Flavanon  Flavon	Shimizu, 1998; Venkataraman, 1972
<i>A. integer</i>	Kayu batang (India)	3-Prenilflavon, oksepinoflavon	Pendse, 1976
<i>A. kemandu</i>	Kayu akar (Indonesia)	3-Prenilflavon, oksepinoflavon, piranoflavon, furanodihidrobenzosanton, kuinodihidrosanton	Seo, 2003; Hakim, 2006
<i>A. lanceifolius</i>	Kayu dan kulit batang (Indonesia)	3-Prenilflavon, piranoflavon, dihidrobenzosanton, furanodihidrobenzosanton, santanolida	Mujahidin, 2000; Hakim, 2002, 2006
<i>A. maingayii</i>	Kulit batang (Indonesia)	3-Prenilflavon, oksepinoflavon, piranoflavon	Eliza, 1998; Hakim, 2006
<i>A. nobilis</i>	Kulit batang (India)	Dihidrobenzosanton, furanodihidrosanton	Hakim, 2002, 2006

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

<i>A. rigida</i>	Kulit batang (Indonesia, Formosa)	Flavon, 3-prenilflavon, dihidrobenzosanton, furanodihidrobenzosanton, kuinodihidrosanton	Hano, 1990b, Hano, 1993; Lin, 1996; Chung, 2000; Ko, 2001; Lu 2002
<i>A. rotunda</i>	Kulit akar (Indonesia)	3-Prenilflavon, furanodihidrobenzosanton, kuinodihidrosanton	Sultanbawa, 1989; Seo, 2003
<i>A. teysmanii</i>	Kulit akar (Indonesia)	Furanodihidrobenzosanto, santonolida	Makmur, 2000

Berdasarkan Tabel 1 genus *Artocarpus* cenderung menghasilkan senyawa metabolit sekunder golongan flavonoid dengan kerangka flavon, 3-prenil flavon dan turunannya. Secara umum penelitian dilakukan pada jaringan kulit dan kayu, dan hal yang menarik adalah spesies yang sama pada jaringan yang berbeda memiliki kandungan metabolit sekunder yang berbeda, seperti pada *A. champeden* (Hakim dkk., 2005). Ditinjau dari asal sampel tumbuhan, menunjukkan bahwa keanekaragaman senyawa yang dihasilkan *Artocarpus* Indonesia berbeda dengan *Artocarpus* yang berasal dari luar Indonesia.

## 2. Senyawa Flavanon

Senyawa flavonoid kelompok flavanon dari *Artocarpus* berasal dari kulit akar, kulit batang, daun, dan buah. Senyawa-senyawa tersebut umumnya memiliki pola dioksigenasi cincin A pada posisi C-5 dan C-7, sedangkan pada cincin B oksigenasinya

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

cukup beragam dengan pola monooksigenasi, dioksigenasi, dan trioksigenasi.

Kelompok senyawa flavanon dengan pola monooksigenasi pada posisi C-4' cincin B berhasil diisolasi dari biji *A. venenosa* dan bunga *A. communis*. Senyawa paratokarpin H (257), paratokarpin I (258), paratokarpin J (259), paratokarpin K (260), dan paratokarpin L (261) diisolasi dari biji *A. venenosa* (Hano dkk., 1995), sedangkan senyawa AC-3-3 (262) diisolasi dari *A. communis* (Hano dkk., 1995; Nomura dkk., 1998).

Tabel 2. Senyawa flavanon monooksigenasi cincin B dari *Artocarpus*

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Paratokarpin H (257)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995
Paratokarpin I (258)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995
Paratokarpin J (259)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995
Paratokarpin K (260)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995
Paratokarpin L (261)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995
AC-3-3 (262)	<i>A. communis</i>	Hano, 1995; Nomura, 1998

Senyawa flavanon *Artocarpus* dengan pola dioksigenasi di antaranya, artokarpanon (1) yang diisolasi dari *A. heterophyllus* (Nomura dkk., 1998; Musthapa dkk., 2016), artokarpanon A (263) dari *A. heterophyllus* (Nomura dkk., 1998) dan dari *A. champeden* (Hakim dkk., 1999), dihidromorin (264) dari *A. heterophyllus* (Venkataraman, 1972), nortokarpanon (265) dari

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

*A. incis* (Shimizu dkk., 1998), serta AC-5-2 (266) yang diisolasi dari *A. communis* (Nomura dkk., 1998).

Tabel 3. Senyawa flavanon dioksigenasi cincin B dari *Artocarpus*

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Artokarpanon (1)	<i>A. champeden</i> ; <i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998; Hakim, 2005; Musthapa, 2016)
Artokarpanon A (263)	<i>A. champeden</i>	Nomura, 1998; Hakim, 2005
Dihidromorin (264)	<i>A. heterophyllus</i>	Venkataraman, 1972
Nortokarpanon (265)	<i>A. incis</i>	Shimizu, 1998
AC-5-2 (266)	<i>A. communis</i>	Nomura, 1998

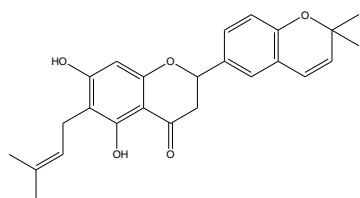
Senyawa flavanon *Artocarpus* dengan pola trioksigenasi antara lain Artoflavanon (267) yang diisolasi dari *A. heterophyllus* (Dayal dkk., 1974), Artoindonesianin E (268) yang diisolasi dari *A. champeden* (Hakim dkk., 2006), heteroflavanon A (269) yang diisolasi dari *A. communis* (Nomura dkk., 1998), heteroflavanon B (270), dan heteroflavanon C (271) diisolasi dari *A. heterophyllus* (Lu dkk., 1993; Nomura dkk., 1998).

Tabel 4. Senyawa flavanon trioksigenasi cincin B

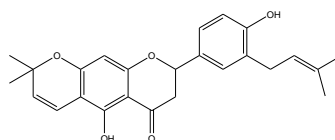
**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

dari *Artocarpus*

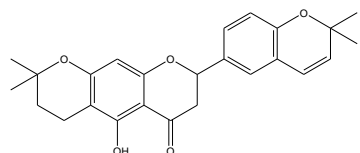
<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Artoflavanon (267)	<i>A. heterophyllus</i>	Dayal, 1974
Artoindonesianin E (268)	<i>A. champeden</i>	Hakim, 2006
Heteroflavanon A (269)	<i>A. communis</i>	Nomura, 1998
Heteroflavanon B (270)	<i>A. heterophyllus</i>	Lu, 1993; Nomura, 1998
Heteroflavanon C (271)	<i>A. heterophyllus</i>	Lu, 1993; Nomura, 1998



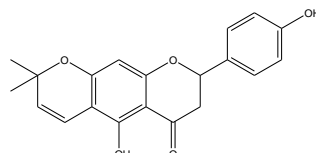
(257)



(258)



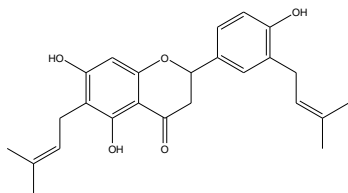
(259)



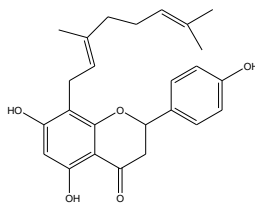
(260)



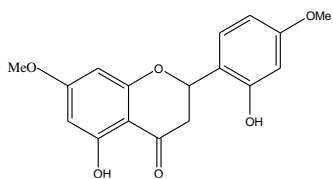
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



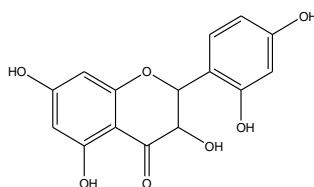
(261)



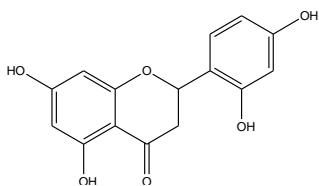
(262)



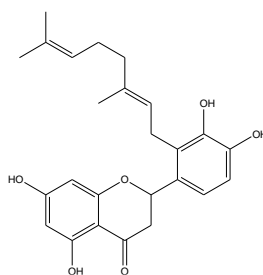
(263)



(264)

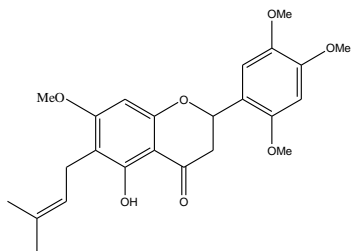


(265)

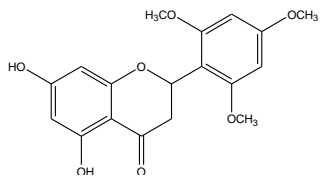


(266)

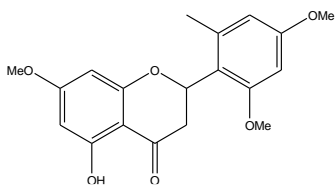
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



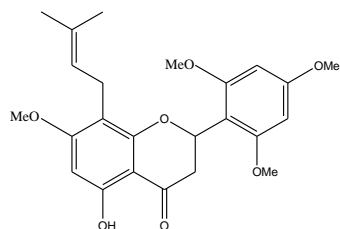
(267)



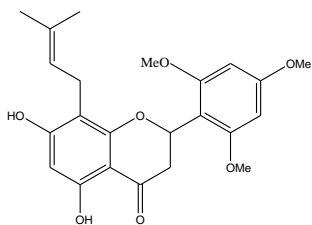
(268)



(269)



(270)



(271)

**3. Senyawa Calkon**

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

Senyawa calkon merupakan kelompok senyawa flavonoid yang atom karbon C-2 dan C-3 (C- $\beta$  dan C- $\alpha$ ) merupakan gugus fungsi alkena. senyawa calkon dari tumbuhan *Artocarpus* umumnya memiliki pola oksigenasi yang khas pada cincin aromatiknya. Pola oksigenasi berupa monooksigenasi pada posisi C-4 atau dioksigenasi pada posisi C-3 dan C-4 di cincin B. Senyawa dengan pola monooksigenasi diantaranya senyawa kanzonol C (272), artoindonesianin J (273), moracalkon A (274), isobavacalkon (275), gemicalkon A (276); sedangkan pola dioksigenasi diantaranya 2',3,4,4'-tetrahidroksi-3'-[6-hidroksi-3,7-dimetil-2(E), 7-oktadienil] calkon (277) dan 3'-geranil-2',3,4,4'-tetrahidroksicalkon (278) (Shimizu dkk., 2000 dan Jayasinghe dkk., 2004).

Selain berdasarkan pola oksigenasi, senyawa calkon *Artocarpus* juga memiliki pola substituen isoprenil bebas dan substituen isoprenil termodifikasi. Kanzonol C (272) yang diisolasi dari kulit akar dan kulit batang *A. bracteata* adalah senyawa calkon dengan substituen isoprenil bebas pada kedua cincin aromatiknya, sedangkan moracalkon A (274) (Shimizu dkk., 2000 dan Jayasinghe dkk., 2004) dan isobavacalkon (275) (Abdullah dkk., 2016) dengan substituen isoprenil bebas pada cincin A. Senyawa calkon dengan substituen isoprenil termodifikasi terjadi karena adanya reaksi oksidasi atau siklisasi yang melibatkan substituen hidroksil pada cincin aromatiknya. Senyawa calkon dengan substituen isoprenil termodifikasi dengan adanya reaksi oksidasi adalah paratokarpin E (279) dan paratokarpin F (280). Selanjutnya, senyawa calkon dengan substituen isoprenil termodifikasi dengan adanya reaksi siklisasi adalah paratokarpin A (281), paratokarpin B (282), paratokarpin C (283), paratokarpin D (284), paratokarpin G (285).

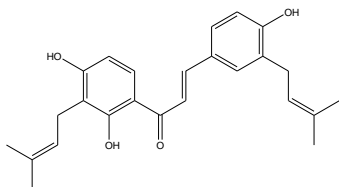
Tabel 5. Senyawa calkon pada *Artocarpus*

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

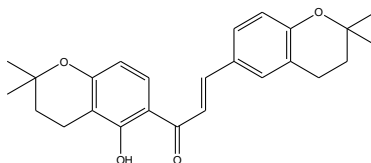
<b>Nama senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Kanzonol C (272)	<i>A. bracteata</i>	Ersam, 2002
Artoindonesianin J (273)	<i>A. bracteata</i>	Ersam, 2002
Moracalkon A (274)	<i>A. communis</i>	Han, 2006
Isobavacalkon (275)	<i>A. lowii</i>	Abdulah, 2016
Gemicalkon A (276)	<i>A. communis</i>	Han, 2006
2',3,4,4'-tetrahidroksi-3'-[6-hidroksi-3,7-dimetil-2(E),7-oktadienil] calkon (277)	<i>A. incisus</i> ; <i>A. nobilis</i>	Shimizu, 2000; Jayasinghe, 2004
3'-geranil-2',3,4,4'-tetrahidroksicalkon (278)	<i>A. incisus</i> ; <i>A. nobilis</i>	Shimizu, 2000; Jayasinghe, 2004
Paratokarpin E (279)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995a
Paratokarpin F (280)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995b
Paratokarpin A (281)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995a
Paratokarpin B (282)		

**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**

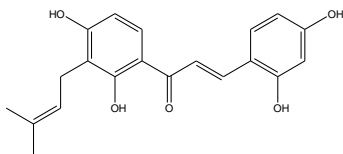
Paratokarpin C (283)		
Paratokarpin D (284)		
Paratokarpin G (285)	<i>A. venenosa</i>	Hano, 1995b



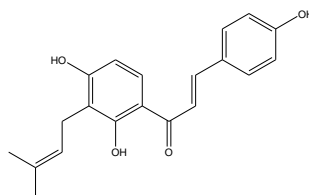
(272)



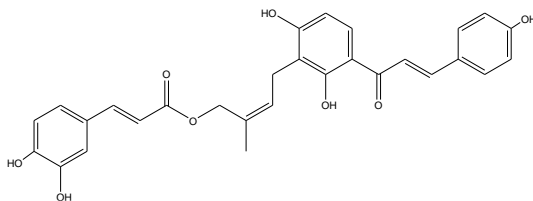
(273)



(274)

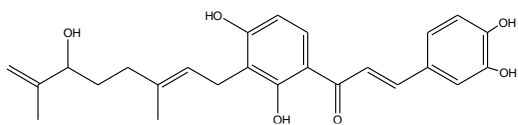


(275)

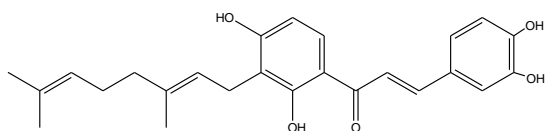


(276)

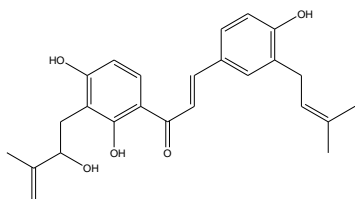
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



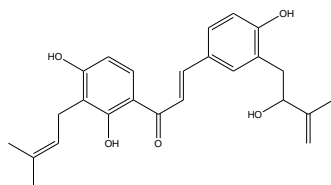
(277)



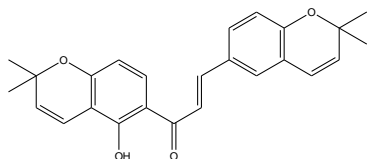
(278)



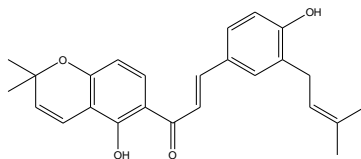
(279)



(280)

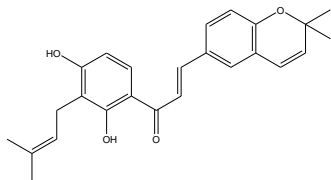


(281)

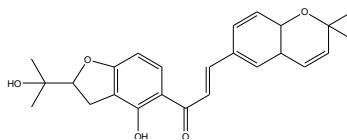


(282)

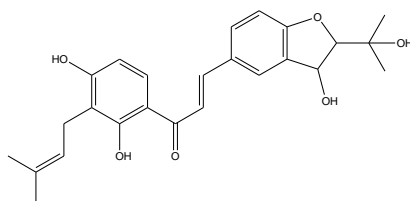
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



(283)



(284)



(285)

#### 4. Senyawa Dihidrocalcon

Senyawa dihidrocalcon merupakan senyawa calcon yang telah mengalami hidrasi pada posisi ikatan rangkap antara C- $\alpha$  dan C- $\beta$ . Tumbuhan *Artocarpus* juga telah dilaporkan menghasilkan senyawa dihidrocalcon. Berbagai senyawa dihidrocalcon *Artocarpus* yang ditemukan diantaranya adalah AC 3-1 (286), AC 3-2 (287), dan AC 5-1 (288) dari bunga *A. communis* (Syah dkk., 2005 dan Wang dkk., 2006) dan artaltilin A (289), artaltilin B (290), artaltilin C (291), dan artaltilin E (292) dari daun *A. altilis* (Wang dkk., 2007). Artoindonesianin C1 (293) dan artoindonesianin C2 (294) adalah senyawa kelompok dihidrocalcon yang diisolasi dari *A. communis* (Eliza, 2011).

Pola oksigenasi senyawa dihidrocalcon sama dengan pola oksigenasi senyawa calcon *Artocarpus* yaitu berupa monooksigenasi di C-4 pada cincin B atau dioksigenasi di C-3

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

dan C-4 pada cincin B. Senyawa-senyawa dihidrocalkon juga memiliki gugus geranil yang terikat di cincin B. Beberapa senyawa gugus geranil tersebut mengalami siklisasi membentuk cincin piran, diantaranya AC 3-1 (286), Artaltilin A (289), Artaltilin B (290), Artaltilin C (291), artoindonesianin C1 (293), artoindonesianin C2 (294) atau mengalami reaksi oksidasi pada ikatan rangkapnya, seperti pada senyawa AC-3-2 (287), AC-5-1(288), dan Artaltilin E (292). \

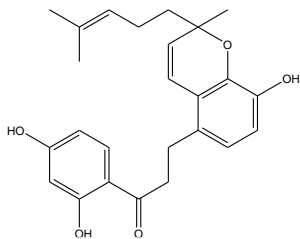
Tabel 6. Senyawa dihidrocalkon pada *Artocarpus*

<b>Nama senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
AC-3-1 (286)	<i>A. communis</i>	Syah, 2005; Wang, 2006
AC-3-2 (287)	<i>A. communis</i>	Syah, 2005; Wang, 2006
AC-5-1 (288)	<i>A. communis</i>	Syah, 2005; Wang, 2006
Artaltilin A (289)	<i>A. alitilis</i>	Wang, 2007
Artaltilin B (290)	<i>A. alitilis</i>	Wang, 2007
Artaltilin C (291)	<i>A. alitilis</i>	Wang, 2007
Artaltilin E (292)	<i>A. alitilis</i>	Wang, 2007
Artoindonesianin C1 (293)	<i>A. communis</i> ; <i>A. alitilis</i>	Eliza, 2011

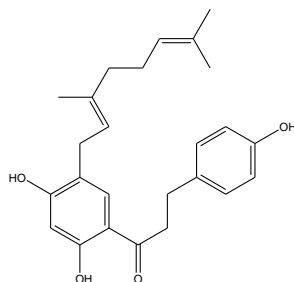


**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**

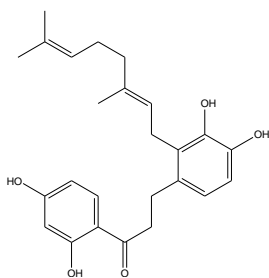
Artoindonesianin C2 (294)	<i>A. communis</i>	Eliza, 2011
------------------------------	--------------------	-------------



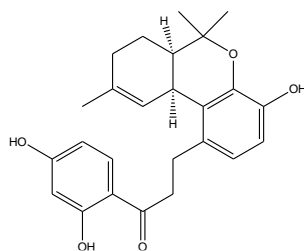
(286)



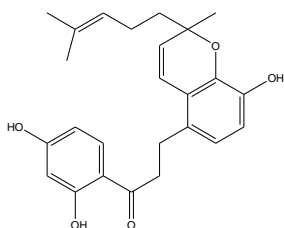
(287)



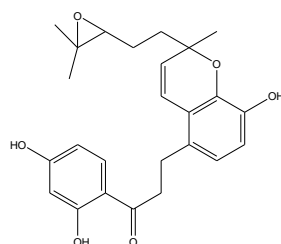
(288)



(289)

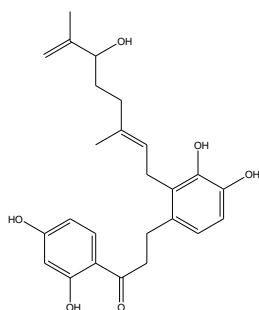


(290)

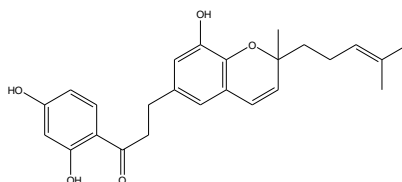


(291)

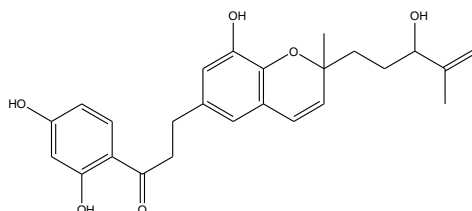
## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



(292)



(293)



(294)

### 5. Senyawa Flavon

Berdasarkan kerangka karbonnya, senyawa flavon yang umum ditemukan pada tumbuhan *Artocarpus* dapat dibedakan atas 2 kelompok yaitu flavon sederhana (tidak terisoprenilasi) dan flavon mengandung substituen terisoprenilasi (pada cincin aromatik dan pada atom C-3). Senyawa flavon *Artocarpus* yang tidak mengikat gugus isoprenil yaitu senyawa norartokarpetin (5) dan artokarpetin (295) yang diisolasi dari *A. heterophyllus* (Lin dkk., 1995; Nomura dkk., 1998; Ferlinahayati dkk., 1999)

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

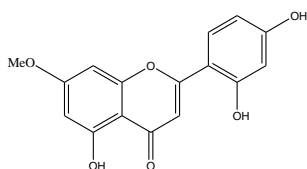
dan *A. champeden* (Hakim dkk., 1999). Senyawa lainnya yang tidak mengikat gugus isoprenil yaitu artokarpetin A (296), artokarpetin B (297), artokarpesin (298), oksidihidroartokarpesin (299), dan sikloartokarpesin (300) yang diisolasi dari *A. heterophyllus* (Venkataraman, 1972; Nomura dkk., 1998).

Tabel 7. Senyawa Flavon tidak mengandung gugus isoprenil pada C-3 dari Tumbuhan *Artocarpus*

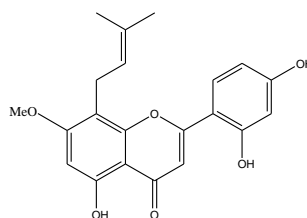
<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Norartokarpetin (5)	<i>A. heterophyllus</i> , <i>A. hirsutus</i> , <i>A. gomeziana</i> , <i>A. scortechinii</i>  <i>A. champeden</i> , <i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998; Ferlinahayati, 1999  Lin, 1995; Hakim, 1999; Musthapa, 2016
Artokarpetin (295)	<i>A. heterophyllus</i> , <i>A. hirsutus</i>  <i>A. champeden</i> , <i>A. heterophyllus</i>	Venkataraman, 1972; Nomura 1998  Lin, 1995; Hakim, 1999
Artokarpetin A (296)	<i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998

Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

Artokarpetin B (297)	<i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998
Artokarpesin (298)	<i>A. heterophyllus</i> , <i>A. champeden</i> , <i>A. elastic</i> , <i>A. gomeziana</i>	Venkataraman, 1972; Kijjoa, 1996; Nomura, 1998; Mujahidin, 2000
Oksidihidroartokarpesin (299)	<i>A. heterophyllus</i> , <i>A. hirsutus</i>	Venkataraman, 1972; Nomura, 1998
Sikloartokarpesin (300)	<i>A. heterophyllus</i> , <i>A. hirsutus</i> , <i>A. chaplasha</i> , <i>A. elastic</i>	Venkataraman, 1972; Nomura, 1998

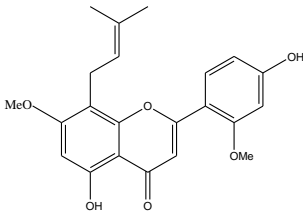


(295)

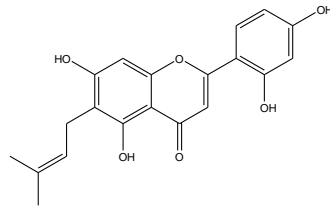


(296)

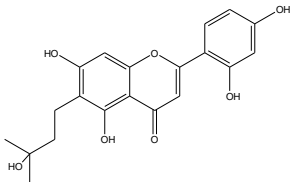
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



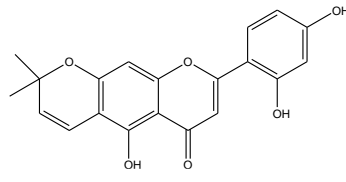
(297)



(298)



(299)



(300)

Senyawa flavon *Artocarpus* yang mengikat gugus isoprenil yaitu senyawa integrin (301), siklointegrin (302), oksisiosiklointegrin (303) yang diisolasi dari *A. integra*, artonin S (304) dari *A. heterophyllus*, kudraflavon A (305) dari *A. communis* dan *A. maingayi*, siklomorusin (306) dari *A. altiis* (Nomura, 1998), siklokomunol (307) diisolasi dari *A. communis* (Nomura dkk., 1998; Eliza, 2011), kudraflavon C (2) yang diisolasi dari *A. heterophyllus* (Musthapa dkk., 2016), norartokarpin (308) diisolasi dari *A. heterophyllus*, sikloartokarpin (309) diisolasi dari *A. heterophyllus*, *A. hirsutus*, *A. elastica*, *A. incise*, kaplasin (310) diisolasi dari *A. chaplasha* dan *A. Maingayi* (Venkataraman, 1972; Nomura dkk., 1998).

Senyawa flavon lainnya yang mengikat gugus isoprenil yaitu kuwanon T (311) diisolasi dari *A. heterophyllus* (Chung dkk., 1995), artokarpin (3) diisolasi dari *A. heterophyllus*, *A. hirsutus*, *A. chaplasha*, *A. elastica*, *A. champeden*, *A. maingayi*, *A. gomeziana*, *A. incise* (Venkataraman, 1972; Nomura dkk.,

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

1998), morusin (312) diisolasi dari *A. communis* dan *A. altilis* (Fujimoto dkk., 1990; Ersan dkk., 2000), artoindonesianin X<sub>1</sub> (313) diisolasi dari *A. teysmanii* (Syamsu dkk., 1997), artelastisin (314) dan artelaskromen (315) diisolasi dari *A. elastic* (Kijjoa dkk., 1996; Nomura dkk., 1998), siklokomunin (316) diisolasi dari *A. communis* (Lin dkk., 1992; Nomura dkk., 1998), norsikloartokarpin (317) diisolasi dari *A. lakoocha* (Venkataraman, 1972), sikloartokarpin A (318) diisolasi dari *A. heterophyllus*, siklomurberin (319) diisolasi dari *A. communis* dan *A. Altilis* (Lu dkk., 1993; Nomura dkk., 1998), artelastin (320) diisolasi dari *A. elastica* dan *A. lanceifolia* (Kijjoa dkk., 1996; Nomura dkk., 1998; Asnizar, 1998), artoindonesianin B (321) (Hakim dkk., 1999) dan siklocampedol atau dikenal dengan artoindonesianin (322) (Achmad dkk., 1996) yang diisolasi dari *A. champeden*.

Senyawa flavon lainnya yang memiliki gugus isoprenil pada C-3 adalah chaplasi (323) yang diisolasi dari kayu akar *A. kemando* (Hakim dkk., 2006), kudraflavon B (324) dari kulit akar *A. Altilis* dan artonin E (325) dari kulit batang *A. Kemando* (Boonphong dkk., 2007), artoflavon A (326), artocamin B (327), artocamin D (328), siklogerakomunin (329), artokomunol CC (330) yang diisolasi dari kulit akar *A. communis* (Lin dkk., 2009).

Tabel 8. Senyawa Flavon mengandung gugus isoprenil pada C-3 dari Tumbuhan *Artocarpus*

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Integrin (301)	<i>A. integra</i>	Nomura, 1998
Siklointegrin (302)	<i>A. integra</i>	Nomura, 1998

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

Oksiisosiklointegrin (303)	<i>A. integra</i>	Nomura, 1998
Artonin S (304)	<i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998
Kudraflavon A (305)	<i>A. communis</i> , <i>A. maingayi</i>	Nomura, 1998
Siklomorusin (306)	<i>A. altilis</i>	Nomura, 1998
Siklokomunol (307)	<i>A. communis</i>	Nomura, 1998; Eliza, 2011
Kudraflavon C (2)	<i>A. heterophyllus</i>	Musthapa, 2016
Norartokarpin (308)	<i>A. heterophyllus</i>	Venkataraman, 1972; Nomura, 1998
Sikloartokarpin (309)	<i>A. heterophyllus</i> , <i>B. hirsutus</i> , <i>C. elastica</i> , <i>D. maingayi</i> , <i>E. lakoocha</i> , <i>F. gomeziana</i> , <i>G. incise</i>	Venkataraman, 1972; Nomura, 1998
Caplasin (310)	<i>A. chaplasha</i> , <i>A. maingayi</i>	Venkataraman, 1972; Nomura, 1998
Kuwanon T (311)	<i>A. heterophyllus</i>	Chung, 1995
Artokarpin (3)	<i>A. heterophyllus</i> <i>B. hirsutus</i> , <i>C. chaplasha</i> ,	Venkataraman, 1972; Achmad, 1998a; Nomura,

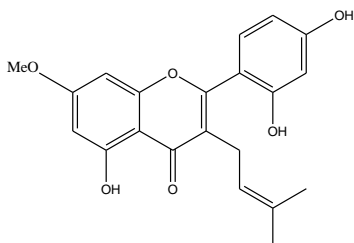
**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

	<i>D. elastica,</i> <i>E. champeden,</i> <i>F. maingayi,</i> <i>G. lakoocha,</i> <i>H. gomeziana,</i> <i>I. incise</i>	1998; Hakim, 1998; Musthapa, 2016
Morusin (312)	<i>A. communis,</i> A. <i>altilis</i>	Fujimoto, 1990; Ersam, 2000
Artoindonesianin X <sub>1</sub> (313)	<i>A. teysmanii</i>	Syamsu, 1997
Artelastisin(314)	<i>A. elastic</i>	Kijoa, 1996; Nomura, 1998
Artelaskromen (315)	<i>A. elastic</i>	Kijoa, 1996; Nomura, 1998
Siklokomunin (316)	<i>A. communis</i>	Lim, 1992a; Nomura, 1998
Norsikloartokarpin (317)	<i>A. lakoocha</i>	Venkataraman, 1972
Sikloartokarpin A (318)	<i>A. heterophyllus</i>	Lu, 1993; Nomura, 1998
Siklomurberin(319)	<i>A. communis,</i> <i>A altilis</i>	Lu, 1993; Nomura, 1998
Artelastin (320)	<i>A. elastica,</i> <i>A. lanceifolia</i>	Kijoa, 1996; Nomura, 1998; Asnizar, 1998

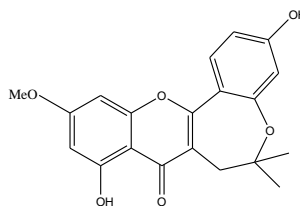


**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**

Artoindonesianin B (321)	<i>A. champeden</i>	Hakim, 1999
Soklocampedol atau artoindonesianin (322)	<i>A. champeden</i>	Achmad, 1996
Chaplasin (323)	<i>A. kemando</i>	Hakim, 2006
Kudraflavon B (324)	<i>A. altilis</i>	Boonphong, 2007
Artonin E (325)	<i>A. Kemando</i>	Boonphong, 2007
Artoflavon A (326)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009
Artocamin B (327)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009
Artocamin D (328)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009
Siklogerakomunin (329)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009
Artokomunol CC (330)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009

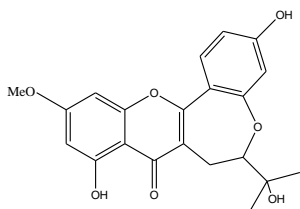


(301)

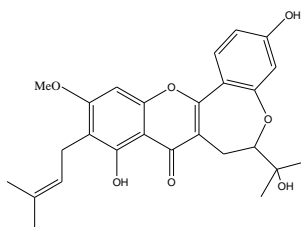


(302)

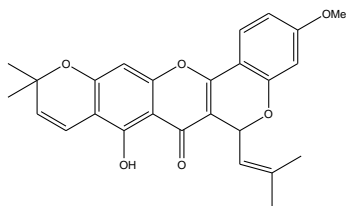
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



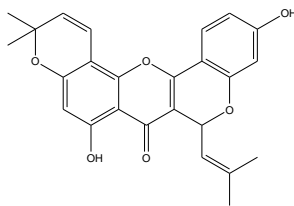
(303)



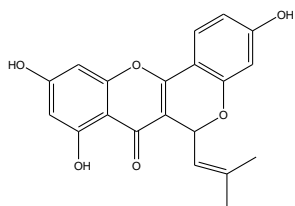
(304)



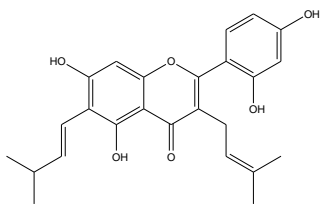
(305)



(306)

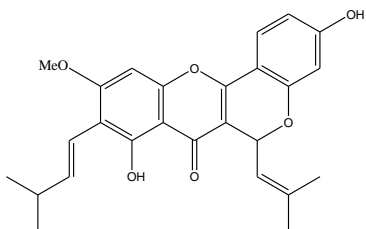


(307)

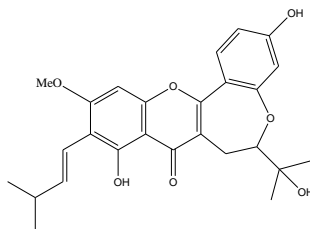


(308)

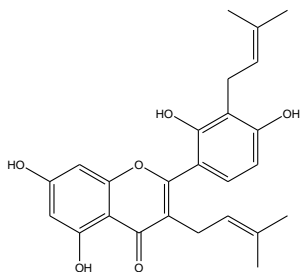
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



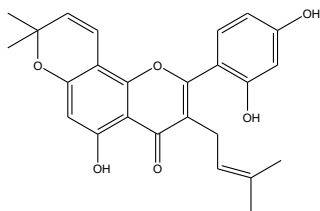
(309)



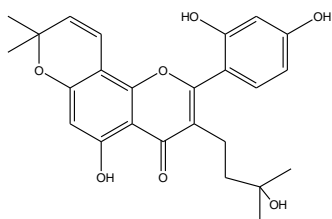
(310)



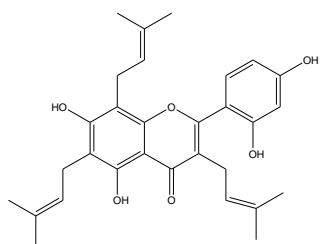
(311)



(312)

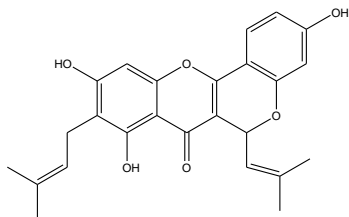


(313)

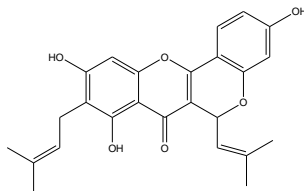


(314)

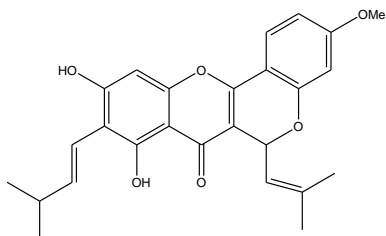
**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



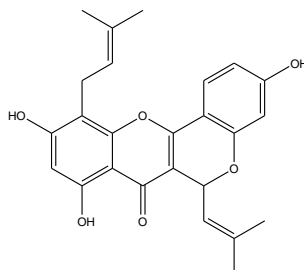
(315)



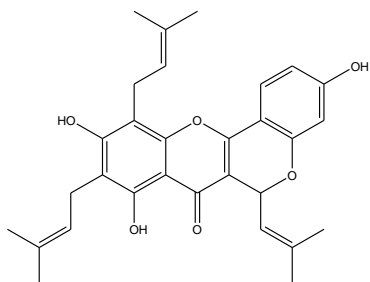
(316)



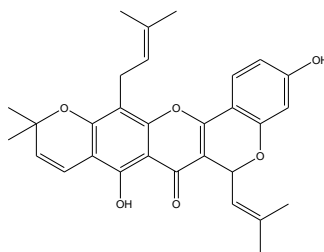
(317)



(318)

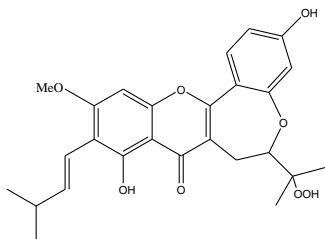


(319)

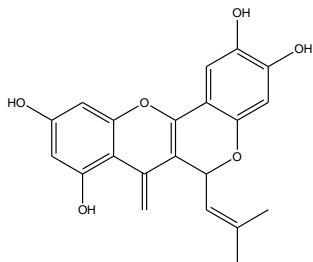


(320)

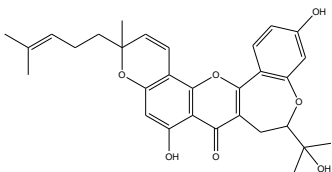
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



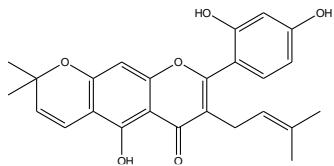
(321)



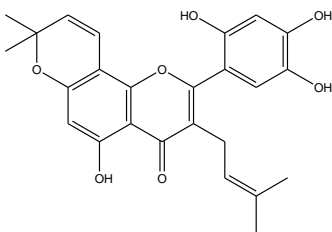
(322)



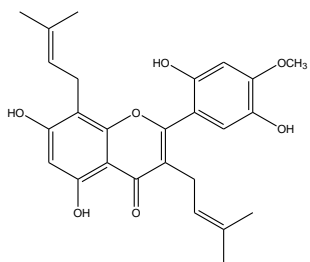
(323)



(324)

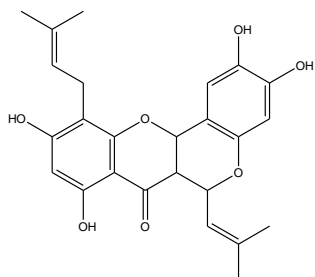


(325)

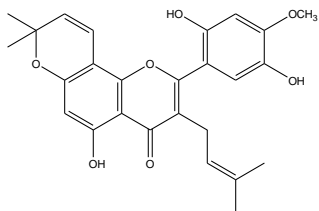


(326)

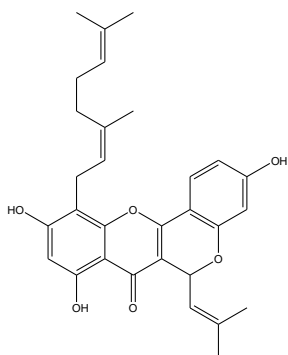
## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



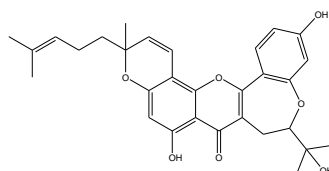
(327)



(328)



(329)



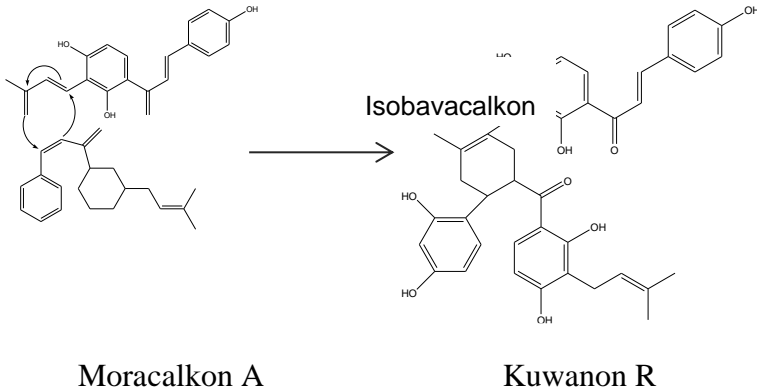
(330)

### 6. Senyawa turunan fenol lainnya dari *Artocarpus*

#### a. Senyawa *Adduct Diels-Alder*

Senyawa jenis *Adduct* Diels-Alder merupakan hasil reaksi siklisasi intermolekul antara senyawa calkon terprenilasi (dienofil) dengan senyawa turunan dihidroprenilfenol (diena).

**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**



Gambar 2. Reaksi pembentukan senyawa kelompok *Adduct Diels-Alder* (Nomura, 1998)

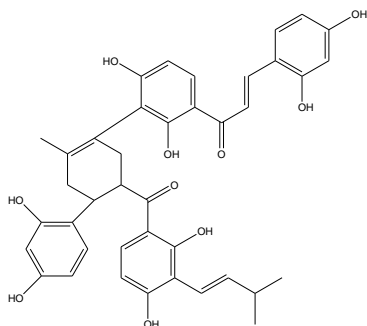
Senyawa Diels-Alder yang berhasil diisolasi dari tumbuhan *Artocarpus* berasal dari *A. heterophyllus* yaitu kuwanon R (331) (Kazuki dkk., 1995), artonin C (332) (Nomura dkk., 1998), artonin D (333) (Kazuki dkk., 1995; Hano dkk., 1990a; Nomura dkk., 1998), artonin R (334) (Aida dkk., 1994; Nomura dkk., 1998), artonin I (335) (Hano dkk., 1990a; Shinomiya dkk., 1995; Nomura dkk., 1998), artonin X (336) (Kazuki dkk., 1995; Shinomiya dkk., 1995; Nomura dkk., 1998).

Tabel 9. Senyawa *Adduct Diels-Alder* dari Tumbuhan *Artocarpus*

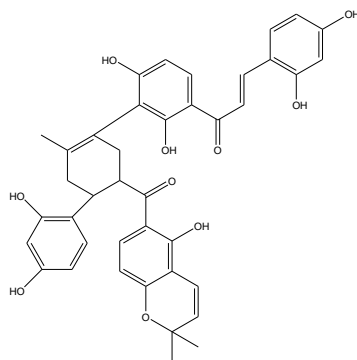
Nama Senyawa	Spesies	Pustaka
Kuwanon R (331)	<i>A. heterophyllus</i>	Kazuki, 1995
Artonin C (332)	<i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998

**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

Artonin D (333)	<i>A. heterophyllus</i>	Kazuki, 1995; Hano, 1990a; Nomura, 1998
Artonin R (334)	<i>A. heterophyllus</i>	Aida, 1994; Nomura, 1998
Artonin I (335)	<i>A. heterophyllus</i>	Hano, 1990a; Shinomiya, 1995; Nomura, 1998
Artonin X (336)	<i>A. heterophyllus</i>	Kazuki, 1995; Shinomiya, 1995; Nomura, 1998



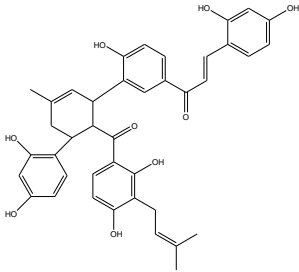
(332)



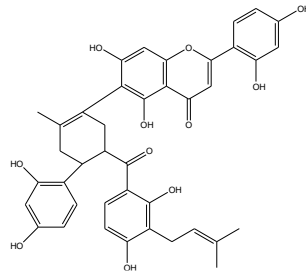
(333)



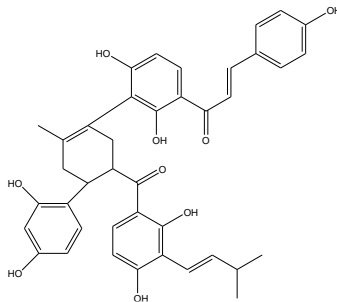
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



(334)



(335)



(336)

#### b. Senyawa Santon

Beberapa jenis flavon dapat membentuk turunan santon, seperti dihidrobenzosanton yang terbentuk melalui pembentukan ikatan C-C antara atom C-10 pada gugus isoprenil C-3 dengan C-6' cincin B. Senyawa dihidrobenzosanton *Artocarpus* yang berhasil diisolasi dari *A. communis* yaitu artonol E (337), artonol C (338), dan artomunosanton (339) (Aida dkk., 1997; Nomura dkk., 1998); artobilosanton (340) diisolasi dari *A. communis*, *A. rigida*, *A. nobilis* (Sultanbawa dkk., 1989; Hano dkk., 1993; Nomura dkk., 1998, Ferlinahayati, 1999) dan artonin B (341) diisolasi dari *A. heterophyllus* (Nomura dkk., 1998).

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

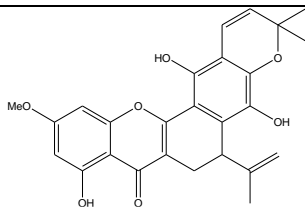
Turunan santon lainnya adalah furanodihydrobenzosanton diantaranya artonin N (342) berhasil diisolasi dari *A. rigida* (Nomura dkk., 1998), artoindonesianin E (268) diisolasi dari *A. teysmani*, artonin F (343) dan artonin L (344) diisolasi dari *A. heterophyllus* (Aida dkk., 1993; Nomura dkk., 1998), sikloartobilosanton (345) yang diisolasi dari kulit batang *A. Lanceifolius* dan *A. Scortechinii* (Hakim dkk., 2006). Selanjutnya, artoindonesianin M (346) (Syah dkk., 2002) dan artoindonesianin A (347) (Hakim dkk., 1999a) diisolasi dari *A. champeden*, artonin A (348) diisolasi dari *A. champeden* dan *A. heterophyllus* (Sultanbawa dkk., 1989; Hano dkk., 1993; Nomura dkk., 1998, Ferlinahayati dkk., 1999). Senyawa dihydrobenzosanton juga telah diisolasi dari *A. communis* yaitu Dihydroartomunosanton (349), artomunoisosanton (350) (Lin dkk., 2009).

Tabel 10. Senyawa Santon dari Tumbuhan *Artocarpus*

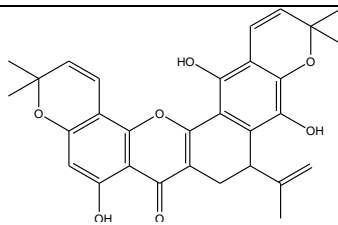
<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Artonol E (337)	<i>A. communis</i>	Aida, 1997; Nomura, 1998
Artonol C (338)	<i>A. communis</i>	Idem
Artomunosanton (339)	<i>A. communis</i>	Idem
Artobilosanton (340)	<i>A. communis</i> , <i>A. rigida</i> , <i>A. nobilis</i>	Sultanbawa, 1989; Hano, 1993; Nomura, 1998, Ferlinahayati, 1999
Artonin B (341)	<i>A. heterophyllus</i>	Nomura, 1998

**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**

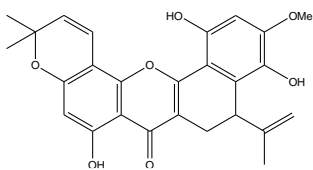
Artonin N (342)	<i>A. rigida</i>	Idem
Artoindonesianin E (268)	<i>A. teysmani</i>	Yurnawilis, 1999
Artonin F (343)	<i>A. heterophyllus</i>	Hano, 1999
Artonin L (344)	<i>A. heterophyllus</i>	Aida, 1993; Nomura, 1998
sikloartobilosanton (345)	<i>A. teysmanii</i>	Hakim, 2006
Artoindonesianin M (346)	<i>A. champeden</i>	Syah, 2002
Artoindonesianin A (347)	<i>A. champeden</i>	Hakim, 1999a
Artonin A (348)	<i>A. champeden</i> dan <i>A. heterophyllus</i>	Sultanbawa, 1989; Hano, 1993; Nomura, 1998, Ferlinahayati, 1999
Dihidroartomunosanton (349)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009
Dihidrobensosanton (350)	<i>A. communis</i>	Lin, 2009



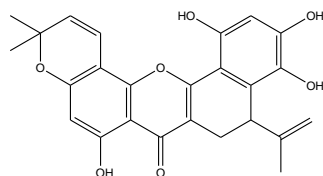
(337)



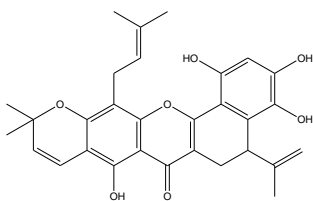
(338)



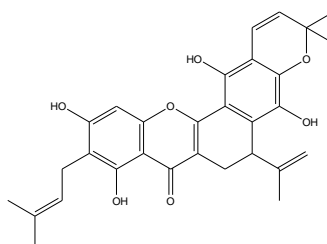
(339)



(340)

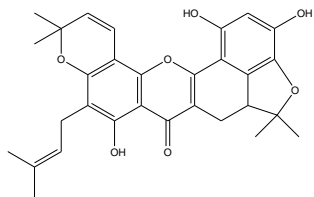


(341)

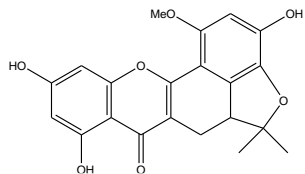


(342)

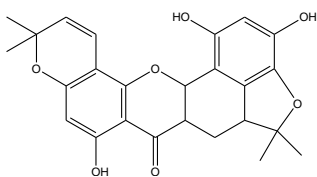
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



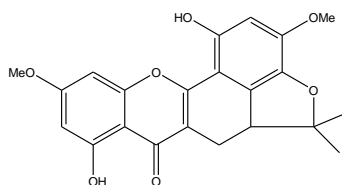
(343)



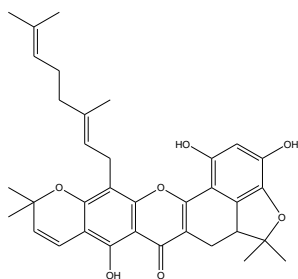
(344)



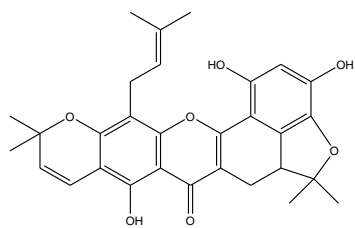
(345)



(346)

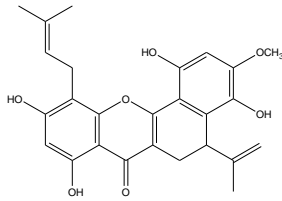


(347)

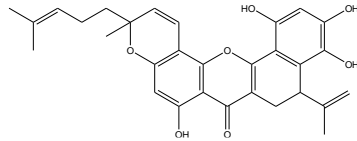


(348)

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



(349)



(350)

### c. Senyawa Stilben

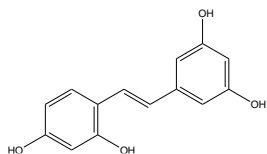
Senyawa stilben dijumpai di alam dalam bentuk *trans* (E-stilben) dan *cis* (Z-stilben). Turunan stilben termasuk senyawa yang jarang ditemukan pada *Artocarpus*. Senyawa stilben pada *Artocarpus* ditemukan dalam bentuk stilben sederhana dan dalam bentuk stilben terprenilasi. Senyawa stilben sederhana di antaranya oksiresveratrol (351) yang diisolasi dari *A. altilis* (Amarasinghe dkk., 2008), *A. chaplasha*, *A. nitida*, dan *A. gomezianus* (Venkataraman, 1972; Likhitwitayawuid dkk., 2000). Senyawa stilben terprenilasi pada *Artocarpus* di antaranya artoindonesianin F (352) dari buah *A. altilis* dan 4'-isopreniloksiresveratrol (353) diisolasi dari *A. integer*. Beberapa turunan senyawa stilben terprenilasi lainnya pada *Artocarpus* seperti resveratrol (354) ditemukan pada *A. chaplasha*, artokarpol D (355), artokapol I (356), dan artokarpol G (357) dari kulit akar *A. rigidus* (Ko dkk., 2000; Lu dkk., 2002, 2003). Selanjutnya artokarben (358) ditemukan pada *A. incisus* (Shimizu dkk., 1998) dan artoindonesianin N (359) diisolasi dari *A. gomezianus* (Hakim dkk., 2002).

**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**Tabel 11. Senyawa Stilben dari Tumbuhan *Artocarpus*

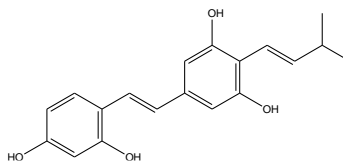
<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Oksiresveratrol (351)	<i>A. altilis</i> <i>A. chaplasha</i> , <i>A. nitida</i> , <i>A. gomezianus</i>	Amarasinghe, 2008 Venkataraman, 1972; Likhitwitayawuid, 2000
Artoindonesianin F (352)	<i>A. altilis</i>	Syah, 2006b
4'-isopreniloksiresveratrol (353)	<i>A. integer</i>	
Resveratrol (354)	<i>A. chaplasha</i>	Ko, 2000; Lu, 2002 dan 2003
Artokarpol D (355)	<i>A. rigidus</i>	Ko, 2000; Lu, 2002 dan 2003
Artokapol I (356)	<i>A. rigidus</i>	Ko, 2000; Lu, 2002 dan 2003
Artokarpol G (357)	<i>A. rigidus</i>	Ko, 2000; Lu, 2002 dan 2003
Artokarben (358)	<i>A. incisus</i>	Shimizu, 1998

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

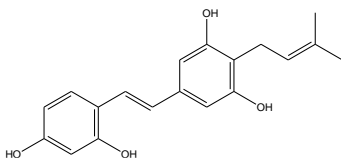
Artoindonesianin N (359)	A. <i>gomezianus</i>	Hakim, 2002
-----------------------------	-------------------------	-------------



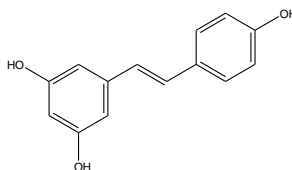
(351)



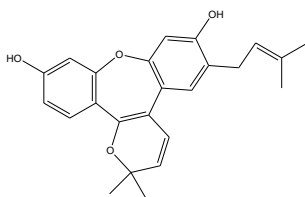
(352)



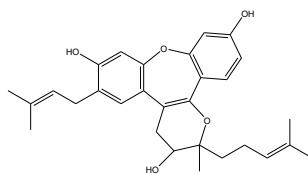
(353)



(354)



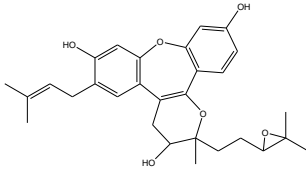
(355)



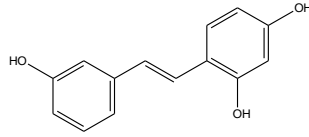
(356)



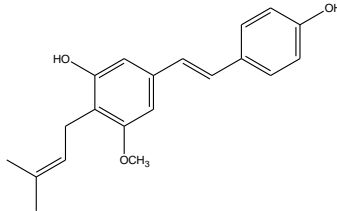
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



(357)



(358)



(359)

#### 7. Senyawa nonfenolik dari *Artocarpus*

Beberapa golongan senyawa nonfenolik dari *Artocarpus* juga telah dilaporkan dan senyawa tersebut merupakan golongan senyawa triterpenoid dan steroid. Senyawa triterpenoid *Artocarpus* tersebut terdiri atas senyawa triterpenoid tetrasiklik dengan kerangka dasar sikloartan dan senyawa triterpenoid pentasiklik dengan kerangka glutan.

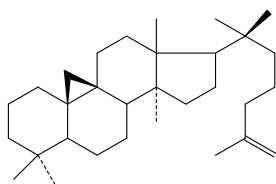
Senyawa dari kelompok ini diantaranya isosikloartenol (360) dan lupeol asetat (361) yang diisolasi dari kulit batang *A. chaplasha* (Mahato dkk., 1971), sikloartenol (362) dari *A. champeden* (Achmad dkk., 1996) dan *A. altilis* (Altman dkk., 1976). Senyawa dengan kerangka yang sama, yaitu sikloekalenol (363), 2,4-metilensikloartenon (364), dan sikloartenon (365) juga telah berhasil diisolasi dari *A. champeden* (Achmad dkk., 1996). Senyawa sikloartenon (365) juga telah diisolasi dari *A. heterophyllus* (Dayal dkk., 1974). Selain senyawa sikloartenon (365) dari *A. heterophyllus* juga

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

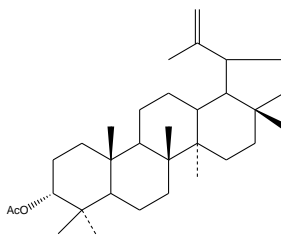
dilaporkan adanya senyawa artokarpoat A (366) yang diisolasi dari *A. nobilis* (Zahid dkk., 2007).

Tabel 12. Senyawanonfenolik dari Tumbuhan *Artocarpus*

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Spesies</b>	<b>Pustaka</b>
Isosikloartenol (360)	<i>A. chaplasha</i>	Mahato, 1971
Lupeol asetat (361)	<i>A. chaplasha</i>	Mahato, 1971
Sikloartenol (362)	<i>A. champeden</i>	Achmad, 1996
Sikloeukalenol (363)	<i>A. champeden</i>	Achmad dkk., 1996
2,4-metilensikloartenon (364)	<i>A. champeden</i>	Achmad dkk., 1996
Sikloartenon (365)	<i>A. champeden</i>	Achmad dkk., 1996
Artokarpoat A (366)	<i>A. nobilis</i>	Zahid, 2007

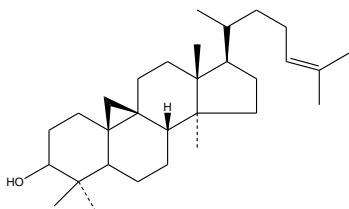


(360)

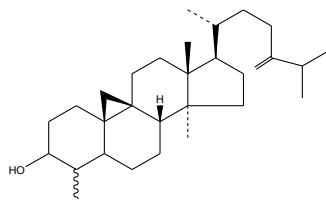


(361)

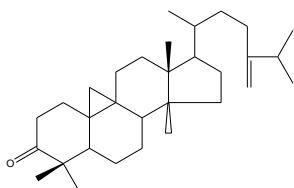
**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**



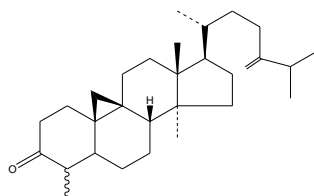
(362)



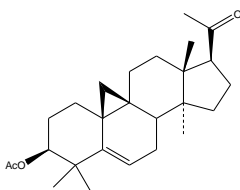
(363)



(364)



(365)



(366)

### C. Bioaktivitas Tumbuhan *Artocarpus*

Secara etnobotani, masyarakat Indonesia telah lama menggunakan genus *Artocarpus* sebagai obat tradisional, dan penggunaan ini tidak terlepas dari kandungan kimia yang terdapat dalam tumbuhan tersebut. Tumbuhan genus ini digunakan sebagai antiinflamasi, antikanker, antimalaria, dan antifertilitas (Musthapa dkk., 2010). Kajian fitokimia pada beberapa spesies tumbuhan ini menunjukkan aktivitas biologi yang menarik. Berdasarkan tinjauan tersebut maka kajian aktivitas biologi metabolit sekunder dari *Artocarpus* terus dikembangkan.

Penelitian mengenai aktivitas biologi beberapa metabolit sekunder tumbuhan *Artocarpus* memperlihatkan hasil yang menarik terutama senyawa turunan flavonoid. Uji toksisitas terhadap sel murine leukemia P-388 yang dilakukan pada artokarpin (3), sikloartokarpin (309), kudraflavon A (305), artoindonesianin A (347), dan artoindonesianin B (321) menunjukkan sifat toksisitas yang tinggi dengan nilai  $IC_{50}$  secara berturut-turut 1,8, 12,3, 8,3, 21,0, dan 3,9  $\mu\text{g/mL}$  (Hakim dkk., 1999b). Nomura dkk (1998), sebelumnya juga melaporkan adanya sifat toksisitas pada artokarpin (3) dan artokarpesin (298) dengan kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *streptococci*. Kemampuan Senyawa artokarpanon (1), artokarpin (3), oksiresveratrol (351) dari *Artocarpus* sebagai inhibitor ditunjukkan pula pada kerja enzim tirosinase (Shimizu dkk., 2000; Arung, dkk., 2006). Tirosinase adalah enzim yang berperan penting pada biosintesis melanin atau proses penggantian kulit serangga.

Senyawa flavonoid dari *Artocarpus* juga memiliki aktivitas *antituberculosis*, diantaranya kudraflavon C (2), artokarpin (3), artonin E (325), sikloartokarpin (309), chaplasiin (323), kudraflavon B (324) (Boonphong dkk., 2007), sedangkan nonartokarpetin (5), artokarpesin (298), oksiresveratrol (351)

### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

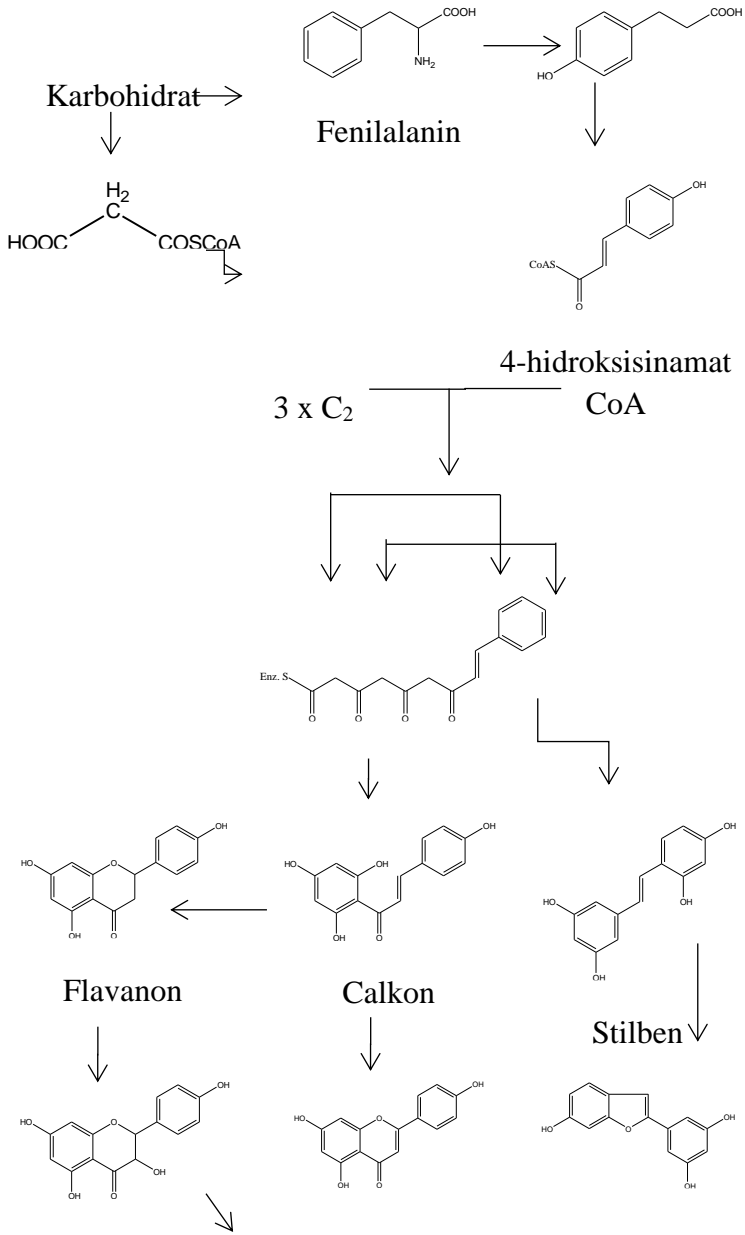
dari *A. heterophyllus* dilaporkan memiliki aktivitas antiimplamasi (Fang dkk., 2008).

Kemampuan senyawa menangkap radikal bebas DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) ditunjukkan oleh sikloartobilosanton (345) dan artoflavon A (326) dari *A. communis* dan *A. elasticus* yang aktif sebagai antioksidan (Lin dkk., 2009). Arung dkk. (2006) telah melaporkan artokarpanon (1) yang diisolasi dari kayu batang *A. heterophyllus* memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC<sub>50</sub> 138,8 µg/mL. Penelitian yang dilakukan Lin dkk. (2009) terhadap sembilan senyawa flavonoid yang diisolasi dari akar *A. communis* dan *A. elasticus* menunjukkan artocamin B (327), artokomunol CC (330), dihidroartomunosanton (349), artomunoisosanton (348), sikloartobilosanton (345), artoflavon A (326) signifikan sebagai antioksidan; artonin A (348), artocamin D (328), dan siklogerakomunin (329) tidak berpotensi sebagai antioksidan.

#### D. Biogenesis Senyawa Dari Spesies *Artocarpus*

Secara biogenesis senyawa fenol yang dihasilkan tumbuhan famili moraceae terbentuk melalui reaksi gabungan antara jalur sikimat dan asetat malonat (Gambar 3). Senyawa-senyawa flavonoid yang berasal dari *Artocarpus* umumnya adalah turunan flavon. Ciri khas pada senyawa flavonoid ini umumnya teroksidasi pada cincin B dan memiliki substituen isoprenil baik pada C-3 dan atau pada posisi yang lain. Unit isoprenil pada senyawa turunan flavon terbentuk dari asam asetat melalui lingkaran TCA (tricarboxylic acid) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

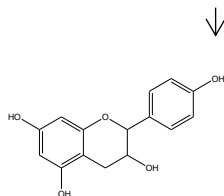


### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

Flavanonol

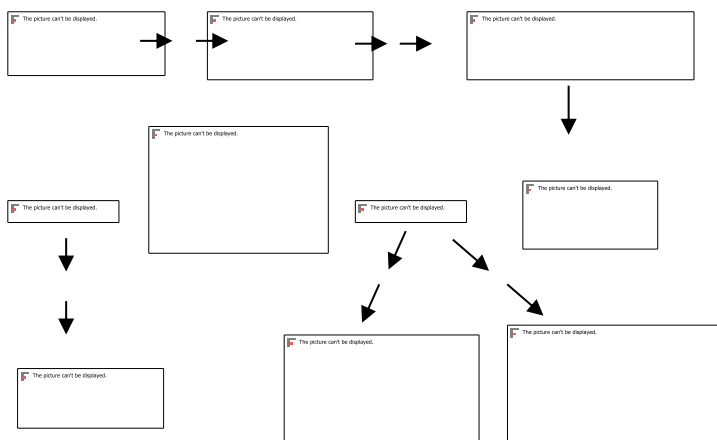
Flavon

2-  
arilbenzofuran



Flavan-3-ol

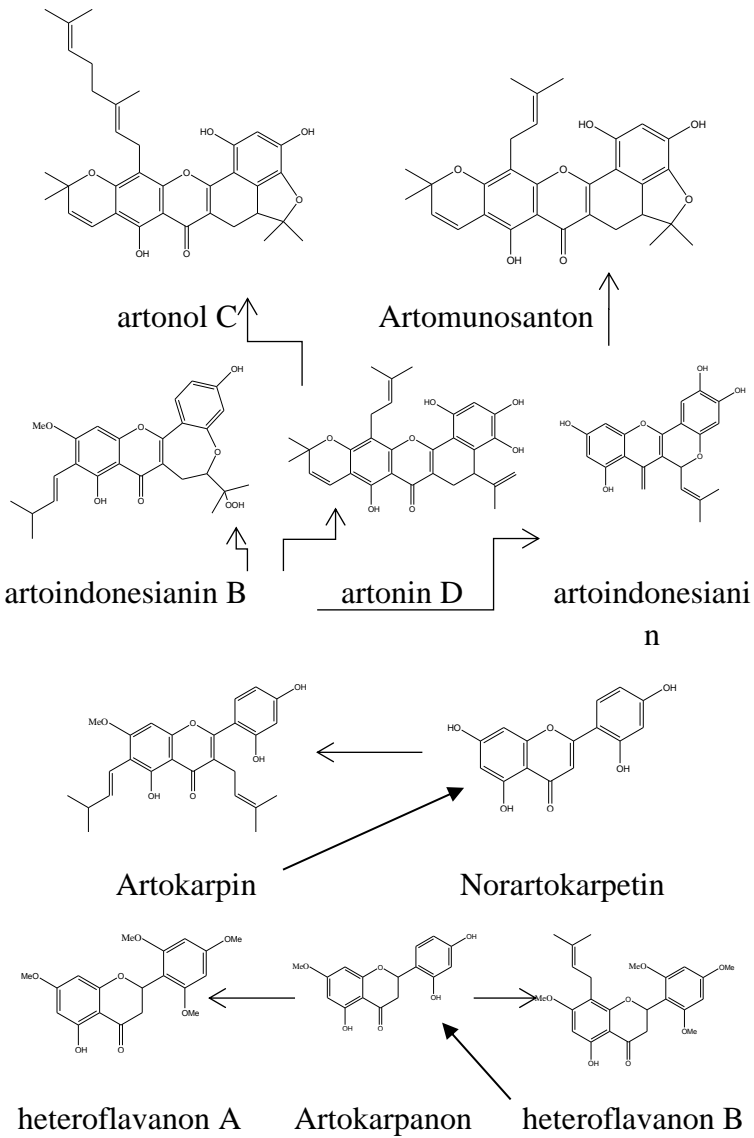
Gambar 3. Biogenesis senyawa flavanoid, stilben, 2-arilbenzofuran (Haslam, 1974; Harbone, 1994; Nomura, 1994)



Gambar 4. Biosintesis isopren dan senyawa fenol pada Moraceae (Nomura, 1994)

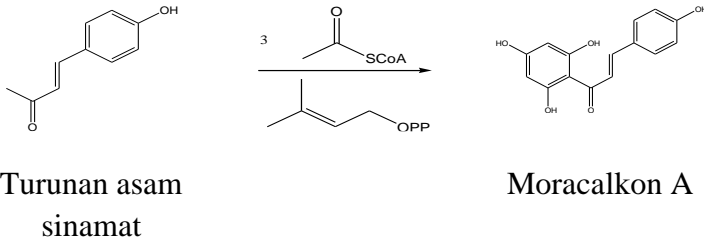
Senyawa-senyawa 3-prenilflavonoid dari *A. champeden* seperti heteroflavon A (269), artokarpin (3), dan artoindonesianin B (321) berasal dari flavon sederhana, yaitu norartokarpetin (5) (Musthapa, 2009) (Gambar 5).

**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



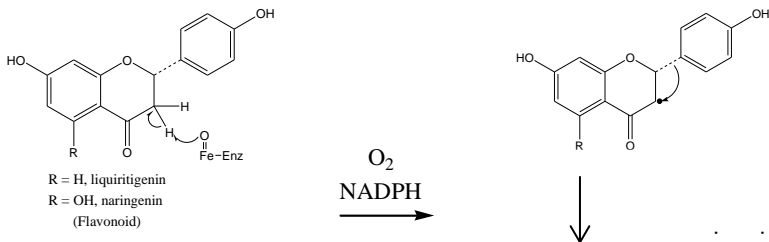


### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...

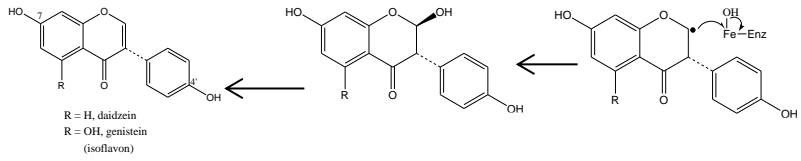


Gambar 5. Biogenesis senyawa turunan flavonoid dari *Artocarpus* (Musthapa, 2009)

Senyawa isoflavonoid umumnya ditemukan pada famili Pabaceae (Vasconcelos dkk., 2012). Berdasarkan penelusuran literatur, senyawa tersebut belum pernah ditemukan sebelumnya pada famili Moraceae khususnya pada genus *Artocarpus*. Isoflavonoid adalah senyawa turunan flavonoid yang cukup berbeda dari senyawa flavonoid yang lain di mana cincin aromatik telah bermigrasi ke karbon heterosiklik yang berdekatan. Proses penataan ulang ini terjadi dengan adanya enzim sitokrom P-450 dengan NADPH dan  $O_2$  sebagai kofaktor yang mengubah flavanon liquiritigenin atau naringenin menjadi isoflavonoid daidzein atau genistein melalui intermedit hidroksiisoflavanon.

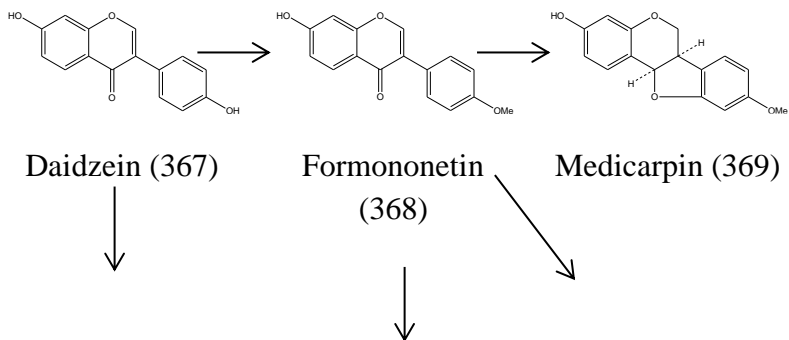


**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

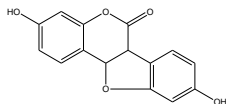


Gambar 6. Mekanisme reaksi flavonoid membentuk turunan isoflavonoid (Dewick, 2002)

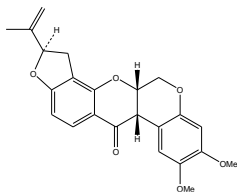
Reaksi penataan ulang pada flavonoid yang membentuk turunan isoflavonoid cukup langka di alam. Senyawa isoflavonoid yang ditemukan selama ini juga terbatas pada tanaman famili Leguminosae/Fabaceae. Namun demikian, ratusan isoflavonoid telah ditemukan. Kompleksitas struktur diakibatkan oleh reaksi hidroksilasi dan alkilasi yang mengubah tingkat oksidasi cincin heterosiklik atau membentuk cincin heterosiklik tambahan. Beberapa turunan isoflavonoid dari daidzein (367) dan formononetin (368) yang ditunjukkan pada Gambar 7, misalnya medicarpin (369) dari *Medicago sativa*, pisatin (370) dari *Pisum sativum*, coumestrol (371) dari lucerne dan clover (spesies *trifolium*) (Dewick, 2002).



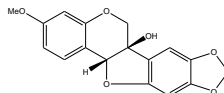
### Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...



Coumestrol (371)



Roten (372)

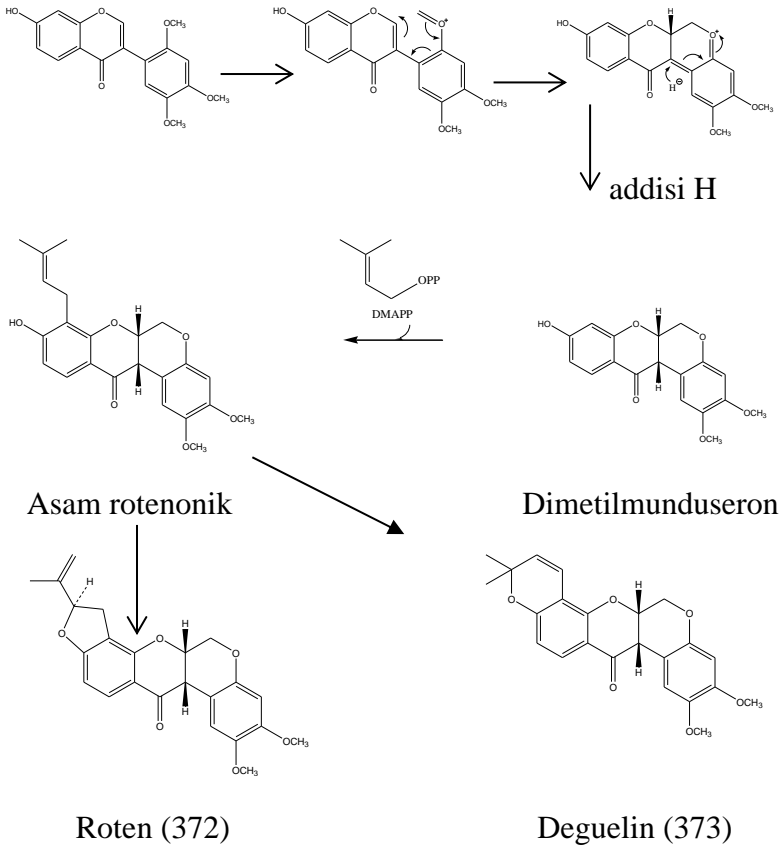


Pisatin (370)

Gambar 7. Mekanisme reaksi daidzein (isoflavonoid) membentuk turunan roten (Dewick, 2002)

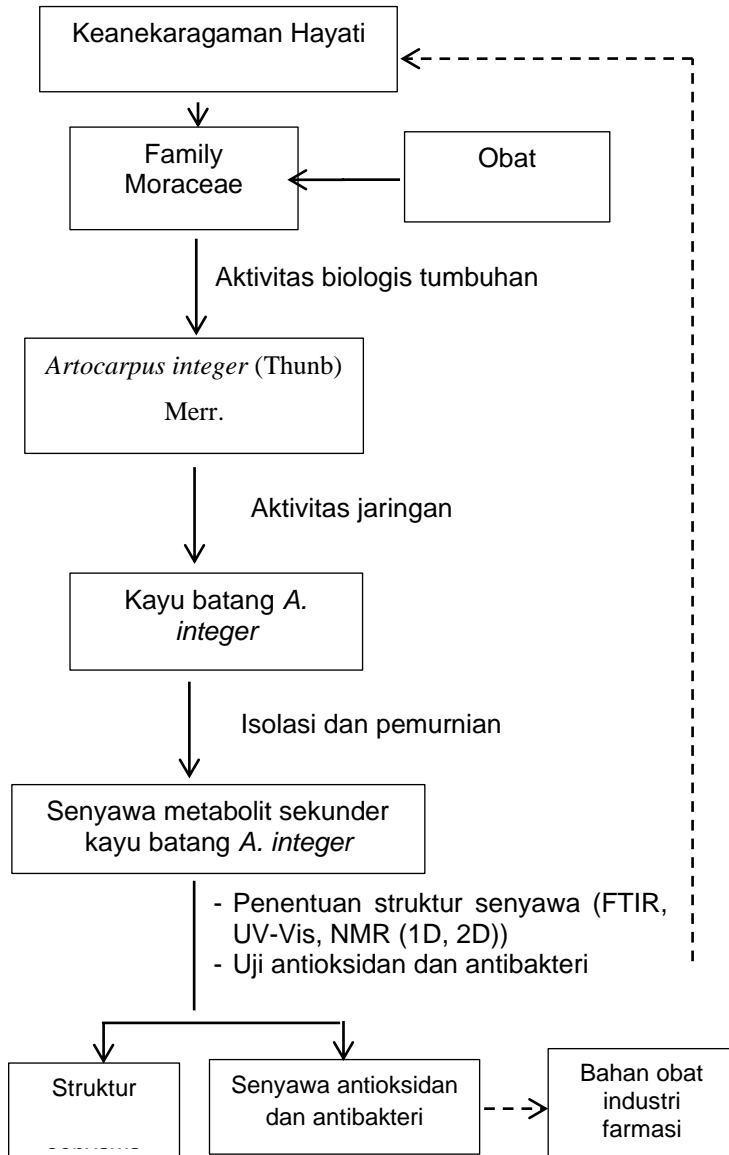
Roten (372) terbentuk dengan adanya siklisasi cincin dari metoksiisoflavon. Roten mengandung unit isopren C-5 (seperti halnya hampir semua roten alami) yang terbentuk melalui asam roten tanpa intermedit epoksida. Asam roten juga membentuk deguelin (373) melalui siklisasi hidroksi dengan unit isopren membentuk cincin 6.

**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



Gambar 8. Jalur sikimat pembentukan senyawa isoflavonoid (Dewick, 2002)

**Bab III || Senyawa Kimia Tumbuhan...**



Gambar 9. Bagan Isolasi, Penentuan Struktur, dan Uji Biokativitas *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.

## BAB IV

### TEKNIK ISOLASI SENYAWA *ARTOCARPUS INTEGERS* (Thunb) Merr.

#### A. Tahapan Isolasi

Teknik isolasi dilakukan dengan menggunakan pola dan tahap-tahap yang sesuai untuk memperoleh senyawa-senyawa kimia murni yang diharapkan. Pola dan tahap-tahap tersebut meliputi: pengambilan sampel dan preparasi sampel, maserasi, evaporasi, ekstraksi, identifikasi, pemurnian, dan penentuan struktur molekul dengan analisis Spektrofotometri UV, IR, <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, serta uji antioksidan dan uji antibakteri.

*Artocarpus integer* (Thunb) Merr. yang dibahas pada buku ini diperoleh di Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan dan diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI Bogor (Lampiran 1). Spesimen tumbuhan ini telah dimounting dengan nomor registrasi BO-1936238 dan disimpan sebagai koleksi di Herbarium Bogoriense (Lampiran 2). Tahap ekstraksi dan fraksinasi dilakukan di laboratorium kimia organik jurusan kimia fakultas MIPA Universitas Hasanuddin. Pemurnian dan pengukuran data spektroskopi UV-Vis, <sup>1</sup>H-NMR, dan <sup>13</sup>C-NMR pada Institut Teknologi Bandung, spektroskopi FTIR dilakukan di laboratorium kimia terpadu jurusan kimia Universitas Hasanuddin. Pengujian aktivitas antioksidan di laboratorium biokimia fakultas MIPA dan pengujian aktivitas antibakteri dilaksanakan di laboratorium mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

#### 1. Peralatan Isolasi

Bahan tumbuhan yang digunakan pada pembahasan buku ini adalah kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. Ekstraksi dan kromatografi digunakan pelarut berkualitas p.a. dan teknis yang telah didestilasi ulang, yaitu: *n*-heksan,

## Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...

kloroform, etil asetat, aseton, dan metanol. Kromatografi vakum cair (KVC) dilakukan dengan menggunakan Si gel 60 GF<sub>254</sub>, kromatografi radial (kromatotron) dengan Si gel Merck 60 PF<sub>254</sub>, kromatografi gravitasi dengan Si gel Merck 80 (35-70 mesh), silika gel kasar untuk impregnasi Merck 60 (35 – 70 mesh) dan analisis kromatografi lapis tipis (KLT) dilakukan dengan plat berlapis Si gel Merck Kiesegel 60 F<sub>254</sub> 0,25 mm. Larutan serium sulfat 1,5% dalam asam sulfat 2N digunakan untuk penampak noda. DPPH untuk uji antioksidan dan asam askorbat sebagai pembanding. Uji aktivitas antibakteri digunakan bakteri *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, dan *Streptococcus pneumonia*. Aquadest, medium Mueller Hinton Agar (MHA), natrium agar (NA), Kertas cakram (paper disk), nutrien borth (NB).

Peralatan yang digunakan adalah: seperangkat alat destilasi, seperangkat alat gelas, corong Buchner, corong pisah, chamber KLT, pipa kapiler, alat untuk fraksinasi meliputi kromatografi kolom vakum (KKV), kromatografi radial (kromatotron). Beberapa peralatan seperti oven, neraca analitik, evaporator, dan micro melting point apparatus untuk penentuan titik leleh. Spektroskopi UV, IR Shimadzu Prestige-21, NMR Agilent 500 MHz dengan sistem konsol DD2 yang beroperasi pada frekuensi 500 MHz (<sup>1</sup>H) dan 125 MHz (<sup>13</sup>C). Shaker, micropipet eppendorf, Autoklaf, aluminium foil, petri dish, ose, corong, jangka sorong, lampu spiritus.

### **2. Kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.**

Kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. diambil di Desa Harapan, Kecamatan Mappedeceng Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Sampel tumbuhan diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bogor (Lampiran 1). Spesimen tumbuhan ini telah dimounting dengan nomor registrasi BO-

1936238 dan disimpan sebagai koleksi di Herbarium Bogoriense (Lampiran 2).

### **3. Ekstraksi dan Pemurnian**

Kayu batang dikeringkan pada suhu kamar dengan cara diangin-anginkan, terlindung dari sinar matahari langsung selama 5 hari, kemudian diserut. Hasil serutan dikeringkan kembali dengan cara yang sama selama 2 hari kemudian diserbukkan dengan mesin penggiling.

Serbuk kayu batang *A. integer* (Thunb) Merr. (4,8 kg) dimaserasi dengan pelarut metanol selama 3 x 24 jam. Pelarut diuapkan menggunakan *rotary evaporator* sehingga diperoleh ekstrak metanol (350 g). Selanjutnya Ekstrak pekat metanol dilarutkan kembali dengan pelarut metanol dan dipartisi. Partisi dilakukan secara berturut-turut dengan pelarut *n*-heksan, kloroform, etil asetat sehingga diperoleh fraksi *n*-heksan (7,63 g), fraksi kloroform (94,75 g), fraksi etil asetat (7,33 g), dan fraksi sisa metanol (43,69 g). Sebagian dari ekstrak kloroform (40 g) didekantasi dengan aseton 300 mL, dipanaskan sambil diaduk lalu didinginkan, disaring untuk memisahkan endapannya. Sejumlah 20 g hasil dekantasi fraksi kloroform diimpregnasi dengan silika gel 60 (40 g) lalu difraksinasi dengan cara kromatografi vakum cair (KVC) menggunakan silika gel 60 (200 g). Eluen yang digunakan secara berturut-turut *n*-heksan, *n*-heksan:etil asetat = 7:3, *n*-heksan:etil asetat = 6:4, *n*-heksan:etil asetat = 5:5, *n*-heksan:etil asetat = 3:7, etil asetat menghasilkan 10 fraksi utama (A-J).

Fraksi utama kesembilan (I) (150 mg) dipisahkan lebih lanjut menggunakan kromatografi radial (KR), dielusi dengan kloroform:etil asetat = 9:1 yang ditingkatkan kepolarannya secara berangsur-angsur menghasilkan 9 fraksi (I<sub>1</sub>-I<sub>9</sub>). Dari hasil kromatografi radial fraksi I<sub>2</sub> digabung dengan fraksi F<sub>4</sub>, dikromatografi radial kembali diperoleh artokarpanon (1) (14,1 mg) yang berupa serbuk berwarna putih kekuningan dengan



#### Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...

titik leleh 208-210 °C. Selanjutnya, fraksi gabungan I<sub>3-4</sub> dikromatografi radial juga kembali, diperoleh kudraflavon C (2) (19,6 mg) yang berupa serbuk orange dengan titik leleh 97-100 °C. Sementara itu, fraksi utama kedua (B) (0,168 g) difraksinasi juga menggunakan kromatografi radial dengan eluen kloroform:etil asetat = 9:1 dengan meningkatkan kepolarannya, menghasilkan 8 fraksi (B<sub>1-8</sub>). Berdasarkan analisis KLT, ke delapan fraksi tersebut digabung menjadi dua fraksi yaitu B<sub>1-4</sub> dan B<sub>5-8</sub>. Fraksi gabungan (B<sub>5-8</sub>) diperoleh artokarpin (3) (67,4 mg) berupa serbuk kuning dengan titik leleh 174-177 °C. Dengan cara yang sama, fraksi gabungan terakhir dari fraksi utama I (I<sub>5-9</sub>) (67,2 mg) difraksinasi lebih lanjut menggunakan kromatografi radial dengan eluen kloroform:etil asetat = 10:0 dengan meningkatkan kepolaran, diperoleh tephrosin (4) (3,9 mg) berupa padatan kuning dengan titik leleh 194-198 °C. Terakhir, fraksi utama J (1,418 g) dikromatografi radial kembali, hingga diperoleh norartokarpetin (5) (11,6 mg) yang berupa serbuk kuning dengan titik leleh 244-248 °C. Bagan isolasi senyawa dapat dilihat pada Gambar 10.

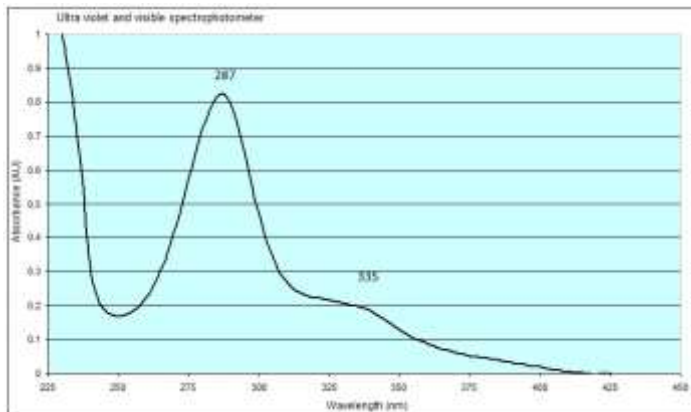


## B. Data Spektroskopi Senyawa Hasil Isolasi

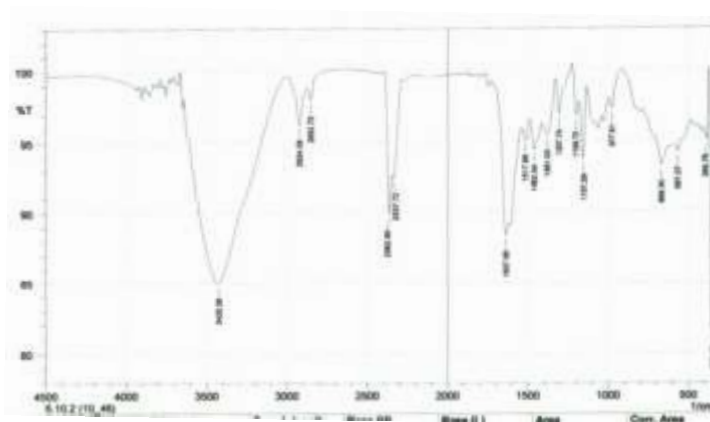
Struktur senyawa isolat murni kayu batang *A. integer* dielusidasi dengan metode spektroskopi, meliputi spektroskopi ultra violet-visible (UV-Vis), inframerah (IR), resonansi magnet inti (NMR) 1D ( $^1\text{H}$  NMR,  $^{13}\text{C}$  NMR) dan 2D (HMQC dan HMBC). Penentuan titik leleh dilakukan dengan alat ukur titik leleh yang tidak dikoreksi. Spektrum IR ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer IR Shimadzu Prestige-21. Spektrum UV-visible diukur dengan spektrofotometer Hewlett Packard 8543 Agilent Technologies. Spektrum  $^1\text{H}$  NMR dan  $^{13}\text{C}$  NMR diukur dengan spektrofotometer Agilent 500 MHz dengan sistem konsol DD2, yang beroperasi pada frekuensi 500 MHz ( $^1\text{H}$ ) dan 125 MHz ( $^{13}\text{C}$ ).

### 1. Artokarpanon (1)

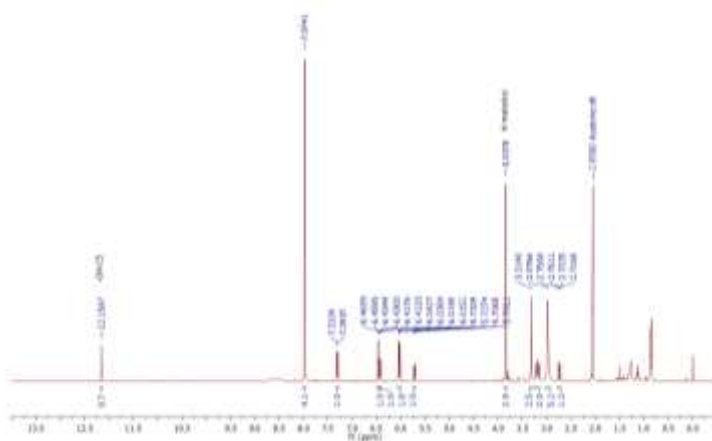
Artokarpanon (1), diperoleh sebagai serbuk putih dengan titik leleh 208-210 °C. UV (MeOH)  $\lambda_{\text{max}}$  (log  $\epsilon$ ): 335, 287. IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3425 (OH), 2924 dan 2852 (CH Alifatik), 1637 (C=O), 1517 (C=C aromatik), 1462 ( $\text{CH}_2$ ), 1381 ( $\text{CH}_3$ ), 1157 (C-O).



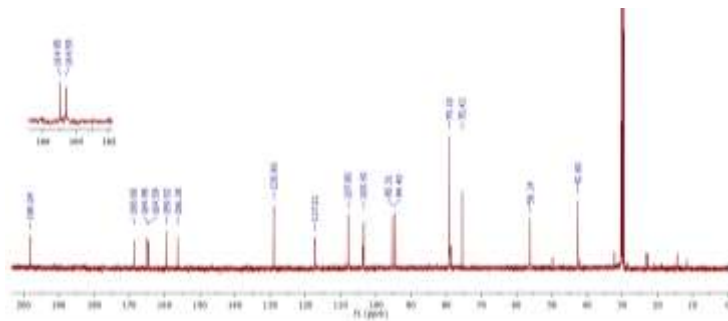
Gambar 11. Spektrum UV (MeOH) artokarpanon (1)



Gambar 12. Spektrum inframerah artokarpanon (1)



Gambar 13. Spektrum <sup>1</sup>H-NMR artokarpanon (1)



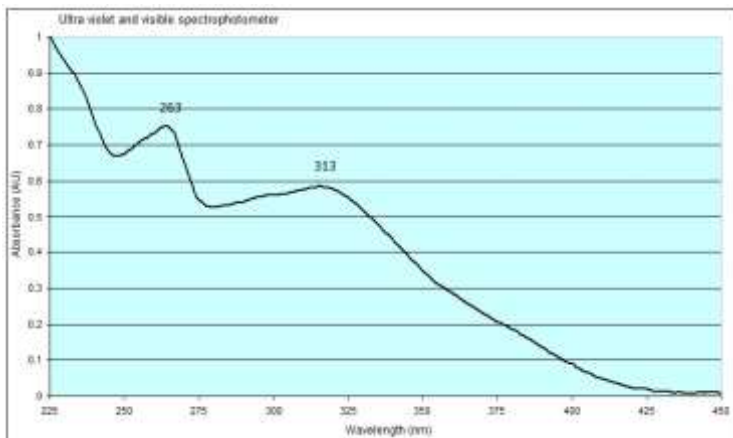
Gambar 14. Spektrum <sup>13</sup>C-NMR artokarpanon (1)

Spektrum <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, aseton-d<sub>6</sub>) (ppm): 5,72 (1H, *dd*, *J* = 2,8; 13,2 Hz, H-2); 3,19 (1H, *dd*, *J* = 13,2; 17,1 Hz, H<sub>ax</sub>-3); 2,74 (1H, *dd*, *J* = 2,9; 17,1 Hz, H<sub>eq</sub>-3); 12,15 (1H, *s*, 5-OH); 6,04 (1H, *d*, *J* = 2,2 Hz, H-6); 6,02 (1H, *d*, *J* = 2,2 Hz, H-8); 6,46 (1H, *d*, *J* = 2,2 Hz, H-3'); 6,42 (1H, *dd*, *J* = 2,2; 8,4 Hz, H-5'); 7,30 (1H, *d*, *J* = 8,4 Hz, H-6'); 3,83 (3H, *s*, 7-OMe).  
Spektrum <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, aseton-d<sub>6</sub>) (ppm): 75,4 (CH, C-2); 42,6 (CH<sub>2</sub>, C-3); 198,0 (C=O, C-4); 103,6 (C, C-4a); 159,5 (C-OH, C-5); 94,4 (C-6); 168,7 (C, C-7); 95,3 (CH, C-8); 164,6 (C, C-8a); 117,2 (C, C-1'); 156,3 (C-OH, C-2'); 103,4 (CH, C-3'); 159,5 (C-OH, C-4'); 107,8 (CH, C-5'); 128,9 (CH, C-6'); 56,14 (OCH<sub>3</sub>).

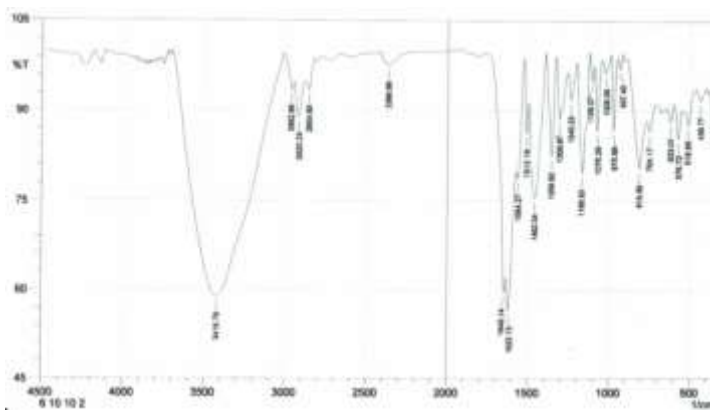
## 2. Kudraflavon C (2)

Kudraflavon C (2), diperoleh sebagai serbuk orange dengan titik leleh 97-100 °C. UV (MeOH) λ<sub>max</sub> (nm) (log ε): 313, 263. IR (KBr) ν<sub>max</sub>(cm<sup>-1</sup>): 3419 (OH), 2962 dan 2920 (CH Alifatik), 1649 (C=O), 1622 (C=C aromatik), 1462 (CH<sub>2</sub>), 1359 (CH<sub>3</sub>), 1166 (C-O).

**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***



Gambar 15. Spektrum UV (MeOH) kudraflavon C (2)

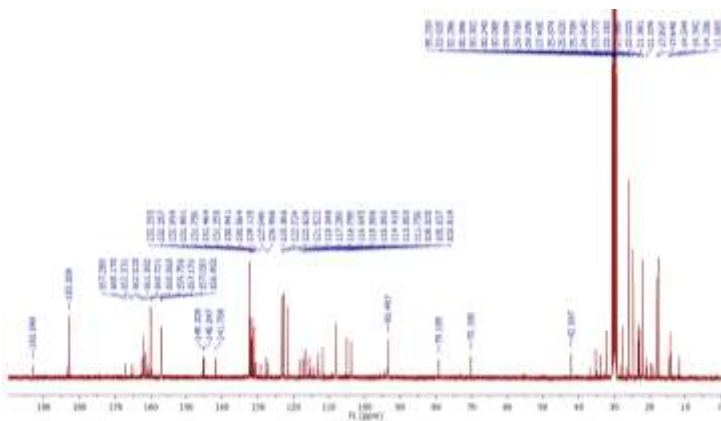


Gambar 16. Spektrum inframerah kudraflavon C (2)

## Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...



Gambar 17. Spektrum <sup>1</sup>H-NMR kudraflavon C (2)



Gambar 18. Spektrum <sup>13</sup>C-NMR kudraflavon C (2)

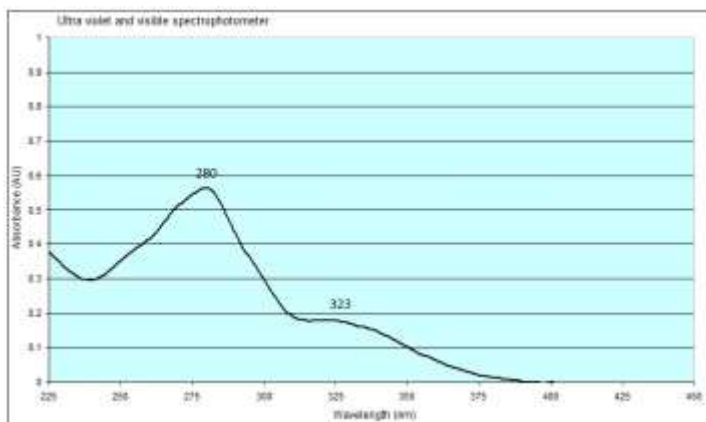
Spektrum <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, aseton-d<sub>6</sub>) (ppm): 13,43 (1H, *s*, 5-OH); 6,35 (1H, *s*, H-8); 6,54 (1H, *d*, *J* = 2,3 Hz, H-3'); 6,50 (1H, *dd*, *J* = 2,3; 8,3 Hz, H-5'); 7,17 (1H, *d*, *J* = 8,3 Hz, H-6'); 3,09 (2H, *d*, *J* = 6,9 Hz, H-9); 5,11 (1H, *m*, H-10); 1,42 (3H,

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

*s*, H-12); 1,56 (3H, *s*, H-13); 3,35 (2H, *d*,  $J = 7,2$  Hz, H-14); 5,27 (1H, *m*, H-15); 1,77 (3H, *s*, H-17); 1,64 (3H, *s*, H-18). Spektrum  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, aseton- $\text{d}_6$ ) (ppm): 160,0 (C, C-2); 121,5 (C, C-3); 183,0 (C=O, C-4); 105,0 (C, C-4a); 162,0 (C-OH, C-5); 111,7 (C, C-6); 162,3 (C, C-7); 93,4 (CH, C-8); 156,9 (C, C-8a); 113,0 (C, C-1'); 161,3 (C-OH, C-2'); 103,8 (CH, C-3'); 157,0 (C-OH, C-4'); 108,0 (CH, C-5'); 132,2 (CH, C-6'); 24,6 ( $\text{CH}_2$ , C-9); 122,7 (CH, C-10); 131,9 (C, C-11); 17,6 ( $\text{CH}_3$ , C-12); 25,8 ( $\text{CH}_3$ , C-13); 21,9 ( $\text{CH}_2$ , C-14); 123,3 (CH, C-15); 131,4 (C, C-16); 17,8 ( $\text{CH}_3$ , C-17); 25,7 ( $\text{CH}_3$ , C-18).

### 3. Artokarpin (3)

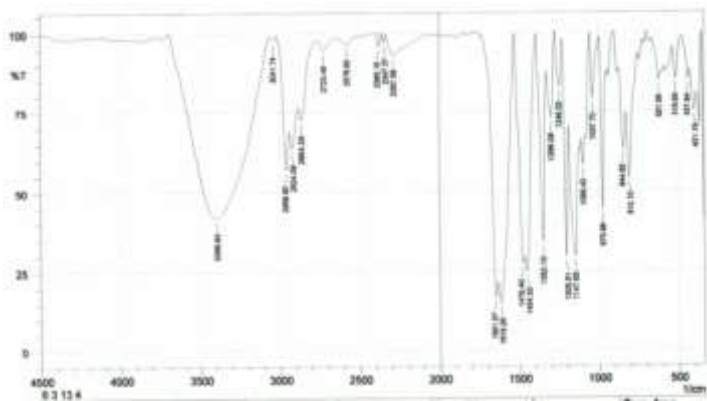
Artokarpin (3), diperoleh sebagai serbuk kuning dengan titik leleh 174-177 °C. UV (MeOH)  $\lambda_{\text{max}}$  (nm) (log  $\epsilon$ ): 323, 280. IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3396 (OH), 3041 (CH aromatik), 2958 dan 2824 (CH Alifatik), 1651 (C=O), 1618 dan 1479 (C=C aromatik), 1454 ( $\text{CH}_2$ ), 1352 ( $\text{CH}_3$ ), 1147 (C-O).



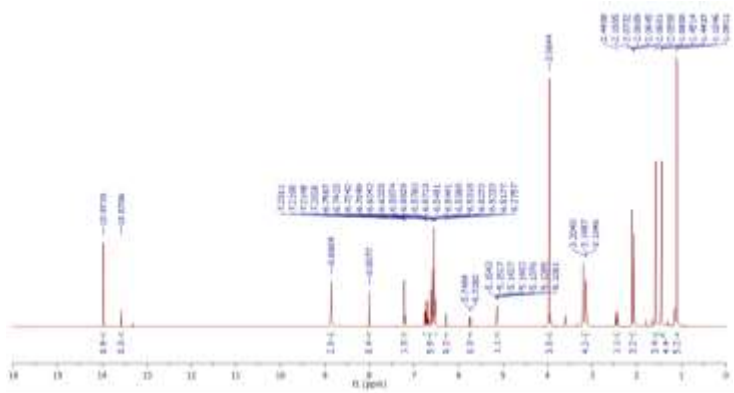
Gambar 19. Spektrum UV (MeOH) artokarpin (3)



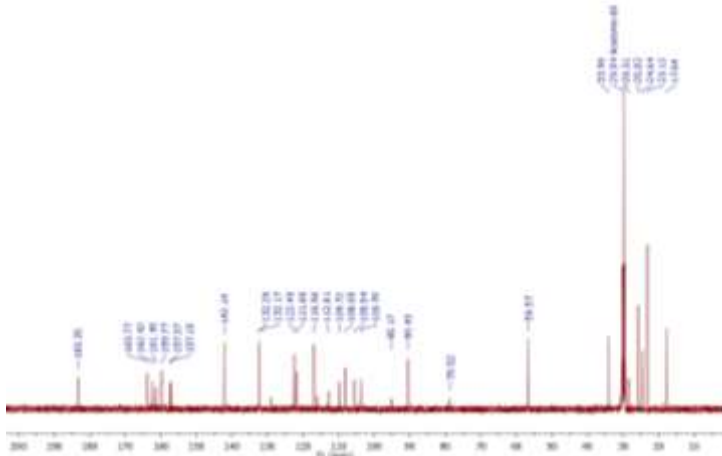
Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...



Gambar 20. Spektrum inframerah artokarpin (3)



Gambar 21. Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  artokarpin (3)



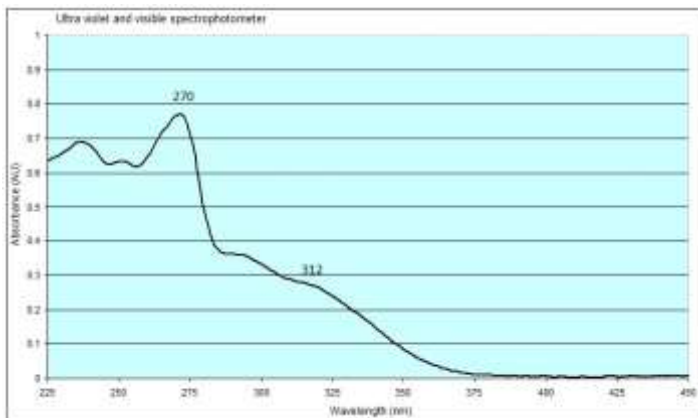
Gambar 22. Spektrum  $^{13}\text{C}$ -NMR artokarpin (3)

Spektrum  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, aseton- $\text{d}_6$ ) (ppm): 13,97 (1H, *s*, 5-OH); 6,54 (1H, *s*, H-8); 6,57 (1H, *d*,  $J = 2,3$  Hz, H-3'); 6,53 (1H, *dd*,  $J = 2,3; 8,4$  Hz, H-5'); 7,22 (1H, *d*,  $J = 8,3$  Hz, H-6'); 3,14 (2H, *d*,  $J = 7,0$  Hz, H-9); 5,14 (1H, *d*,  $J = 7,0$  Hz, H-10); 1,44 (3H, *s*, H-12); 1,58 (3H, *s*, H-13); 6,60 (1H, *d*,  $J = 17,5$  Hz, H-14); 6,70 (1H, *dd*,  $J = 7,1; 16,2$  Hz, H-15); 2,44 (1H, *m*, H-16); 1,09 (3H, *d*,  $J = 6,8$  Hz, H-17); 1,09 (3H, *d*,  $J = 6,8$  Hz, H-18). Spektrum  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, aseton- $\text{d}_6$ ) (ppm): 162,4 (C, C-2); 121,9 (C, C-3); 183,3 (C=O, C-4); 105,5 (C, C-4a); 159,7 (C-OH, C-5); 109,7 (C, C-6); 163,7 (C, C-7); 90,4 (CH, C-8); 157,3 (C, C-8a); 112,8 (C, C-1'); 157,2 (C-OH, C-2'); 103,8 (CH, C-3'); 161,4 (C-OH, C-4'); 108,0 (CH, C-5'); 132,3 (CH, C-6'); 24,6 (CH<sub>2</sub>, C-9); 122,5 (CH, C-10); 132,2 (C, C-11); 25,8 (CH<sub>3</sub>, C-12); 17,6 (CH<sub>3</sub>, C-13); 116,9 (CH, C-14); 142,1 (CH, C-15); 33,9 (CH, C-16); 23,1 (CH<sub>3</sub>, C-17/18).

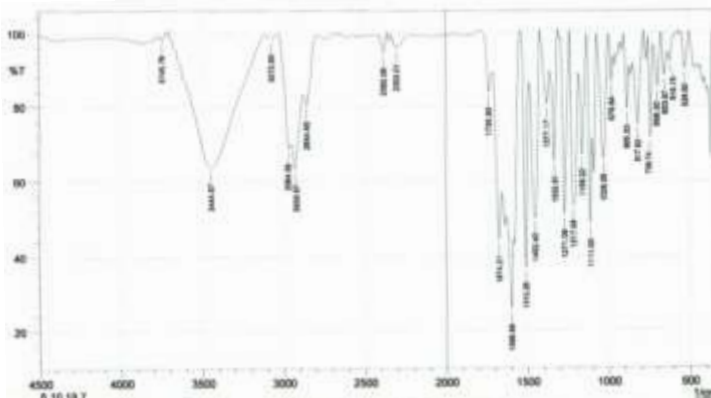
#### 4. Tephrosin (4)

## Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...

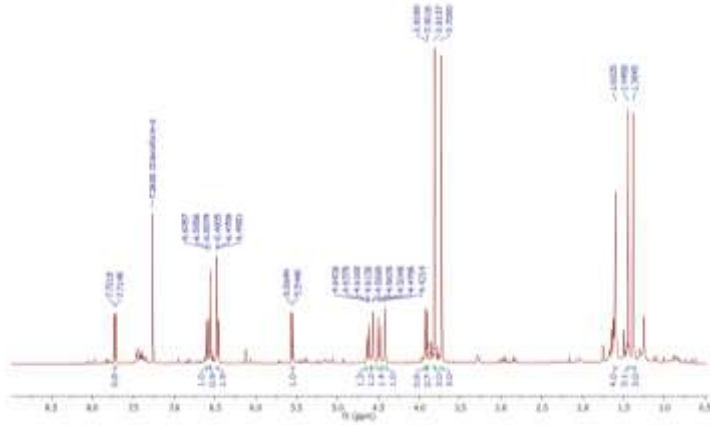
Tephrosin (4), diperoleh sebagai padatan kuning dengan titik leleh 194-198 °C. UV (MeOH)  $\lambda_{\text{max}}$  (nm) ( $\log \epsilon$ ): 312, 270. IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3444 (OH), 3072 (CH aromatik), 2964 dan 2929 (CH Alifatik), 1674 (C=O), 1596 dan 1510 (C=C aromatik), 1452 (CH<sub>2</sub>), 1377 (CH<sub>3</sub>), 1217 (C-O).



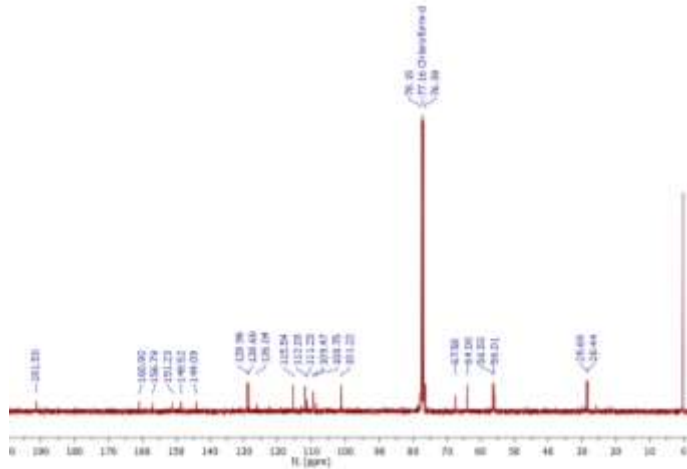
Gambar 23. Spektrum UV (MeOH) Tephrosin (4)



Gambar 24. Spektrum inframerah Tephrosin (4)



**Gambar 25. Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  Tephrosin (4)**



**Gambar 26. Spektrum  $^{13}\text{C-NMR}$  Tephrosin (4)**

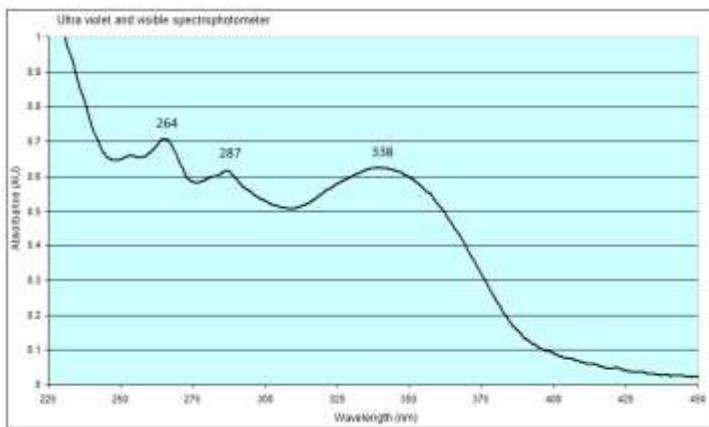
Spektrum  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz, kloroform-d) (ppm): 6,55 (1H, s, H-1); 6,48 (1H, s, H-4); 4,49 (1H, dd,  $J = 2,3$ ; 12,6, H-6); 4,63 (1H, dd,  $J = 2,3$ ; 12,1, H-6); 4,57 (1H, dd,  $J = 1,4$ ; 2,4, H-6a); 6,47 (1H, d,  $J = 8,9$ , H-10); 7,72 (1H, d,  $J = 8,7$  Hz, H-11); 4,42 (1H, s, C-12a); 6,60 (1H, d,  $J = 10,0$ , H-4'); 5,55 (1H, d,  $J = 10,1$ , H-5'); 1,38 (3H, s, H-7'); 1,44 (1H, s, H-8').

## Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...

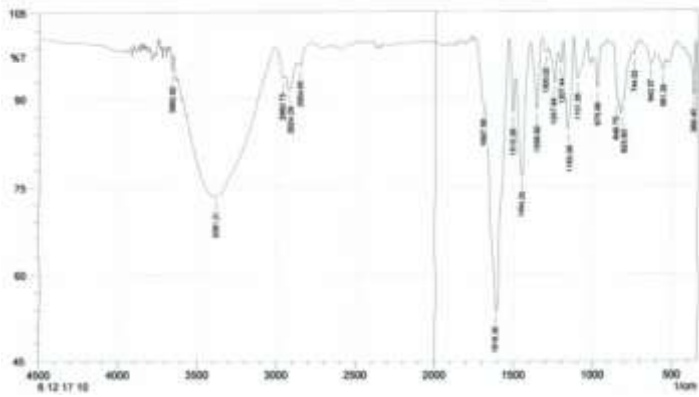
Spektrum  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, kloroform-d) (ppm): 108,7 (C, C-1a); 109,3 (CH, C-1); 144,1 (C, C-2); 151,2 (C, C-3); 101,2 (CH, C-4); 148,5 (C, C-4a); 64,0 ( $\text{CH}_2$ , C-6); 76,4 (CH, C-6a); 156,8 (C, C-7a); 109,4 (C, C-8); 160,9 (C, C-9); 111,8 (CH, C-10); 128,7 (CH, C-11); 111,2 (C, C-11a); 191,5 (C, C-12); 67,6 (C-OH, C-12a); 115,5 (CH, C-4'); 128,9 (CH, C-5'); 78,1 (C, C-6'); 28,4 ( $\text{CH}_3$ , C-7'); 28,7 ( $\text{CH}_3$ , C-8'); 56,0 ( $\text{OCH}_3(2)$ ); 56,5 ( $\text{OCH}_3(2)$ ); 4,42 (OH C-12a).

### 5. Norartokarpetin (5)

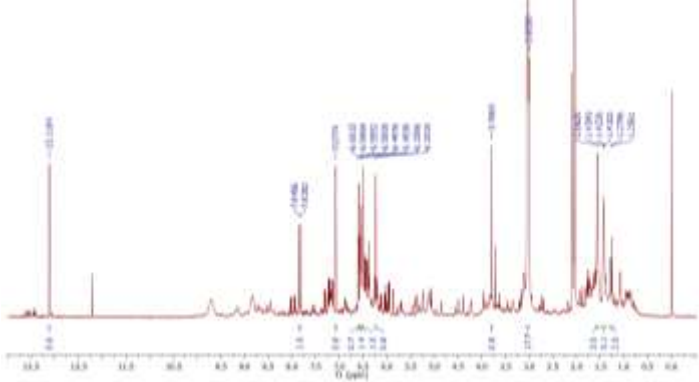
Norartokarpetin (5), diperoleh sebagai serbuk kuning dengan titik leleh 244-248 °C. UV (MeOH)  $\lambda_{\text{max}}$  (nm) ( $\log \epsilon$ ): 338, 287, 264. IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3361 (OH), 2960 dan 2924 (CH Alifatik), 1616 dan 1510 (C=C aromatik), 1454 ( $\text{CH}_2$ ), 1359 ( $\text{CH}_3$ ), 1163 (C-O).



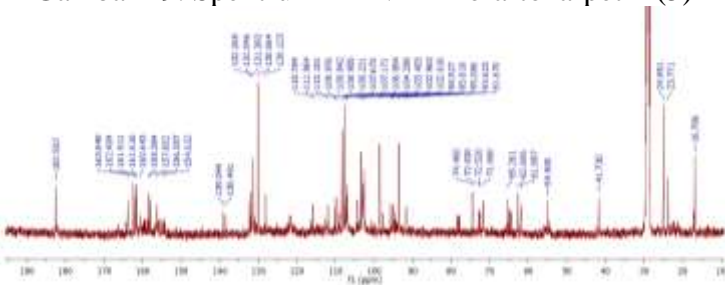
Gambar 27. Spektrum UV (MeOH) norartokarpetin (5)



Gambar 28. Spektrum inframerah norartokarpetin (5)



Gambar 29. Spektrum <sup>1</sup>H-NMR norartokarpetin (5)



Gambar 30. Spektrum <sup>13</sup>C-NMR norartokarpetin (5)

#### Bab IV || Teknik Isolasi Senyawa...

Spektrum  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, aseton- $\text{d}_6$ ) (ppm): 13,11 (1H, *s*, 5-OH); 7,07 (1H, *s*, H-3); 6,23 (1H, *d*,  $J = 2,0$  Hz, H-6); 6,50 (1H, *d*,  $J = 2,0$  Hz, H-8); 6,60 (1H, *d*,  $J = 2,3$  Hz, H-3'); 6,57 (1H, *dd*,  $J = 2,3; 8,7$  Hz, H-5'); 7,84 (1H, *d*,  $J = 8,7$  Hz, H-6').  
Spektrum  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, aseton- $\text{d}_6$ ) (ppm): 161,9 (C, C-2); 107,6 (CH, C-3); 182,5 (C=O, C-4); 104,3 (C, C-4a); 162,4 (C-OH, C-5); 98,5 (CH, C-6); 163,8 (C-OH, C-7); 93,6 (CH, C-8); 157,9 (C, C-8a); 109,8 (C, C-1'); 158,4 (C-OH, C-2'); 103,4 (CH, C-3'); 161,6 (C-OH, C-4'); 108,2 (CH, C-5'); 130,0 (CH, C-6').

## BAB V ILUSIDASI STRUKTUR SENYAWA *ARTOCARPUS* *INTEGER* (THUNB) MERR.

Isolasi atau pemisahan metabolit sekunder dari kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. melalui beberapa tahapan yaitu ekstraksi, fraksinasi dan pemurnian. Fraksinasi dan pemurnian menggunakan berbagai teknik kromatografi terhadap fraksi kloroform kayu batang *A. Integer*, menghasilkan 5 senyawa murni, termasuk satu senyawa baru yang pertama kali ditemukan pada *Artocarpus* yaitu tephrosin (4) turunan isoflavonoid. Empat senyawa lainnya merupakan senyawa yang lazim ditemukan pada *Artocarpus*, yaitu artokarpanon (1) turunan flavanon, norartokarpetin (5) turunan flavon, dua senyawa turunan 3-prenilflavon yaitu artokarpin (3) dan kudraflavon C (2).

Bab ini membahas mengenai aspek-aspek penentuan struktur, pengujian aktivitas antioksidan, dan aktivitas antibakteri. Penentuan struktur dilakukan berdasarkan analisis spektrum ultra violet (UV), spektrum infra merah (FTIR), dan spektrum resonansi magnet inti (NMR) terhadap masing-masing senyawa. Pembahasan berikutnya adalah mengenai saran biogenesis senyawa hasil isolasi pada tumbuhan *artocarpus*.

### A. Penentuan Struktur Senyawa Hasil Isolasi

#### 1. Artokarpanon (1)

Artokarpanon (1), diperoleh sebagai serbuk putih kekuningan dengan titik leleh 208-210°C. Spektrum UV senyawa (1) pada pelarut metanol menunjukkan dua buah puncak serapan maksimum pada  $\lambda_{\text{maks}}$  335 nm (bahu) (pita I) dan 287 nm (pita II) serapan khas untuk senyawa turunan flavon (Gambar 11).

Spektrum inframerah (IR) dari senyawa 1 (Gambar 12) memperlihatkan adanya serapan pada  $\nu_{\text{maks}}$  3425  $\text{cm}^{-1}$  (lebar)



## Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

untuk gugus  $\text{-OH}$ ,  $1637\text{ cm}^{-1}$  untuk gugus  $\text{C=C}$  terkonyugasi,  $2924$ ,  $2852\text{ cm}^{-1}$  untuk gugus  $\text{CH}$  alifatik,  $1462$ ,  $1381\text{ cm}^{-1}$  untuk  $\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_3$  alifatik.

Sinyal  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$  senyawa (1) dapat dijelaskan secara rinci dengan bantuan spektrum NMR dua dimensi (2D), yaitu spektrum korelasi heteronuklir antara proton dengan karbon dalam satu ikatan (HSQC) (Lampiran 5) dan spektrum korelasi heteronuklir jarak jauh (HMBC) (Lampiran 6). Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  senyawa (1) (Gambar 13) memperlihatkan adanya tiga sinyal proton yang muncul pada daerah alifatik, yaitu  $\delta_{\text{H}}$  5,72 ppm (1H, *dd*, 2,8; 13,2 Hz) C-2, 3,19 ppm (1H<sub>ax</sub>, *dd*, 13,2; 17,1 Hz) C-3, 2,74 ppm (1H<sub>eq</sub>, *dd*, 2,9; 17,1 Hz) C-3 yang sesuai untuk sinyal proton kerangka flavanon di C-2, C-3<sub>ax</sub>, dan C-3<sub>eq</sub>. H-2 memiliki konfigurasi aksial yang menerima kopling aksial-aksial dari H-3<sub>aks</sub> ( $J=13,2$  Hz) dan kopling aksial-ekuatorial dari H-3<sub>eq</sub> ( $J=2,8$  Hz), sedangkan H-3<sub>aks</sub> dan H-3<sub>eq</sub> saling kopling secara geminal ( $J=17,1$  Hz). Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  lainnya, menunjukkan adanya satu sinyal proton singlet  $\delta_{\text{H}}$  12,15 ppm yang sesuai untuk gugus hidroksil terkelasi. Terdapat pula tiga sinyal proton aromatik yang muncul sebagai sistem ABX yaitu pada  $\delta_{\text{H}}$  6,46 ppm (1H, *d*, 2,2 Hz) C-3', 6,42 ppm (1H, *dd*, 2,2; 8,4 Hz) C-5', dan 7,30 ppm (1H, *d*, 8,4 Hz) C-6', dua sinyal proton aromatik lainnya muncul pada  $\delta_{\text{H}}$  6,04 ppm (1H, *d*, 2,2 Hz) C-6 dan 6,02 ppm (1H, *d*, 2,2 Hz) C-8. Berdasarkan sinyal-sinyal tersebut mengindikasikan bahwa senyawa (1) merupakan suatu flavanon yang tersubstitusi pada C-5, C-7, C-2' dan C-4'. Satu sinyal proton singlet pada  $\delta_{\text{H}}$  3,83 ppm (3H, *s*) memberikan petunjuk bahwa cincin A senyawa (1) tersubstitusi gugus  $\text{-OCH}_3$  pada posisi C-7. Selanjutnya,  $^{13}\text{C-NMR}$  (Gambar 14) memperlihatkan adanya 16 sinyal karbon, 15 sinyal karbon menunjukkan kerangka flavanon dan satu sinyal karbon metoksi pada  $\delta_{\text{C}}$  56,1 ppm C-7. Lima belas sinyal karbon tersebut meliputi satu C-metilen pada  $\delta_{\text{C}}$  42,6 ppm C-3, satu C-oksimetin alifatik pada  $\delta_{\text{C}}$  75,4 ppm C-2, satu C-karbonil pada  $\delta_{\text{C}}$

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

198,0 ppm C-4, dua C-kuartener pada  $\delta_C$  75,4 ppm C-2 dan 117,2 ppm C-1', lima C-oksiaril pada  $\delta_C$  159,5 ppm C-5, 168,7 ppm C-7, 164,6 ppm C-8a, 156,3 ppm C-2', dan 164,9 ppm C-4', dan lima C-metin aromatik pada  $\delta_C$  94,4 ppm C-6, 95,3 ppm C-8, 103,4 ppm C-3', 107,8 ppm C-5', dan 128,9 ppm C-6'. Berdasarkan analisis data spektrum  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$  senyawa (1) dan data spektrum  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$  senyawa artokarpanon (1) yang telah dilaporkan oleh Musthapa (2016) menunjukkan kesesuaian sehingga dapat dinyatakan bahwa senyawa (1) adalah 2',4',5-trihidroksi-7-metoksiflavanon atau artokarpanon (1).

Tabel 26. Data spektrum  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  NMR, dan HMBC artokarpanon (1) dalam aseton- $d_6$

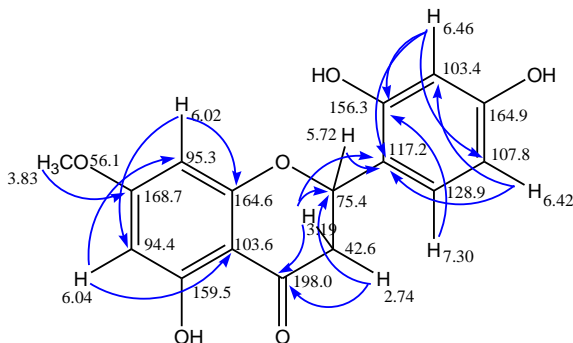
No	$^1\text{H}$ NMR, $\delta$ ppm (multiplisitas, $J$ dalam Hz)		$^{13}\text{C}$ NMR $\delta$ ppm		HMBC
	1	1*	1	1*	
2	5,72 (1H, <i>dd</i> , 2,8; 13,2)	5,73 (1H, <i>dd</i> , 2,9; 13,0)	75,4	75,4	C-1'
3	3,19 (1H <sub>ax</sub> , <i>dd</i> , 13,2; 17,1) 2,74 (1H <sub>eq</sub> , <i>dd</i> , 2,9; 17,1)	3,21 (1H <sub>ax</sub> , <i>dd</i> , 13,0; 17,0) 2,74 (1H <sub>eq</sub> , <i>dd</i> , 2,9; 17,0)	42,6	42,6	C-2; C-4; C-1' C-2; C-4
4	-	-	198,0	198,1	-
4a	-	-	103,6	103,7	-
5	-	-	159,5	159,5	-
6	6,04 (1H, <i>d</i> , 2,2)	6,05 (1H, <i>d</i> , 2,2)	94,4	94,4	C-5; C-8
7	-	-	168,7	168,7	-

Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

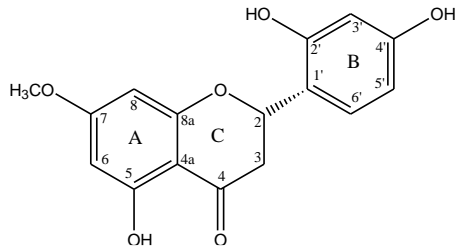
8	6,02 (1H, <i>d</i> , 2,2)	6,02 (1H, <i>d</i> , 2,2)	95,3	95,3	C-4a; C-6
8a	-	-	164,6	164,6	-
1'	-	-	117,2	117,3	-
2'	-	-	156,3	156,3	-
3'	6,46 (1H, <i>d</i> , 2,2)	6,47 (1H, <i>d</i> , 2,5)	103,4	103,4	C-1'; C-2'; C-5'
4'	-	-	164,9	165,0	-
5'	6,42 (1H, <i>dd</i> , 2,2; 8,4)	6,43 (1H, <i>dd</i> , 2,5; 8,4)	107,8	107,9	C-1'; C-3'
6'	7,30 (1H, <i>d</i> , 8,4)	7,32 (1H, <i>d</i> , 8,4)	128,9	129,0	C-2'; C-4'
OCH <sub>3</sub>	3,83 (3H, <i>s</i> )	3,84 (3H, <i>s</i> )	56,1	56,1	C-7

1 Senyawa hasil isolasi (<sup>1</sup>H-NMR, 500 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>; <sup>13</sup>C-NMR, 125 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>)

1\* Musthapa dkk (2016) (<sup>1</sup>H-NMR, 400 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>; <sup>13</sup>C-NMR, 100 MHz, Aseton-*d*<sub>6</sub>)



Gambar 42. Korelasi HMBC (<sup>1</sup>H ⇔ <sup>13</sup>C) senyawa artokarpanon (1)



Gambar 43. Struktur molekul artocarpanon (1)

## 2. Kudraflavon C (2)

Kudraflavon C (2), diperoleh sebagai serbuk orange dengan titik leleh 97-100 °C. Spektrum UV dalam metanol memberikan dua buah puncak serapan maksimum pada  $\lambda_{\text{maks}}$  313 nm (bahu) (pita I) dan 263 nm (pita II), seperti pada senyawa (1), serapan ini juga menunjukkan pula sebagai senyawa turunan flavon (Gambar 15). Serapan pada pita I dengan intensitas yang lebih rendah daripada pita II menunjukkan adanya substituen yang terikat pada C-3. Spektrum IR senyawa (2) (Gambar 16) memperlihatkan adanya serapan pada  $\nu_{\text{maks}}$  3419  $\text{cm}^{-1}$  (melebar) untuk gugus hidroksil, 1649  $\text{cm}^{-1}$  untuk karbonil terkelasi, 2920  $\text{cm}^{-1}$  untuk CH alifatik, 1462  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus metin, 1359  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus metil. 1166  $\text{cm}^{-1}$  untuk oksiaril, dan 1622, 1512, 462  $\text{cm}^{-1}$  untuk C=C aromatik. Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  (Gambar 17) menunjukkan adanya sinyal singlet pada  $\delta_{\text{H}}$  13,43 ppm (1H,s) yang merupakan karakteristik gugus hidroksil pada C-5 yang membentuk kelat dengan gugus karbonil pada C-4. Sinyal singlet pada  $\delta_{\text{H}}$  6,35 ppm (1H, s), ini memberi petunjuk adanya substituen pada cincin A posisi C-5, C-6, dan C-7. Tiga sinyal proton aromatik yang muncul dengan sistem ABX pada 6,54 ppm (1H, d, 2,3 Hz) C-3', 6,50 ppm (1H, dd, 2,3; 8,3 Hz) C-5', dan 7,17 ppm (1H, d, 8,3 Hz) C-6', menunjukkan bahwa cincin B memiliki substituen OH pada C-

## Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

2' dan C-4', sebagaimana lazimnya flavonoid yang berasal dari tumbuhan *Artocarpus*. Selanjutnya, dengan tidak adanya sinyal singlet alkena pada  $\delta_H$  sekitar 7,0 ppm memberi petunjuk bahwa senyawa 2 tersubstitusi pada C-3. Spektrum  $^1H$  NMR lainnya muncul sinyal singlet pada  $\delta_H$  1,42 ppm (1H, s) C-12, 1,56 ppm (1H, s) C-13, 1,64 ppm (1H, s) C-18, 1,77 ppm (1H, s) C-17 sebagai metil yang menunjukkan adanya empat metil vinilik, dua sinyal doublet pada  $\delta_H$  3,09 ppm (2H, d, 6,9 Hz) C-9 dan 3,35 ppm (2H, d, 7,2 Hz) C-14 untuk dua gugus metilen, serta dua sinyal multiplet pada  $\delta_H$  5,11 ppm (1H, m) C-10 dan 5,27 ppm (1H, m) C-15 untuk dua gugus metin, sinyal-sinyal tersebut menunjukkan adanya dua gugus isoprenil pada senyawa 2. Spektrum  $^{13}C$ -NMR memperlihatkan adanya dua puluh lima sinyal karbon terpisah dengan baik yang menunjukkan adanya dua puluh lima karbon.

Berdasarkan hasil analisis data NMR dan data NMR yang telah dilaporkan Musthapa (2016), maka senyawa 2 dapat disimpulkan 5,7,2',4'-tetrahidrokasi-3,6-diisoprenil-flavon atau kudraflavon C (2).

Tabel 27. Data spektrum  $^1H$ ,  $^{13}C$  NMR, dan HMBC kudraflavon C (2) dalam aseton- $d_6$

No	$^1H$ NMR, $\delta$ ppm (multiplisitas, $J$ dalam Hz)		$^{13}C$ NMR $\delta$ ppm		HMBC
	2	2*	2	2*	
2	-	-	160,0	159,9	-
3	-	-	121,5	121,4	-
4	-	-	183,0	182,9	-
4a	-	-	105,0	104,9	-
5	-	-	162,0	162,1	-
6	-	-	111,7	111,7	-

**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

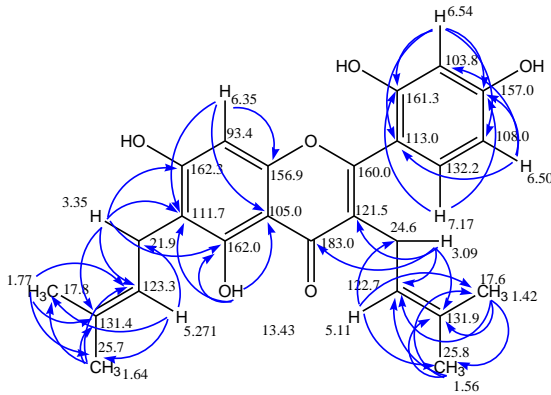
7	-	-	162,3	162,4	-
8	6,35 (1H, <i>s</i> )	6,38 (1H, <i>s</i> )	93,4	93,4	C-4a; C-6; C-8a
8a	-	-	156,9	157,0	-
1'	-	-	113,0	112,9	-
2'	-	-	161,3	161,4	-
3'	6,54 (1H, <i>d</i> , 2,3)	6,53 (1H, <i>d</i> , 2,2)	103,8	103,8	C-1'; C-2'; C-4'; C-5'
4'	-	-	157,0	157,2	-
5'	6,50 (1H, <i>dd</i> , 2,3; 8,3)	6,48 (1H, <i>dd</i> , 2,2; 8,4)	108,0	107,9	C-1'; C-3'; C-4'
6'	7,17 (1H, <i>d</i> , 8,3)	7,14 (1H, <i>d</i> , 8,4)	132,2	132,1	C-2'; C-4'
9	3,09 (2H, <i>d</i> , 6,9)	3,08 (2H, <i>d</i> , 6,9)	24,6	24,5	C-3; C-4; C- 2''; C-3''
10	5,11 (1H, <i>m</i> )	5,10 (1H, <i>m</i> )	122,7	122,7	C-1''; C-4''; C-5''
11	-	-	131,9	131,9	-
12	1,42 (3H, <i>s</i> )	1,41 (3H, <i>s</i> )	17,6	17,8	C-2''; C-3''; C-5''
13	1,56 (3H, <i>s</i> )	1,55 (3H, <i>s</i> )	25,8	25,8	C-2''; C-3''; C-4''
14	3,35 (2H, <i>d</i> , 7,2)	3,33 (2H, <i>d</i> , 6,9)	21,9	21,9	C-5; C-6; C- 7; C-2''' ; C- 3'''
15	5,27 (1H, <i>m</i> )	5,25 (1H, <i>m</i> )	123,3	123,3	C-1''''; C- 4''''; C-5''''
16	-	-	131,4	131,1	-

**Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...**

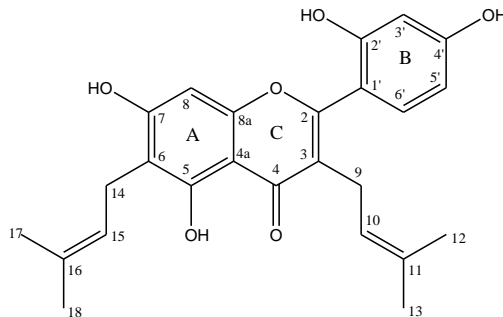
17	1,77 (3H, s)	1,75 (3H, s)	17,8	17,6	C-2'''; C-3'''; C-5'''
18	1,64 (3H, s)	1,62 (3H, s)	25,7	25,7	C-2'''; C-3'''; C-4'''

2 Senyawa hasil isolasi ( $^1\text{H-NMR}$ , 500 MHz, aseton- $d_6$ ;  $^{13}\text{C-NMR}$ , 125 MHz, aseton- $d_6$ )

2\* Musthapa ( $^1\text{H-NMR}$ , 400 MHz, aseton- $d_6$ ;  $^{13}\text{C-NMR}$ , 100 MHz, Aseton- $d_6$ )



Gambar 44. Korelasi HMBC ( $^1\text{H} \leftrightarrow ^{13}\text{C}$ ) senyawa kudraflavon C (2)



Gambar 45. Struktur molekul kudraflavon C (2)

3. Artokarpin (3)

Artokarpin (3), diperoleh sebagai serbuk kuning dengan titik leleh 174-177 °C. Spektrum UV dalam metanol memberikan ciri seperti pada senyawa (2) yaitu, dua buah puncak serapan maksimum yang pada  $\lambda_{\text{maks}}$  323 nm (bahu) (pita I) dan 280 nm (pita II) serapan khas untuk senyawa turunan 3-prenilflavon (Gambar 19). Spektrum IR senyawa (3) (Gambar 20) memperlihatkan adanya serapan pada  $\nu_{\text{maks}}$  3396  $\text{cm}^{-1}$  (melebar) untuk gugus hidroksil (OH), 3041  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus CH aromatik, 2958 dan 2824  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus CH Alifatik, 1651  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus C=O, 1618 dan 1479  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus C=C aromatik, 1454  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus CH<sub>2</sub>, 1352  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus CH<sub>3</sub>, dan 1147  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus C-O. Spektrum <sup>1</sup>H-NMR (Gambar 21) terdapat sinyal singlet pada  $\delta_{\text{H}}$  13,53 ppm (1H, *s*) yang merupakan ciri khas gugus hidroksil pada C-5. Secara umum, spektrum <sup>1</sup>H-NMR senyawa (3) memiliki kesamaan spektrum <sup>1</sup>H-NMR senyawa (2). Kesamaan ini terlihat jelas dengan adanya sinyal proton aromatik dengan sistem ABX pada cincin B dan sinyal singlet pada  $\delta_{\text{H}}$  6,54 ppm (1H, *s*) C-8 mengindikasikan substituen cincin A terdapat pada posisi C-5, C-6, dan C-7. Perbedaan yang muncul adalah satu sinyal proton singlet pada  $\delta_{\text{H}}$  3,96 ppm (3H, *s*) memberikan petunjuk bahwa cincin A senyawa (3) tersubstitusi gugus -OCH<sub>3</sub> pada posisi C-7. Perbedaan lainnya adalah pada senyawa (3) ini terdapat sinyal proton  $\delta_{\text{H}}$  1,09 ppm (3H, *d*, 6,8 Hz) C-17/C-18, 2,44 ppm (1H, *m*) C-16, dan 6,70 ppm (1H, *dd*, 7,1; 16,2 Hz) C-15. Ketiga sinyal proton tersebut menunjukkan bahwa isoprenil pada senyawa (2) mengalami perubahan menjadi 3-metil-1-butenil. Data sinyal proton, karbon, HSQC, dan HMBC pada senyawa (3) yang dibandingkan dengan senyawa yang telah dilaporkan oleh Zheng (2008) maka senyawa (3) adalah 4H-1-Benzopyran-4-one, 2-(2,4-dihydroxyphenyl)-5-hydroxy-7-methoxy-6-(3-



Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

methyl-1-buten-1-yl)-3-(3-methyl-2-buten-1-yl)-  
artokarpin.

atau

Tabel 28. Data spektrum  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  NMR, dan HMBC  
artokarpin (3) dalam aseton- $d_6$

No	$^1\text{H}$ NMR, $\delta$ ppm (multiplisitas, $J$ dalam Hz)		$^{13}\text{C}$ NMR $\delta$ ppm		HMBC
	3	3*	3	3*	
2	-	-	162,4	158,0	-
3	-	-	121,9	122,3	-
4	-	-	183,3	183,9	-
4a	-	-	105,5	106,0	-
5	-	-	159,7	159,0	C-4a; C-5; C-6
6	-	-	109,7	110,5	-
7	-	-	163,7	163,6	-
8	6,54 (1H, <i>s</i> )	6,40 (1H, <i>s</i> )	90,4	90,8	C-7; C-8a
8a	-	-	157,3	159,7	-
1'	-	-	112,8	113,4	-
2'	-	-	157,2	157,9	-
3'	6,57 (1H, <i>d</i> , 2,3)	6,51 (1H, <i>d</i> , 1,0)	103,8	103,8	C-1'; C-2'; C-4'; C-5'
4'	-	-	161,4	161,9	-
5'	6,53 (1H, <i>dd</i> , 2,3; 8,4)	6,38 (1H, <i>dd</i> , 1,0; 8,3)	108,0	108,1	C-1'; C-3'

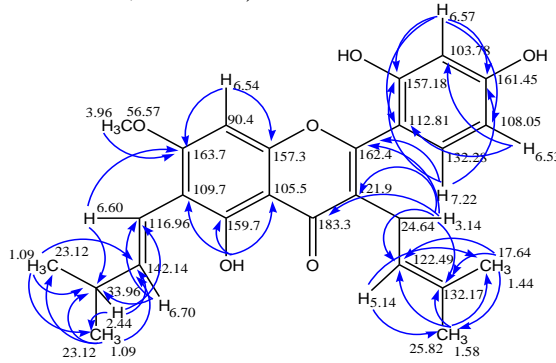
**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

6'	7,22 (1H, <i>d</i> , 8,3)	7,06 (1H, <i>d</i> , 8,3)	132,3	132,6	C-2; C-2'; C-4'
9	3,14 (2H, <i>d</i> , 7,0)	3,07 (2H, <i>d</i> , 7,0)	24,6	25,1	C-2; C-3; C-4; C-10; C-11
10	5,14 (1H, <i>d</i> , 7,0)	5,08 (1H, <i>d</i> , 7,1)	122,5	122,9	C-12; C-13
11	-	-	132,2	132,8	-
12	1,44 (3H, <i>s</i> )	1,38 (3H, <i>s</i> )	25,8	26,0	C-10; C-11; C-12
13	1,58 (3H, <i>s</i> )	1,56 (3H, <i>s</i> )	17,6	17,8	C-10; C-11; C-13
14	6,60 (1H, <i>d</i> , 17,5)	6,49 (1H, <i>d</i> , 16,2)	116,9	117,3	C-7; C-11
15	6,70 (1H, <i>dd</i> , 7,1; 16,2)	6,59 (1H, <i>dd</i> , 7,1; 16,2)	142,1	142,9	C-14; C-16; C-17
16	2,44 (1H, <i>m</i> )	2,38 (1H, <i>m</i> )	33,9	34,5	C-14; C-15; C-17
17	1,09 (3H, <i>d</i> , 6,8)	1,06 (3H, <i>d</i> , 6,8)	23,1	23,4	C-15; C-16; C-18
18	1,09 (3H, <i>d</i> , 6,8)	1,06 (3H, <i>d</i> , 6,8)	23,1	23,4	C-15; C-16; C-17
OC H <sub>3</sub>	3,96 (3H, <i>s</i> )	3,83 (3H, <i>s</i> )	56,57	-	C-7

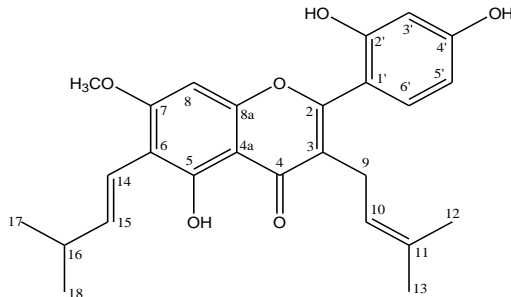
3 Senyawa hasil isolasi (<sup>1</sup>H-NMR, 500 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>; <sup>13</sup>C-NMR, 125 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>)

## Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

3\* Zong-Ping Zheng ( $^1\text{H-NMR}$ , 500 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ ;  $^{13}\text{C-NMR}$ , 125 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )



Gambar 46. Korelasi HMBC ( $^1\text{H} \leftrightarrow ^{13}\text{C}$ ) senyawa artokarpin (3)



Gambar 47. Struktur molekulartokarpin (3)

### 4. Tephrosin (4)

Tephrosin (4), diperoleh sebagai padatan kuning dengan titik leleh 194-198 °C. UV (MeOH)  $\lambda_{\text{max}}$  (nm) (log  $\epsilon$ ): 312, 270 (Gambar 23). IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$  ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3444 (OH), 3072 (CH aromatik), 2964 dan 2929 (CH Alifatik), 1674 (C=O), 1596 dan 1510 (C=C aromatik), 1452 ( $\text{CH}_2$ ), 1377 ( $\text{CH}_3$ ), 1217 (C-O) (Gambar 24). Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  (Gambar 25) menunjukkan adanya tiga proton sebagai ciri khas pada senyawa roten (isoflavonoid), yaitu  $\delta_{\text{H}}$  4,49 ppm (1H, *dd*, 2,3; 12,6 Hz) H-6

ekuatorial, 4,63 ppm (1H, *dd*, 2,3; 12,1 Hz) H-6aksial, dan 4,57 ppm (1H, *dd*, 1,4; 2,4 Hz) H-6a. Nilai konstanta kopling antara H-6 aksial dan H-6a adalah  $J = 2,3$  Hz menyatakan bahwa cincin B/C berikatan dengan orientasi *cis*. Selanjutnya terdapat dua sinyal proton sebagai gugus metoksi yaitu  $\delta_H$  3,72 ppm (3H,*s*) C-2 dan 3,81 ppm (3H, *s*) C-3, menunjukkan senyawa ini adalah isoflavonoid jenis roten yang mengandung dua gugus metoksi. Dua proton berorientasi *para* pada  $\delta_H$  6,55 ppm (1H, *s*) H-1 dan 6,48 ppm (1H,*s*) H-4 di cincin A memperkuat keberadaan senyawa jenis roten tersebut. Data  $^{13}\text{C}$  NMR memperlihatkan dua puluh tiga sinyal yang terpisah baik untuk dua puluh tiga atom karbon. Dua puluh tiga atom karbon tersebut terdiri atas tujuh belas atom karbon  $sp^2$ , lima atom karbon  $sp^3$ , serta satu atom karbon karbonil terkonyugasi pada  $\delta_C$  191,5 ppm C-12. Rincian atom karbon  $sp^2$  sebagai berikut: satu atom karbon metilen pada  $\delta_C$  64,0 ppm C-6, empat metin aromatik pada  $\delta_C$  109,3 ppm C-1, 101,2 ppm C-4, 111,8 ppm C-10, dan 128,7 ppm C-11, tiga atom karbon metin alilsiklik pada  $\delta_C$  76,4 ppm C-6a, 115,5 ppm C-4', dan 128,9 ppm C-5', dan sembilan atom karbon C kuarternar pada  $\delta_C$  108,7 ppm C-1a, 144,1 ppm C-2, 151,2 ppm C-3, 148,5 ppm C-4a, 157,8 ppm C-7a, 109,4 ppm C-8, 160,9 ppm C-9, 111,2 ppm C-11a, dan 78,1 ppm C-6'. Selanjutnya lima atom karbon  $sp^3$  dapat dirinci sebagai berikut: dua atom karbon metoksi pada  $\delta_C$  56,0 ppm C-2 dan 56,5 ppm C-3, satu atom karbon oksialilsiklik pada  $\delta_C$  191,5 ppm C-12a, dan dua atom karbon metil pada  $\delta_C$  28,4 ppm C-7' dan 28,7 ppm C-8'. Berdasarkan nilai geseran kimia dari sinyal proton, karbon, serta HSQC dan HMBC maka senyawa (4) adalah 9,10-dimetoksi-3,3-dimetil-13,13a-dihidro-3H,7aH-pirano[2,3-c;6,5-f']dikromen-7-on. Senyawa (4) sangat bersesuaian dengan senyawa tephrosin yang diisolasi dari tumbuhan *Tephrosia toxicaria* dan dilaporkan oleh Vasconcelos (2012).

Tabel 29. Data spektrum  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  NMR, dan HMBC

Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

tephrosin (4) dalam kloroform-*d*

No	<sup>1</sup> H NMR, δ ppm (multiplisitas, <i>J</i> dalam Hz)		<sup>13</sup> C NMR δ ppm		HMBC
	4	4*	4	4*	
1a	-	-	108,7	108,8	-
1	6,55 (1H, <i>s</i> )	6,57 (1H, <i>s</i> )	109,3	109,8	C-1a; C-2; C- 3; C-4a
2	-	-	144,1	144,2	-
3	-	-	151,2	151,4	-
4	6,48 (1H, <i>s</i> )	6,48 (1H, <i>s</i> )	101,2	101,3	C-1a; C-2; C- 3; C-4a
4a	-	-	148,5	148,6	-
6	4,49 (1H, <i>dd</i> , <i>J</i> = 2,3; 12,6) 4,63 (1H, <i>dd</i> , <i>J</i> = 2,3; 12,1)	4,50 (1H, <i>dd</i> , <i>J</i> = 1,0; 12,0) 4,63 (1H, <i>dd</i> , <i>J</i> = 2,5; 12,0)	64,0	64,0	C-6a C-6a; C-12a
6a	4,57 (1H, <i>dd</i> , <i>J</i> = 1,4; 2,4)	4,57 (1H, <i>dd</i> , <i>J</i> = 1,0; 2,5)	76,4	76,5	C-12a; C-1a
7a	-	-	156,8	156,8	-
8	-	-	109,4	109,3	-
9	-	-	160,9	160,9	-

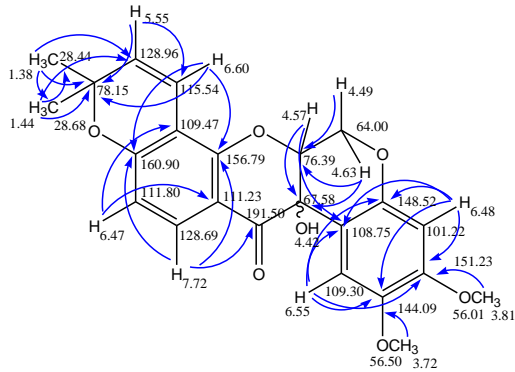
Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

10	6,47(1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 8,9)	6,47(1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 9,0)	111,8	112,0	C-8; C-11a
11	7,72 (1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 8,7)	7,73 (1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 7,0)	128,7	128,7	C-7a; C-9; C-12
11a	-	-	111,2	111,3	-
12	-	-	191,5	191,5	-
12a	4,42 (1H, <i>s</i> )	4,44 (1H, <i>s</i> , OH-12a)	67,6	67,6	-
4'	6,60 (1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 10,0)	6,60 (1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 10,0)	115,5	115,5	C-7a; C-9; C-6'
5'	5,55 (1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 10,1)	5,55 (1H, <i>d</i> , <i>J</i> = 10,0)	128,9	128,9	C-4'; C-6'
6'	-	-	78,1	78,1	-
7'	1,38 (3H, <i>s</i> )	1,39 (3H, <i>s</i> )	28,4	28,4	C-5'; C-6'; C-8'
8'	1,44 (3H, <i>s</i> )	1,45 (3H, <i>s</i> )	28,7	28,7	C-5'; C-6'; C-7'
OC H <sub>3(2)</sub>	3,81 (3H, <i>s</i> )	3,81 (3H, <i>s</i> )	56,0	56,0	C-3
OC H <sub>3(3)</sub>	3,72 (3H, <i>s</i> )	3,78 (3H, <i>s</i> )	56,5	56,5	C-4
OH (12a)	4,42 (1H, <i>s</i> )	4,44 (1H, <i>s</i> )	67,6	67,6	C-12a

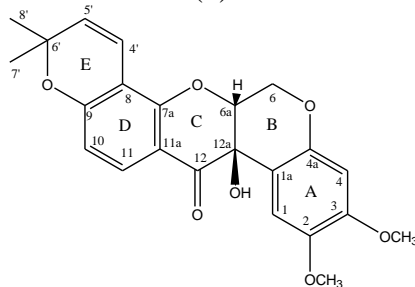
4 Senyawa hasil isolasi (<sup>1</sup>H-NMR, 500 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>; <sup>13</sup>C-NMR, 125 MHz, aseton-*d*<sub>6</sub>)

4\* Vasconcelos (1H-NMR, 500 MHz, CDCL<sub>3</sub>; <sup>13</sup>C-NMR, 125 MHz, CDCL<sub>3</sub>)

## Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...



Gambar 48. Korelasi HMBC ( $^1\text{H} \leftrightarrow ^{13}\text{C}$ ) senyawa Tephrosin (4)



Gambar 49. Struktur molekul tephrosin (4)

### 5. Norartokarpetin (5)

Norartokarpetin (5), diperoleh sebagai serbuk kuning dengan titik leleh 244-248 °C. UV (MeOH)  $\lambda_{\text{max}}$  (nm) (log  $\epsilon$ ): 338, 287, 264 (Gambar 27). Spektrum IR senyawa (5) (Gambar 28) memperlihatkan adanya gugus karbonil terkonjugasi dengan munculnya pita serapan pada  $\nu_{\text{maks}}$  1616  $\text{cm}^{-1}$ , 1697  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus C=C aromatik, dan pita melebar pada 3381  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus OH. Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  (Gambar 29) menunjukkan adanya proton singlet  $\delta_{\text{H}}$  13,11 ppm yang sesuai

untuk gugus OH kelat pada flavonoid, sinyal singlet  $\delta_H$  7,07 ppm (1H, *s*) yang khas untuk proton kerangka flavon pada C-3, terdapat lima sinyal proton aromatik yaitu pada  $\delta_H$  6,23 ppm (1H, *d*, 2,0 Hz) C-6, 6,50 ppm (1H, *d*, 2,0 Hz) C-8, 6,60 ppm (1H, *d*, 2,3 Hz) C-3', 6,57 ppm (1H, *dd*, 2,3; 8,7 Hz) C-5', dan 7,84 ppm (1H, *d*, 8,7 Hz) C-6'. Dua sinyal proton aromatik, 6,23 ppm (1H, *d*, 2,0 Hz) C-6 dan 6,50 ppm (1H, *d*, 2,0 Hz) C-8 saling kopling yang berorientasi meta pada cincin A, sedangkan tiga proton aromatik lainnya membentuk sistem ABX pada 6,60 ppm (1H, *d*, 2,3 Hz) C-3', 6,57 ppm (1H, *dd*, 2,3; 8,7 Hz) C-5', dan 7,84 ppm (1H, *d*, 8,7 Hz) C-6'. Data  $^1H$ -NMR mengindikasikan bahwa senyawa (5) adalah flavon yang mempunyai empat gugus OH pada C-5, C-7, C-2', dan C-4' dan tidak mempunyai substituen isoprenil. Selanjutnya, spektrum  $^{13}C$ -NMR (Gambar 30) menunjukkan adanya lima belas sinyal yang berasal dari lima belas atom C, diantaranya lima karbon oksiaril pada  $\delta_C$  163,8 ppm C-7, 161,6 ppm C-4', 162,4 ppm C-5, 157,9 ppm C-8a, 158,4 ppm C-2', satu karbon karbonil  $\delta_C$  182,5 ppm C-4. Berdasarkan data UV, IR,  $^1H$ -NMR,  $^{13}C$ -NMR, HSQC, dan HMBC maka dapat disarankan bahwa struktur molekul senyawa (5) adalah 5,7,2',4',-tetrahidroksiflavon atau norartokarpetin. Data  $^1H$ -NMR dan  $^{13}C$ -NMR yang telah dilaporkan oleh Honrg-Huey Ko (2013) menunjukkan adanya kesesuaian dengan data  $^1H$ -NMR dan  $^{13}C$ -NMR senyawa (5) sehingga ditetapkan bahwa senyawa tersebut adalah norartokarpetin (5).

Tabel 30. Data spektrum  $^1H$  NMR, dan  $^{13}C$  NMR norartokarpetin (5) dalam aseton-*d*<sub>6</sub>

No	$^1H$ NMR, $\delta$ ppm (multiplisitas, <i>J</i> dalam Hz)		$^{13}C$ NMR $\delta$ ppm		HMBC
	5	5*	5	5*	
2	-	-	161,9	165,8	-

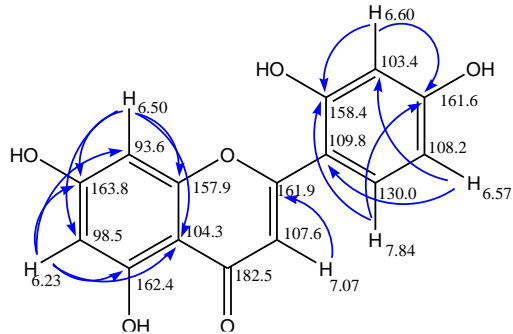


**Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...**

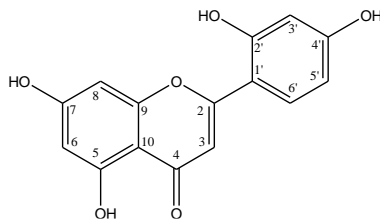
3	7,07 (1H, s)	7,15 (1H, s)	107,6	108,3	C-2
4	-	-	182,5	184,4	-
4a	-	-	104,3	105,1	-
5	-	-	162,4	163,1	C-4a; C-5; C-6
6	6,23 (1H, d, 2,0)	6,19 (1H, d, 2,4)	98,5	99,8	C-4a; C-5; C-7; C-8
7	-	-	163,8	164,2	-
8	6,50 (1H, d, 2,0)	6,42 (1H, d, 2,4)	93,6	94,8	C-4a; C-6; C-8a
8a	-	-	157,9	161,4	-
1'	-	-	109,8	110,7	-
2'	-	-	158,4	159,4	-
3'	6,60 (1H, d, 2,3)	6,42 (1H, d, 2,4)	103,4	104,1	C-2'; C-4'
4'	-	-	161,6	160,4	-
5'	6,57 (1H, dd, 2,3; 8,7)	6,60 (1H, dd, 2,4; 8,8)	108,2	109,1	C-1'; C-3'
6'	7,84 (1H, d, 8,7)	7,79 (1H, d, 8,8)	130,0	131,0	C-2'; C-4'

5 Senyawa hasil isolasi ( $^1\text{H-NMR}$ , 500 MHz, aseton- $d_6$ ;  $^{13}\text{C-NMR}$ , 125 MHz, aseton- $d_6$ )

5\* Honrg-Huey Ko ( $^1\text{H-NMR}$ , 400 MHz, aseton- $d_6$ ;  $^{13}\text{C-NMR}$ , 100 MHz, Aseton- $d_6$ )



Gambar 50. Korelasi HMBC ( $^1\text{H} \leftrightarrow ^{13}\text{C}$ ) senyawa norartocarpetin (5)



Gambar 51. Struktur molekulnorartocarpetin (5)

## B. Hubungan Biogenesis Senyawa Hasil Isolasi Dari *Artocarpus Integer* (Thunb.) Merr.

Kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr. ini berhasil mengisolasi lima senyawa turunan fenol golongan flavonoid. Kelima senyawa tersebut terbagi atas: satu senyawa jenis flavanon yaitu artocarpanon (1), satu senyawa jenis flavon yaitu norartocarpetin (5), dua jenis senyawa 3-prenilflavon yaitu kudraflavon C (2), artocarpin (3), dan satu senyawa jenis isoflavon yaitu tephrosin (4). Tephrosin merupakan senyawa

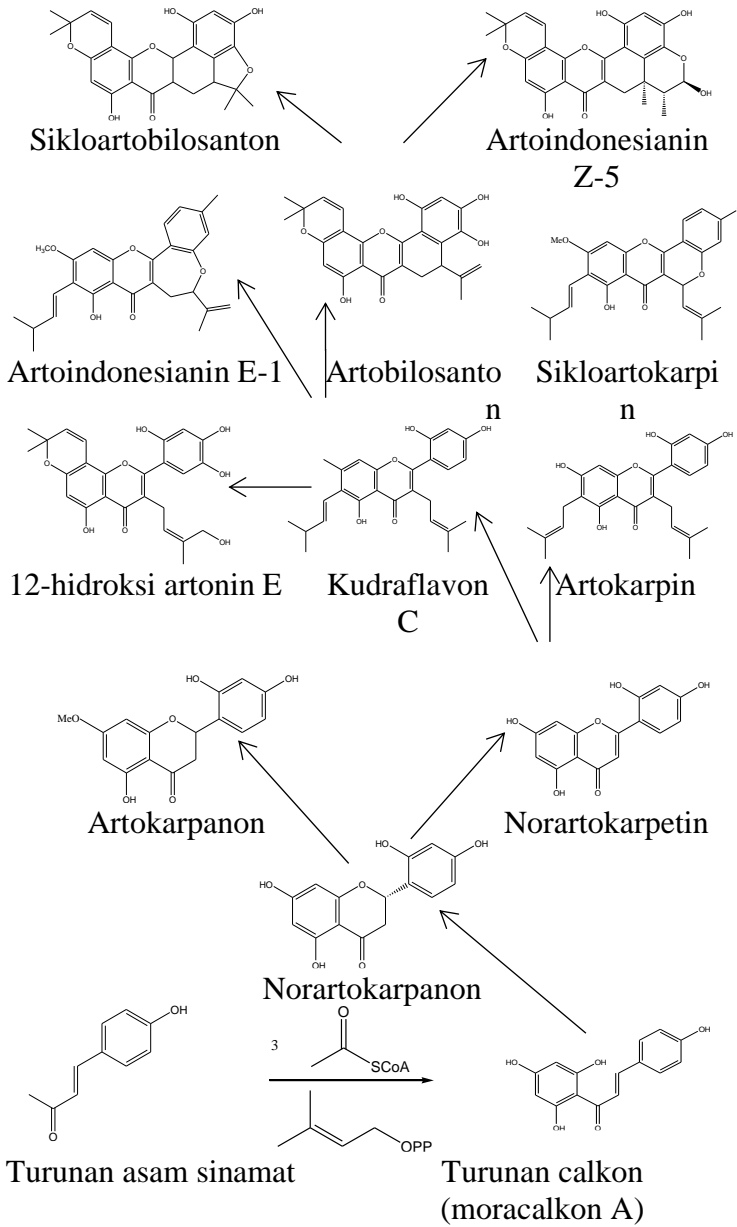
## Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...

isoflavon yang pertama kali ditemukan pada *A. Integer*, yang umumnya ditemukan pada famili Fabaceae.

Senyawa-senyawa yang berhasil diisolasi dari *A. Integer*, secara umum kerangka dasar flavonoid yang terbentuk mengikuti jalur biosintesis yang lazim pada pembentukan senyawa flavonoid tumbuhan lainnya (Dewick, 2002) melalui pembentukan calkon (Markham, 2006). Calkon terbentuk sebagai hasil kondensasi antara satu unit sinamoil-CoA yang berasal dari asam amino L-fenilalanin/L-tirosin dengan tiga unit malonil CoA. Selanjutnya terjadi reaksi kondensasi *Claisen* membentuk siklisasi intramolekul. Senyawa turunan calkon yang terbentuk sejalan dengan biosintesis flavonoid pada umumnya pada tumbuhan Moraceae, yang selanjutnya membentuk turunan flavonoid lainnya (kerangka calkon sampai kerangka flavon) (Hakim dkk, 2006).

Ciri khas senyawa flavonoid dari tumbuhan *Artocarpus* adalah pola oksigenasi pada cincin B, tidak mengikuti kelaziman pola oksigenasi flavonoid tumbuhan lain pada umumnya, yaitu gugus fungsi oksigen di C-2' dan C-4' atau C-2', C-4', dan C-5'. Pola oksigenasi di cincin B kerangka flavon senyawa hasil isolasi sesuai pola oksigenasi dari tumbuhan *Artocarpus* yaitu berada pada C-2' dan C-4'.

**Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus***

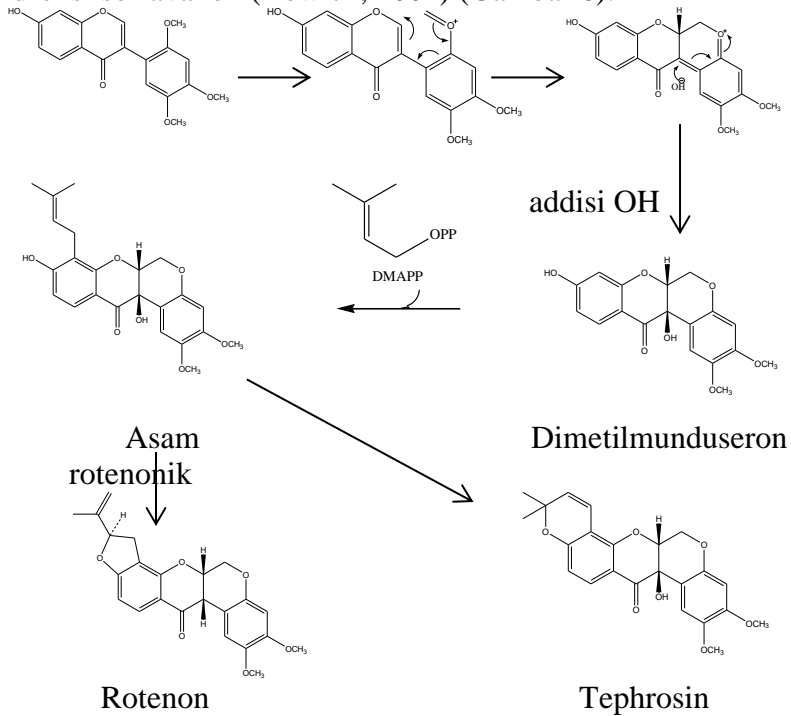


Gambar 52. Biogenesis senyawa flavonoid dan turunannya dari tumbuhan *A. heterophyllus*, *A. elasticus*, *A. lanceifolius* (Musthapa, 2009)

Pada buku membahas pula hubungan biosintetik senyawa flavonoid yang berhasil diisolasi sama seperti yang disarankan oleh Musthapa (2009) seperti pada Gambar 52. Berdasarkan Gambar 52 maka hubungan biogenesis senyawa hasil isolasi dapat disarankan sebagai berikut. Senyawa artokarpanon (1) dengan pola dioksigenasi C-2' dan C-4' pada cincin B, berasal dari senyawa turunan calkon yang selanjutnya membentuk turunan flavanon, yaitu norartokarpanon (134) yang mengalami reaksi oksidasi dan reaksi metilasi. Reaksi oksidasi pada artokarpanon (1) menghasilkan senyawa turunan flavon seperti norartokarpetin (5). Senyawa turunan flavonoid pada *Artocarpus* kelompok flavon dapat mengalami reaksi prenilasi dan hidroksilasi menghasilkan kelompok senyawa turunan 3-prenilflavon (Musthapa, 2009), seperti artokarpin (3) dan kudraflavon C (2). Gambar 55 menunjukkan reaksi biogenesis pembentukan kudraflavon C (2) dan artokarpin (3) yang berasal dari norartokarpetin (5).

Senyawa tephrosin yang berhasil diisolasi pada penelitian ini, menarik karena baru pertama kali ditemukan pada tumbuhan *Artocarpus*. Senyawa kelompok isoflavonoid ini, umumnya ditemukan pada tumbuhan famili Pabaceae (Vanconcelos, 2012). Penemuan senyawa tephrosin memberikan kontribusi yang penting pada aspek fitokimia genus *Artocarpus*. Isoflavonoid, senyawa turunan flavonoid yang cukup berbeda di mana cincin aromatik telah bermigrasi ke karbon heterosiklik yang berdekatan. Proses penataan ulang ini terjadi dengan adanya enzim sitokrom P-450 dengan NADPH dan O<sub>2</sub> sebagai kofaktor yang mengubah flavanonliquiritigenin atau naringenin

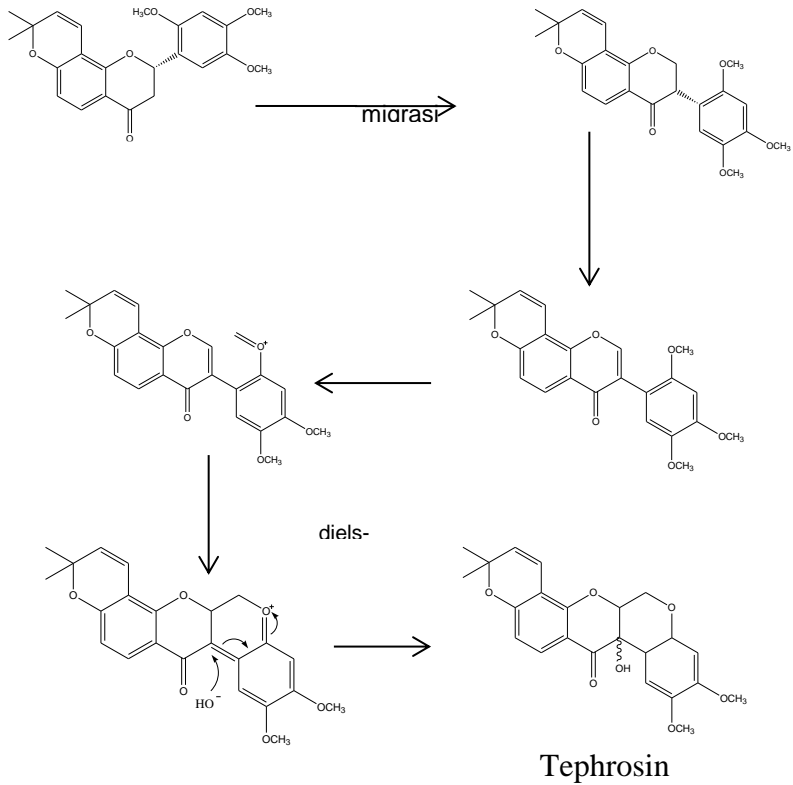
menjadi isoflavon daidzein atau genistein melalui intermedit hidroksiisoflavanon (Dewick, 2002) (Gambar 6).



Gambar 53. Mekanisme reaksi pembentukan tephrosin (Dewick, 2002)

Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 53 jalur biogenesis senyawa tephrosin hasil isolasi dapat disarankan sebagai berikut.

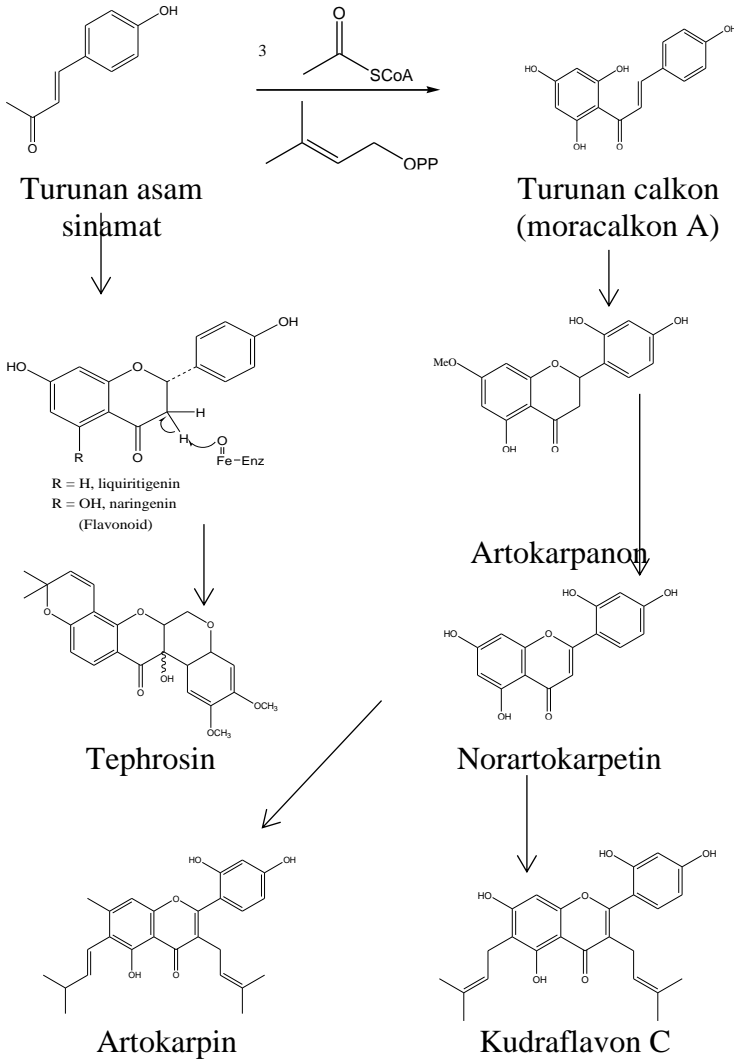
**Bab V || Ilusidasi Struktur Senyawa...**



**Gambar 54.** Mekanisme reaksi pembentukan senyawa tephrosin (4)

Skema jalur biogenesis senyawa hasil isolasi kayu batang *A. Integer* dapat disarankan seperti pada Gambar 55.

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***



Gambar55. Skema biogenesis pembentukan senyawa turunan flavonoid hasil isolasi dari *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.





## BAB VI AKTIVITAS KIMIA SENYAWA *ARTOCARPUS* *INTEGER* (THUNB) MERR.

### A. Aktivitas Antioksidan

Masing-masing ekstrak, Fraksi dan senyawa hasil isolasi dari kayu batang *A. integer* diuji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH. Nilai IC<sub>50</sub> dihitung masing-masing dengan menggunakan rumus persamaan regresi Blois.

#### 1. Pembuatan larutan DPPH

Sejumlah 0,0099 g DPPH dilarutkan dengan metanol p.a. hingga volume 10 mL untuk memperoleh larutan DPPH 0,4 mM. Larutan ini kemudian disimpan dalam botol gelap dan untuk setiap pengujian dibuat baru. Dilanjutkan dengan optimasi panjang gelombang DPPH. Pencarian panjang gelombang optimum dilakukan dengan cara memipet 1 mL metanol p.a kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 mL larutan DPPH konsentrasi 0,4 mM. Volume dicukupkan sampai 4 mL dengan metanol p.a. lalu dikocok hingga homogen, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Larutan ini ditentukan spektrum serapannya menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 400 hingga 800 nm serta ditentukan panjang gelombang optimumnya. Hasil yang diperoleh adalah panjang gelombang optimum berada pada  $\lambda_{\text{maks}}$  500 nm.

#### 2. Pembuatan larutan blanko

Pembuatan larutan blanko dilakukan dengan cara memipet 1 mL metanol p.a kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 mL larutan DPPH konsentrasi 0,4 mM. Volume dicukupkan sampai 4 mL dengan metanol p.a. lalu dikocok hingga homogen, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Tahapan berikutnya adalah pengukuran larutan

## Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

uji. Larutan induk bahan uji dibuat terlebih dahulu dengan konsentrasi 5000 µg/mL. Sejumlah 25 gr fraksi n-heksan dilarutkan dengan metanol p.a. hingga volume 5 mL, diperoleh konsentrasi 5000 ppm sebagai larutan induk. Dari larutan induk dipipet 1 µl, 2 µl, 3 µl, 4 µl, dan 5 µl lalu masing-masing ditambah 1 mL DPPH 0,4 mM, kemudian dicukupkan volumenya 5 mL sehingga diperoleh konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm. Konsentrasi yang diperoleh dikocok hingga homogen, kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit.

Pembuatan larutan seri bahan uji, dipipet 1mL larutan ekstrak konsentrasi 1, 2,3, 4,dan 5ppm, masing-masing dimasukkan ke dalam 5 tabung reaksi, dalam tiap tabung reaksi ditambahkan 1 mL larutan DPPH 0,4 mM dalam metanol p.a. volume dicukupkan sampai 4 mL dengan metanol p.a., dikocok hingga homogen kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Selanjutnya absorbansinya diukur pada panjang gelombang 500 nm. Hal yang sama dilakukan pada fraksi lainnya dan senyawa hasil isolasi.

Persentase inhibisi (IC<sub>50</sub>) terhadap radikal DPPH dari masing-masing konsentrasi larutan sampel dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{absorban blanko} - \text{absorban sampel}}{\text{Absorban blanko}} \times 100\%$$

Aktivitas antioksidan dinyatakan dengan *Inhibition Concentration* 50% atau IC<sub>50</sub> yaitu konsentrasi sampel yang dapat meredam radikal DPPH sebanyak 50%. Nilai IC<sub>50</sub> didapatkan dari nilai x setelah mengganti y dengan 50. Setelah didapatkan persentase inhibisi dari masing-masing konsentrasi, dilanjutkan dengan penghitungan secara regresi linear menggunakan persamaan:

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***

$$y = A + Bx$$

x = konsentrasi ( $\mu\text{g/mL}$ )

y = persentase inhibisi (%)

3. Hasil pengujian aktivitas antioksidan ekstrak, fraksi, dan senyawa hasil isolasi

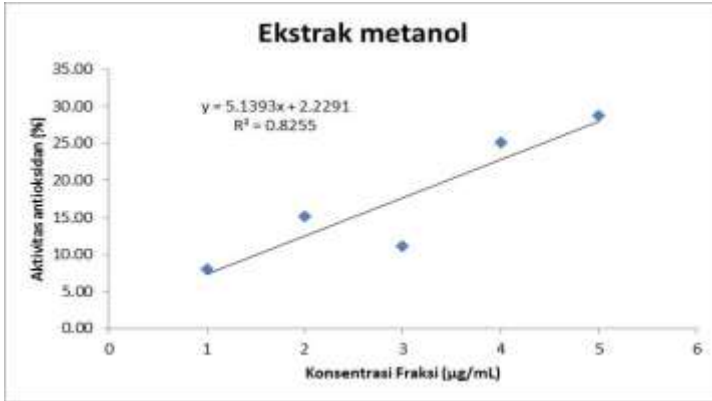
Berdasarkan pengukuran uji antioksidan yang dilakukan terhadap ekstrak, fraksi, dan senyawa hasil isolasi kayu batang *A. Integer* diperoleh hasil sebagai berikut:

a. Hasil pengujian aktivitas antioksidan ekstrak metanol

Tabel 13. Hasil pengujian aktivitas antioksidan ekstrak metanol kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{\text{max}} = 500 \text{ nm}$	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ )
1	0.297	8.05	$y = 5,1393x + 2,2291$ $R^2 = 0,8255$	9,29
2	0.274	15.17		
3	0.287	11.15		
4	0.242	25.08		
5	0.230	28.79		
Kontrol	0.323			

Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...



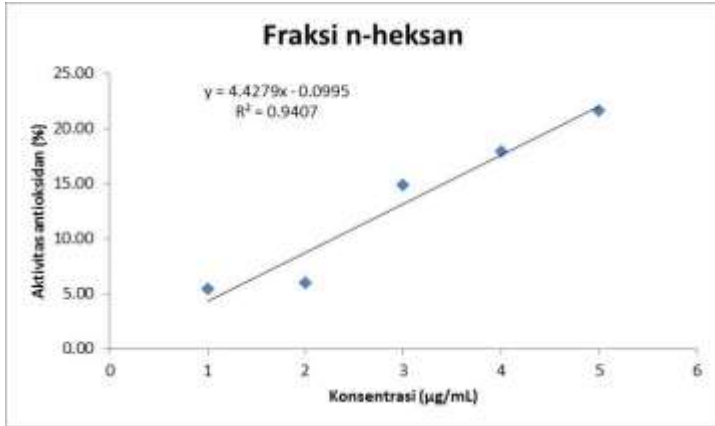
Gambar 31. Grafik aktivitas antioksidan ekstrak metanol kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

b. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi *n*-heksan

Tabel 14. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi *n*-heksan

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	$IC_{50}$ ( $\mu\text{g/mL}$ )
1	0,380	5,47	$y = 4,4279x + 0,0995$ $R^2 = 0,9407$	11,31
2	0,378	5,97		
3	0,342	14,93		
4	0,330	17,91		
5	0,315	21,64		
Kontrol	0,402			

Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



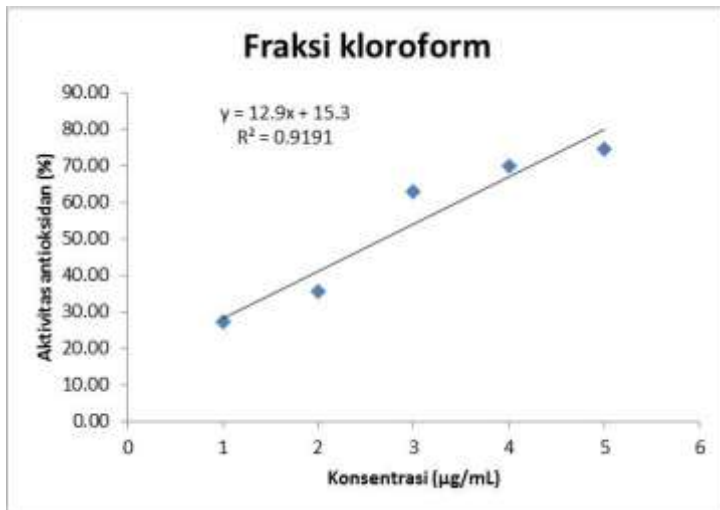
Gambar 32. Grafik aktivitas antioksidan fraksi n-heksan kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

c. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi kloroform

Tabel 15. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi kloroform

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,291	27,25	$y = 12,9x + 15,3$ $R^2 = 0,9191$	2,69
2	0,258	35,50		
3	0,149	62,75		
4	0,120	70,00		
5	0,102	74,50		
Kontrol	0,400			

Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

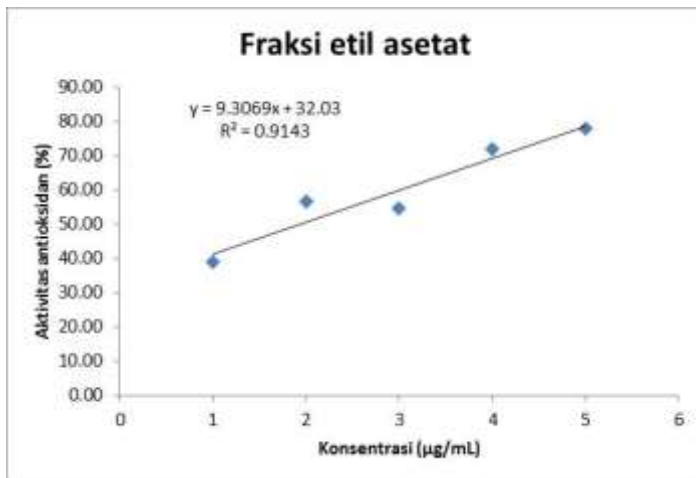


Gambar 33. Grafik aktivitas antioksidan fraksi kloroform kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

d. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi etil asetat

Tabel 16. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi etil asetat

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,247	38,86	$y = 9,3069x + 32,03$ $R^2 = 0,9143$	1,93
2	0,175	56,68		
3	0,184	54,46		
4	0,113	72,03		
5	0,090	77,72		
Kontrol	0,404			



Gambar 34. Grafik aktivitas antioksidan fraksi etil asetat kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

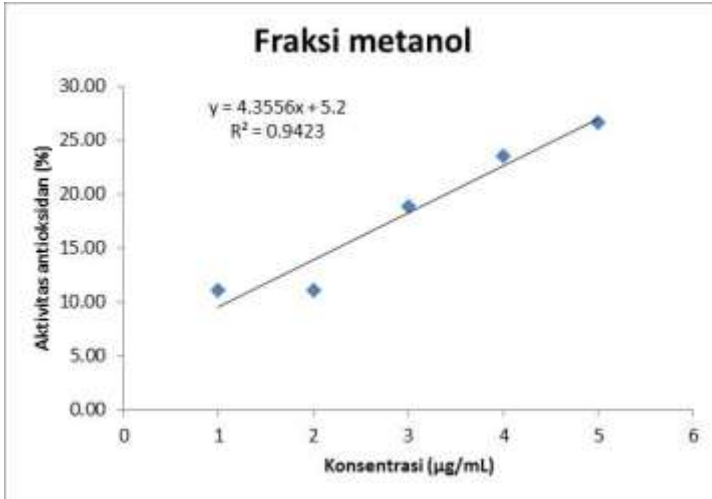
e. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi metanol

Tabel 17. Hasil pengujian aktivitas antioksidan fraksi metanol

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,400	11,11	$y = 4,3556x + 5,2$ $R^2 = 0,9423$	10,28
2	0,400	11,11		
3	0,365	18,89		
4	0,344	23,56		
5	0,330	26,67		
Kontrol	0,450			



Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...



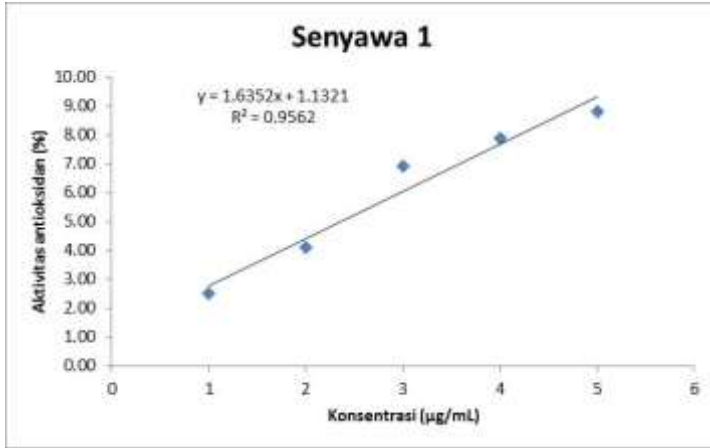
Gambar 35. Grafik aktivitas antioksidan fraksi metanol kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

f. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 1

Tabel 18. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 1

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	$IC_{50}$ ( $\mu\text{g/mL}$ )
1	0,310	2,52	$y = 1,6352x + 1,1321$ $R^2 = 0,9562$	29,88
2	0,305	4,09		
3	0,296	6,92		
4	0,293	7,86		
5	0,290	8,81		
Kontrol	0,318			

Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*



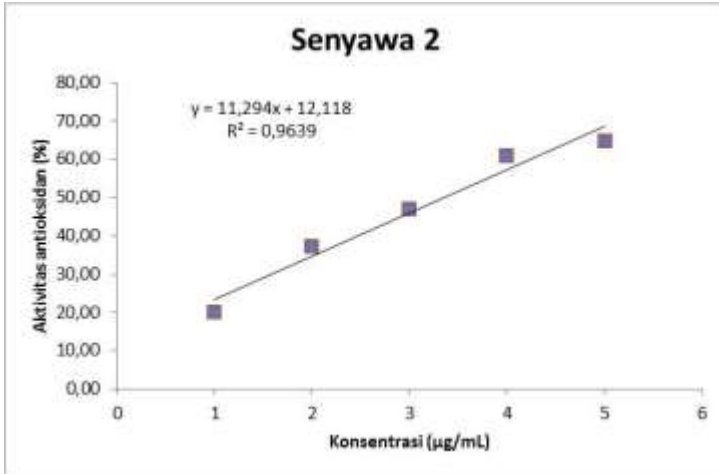
Gambar 36. Grafik aktivitas antioksidan fraksi senyawa 1 kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

g. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 2

Tabel 19. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 2

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500$ nm	% Penangkap an radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,272	20,00	y = 11,294x + 12,118 R <sup>2</sup> = 0,9639	3,35
2	0,213	37,35		
3	0,180	47,06		
4	0,133	60,88		
5	0,120	64,71		
Kontrol	0,340			

Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...



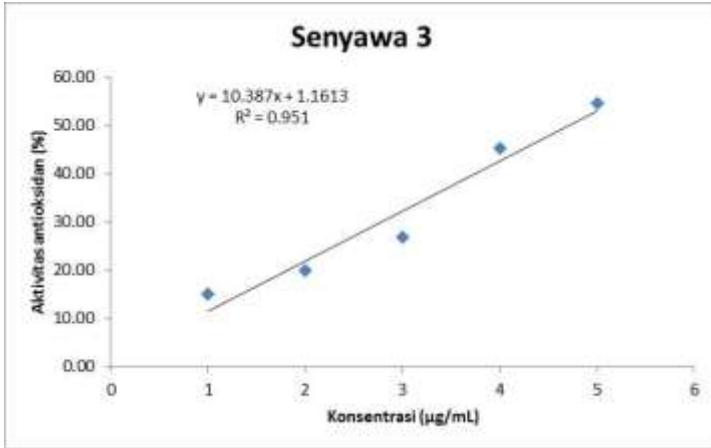
Gambar 37. Grafik aktivitas antioksidan senyawa 2 kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

*h. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 3*

Tabel 20. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 3

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500$ nm	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,263	15,16	$y = 10,387x + 1,1613$ $R^2 = 0,951$	4,70
2	0,248	20,00		
3	0,227	26,77		
4	0,170	45,16		
5	0,141	54,52		
Kontrol	0,310			

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***



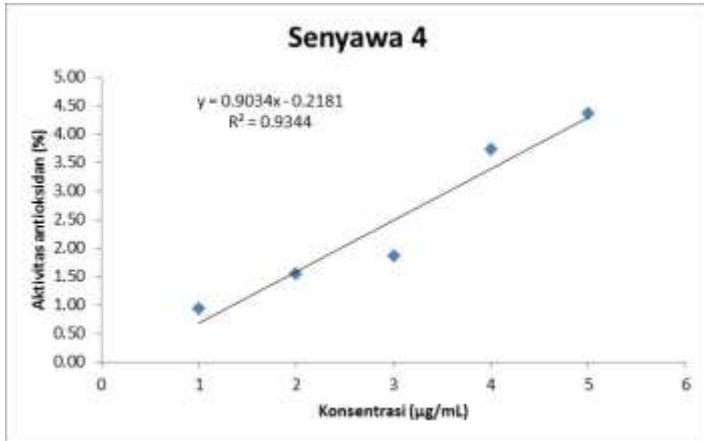
Gambar 38. Grafik aktivitas antioksidan senyawa 3 kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

*i. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 4*

Tabel 21. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 4

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500$ nm	% Penangkap an radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,318	0,93	y = 0,9034x – 0,2181 R <sup>2</sup> = 0,9344	55,58
2	0,316	1,56		
3	0,315	1,87		
4	0,309	3,74		
5	0,307	4,36		
Kontrol	0,321			

Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

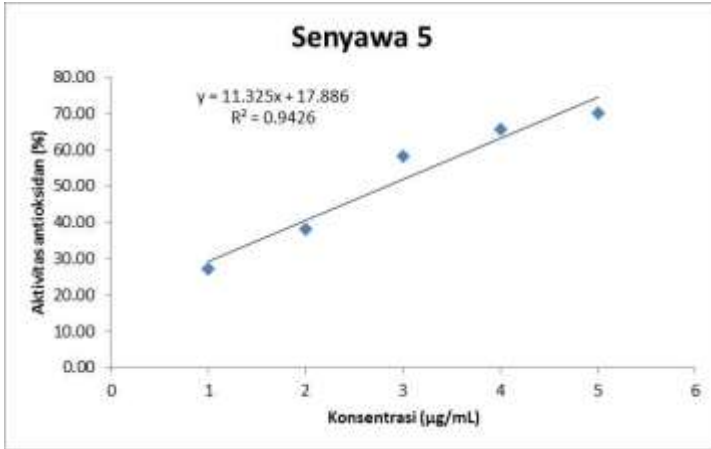


Gambar 39. Grafik aktivitas antioksidan senyawa 4 kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

j. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 5

Tabel 22. Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa 5

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500$ nm	% Penangkapan radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,231	27,13	$y = 11,325x + 17,886$ $R^2 = 0,9426$	2,83
2	0,196	38,17		
3	0,132	58,36		
4	0,109	65,62		
5	0,095	70,03		
Kontrol	0,317			



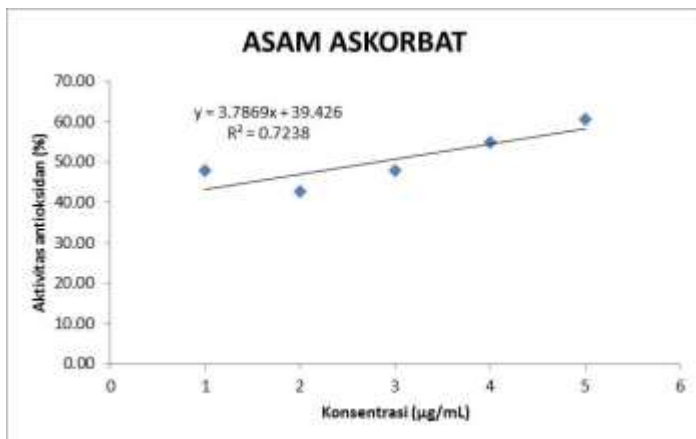
Gambar 40. Grafik aktivitas antioksidan senyawa 5 kayu batang *A. integer*(Thunb) Merr.

k. Hasil pengujian aktivitas antioksidan asam askorbat (pembanding)

Tabel 23. Hasil pengujian aktivitas antioksidan asam askorbat (pembanding)

Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$	% Penangkap an radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> (µg/mL)
1	0,636	47,87	y = 3,7869x + 39,426 R <sup>2</sup> = 0,7238	2,79
2	0,700	42,62		
3	0,636	47,87		
4	0,550	54,92		
5	0,480	60,66		
Kontr ol	1,220			

Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...



Gambar 41. Grafik aktivitas antioksidan asam askorbat (pembanding)

Tabel 24. Data hasil pengujian aktivitas antioksidan kayu batang *A. Integer* (Thunb) Merr.

Ekstrak/fraksi/senyawa	Persamaan Garis Linear	Nilai IC <sub>50</sub> (µg/mL)
Ekstrak total	$y = 5,1393x + 2,2291$ $R^2 = 0,8255$	9,29
Fraksi n-heksan	$y = 4,4279x - 0,0995$ $R^2 = 0,9407$	11,31
Fraksi kloroform	$y = 12,9000x + 15,3000$ $R^2 = 0,9191$	2,69
Fraksi etil asetat	$y = 9,3069x + 32,0300$ $R^2 = 0,9143$	1,93

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

Fraksi metanol	$y = 4,3556x + 5,2000$ $R^2 = 0,9423$	10,28
Artokarpanon (1)	$y = 1,6352x + 1,1321$ $R^2 = 0,9562$	29,88
Kudraflavon C (2)	$y = 11,294x + 12,118$ $R^2 = 0,9639$	3,35
Artokarpin (3)	$y = 10,387x + 1,1613$ $R^2 = 0,951$	4,70
Tephrosin(4)	$y = 0,9034x - 0,2181$ $R^2 = 0,9344$	55,58
Norartokarpetin(5)	$y = 11,325x + 17,886$ $R^2 = 0,9426$	2,83
Asam askorbat	$y = 3,7869x + 39,426$ $R^2 = 0,7238$	2,79

\* Tingkat kekuatan antioksidan adalah kuat ( $IC_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$ ), aktif ( $IC_{50} 50-100 \mu\text{g/mL}$ ), sedang ( $IC_{50} 101-250 \mu\text{g/mL}$ ), lemah ( $IC_{50} 250-500 \mu\text{g/mL}$ ), dan tidak aktif ( $IC_{50} > 500 \mu\text{g/mL}$ ) (Jun dkk; 2003).

### 4. Aktivitas antioksidan

Semua ekstrak dan senyawa hasil isolasi telah dilakukan uji aktivitas antioksidan dengan metode penangkapan radikal bebas DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), sesuai dengan metode Blois (1985). Aktivitas antioksidan ditentukan dari nilai  $IC_{50}$  yang dihitung berdasarkan persamaan garis linear dari persentase penangkapan radikal bebas DPPH. Perhitungan nilai  $IC_{50}$  dapat dilihat pada Lampiran 16.

Hasil perhitungan aktivitas antioksidan memperlihatkan bahwa fraksi *n*-heksan, kloroform, etil asetat, dan metanol dari kayu batang *A. integer* diperoleh nilai  $IC_{50}$  (Tabel 24) secara berturut-turut 11,31, 2,69, 1,93, dan 10,28  $\mu\text{g/mL}$ . Tingkat kekuatan antioksidan adalah kuat ( $IC_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$ ), aktif ( $IC_{50}$



## Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

50-100  $\mu\text{g/mL}$ ), sedang ( $\text{IC}_{50}$  101-250  $\mu\text{g/mL}$ ), lemah ( $\text{IC}_{50}$  250-500  $\mu\text{g/mL}$ ), dan tidak aktif ( $\text{IC}_{50}>500$   $\mu\text{g/mL}$ ) (Jun dkk, 2003). Dari data hasil perhitungan diketahui bahwa seluruh fraksi kayu batang *A. integer* (Thunb) Merr. memiliki nilai  $\text{IC}_{50}<50$   $\mu\text{g/mL}$  yang menunjukkan aktivitas antioksidan kuat, bahkan fraksi etil asetat dan fraksi kloroform lebih aktif dari asam askorbat sebagai kontrol positif.

Selanjutnya, hasil uji aktivitas antioksidan senyawa hasil isolasi diperoleh nilai  $\text{IC}_{50}$ (Tabel24) secara berturut-turut artokarpanon (1), 29,88, kudraflavon C (2) 3,35, artokarpin (3) 4,70, tephrosin (4) 55,58, dan norartokarpetin (5) 2,83  $\mu\text{g/mL}$ . Berdasarkan data uji aktivitas antioksidan di atas, tingkat antioksidan kuat ditunjukkan pada artokarpanon (1), kudraflavon C (2), artokarpin (3), dan norartokarpetin (5), sedangkan tingkat antioksidan aktif ditunjukkan pada tephrosin (4). Keempat senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan kuat memberi petunjuk bahwa dengan adanya gugus dihidroksi pada cincin B menjadi penentu aktivitas antioksidan. Artokarpanon (1) dengan gugus dihidroksi pada cincin B memiliki nilai  $\text{IC}_{50}$  sebesar 29,88  $\mu\text{g/mL}$ , nilai antioksidan meningkat pada norartokarpetin (5) nilai  $\text{IC}_{50}$  sebesar 2,83  $\mu\text{g/mL}$ , hal ini disebabkan adanya tambahan gugus hidroksi pada cincin A. Kudraflavon C (2) dan artokarpin (3) juga memiliki nilai  $\text{IC}_{50}$  sebesar 3,35 dan 4,70  $\mu\text{g/mL}$  yang juga memperlihatkan aktivitas antioksidan tinggi, faktor penentu pada tingginya aktivitas antioksidan ini adalah dengan adanya gugus prenil bebas pada C-3 dan C-6. Gugus dihidroksi pada cincin B dan gugus prenil bebas pada C-3 memberikan petunjuk bahwa kedua gugus tersebut menjadi faktor penentu aktivitas antioksidan. Pola aktivitas ini sesuai yang pernah dilaporkan oleh Suhartati (2001) pada uji toksisitas dengan *A. salina* Leach dan sel murine leukemia P-388 tumbuhan *A. rotunda* dan *A. kemando* dan Musthapa (2016) pada uji toksisitas dengan sel murine leukemia P-388 tumbuhan *A. heterophylus*. Sementara, tephrosin (4) yang

mengalami siklisasi prenil memperlihatkan nilai IC<sub>50</sub> yang rendah (55,58 µg/mL).

## **B. Aktivitas Antibakteri**

Uji aktivitas antibakteri dilakukan terhadap ekstrak dan senyawa hasil isolasi. Bakteri uji yang digunakan terdiri dari 2 bakteri gram negatif (*E. coli* dan *S. thypi*) dan 2 bakteri gram positif (*S. aureus* dan *S. pneumonia*). Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi agar (Kirby-Bauer; 1972) menggunakan kertas cakram (paper disk). Tahapan uji aktivitas antibakteri yaitu persiapan media padat, persiapan media cair, persiapan suspensi bakteri, dan prosedur uji aktivitasnya.

### **1. Persiapan media padat**

Peralatan dan bahan yang akan digunakan disterilkan terlebih dahulu. Labu erlenmeyer diisi dengan aquadest 250 mL lalu ditutup dengan kapas yang dipadatkan sedemikian rupa dan ditutup dengan aluminium foil ke dalam autoklaf selama 25 menit pada suhu 121 °C (Pelczar, 1988). Media padat yang digunakan adalah nutrien agar (NA) dan Mueller Hinton Agar (MHA). Nutrien agar (NA) sebagai medium pembenihan yang telah dimasukkan ke dalam erlenmeyer juga disterilkan ke dalam autoklaf selama 25 menit pada suhu 121 °C. Cawan petri, pinset, batang pengaduk, dan tabung reaksi dibungkus dengan aluminium foil dan disterilkan dengan oven.

Media NA dibuat dengan melarutkan Nutrien agar 23 g ke dalam aquades 1000 mL, kemudian dihomogenkan dengan menggunakan *hotplate* hingga mendidih. Larutan NA dipipet sejumlah 15 mL, kemudian dimasukkan ke tabung reaksi dan setiap tabung reaksi ditutup dengan kapas dan aluminium foil. Selanjutnya disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 25 menit. Media nutrien agar dipindahkan

## Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

ke laminar flow dan diletakkan miring sekitar 45 derajat secara aseptik sampai agar membeku. Setelah membeku, media disimpan dalam refrigerator.

Mueller Hinton Agar (MHA) dilarutkan sebanyak 38 g ke dalam aquades 1000 mL, kemudian dihomogenkan menggunakan *hotplate* hingga mendidih. Larutan MHA disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 25 menit. Suhu dibiarkan turun sampai 40 °C kemudian dituangkan 15 mL ke dalam 12 cawan petri dan ditunggu hingga medium memadat. Setelah memadat, media disimpan dalam refrigerator.

### 2. Persiapan media cair

Media cair yang digunakan adalah Nutrien Broth (NB) untuk kultivasi bakteri. Nutrien Broth dibuat dengan melarutkan 13 g ke dalam aquades 1000 mL, dihomogenkan menggunakan *hotplate* pada suhu  $\pm 100$  °C. Media cair yang telah dihomogenkan, sejumlah 15 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan masing-masing tabung reaksi ditutup menggunakan kapas dan aluminium foil. Media disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 25 menit, kemudian didinginkan pada suhu ruang.

### 3. Persiapan suspensi bakteri

Persiapan bakteri uji dilakukan dengan mengambil sejumlah satu ose bakteri uji lalu dimasukkan ke dalam media cair NB, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 34 °C. Setelah 24 jam, dipilih beberapa koloni dengan ose dan dihomogenkan dengan vortex. Selanjutnya suspensi bakteri disamakan turbiditasnya dengan McFarland 0.5 yaitu dengan nilai absorbansi 0.08-0.1 pada panjang gelombang 625 nm.

## Zakaria, *Fitokimia Tumbuhan Artocarpus*

### 4. Uji antibakteri

Pengujian antibakteri dilakukan terhadap fraksi dan senyawa murni. Tahap pertama adalah mempersiapkan bakteri uji pada masing-masing medium agar. Bakteri *E. coli* yang telah dipersiapkan diambil dengan menggunakan ose bulat. Kemudian dimasukkan ke dalam tabung yang berisi aquadest steril. Isolat bakteri *E. coli* yang telah bercampur dengan aquadest, digoreskan ke medium NA pertama dengan menggunakan cotton buds. Hal yang sama dilakukan pada bakteri *S. thypi*, *S. aureus* dan *S. pneumonia* pada cawan petri kedua sampai keempat dengan ulangan tiga kali untuk tiga variasi konsentrasi senyawa.

Berdasarkan pengukuran uji antibakteri yang dilakukan terhadap ekstrak, fraksi, dan senyawa hasil isolasi kayu batang *A. Integer* diperoleh hasil seperti pada Tabel 25.

Tabel 25. Hasil pengujian aktivitas antibakteri ekstrak dan senyawa hasil isolasi kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.

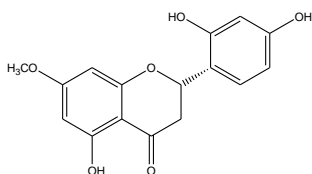
Ekstrak/Fraksi / Senyawa	Diameter zona hambat (mm)*			
	Gram negatif		Gram positif	
	<i>E. coli</i>	<i>S. thypi</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. pneumonia</i>
Ekstrak metanol	8,90	8,90	8,90	10,20
Fraksi <i>n</i> -heksan	8,90	9,80	10,00	12,80
Fraksi kloroform	9,00	10,80	10,50	13,80
Fraksi etil asetat	8,90	9,80	9,60	9,70
Fraksi metanol	9,30	8,80	9,60	12,90

## Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

Artokarpanon (1)	8,10	7,00	11,20	9,00
Kudraflavon C (2)	8,40	7,40	11,40	8,00
Artokarpin (3)	7,40	12,80	9,10	7,50
Tephrosin(4)	9,20	10,75	9,05	11,35
Norartokarpeti n (5)	14,40	10,85	11,30	9,30

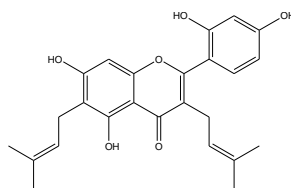
\*Tingkat kekuatan aktivitas antibakteri adalah diameter zona hambat (mm): diameter zona hambat  $\leq 10$  (tidak menghambat), 11-15 (lemah), 16-20 (sedang),  $> 20$  (kuat) (Greenwod; 1995).

Nilai  $IC_{50}$  hasil perhitungan aktivitas antioksidan dan hasil pengukuran diameter zona bening pengujian aktivitas antibakteri terhadap ekstrak, fraksi, dan senyawa hasil isolasi dari kayu batang *A. integer* (Thumb) Merr ditunjukkan pada Tabel 24 dan Tabel 25.



(1)

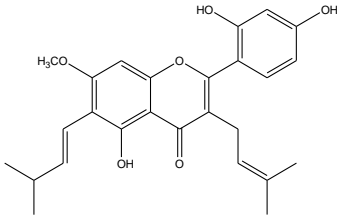
$IC_{50}$  29,88  $\mu\text{g/mL}$   
DZH 11,20 mm (*S. aureus*)



(2)

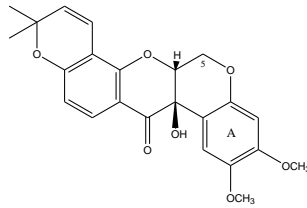
$IC_{50}$  3,35  $\mu\text{g/mL}$   
DZH 11,40 mm (*S. aureus*)

**Zakaria, Fitokimia Tumbuhan *Artocarpus***



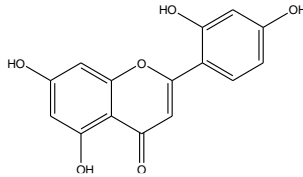
(3)

IC<sub>50</sub> 4,70 µg/mL  
DZH 12,80 mm (*S. thypi*)



(4)

IC<sub>50</sub> 55,58 µg/mL  
DZH 11,35 mm (*S. pneumonia*)



(5)

IC<sub>50</sub> 2,83 µg/mL  
DZH 14,40 mm (*E. coli*)

DZH = Diameter zona hambat

### 5. Aktivitas antibakteri

Uji aktivitas antibakteri terhadap semua ekstrak dan senyawa hasil isolasi dilakukan dengan menggunakan bakteri uji *E. coli*, *S. thypi*, *S. aureus*, *S. pneumonia*. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi agar dan menggunakan kertas cakram (*paper disk*). Diameter hambat ekstrak dan senyawa hasil isolasi terhadap bakteri uji ditunjukkan dengan terbentuknya daerah zona bening di sekitar kertas cakram.

Aktivitas antibakteri ekstrak dan fraksi, zona hambat terbesar terhadap bakteri *S. pneumonia* ditunjukkan pada fraksi kloroform sebesar 13,80 mm dan secara berturut-turut fraksi

## Bab VI || Aktivitas Kimia Senyawa...

metanol, *n*-heksan, dan ekstrak metanol sebesar 12,90, 12,80, 10,20 mm kategori lemah, sedangkan fraksi etil asetat sebesar 9,70 mm dinyatakan tidak menghambat. Hal ini terdapat kesesuaian yang dilaporkan oleh Mulyani (2016) tentang aktivitas antibakteri ekstrak metanol (8,48 mm) dan fraksi etil asetat (8,94 mm), dan metanol (11,39 mm) daun *A. altilis*. Zona hambat terbesar pada fraksi metanol sebesar 11,39 mm termasuk kategori lemah, sementara yang lainnya tidak menghambat.

Selanjutnya, hasil uji antibakteri senyawa hasil isolasi berdasarkan besarnya zona bening yang terbentuk, yaitu artokarpanon (1) 11,20 mm (*S. aureus*), kudraflavon C (2) 11,40 mm (*S. aureus*), artokarpin (3) 12,80 mm (*S. thypi*), tephrosin (4) 11,35 mm (*S. pneumonia*), dan norartokarpetin (5) 14,40 mm (*E. coli*). Tingkat kekuatan aktivitas antibakteri, yaitu diameter zona hambat (mm): diameter zona hambat  $\leq 10$  mm (tidak menghambat), 11-15 (lemah), 16-20 (sedang),  $>20$  (kuat) (Greenwod; 1995). Kelima senyawa hasil isolasi menunjukkan aktivitas antibakteri kategori lemah, yaitu zona hambat 11-15 mm. Meskipun memiliki aktivitas antibakteri lemah, namun berdasarkan data tersebut, aktivitas antibakteri tertinggi adalah norartokarpetin (5) (14,40 mm) pada bakteri *E. Coli* (gram negatif), berikutnya artokarpin (3) (12,80 mm) pada bakteri *S. thypi*, kudraflavon C (2) (11,40 mm) pada *S. aureus*, tephrosin (4) (11,35 mm) pada *S. pneumonia*, dan artokarpanon (1) (11,20 mm) pada *S. aureus*. Dari uraian aktivitas biologis tersebut, dapat dinyatakan bahwa *A. integer* merupakan sumber yang potensial untuk senyawa-senyawa kimia yang berguna bagi kesehatan manusia khususnya sebagai antioksidan.

## BAB VII PENUTUP

Senyawa dari kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. diperoleh hasil bahwa: ekstrak metanol dan semua fraksi dari kayu batang *A. integer* (Thunb) Merr. memiliki aktivitas antioksidan kuat. Sedangkan aktivitas antibakteri fraksi *n*-heksan, fraksi kloroform, dan fraksi metanol kategori lemah, sementara ekstrak metanol dan fraksi etil asetat tidak memiliki aktivitas antibakteri. Senyawa yang berhasil diisolasi dari kayu batang *A. integer* (Thunb) Merr. ada lima yaitu, satu senyawa turunan flavanon yaitu artokarpanon (1), satu senyawa turunan flavon yaitu norartokarpetin (5), dua senyawa turunan 3-prenilflavon yaitu kudraflavon C (2) dan artokarpin (3), dan satu senyawa turunan isoflavon yaitu tephrosin (4) yang ditemukan untuk pertama kalinya pada *A. integer*. Aktivitas antioksidan metode DPPH kelima senyawa hasil isolasi yaitu, artokarpanon (1), kudraflavon C (2), artokarpin (3), norartokarpetin (5) dengan nilai  $IC_{50}$  berturut-turut 29,88, 3,35, 4,70, 2,83  $\mu\text{g/mL}$  (kuat) dan tephrosin (4) dengan nilai  $IC_{50}$  55,58  $\mu\text{g/mL}$  (aktif); sedangkan aktivitas antibakteri dengan metode difusi agar kelima senyawa hasil isolasi termasuk kategori lemah dengan zona hambat 10-15 mm, norartokarpetin (5) (14,40 mm) pada bakteri *E. coli*, artokarpin (3) (12,80 mm) pada bakteri *S. thypi*, kudraflavon C (2) (11,40 mm) pada *S. aureus*, tephrosin (4) (11,35 mm) pada *S. pneumonia*, dan artokarpanon (1) (11,20 mm) pada *S. aureus*.

Biogenesis senyawa *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. disarankan: senyawa artokarpanon (1) berasal dari senyawa turunan calkon yang selanjutnya membentuk turunan flavanon dengan mengalami reaksi oksidasi dan reaksi metilasi. Reaksi oksidasi artokarpanon (1) menghasilkan senyawa turunan flavon yaitu norartokarpetin (5). Senyawa turunan flavonoid pada *Artocarpus* kelompok flavon dapat mengalami reaksi



## Bab VII || Penutup

prenilasi dan hidroksilasi menghasilkan kelompok senyawa turunan 3-prenilflavon yaitu artokarpin (3) dan kudraflavon C (2). Tephrosin berasal dari naringenin (senyawa flavonoid) yang mengalami migrasi 1,2-aril membentuk genistein, yang selanjutnya membentuk asam roten dan mengalami siklisasi.

Tumbuhan yang berkaitan senyawa kimia perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengisolasi dan menentukan struktur molekul senyawa metabolit sekunder jaringan lain *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. Perlu dilakukan penelitian dengan uji bioaktivitas yang lain untuk mengeksplorasi potensi bioaktivitas senyawa dari *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengisolasi, menentukan struktur molekul senyawa metabolit sekunder dan uji potensi bioaktivitasnya dari spesies lain *Artocarpus* khususnya yang ada di Sulawesi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S.A., Jamil, S., Basar, N., Lathif, S.M.A., and Arifin, N.M., 2016, Flavonoids from the leaves and heartwoods of *Artocarpus lowii* King and their bioactivities, *Natural Product Research*, ISSN 1478-6427 :1-8.
- Achmad, S.A., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Makmur, L., Suyatno., Aimi, N., and Ghisalberty, E.L., 1996. A new prenylated flavone from *Artocarpus champeden*. *Journal of Natural Product*. 59: 878-879.
- Achmad, S.A., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D., and Syah, Y.M., 1999. Penyelidikan keanekaragaman senyawa fenol dari spesies Moraceae hutan tropika: suatu strategi penelitian kimia bahan alam, *Prosiding Seminar Nasional Kimia Bahan Alam*, 1-9.
- Achmad, S.A., Hakim, E.H., Syah, Y.M., Nario, A., Mariko, K., Lukman, M., Didin, M., dan Hiromitshu, T., 2001. Artoindonesianin B suatu senyawa yang bersifat toksik terhadap sel tumor P-388 dari tumbuhan *Artocarpus altilis*. *Buletin the Indonesian Society of Natural Product Chemistry*. 1, 20-27.
- Achmad, S.A. 2006. Keanekaragaman Sumber Alam Hayati sebagai Sumber Senyawa Kimia yang Berguna. Makalah, disampaikan dalam Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Makassar, Makassar 2 September 2006.
- Adesogan, E.K., Okunade, A.L., 1979. A new flavone from *Ageratum conyzoides*, *Phytochemistry*, 18(11): 1863-1864.

- Agarkar, S.V., Jadge, D.R. 1999. Phytochemical and pharmacological investigations of genus *Cassia*: A review, *Asian J. Chem.*, 11(2): 295-299.
- Aida, M., Yamaguchi, N., Hano, Y., Nomura, T., 1997. Constituents of the Moraceous plants, Artonol A, B, C, D, and E, five new isoprenylated phenols from the of *Artocarpus communis*. *Phytochemistry*, 45: 163-175.
- Aida, M., Shinomiya, K., Hano, Y., Nomura, T., 1993. Artonins J, K, and L three new isoprenylated flavones from the root bark of *Artocarpus heterophyllus* Lamk. *Heterocycles*, 36: 575-580.
- Aida, H., Shinomiya, K., Matsuzawa, K., Hano, Y., and Nomura, T., 1994. Isoprenylated phenols from the bark of *Artocarpus heterophyllus* Lamk. *Heterocycles*. 39: 847-858.
- Alfiani. dan Tiva, R. 2011. Penentuan fraksi aktif antioksidan ekstrak eti asetat kulit kayu kluwih (*Artocarpus communis* J.R. & G.) dengan metode DPPH dan penetapan kadar fenolik serta flavonoid totalnya. *Tesis*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. url: <http://eprints.ums.ac.id/14942/>. Diakses 20 juni 2016.
- Altman, L.J., and Zito, S.W., 1976. Sterols and triterpenes from the fruit of *Artocarpus altilis*. *Phytochemistry*. 15: 829-830.
- Amarasinghe, N.R., Jayasinghe, L., Hara, N., Fujimoto, Y., 2008. Chemical constituents of the fruits of *Artocarpus altilis*. *Biochemical Systematics and Ekology*, 36: 323-325.

- Ang, H.H., Hitotsuyanagi, Y., Takeya, K., 2000. Eurycolactones A-C, novel quassinoids from *Eurycoma longifolia*, *Tetrahedron Lett.* 41: 6849-6853.
- Ang, H.H., Hitotsuyanagi, Y., Fukayam, H., Takeya, K., 2002. Quassinoids from *Eurycoma longifolia*, *Phytochemistry*, 59: 833-837.
- Anonim, 1995. Medicinal Herb Index in Indonesia (2<sup>nd</sup> Edition), *PT. Esai Indonesia*, Jakarta.
- Arung, E.T., Shimizu, K., and Kondo, R., 2006. inhibitory effect of artocapanone from *Artocarpus heterophyllus* on melain biosynthesis. Search Results. *Biological and Pharmaceutical Bulletin.* 29(9): 1966-1969.
- Asai, F., Tosa, H., Tanaka, T., Limuma, M., 1995. A xanthone from pericarps of *Garcinia mangostana*, *Phytochemistry.* 39(4): 943-944.
- Asnizar. 1998. Artoindonesianin C suatu senyawa baru turunan flavonoid terisoprenilasi dari tumbuhan *Artocarpus lanceifolia* Roxb. Tesis. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Boonphong, S., Baramée, A., Kittakoop, P., Puangsombat, P., 2007. Antitubercular and antiplasmodial prenylated flavones from the roots of *Artocarpus altilis*. *Chiang Mai Journal of Science.* 34(3): 339-344.
- Buckingham, J., 1994. Dictionary of natural products, *Chapman & Hall*. London.
- But, P.P.H., Kimura, T., Guo, J-X., Sung, C.K., Han, B.H., 1997. International collation of traditional folk medicine- Northeast Asia Part II, *World scientific*. Singapura.

- Chen, C.C., Huang, Y.L., and Ou, J.C., 1993. Three new isoprenyl flavones from *Artocarpus altilis*. *Journal Natural Product*. 56(9): 1594-1597.
- Chung, M.I., Lu, C.M., Huang, P.L. and Lin, C.N., 1995. Prenylflavonoids of *Artocarpus heterophyllus*, *Phytochemistry*. 40: 1279-1282.
- Chung, M.I., Ko, H.H., Yen, M.H., Lin, C.N., Yang, S.Z., Tsao, L.T. and Wang, J.P., 2000. Artocarpol A, a novel constituent with potent anti-inflammatory effect, isolated from *Artocarpus rigida*, *Helvetica Chimica Acta*. 83: 1200-1204.
- Cronquist, A., 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants, *Columbia University Press*, New York.
- Darwish, F.A., Evans, F.J., Phillipson, J.D., 1979. Cytotoxic bruceolides from *Brucea javanica*, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 31(S1): 29-39.
- Dayal, R., and Seshadri, T.R., 1974. Colorless components of the roots of *Artocarpus heterophyllus*, *Indian Journal Chemistry*. 12(8): 895-896.
- de Padua, L.S., Bunyapraphatsara, N., Lemmens, R.H.M.J., 1999. Plants resources of South-East Asia 12(1) Medicinal and Poisonous plants 1, *Backhuys publishers*, Leiden.
- De Silva, L.B., Herath, W.H.M.W., Jennings, R.C., Mahendran, M., Wannigama, G.E., 1982. A new sesquiterpene lactone from *Elephantopus scaber*, *Phytochemistry*, 21(5): 1173-1175.

- Dewick, P.M., 2002. Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach. Second Edition. *John Wiley & Sons*. Nottingham, UK.
- Dharma, A.P., 1985. Tanaman obat tradisional Indonesia, *P.N. Balai Pustaka*.
- Ekamiya, N., Okano, M., Miyamoto, M., Tagahara, K., Lee, K.H., 1992. Antitumor agents, 127. Bruceoside C, a new cytotoxic glucoside and related compounds from *Brucea javanica*. *J. Nat. Prod.* 55(4): 478-475.
- Eliza. 1998. Artokarpin dan turunannya dari kayu akar *Artocarpus maingayii* King. Tesis. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Eliza. 2011. Studi fitokimia dan sitotoksisitas senyawa fenol dari daun beberapa spesies *Artocarpus*. Disertasi. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ersam, T., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., and Tamin, R., 2000. Some phenolic compounds from *Artocarpus altilis* (Parkinson) Forsberg, Proceeding International Seminar on the Role of Chemistry in Industry and Environment. Andalas university padang. 30-31 Agustus. 113-119
- Ersam, T., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Syah, Y.M., 2002. A new isoprenylated chalcone, artoindonesianin J, from the root and tree bark of *Artocarpus bracteata*. *Journal Chemistry Research* (S), 186-187.
- Faizi, S., Wasi, A., Siddiqui, B.S., Naz, A., 2002. New terpenoids from the roots of *Melia azedarach*, *Aust. J. Chem.*, 55: 291-296.

- Fang, S.C., Hsu, C.L., Yu, Y.S., Yen, G.C., 2008. Cytotoxic effect of new geranyl chalcone derivatives isolated from the leaves of *Artocarpus communis* in SW 872 human liposarcoma cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.56: 8859-8868.
- Ferlinahayati. 1999. Norartokarpetin dan Flavonoid terisoprenilasi dari kulit batang *Artocarpus scortechinii* King, Tesis. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Fernand, V.E., Dinh, D.T., Washington, S.J., Fakayode, S.O., Losso, J.N., van Revenswaay, R.O., Warner, I.M., 2008. Determination of pharmacologically active compounds in root extracts of *Cassia alata* L., by use of high performance liquid chromatography, *Talanta*. 74(4): 896-902.
- Fujimoto, Y., Zhang, X.X., Kirisawa, M., Uzawa, J. And Sumatra, M., 1990. New flavones from *Artoicarpus communis* Forst, *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*. 38: 1787-1789.
- Fukai, T., Satoh, K., Nomura, T., and Sakagami. 2003. Antinephritis and Radical Scavenging Activity of Prenylflavonoids. *Fitoterapia*. 74: 720-724.
- Gonzalez, A.G., Aguiar, Z.E., Grillo, T.A., Luis, J.G., Rivera, A., Calle, J., 1991. Methoxyflavones from *Ageratum conyzoides*, *Phytochemistry*, 30(4): 1269-1271.
- Greenwood, D., 1995. Antimicrobial treatment: sixty years of antimicrobial drug resistance comes of age. *Lancet* 346 Suppl. p. s 1
- Haggag, M.Y., El Tantawy, M.E., Ahmed, F.I., Shams, M.M., 2000. Study of chemical composition, antimicrobial

and anthelmintic activities on the essential oils of *Artemisia vulgaris* L. and *Santolina chamaecyparissus* L. cultivated in Egyft, *Al-azhar journal of pharmaceutical sciences*, 26:23-39.

- Haider, F., Dwivedi, P.D., Naqvi, A.A., Bagchi, G.D., 2003. Essential oil composition of *Artemisia vulgaris* harvested at different growth periods under Indo-gangetic plain conditions, *J. Ess. Oil Res.*, 15(6): 376-378.
- Hakim, E.H., Fahriyati, A., Kau, M.S., Achmad, S.A., Makmur, L., Ghisalberti, E.L., and Nomura, T., 1999a. Artoindonesianin A and B, two new prenylated flavones from the root bark of *Artocarpus champeden*. *Journal Natural Product*. 62: 613-615.
- Hakim, E.H., Asnizar, Kurniadewi, F., Ghofar, T.A., Achmad, S.A., Aimi, N., Kitajima, M., Makmur, L., Mujahidin, D., Takayama, H., Tamin, R., 1999b. Pyranoflavone and furanodihydrobenzoxanthone derivatives from *Artocarpus lanceifolius*. *Proceeding ITB (Indonesia)*, 31: 57-62.
- Hakim, E.H., Asnizar, Yurnawilis, Aimi, N., Kitajima, M. Takayama, H., 2002. Artoindonesianin P, a new prenylated flavones with cytotoxicity from *Artocarpus lanceifolius*. *Fitoterapia*, 73: 668-673.
- Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Syah, Y.M., and Achmad, S.A., 2005. Molecular diversity of *Artocarpus champeden* (Moraceae): A species endemic to Indonesia, *Molecular Diversity*. 9: 149-158.
- Hakim, E.H., Achmad, S.A., Juliawaty, L.D., Makmur, L. Syah, Y.M., Aimi, N., Kitajima, M., Takayama, H., and Ghisalberti, E.L., 2006. Prenylated flavonoids and



- related compounds of the Indonesian *Artocarpus* (Moraceae). *Journal of Natural Medicine*. 60: 161-184.
- Hakim E. H., 2007. Keanekaragaman Hayati Sebagai Sumber Keanekaragaman Molekul Yang Unik dan Potensial Untuk Bioindustri. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Han, A.R., Kang, Y.J., Windono, T., Lee, S.K., Seo, E.K., 2006. Prenylated flavonoids from the heartwood of *Artocarpus communis* with inhibitory activity on lipopolysaccharide-induced nitric production. *JournalNaturalProduct*. 69: 719-721.
- Hano, Y., Yamagami, Y., Kobayashi, M., Isohata, R., Nomura, T., 1990a. Artonin E and F, two new prenylflavones from the bark of *Artocarpus communis* Forst. *Heterocycles*, 31: 877-882.
- Hano, Y., Inami, R., and Nomura, T., 1990b. Constituents of the Moraceae plants 12. Components of the bark of *Artocarpus rigida* BI. I. Structures of two new isoprenylated flavones, artonins G and H, *Heterocycles*. 31: 2173-2179.
- Hano, Y., Inami, R., Nomura, T., 1993. Components of the bark of *Artocarpus rigida* BL, Structures of four new isoprenylated flavone derivatives Artonin M, N, O and P. *Heterocycles*, 35(2): 1341-1350.
- Hano, Y., Inami, R., and Nomura, T., 1994. A novel flavone, artonin V from the bark of *Artocarpus altilis*. *Journal NaturalProduct*. 56(9): 1594-1597.
- Hano, Y., N. Itoh, A. Hanaoka, and T. Nomura, 1995. Paratocarpin F-L, seven new isoprenoid flavonoids

- from *Paratocarpus venenosa* Zoll. *Heterocycles*, 41(10): 2313-2326.
- Harbone, J.B., 1994. The flavonoids advances in research since 1986. *Chapman & Hall*. London. 502-503.
- Haslam, E., 1974. The shikimate pathway. *Butterworth & Co Ltd*. London. 241-242.
- Heyne, K., 1987. Tumbuhan berguna Indonesia. jilid 2, Departemen kehutanan, Jakarta Indonesia: 668-683.
- Huang, Y-L., Chen, C-C., Chen, Y-J., Huang, R-L., Shieh, B-J., 2001. Three xanthone and a benzophenone from *Garcinia mangostana* J., *J. Nat. Prod.*, 64(7): 903-906.
- Hutchinson, J., 1967. The genera of flowering plants (Angiospermae). Volume II. Oxford University Press, London.
- Itokawa, H., Hiramaya, F., Funakoshi, K., Takeya, K., 1985. Studies on the antitumor bisabolene sesquiterpenoids isolated from *Curcuma xanthorrhiza*, *Chem. Pharm. Bull Japan*, 33(8): 3488-3492.
- Itokawa, H., Morita, H., Sumitomo, T., Toksuka, N., Takea, K., 1987. Antitumor principles from *Alpinia galanga*, *Planta Med.*, 53(1): 32-33.
- Itokawa, H., Kishi, E., Morita, H., Takeya, K., 1992. Cytotoxic quassinoids and tirucallane type triterpenes from the woods of *Eurycoma longifolia*, *Chem. Pharm. Bull.* 40(4): 1053-5.
- Itokawa, H., Qin, X.R., Morita, H., Takeya, K., Liataka, Y., 1993. Novel quassinoids from *Eurycoma longifolia*, *Chem. Pharm. Bull.* 41(2): 403-405.

- Jantan, I., Jalil, J., Abd Warif, N.M., 2001. Platelet activating factor (PAF) antagonistic activities of compounds isolated from Guttiferae (Species), *Pharmaceutical biology (lisse, Netherland)*, 39(4): 243-246.
- Jarret, F.M., 1960. Studied in *Artocarpus* and allied genera IV: A revision of subgenus *Pseudojava*. *Journal Arnold Arboretum*, 41: 73-140.
- Jayasinghe, L., Balasooriya, B.A.I.S., Padmini, W.C., Hara, N., Fujimoto, Y., 2004. Geranyl chalcone derivatives with antifungal and radical scavenging properties from the leaves of *Artocarpus nobilis*. *Phytochemistry*, 65: 1287-1290.
- Jun, M., Fu, H.Y., Hong, J., Wan, X., Yang, C.S., and Ho, C.T., 2003. Comparison of Antioxidant Activities of Isoflavones from Kudzu Root (*Pueraria lobata* Ohwi). *Journal of Food Science*. 68(6): 2117-2122.
- Kazuki, S., Aida, M., Hano, Y., and Nomura, T., 1995. A diels-Aldes-type adduct from *Artocarpus heterophyllus*. *Phytochemistry*. 40: 1317-1319.
- Kijjoo, A., Cidade, H.M., Pinto, M.M.M., Gonzalez, M.T.G., Anantachoke, C., Gedris, T.E., and Herz, W., 1996. Prenylflavonoids from *Artocarpus elasticus*. *Phytochemistry*. 43: 691-694.
- Kijjoo, A., Cidade, H.M., Gonzalez, M.T.G., Afonso, C.M., Silva, A.M.S., and Herz, W., 1998. Further prenylflavonoids from *Artocarpus elasticus*, *Phytochemistry*, 47: 875-878.
- Kloppenburg-Versteegh, J., 1988. Petunjuk lengkap mengenai tanam-tanaman di Indonesia dan khasiatnya sebagai

obat-obatan tradisional, Jilid I, *CD. R.S. Bethesda dan Andi offset*, Yogyakarta.

Ko, H.H., Yang, S.Z., Lin, C.N., 2000. *Helvetica Chimica Acta*. 83: 3000-3005.

Ko, H.H., Yang, S.Z., and Lin, C.N., 2001. Artocarpol F, a phenolic compound with a novel skeleton, isolated from *Artocarpus rigida*, *Tetrahedron Letters*. 42: 5269-5270.

Koshihara, Y., Fujimoto, Y., and Inoue, H., 1988. Natural compounds isolated from the Indonesian plant, *Artocarpus communis*. Inhibit 5-lipoxygenase of cultured Mastocytoma Cells. *Ensho*. 8: 543-546.

Kumar, V., Ramachandran, S., Sultanbawa, M.U.S., 1976. Chemical investigation of Ceylonese plants, part 19, xanthenes and triterpenoids from timber of *Calophyllum inophyllum*, *Phytochemistry*, 15(12): 2016-2017.

Lee, S-J., Chung, H-Y., Maier, C.G., Wood, A.R., Dixon, R.A., Mabry, T.L., 1998. Estrigenic flavonoids from *Artemisia vulgaris* L., *J. Agric. Food Chem.*, 46(8): 3325-3329.

Lemmens, R.H.M.J., Soerjanegara, I., and Wong, W.C., 1995. Plant resources of South East Asia 5(2), Timbers Trees: Minor commercial timbers. *Prosea Foundation*, Bogor, Indonesia.

Lempang, M. dan Suhartati. 2013. Potensi pengembangan cempedak (*Artocarpus integer*Merr.) pada hutan tanaman rakyat ditinjau dari sifat kayu dan kegunaannya. *Jurnal Info Teknis Eboni*. 10(2): 68 – 83.

- Liang, Q-L., Shu, G-X. 2003. Structure elucidation of sesquiterpenoids from *Elephantopus scaber* using the NOESY technique I. *Bopuxue Zazhi (China)*, 20(3): 289-295.
- Liang, Q-L., Gong, Z-N., Shi, G-X., 2004. Application of the NOESY technique in the structure elucidation of sesquiterpenoids isolated from *Elephantopus scaber* II, *Bopuxue Zazhi (China)*, 21(3): 311-315.
- Likhitwitayawuid, K., Sritularak, B., Benchanak, K., De-Eknamkul, W., 2000. Tyrosinase inhibitors from *Artocarpus gomezianus*. *Planta Medicine*. 66: 275-277.
- Likhitwitayawuid, K., Sritularak, B., Benchanak, K., Lipipun, V., Mathew, J., Schinaz, R.F., 2006. Phenolics with antiviral activity from *Millettia erythrocalyx* and *Artocarpus lakoocha*. *Natural Product Research*, 19(2): 177-182.
- Lin, C.N., Shieh, W.L., Jong, T.T., 1992. A pyranodihydrobenzoxhantone epoxide from *Artocarpus communis*. *Phytochemistry*, 31(7): 2563-2564.
- Lin, C.N., Lu, C.M., Huang, P.L., 1995. Flavonoids from *Artocarpus heterophyllus*. *Phytochemistry*, 39: 1447-1451.
- Lin, C.N., Lu, C.M., Lin, H.C., Fang, S.C., Shieh, B.J., Hsu, M.F., Wang, J.P., Ko, F.N., and Teng, C.M., 1996. Novel antiplatelet constituents from formosan Moraceous plants, *Journal of Natural Product*. 59: 834-838.
- Lin, K.W., Liu, C.H., Tu, H.Y., Ko, H.H., Wei, B.L., 2009. Antioxidant prenylated flavonoids from *Artocarpus*

- communis* and *Artocarpus elasticus*. *Food Chemistry*, 115: 558-562.
- Lu, C.M., and Lin, C.N., 1993. The bioactive principles of formosan *Artocarpus* species. Part 5. Two 2',4',6'-trioxygenated flavanones from *Artocarpus heterophyllus*, *Phytochemistry*, 33: 909-911.
- Lu, C.M., and Lin, C.N., 1994. Flavonoids and 9-hydroxytridecyl docosanoate from *Artocarpus heterophyllus*, *Phytochemistry*, 35: 781-783.
- Lu, Y., Lin, C.N., Ko, H.H., Yang, S.Z., Tsao, L.T., Wang, J.P., 2002. Two novel and antiinflammatory constituents of *Artocarpus rigidus*. *Helvetica Chimica Acta*. 85: 1626-1632.
- Lu, Y., Lin, C.N., Ko, H.H., Yang, S.Z., Tsao, L.T., Wang, J.P., 2003. Novel antiinflammatory constituents of *Artocarpus rigida*. *Helvetica Chimica Acta*. 86: 2566-2572.
- Mahato, S.B., Banerjee, S.K., and Chakravarti, R.N., 1971. Triterpen of stem bark of *Artocarpus chaplasha*. *Phytochemistry*, 10: 1351-1354.
- Makmur, L., Syamsurizal, Tukiran, Achmad, S.A., Aimi, N., Hakim, E.H., Kitajima, M., and Takayama, H., 2000. Artoindonesianin C, a new xanthone derivative from *Artocarpus teysmanii*. *Journal Natural Product*. 63: 243-244.
- Matsuda, H., Morikawa, T., Toguchida, I., Harima, S., Yoshikawa, M., 2002. Medicinal Flower, VI.1 Absolute stereostructures of two new flavonone glycosides and a phenylbutanoid glycoside from the flowers of *Chrysanthemum indicum* L.: Their

- inhibitory activities for rat lens aldose reductase, *Chem Pharm Bull (Japan)*. 50(7): 972-975.
- Matsuo, T., Toyota, A., Kanamori, H., Nakamura, K., Katsuki, S., Sekita, S., Satake, M., 2002. Constituents of representative *Curcuma* and estimation of *Curcuma* species in health foods, *Hiroshima-ken hoken kankyo senta kenkyu hakoku*, 10: 7-13.
- Mladenova, K., Tsankova, E., Dinh, V.H., 1988. New sesquiterpenoids from *Chrysanthemum indicum* var. *Tuneful*, *Planta Med*, 54(6): 553-555.
- Morikawa, T., Ando, S., Matsuda, H., Kataoka, S., Muraoka, O., Yoshikawa, M., 2005. Inhibitors of nitric oxide production from the rhizomes of *Alpinia galanga*: Structures of new 8-9' linked neolignans and sesquieneolignan, *Chem. Pharm. Bull*, 53(6): 625-630.
- Morita, H., Kishi, E., Takeya, K., Itokawa, H., 1992. Biphenylneolignans from wood of *Eurycoma longifolia*, *Phytochemistry*, 31(11): 3993-3995.
- Morita, H., Kishi, E., Takeya, K., Itokawa, H., Litaka, Y., 1993. Highly oxygenated quassinoids from *Eurycoma longifolia*, *Phytochemistry*, 33(3): 691-696.
- Mujahidin, D., 2000. Kandungan kimia *Artocarpus lanceifolius*. Tesis. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mulyani, S., Ardiningsih, P., dan Jayuska, A., 2016. Aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak daun mentawa (*Artocarpus anisophyllus*). *JKK*, 5(1): 36-43.

- Murniana, 1997. Beberapa senyawa metabolit sekunder dari kulit batang *Artocarpus reticulatus*. Tesis, Kimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Musthapa, I., 2009. Keanekaragaman metabolit sekunder turunan fenol dari beberapa spesies tumbuhan *Artocarpus* asal Indonesia serta aktivitas biologisnya. Disertasi. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Musthapa, I., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Syah, Y.M., Achmad, S.A., 2010. Prenylated flavones from soma Indonesian *Artocarpus* and their antimalarial properties. *Medicinal Plants – International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 2(2): 157-160.
- Musthapa, I., Hakim, E.H., Syah, Y.M., Juliawaty, L.D., 2016, cytotoxic activities of prenylated flavonoids from *Artocarpus heterophyllus*, *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(16): 9754-9758.
- Nagai, M., Nagumo, S., Eguchi, I., Lee, S.M., Suzuki, T., 1984. Sappanchalcone from *Caesalpinia sappan* L., the proposed biosynthetic precursor of brazilin, *Yakugaku Zasshi (Japan)*, 104(9): 935-938.
- Nagai, M., Nagumo, S., 1990. Protosappanins E-1 and E-2, stereoisomeric dibenzoxocins combined with brazilin from Sappan Lignum, *Chem. Pharm. Bull. (Japan)*. 38(6): 1490-1494.
- Nair, A.G.R., Vijayan, V.K., Sethumadhavan, C.V., 1990. Confirmation of structure of cycloartocarpin from *Artocarpus hirsutus*, *Indian Journal Chemistry*. 29:
- Nasution, H. dan Rahmah, M. 2014 Pengujian antiradikal bebas difenilpikril hidrazil (DPPH) ekstrak etil asetatdaun



- nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk). *Jurnal Sains Dasar*. 3(2): 137-141.
- Nguyen, T.M.H., Nguyen, Q.C., Nguyen, V.H., 2005. Coumarins from leaves of *Calophyllum inophyllum* L., *Tap chi hoa hoc*. 43(6): 683-687.
- Nikolova, M., Gevrenova, R., Ivancheva, S. 2004. High-performance liquid chromatographic separation of surface flavonoid aglycones in *Artemisia annua* L. and *Artemisia vulgaris* L. *Bulg journal of the Serbian Chemical Society*, 69(7): 571-574.
- Nomura, T., and Hano, Y., 1994. Isoprenoid-substituted phenolic compounds of Moraceae plants. *Natural Product Reports*. 205-218.
- Nomura, T., Hano, Y., and Aida, M., 1998. Isoprenoid-substituted flavonoids from *Artocarpus* plants (Moraceae), *Heterocycles*, 47: 1179-1205.
- Nugroho, B.W., Edrada, R.A., Wray, V., Witte, L., Gehling, M., Proksch, P., 1999. Insecticidal rocaglamide derivatives and related compounds from *Aglaia odorata* (Meliaceae), *Phytochemistry*, 51(3): 367-376.
- Ohshiro, M., Kuroyanagi, M., Ueno, A., 1990. Structures of sesquiterpenes from *Curcuma longa*, *Phytochemistry*, 29(7): 2201-2205.
- Park, S.Y., Kim, D.S.H.L, 2002. Discovery of natural products from *Curcuma longa* that protect cells from  $\beta$ -amyloid insult: A drug discovery effort against Alzheimer's disease, *J. Nat. Prod.*, 65(9): 1227-1231.
- Parthasarathy, P.C., Radhakrishnan, P.V., Rathi, S.S., and Venkataraman, K., 1969. Coloring matters of the wood

of *Artocarpus heterophyllus*, V: Cycloartocarpesin and oxydihydroartocarpesin, two new flavones, *Indian Journal of Chemistry*, 7: 101-102.

- Pedro, M., Ferreira, M.M., Cidade, H., Kijjoa, A., Elsa, B.R., Nascimento, M.S.J., 1995. Artelastin is a Cytotoxic Prenylated Flavone that Disturbs Microtubules and Interferes with DNA Replication in MCF-7 Human Breast Cancer Cells. *Life Sciences*. 77: 293-311.
- Pendse, A.D., Pendse, R., Rao, A.V.R., and Venkataraman, K., 1976. Integrin, cyclointegrin and oxyisocyclointegrin, three new flavones from the heartwood of *Artocarpus integer*, *Indian Journal of Chemistry*. 14: 69-72
- Perry, L.M., 1980. Medicinal plants of East and Southeast Asia, *The MIT Press*. Cambridge.
- Pramono, E., 2002. The traditional use of traditional knowledge and medicinal plants in Indonesia multi-stakeholder dialogue on trade, international property and biological resources in Asia. *BRAC Centre for Development Management Rajendrapur*. Bangladesh.
- Rahmani, M. Hashim, N.M. Sukari, M.A. Ali, A.M. Alitheen, N.B. and Go, R. 2008. Antioxidant, Cytotoxic and Antibacterial Activity of Thirteen Species of *Artocarpus* (Moraceae). *Journal of Medicinal and Aromatic of Science*. 31:142-146.
- Rao, A.V.R., Varadan, M., and Venkataraman, K., 1973. Coloring matters of the wood of *Artocarpus heterophyllus*. VII: Isocycloheterophyllin, A new flavone, *Indian Journal of Chemistry*, 11: 298-299.

- Sangat, H.M., Zuhud, E.A.M., Damayanti, E.K., 2000. Kamus penyakit dan tumbuhan obat Indonesia [Etnofitomedika 1], *Yayasan obor Indonesia*. Jakarta.
- Sastroamindjojo, S., 1988. Obat asli Indonesia, *Penerbit Dian Rakyat*.
- Schmidt, F.H. and Ferguson, J.H.A., 1951. Rainfall types based on wet and dry Period ratio for Indonesia with Western New Guinea. Verhandelingen No.42. Jakarta: Direktorat Meteorology and Geofisika.
- Sen, A.K., Sarkar, K.K., Mazumder, P.C., Banerji, N., 1980. Isolation of three new minor xanthenes from *Garcinia mangostana* Linn., *Indian J. Chem.*, 19B(11): 1008.
- Sen, A.K., Sarkar, K.K., Mazumder, P.C., Banerji, N., 1981. Minor xanthenes of *Garcinia mangostana*, *Phytochemistry*, 20(1): 183-185.
- Seo, E.K., Lee, D., Shin, Y.G., Chai, H.B., Navarro, H.A., Kardono, L.B., Rahman, I., Cordell, G.A., Farnsworth, N.R., Pezzuto, J.M., Kinghorn, A.D., Wani, M.C., Wall, M.E., 2003. Bioactive prenylated flavonoids from the stem bark of *Artocarpus kemando*, *Archives of Pharmacal Research*, 26(2): 124-127.
- Shinomiya, K., Aida, M., Hano, Y., Nomura, T., 1995. A diels alders type adduct from *Artocarpus heterophyllus*, *Phytochemistry*, 40: 1317-1319.
- Shimizu, K., Kondo, R., Sakai, K., Buabarn, S., Dilokkunanant, U., 2000. A geranylated chalcone with 5 $\alpha$ -reductase inhibitory properties from *Artocarpus incisus*, *Phytochemistry*, 54: 737-739.

- Shimizu, K., Kondo, R., Sakai, K., Lee, S.H., and Salo, H., 1998. The inhibitory components from *Artocarpus incisus* on melanin biosynthesis. *Planta medica*. 64: 408-412.
- Shimizu, K., Fukuda, M., Sakai, K., 2000. The 5 $\alpha$ -reductase inhibitory components from heartwood of *Artocarpus incisus*. Structure-activity investigations, *Planta medica*. 66: 16-19.
- Soekamto, N.H., 2003. Profil fitokimia beberapa spesies Moraceae Indonesia. Disertasi. Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Suhartati, T., 2001. Senyawa fenol beberapa spesies tumbuhan jenis cempepek Indonesia. Disertasi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Ratananukul, P., Aroonlerk, N., Suksamrarn, A., 2002. Xanthenes from the green fruit hulls of *Garcinia mangostana*, *J. Nat. Prod.*, 65(5): 761-763.
- Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Phakhodee, W., Thanuhiranlert, J., Ratananukul, P., Chimnoi, N., Suksamrarn, A., 2003. Antimycobacterial activity of prenylated xanthenes from the fruit of *Garcinia mangostana*, *Chem. Pharm. Prod.*, 51(7): 857-859.
- Sultanbawa, M.U.S., and Surendrakumar, S., 1989. Two pyranodihydrobenzo-xanthenes from *Artocarpus nobilis*, *Phytochemistry*, 28: 599-605.
- Sung, C.K., Kimura, T., But, P.P.H., Guo, J-X., Han, B.H., 1998. International collation of traditional folk medicine Northeast Asia Part III, *World Scientific*, Singapura.

- Syah, Y.M., Achmad, S.A., Ghisalberti, E.L., Hakim, E.H., Makmur, L., Mujahidin, D., 2002. Artoindonesianins Q–T, four isoprenylated flavones from *Artocarpus champeden* Spreng. (Moraceae). *Phytochemistry*. 61: 949–953.
- Syah, Y.M., Achmad, S.A., Aimi, N., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Takayama, H., 2005. Two prenylated flavones from the tree bark of *Artocarpus lanceifolius*. *Z Naturforsch*, 61b: 1134-1137.
- Syah, Y.M., Achamd, S.A., Bakhtiar, E., Hakim, E.H., Juliawaty, L.D., Latip, J., 2006a. Dua flavonoid tergeranilasi dari daun sukun (*Artocarpus altilis*), *Jurnal Matematika dan Sains*, II(3): 100-103.
- Syah, Y.M., Hakim, E.H., Makmur, L., Valentina, A., Kurdi, Emilio, L., Ghisalberti, Aimi, N., and Achamd, S.A., 2006b. Prenylated 2-arylbenzofurans from two species of *Artocarpus*. *Natural Product Communications*, 1(7): 549-552
- Tang, W., Eisenbrand, G., 1992. Chinese drugs of plant origin—Chemistry, Pharmacology, and use in traditional and modern medicine, *Springer-Verlag*, Berlin.
- Than, N.N., Fotso, S., Sevana, M., Sheldrick, G.M., Fiebig, H.H., Gerhard, L.H., 2005. Sesquiterpene lactones from *Elephantopus scaber*, *Z. Naturforsch, B. Chem. Sciences*, 60(2): 200-204.
- Uehara, S., Yasuda, I., Takeya, K., Itokawa, H., Litaka, Y., 1990. New bisabolane sesquiterpenoids from the rhizomes of *Curcuma xanthorrhiza* (Zingiberaceae) II. *Chem. Pharm. Bull. Japan*, 38(1): 261-263.

- Uehara, S., Yasuda, I., Takeya, K., Itokawa, H., 1992. Terpenoids and curcuminoids of the rhizome of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *Yakugaku zasshi : Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 112(11): 817-823.
- Van Valkenburg, J.L.C.H., Bunyaphratsara, N., 2001. Plant resources of South-East Asia 12(2). Medicinal and poisonous plants 2, *Backhuys Publishers*, Leiden.
- Vasconcelos, J.N., Santiago, G.M.P., Lima, J.Q., Arriaga, A.M.C., and Sobrinho, D.C., 2012. Rotenoids from *Tephrosia toxicaria* with Larvicidal Activity Against *Aedes aegypti*, the Main Vector of Dengue Fever. *Quim Nova*, 35: 1097-1100.
- Venkataraman, K., 1972. Wood phenolics in the chemotaxonomy of the Moraceae. *Phytochemistry*, 11: 1571-1586.
- Verheij, E.W.M dan R.E. Coronel. 1997. Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 2: buah-buahan yang dapat dimakan. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wang, Y., Deng, T., Lin, L., Pan, Y., Zheng, X., 2006. Bioassay-guided isolation of antiatherosclerotic phytochemicals from *Artocarpus altilis*, *Phytother Reseach*, 20: 1052-1055.
- Wang, Y., Xu, K., Lin, L., Pan, Y., Zheng, X., 2007. Geranyl flavonoids from the leaves of *Artocarpus altilis*, *Phytochemistry*, 68: 1300-1306.
- Widyawaruyanti, A.S., Kalauni, S.K., Awale, S., Nindatu, M., Zaini, N.C., Syafruddin, D., Asih, P.B.S., Tezuka, Y., and Kadota, S., 2007. New Prenylated Flavones from *Artocarpus champeden* and Their Antimalarial

- Activity in vitro. *Journal of Natural Medicines*. 61: 410-413.
- Yang, S., Zeng, S., Zheng, L., 2004. Insecticidal active constituents from twigs of *Aglaia odorata* Lour., *Zhongcaoyao*, 35(11): 1207-1211.
- Yoshimura, S., Sakaki, T., Ishibashi, M., Tsuyuki, T., Takahashi, T., Honda, T., 1985a. Constituents of seeds of *Brucea javanica*. Structures of new bitter principles, yadanzolides A, B, C, yadanziosides F, I, J, and L, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 58(9): 2673-2679.
- Yoshimura, S., Sakaki, T., Ishibashi, M., Tsuyuki, T., Takahashi, T., Honda, T., Nakanishi, T., 1985b. Isolation and structures of antileukemic bitter principles from ya-da-zi (*Brucea javanica* L. (Merr.)), *Tennen yuki kagobutsu toronkai koen yoshishu Japan*, 27: 513-520.
- Yoshimura, S., Ogawa, K., Tsuyuki, T., Takahashi, T., Honda, T., 1988. Yadanzolidida D, a new C-19-gassinoid isolated from *Brucea javanica* L. (Merr.), *Chem. Pharm. Bull. Japan*, 36(2): 841-844.
- Yu, Y.N., Li, X., 1990. Chemical constituents of *Brucea javanica* L. (Merr.), *Yauxue Xuebao (China)*, 25(5): 382-386.
- Zahid, S., Ata, A., Samarasekera, R., 2007. New cycloartane-type triterpenoids from *Artocarpus nobilis*, *Cheminform*, 38(25): 280-284.
- Zakaria, Soekamto, N.H., Syah, Y.M., Firdaus. 2017. Aktivitas antioksidan dari fraksi *Artocarpus integer* (thunb) Merr. dengan metode DPPH. *Prosiding seminar nasional kimia*. Mataram. 88-95.

- Zakaria, Soekamto, N.H., Syah, Y.M., Firdaus. 2017a. Isoflavone from *Artocarpus integer* (Thunb.) Merr. and the bioactivity of antioxidants. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 8(4): 907-912.
- Zakaria, Soekamto, N.H., Syah, Y.M., Firdaus. 2017b. Aktivitas antibakteri dari fraksi *artocarpus integer* (Thunb) Merr.dengan metode difusi agar, *E-Jurnal Industri Hasil Perkebunan (JIHP)*. 12(2).
- Zhao, W.M., Fan, C.Q., Zhang, Z., 1999. A new euphane-type triterpene from *Melia azedarach*, *Chinese Chemical Letters*, 10(4): 289-290.





## Lampiran

### Lampiran 1. Hasil identifikasi tumbuhan sampel

	<b>LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA</b> <i>(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)</i> <b>PUSAT PENELITIAN BIOLOGI</b> <i>(RESEARCH CENTER FOR BIOLOGY)</i> Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta - Bogor KM. 46 Cibinong 16911 Telp. (+62 21) 87907636 - 87907604, Fax. 87907612 Website: www.biologi.lipi.go.id		
Noener Lampiran Perihal	9634/IPH.1.01/IE07/VI/2016 :- : Hasil identifikasi/determinasi Tumbuhan	Cibinong, 41 Juni 2016	
Kepada Yth. Bpk./Ibu/Sdr/ji. <b>Zakaria</b> Program Doktor Ilmu Kimia Pasca Sarjana Univ. Hasanudin Makassar			
Dengan hormat,			
Bersama ini kami sampaikan hasil identifikasi/determinasi tumbuhan yang Saudara kirimkan ke "Herbarium Bogoriense", Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi-LIPi Bogor, adalah sebagai berikut :			
<b>No.</b>	<b>No. Kol.</b>	<b>Jenis</b>	<b>Suku</b>
1	Campedak	<i>Artocarpus integer</i> (Thunb.) Merr.	Moraceae
Demikian, semoga berguna bagi Saudara.			
 Kepala Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi-LIPi, Dr. Jemi Setio Rahajoe NIP. 196706241993032004			
D:\idat_2016\Zakaria.doc\Deni-Ab			
Page 1 of 1			

## Lampiran 2. Surat keterangan koleksi sampel



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA  
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)  
PUSAT PENELITIAN BIOLOGI  
(RESEARCH CENTER FOR BIOLOGY)

Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta - Bogor KM. 46 Cibinong 16911  
Telp. (+62 21) 87907636 - 87907604, Fax. 87907612  
Website: www.biologi.lipi.go.id



Cibinong, 9 September 2016

No : 1915 /IPH.L01/KS.02/IX/2016

Hal : Ucapan terima kasih

Kepada Yth.

Sdr. Bapsk Zakaria  
Program Studi S3 Ilmu Kimia  
Universitas Hasanuddin

Terima kasih atas kiriman spesimen herbarium dan hasil identifikasi telah kami kirim dengan No. Surat 1430/IPH.L01/BF.07/V1/2016 dengan hasil *Artocarpus integer* (Thunb) Merr. Suku Moraceae. Spesimen telah di mounting dengan no. Registrasi: BO-1936238. Spesimen akan di simpan di koleksi untuk menambah referensi ilmiah di Herbarium Bogoriense.

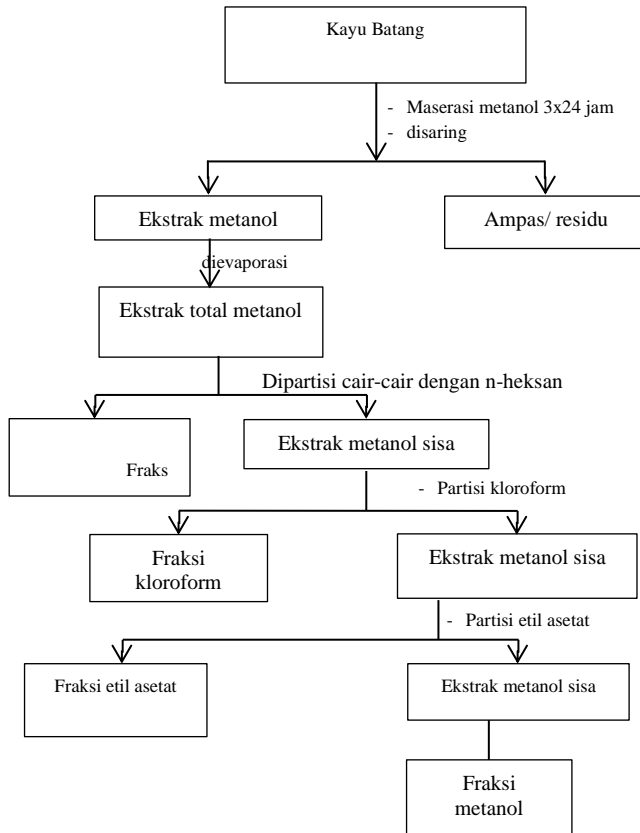
Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepada Bidang Ditani  
Pusat Biologi - LIPI,  
  
Dr. Jerry Sutopo Rahajoe  
NIP. 196198241993032004

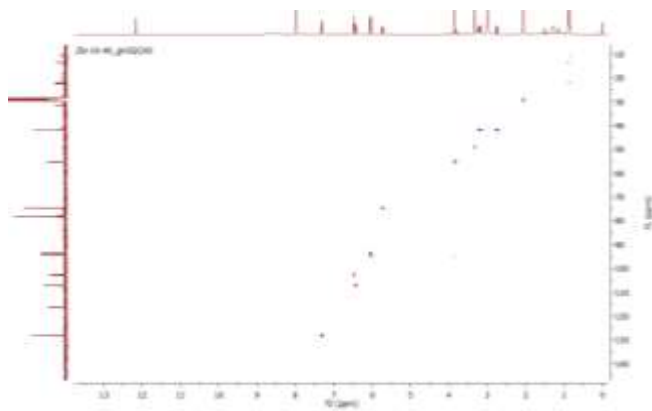
Lampiran 3. Peta Google earth lokasi pengambilan sampel



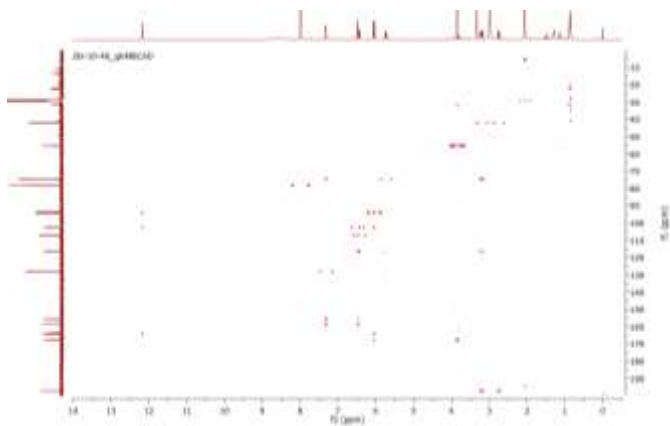
Lampiran 4. Bagan kerja ekstraksi dan partisi sampel kayu batang *Artocarpus integer* (Thumb) Merr.



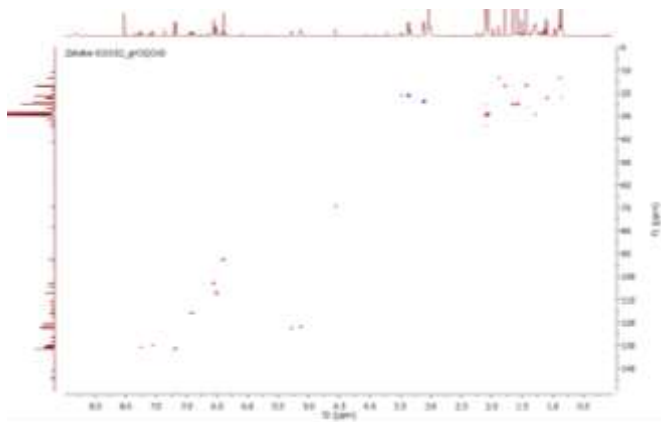
Lampiran 5. Spektrum heteronuclear single quantum correlation (HSQC) Artokarpanon (1)



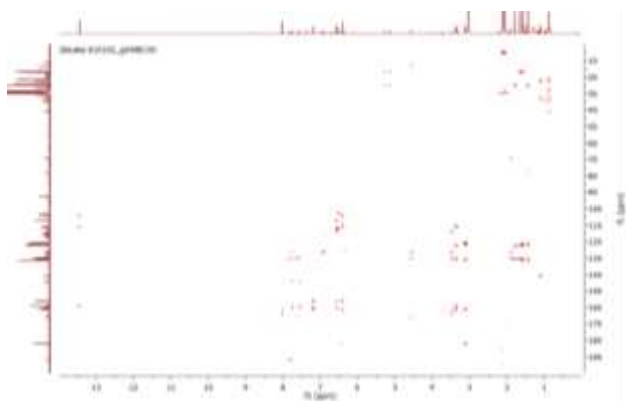
Lampiran 6. Spektrum Heteronuclear Multiple Bond Correlation (HMBC) artokarpanon (1)



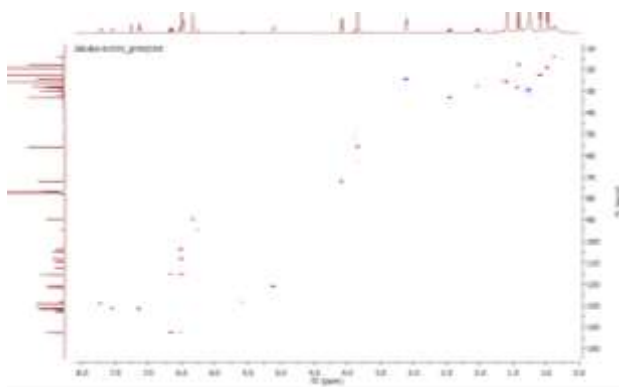
Lampiran 7. Spektrum heteronuclear single quantum correlation (HSQC) kudrflavon C (2)



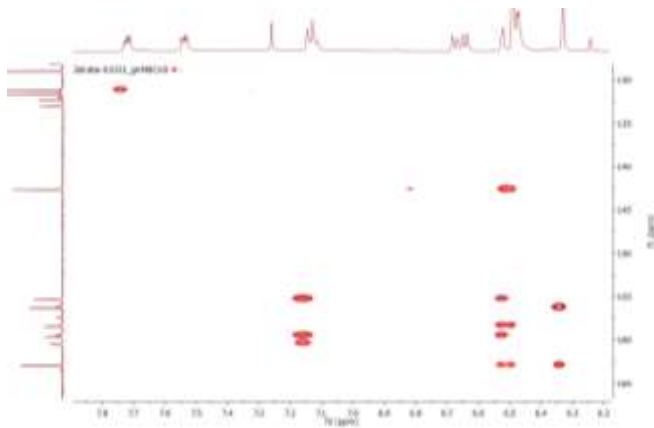
Lampiran 8. Spektrum Heteronuclear Multiple Bond Correlation (HMBC) kudraflavon C (2)



Lampiran 9. Spektrum heteronuclear single quantum correlation (HSQC) artokarpin (3)

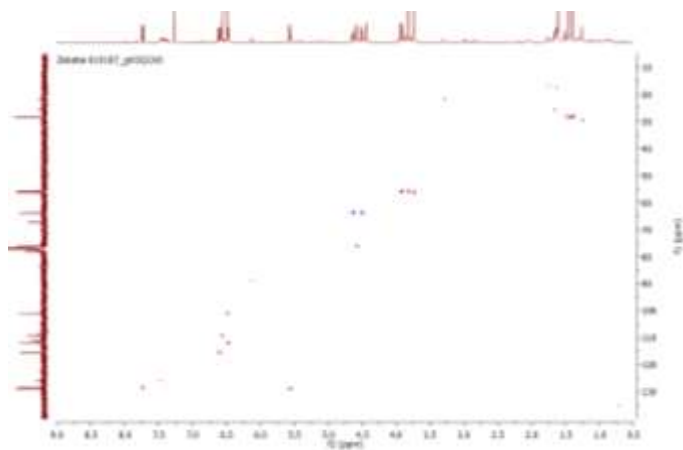


Lampiran 10. Spektrum Heteronuclear Multiple Bond Correlation (HMBC) artokarpin (3)

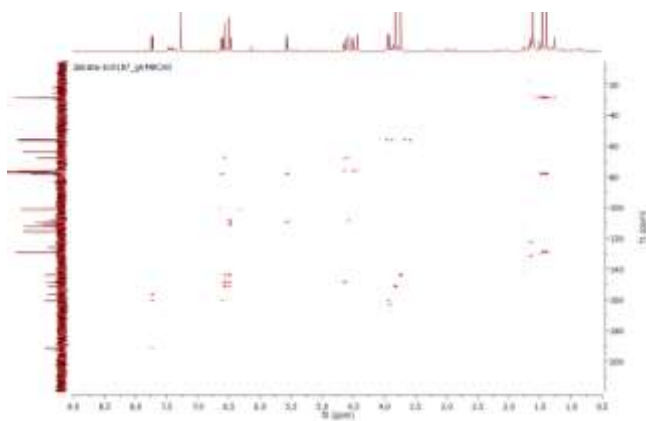




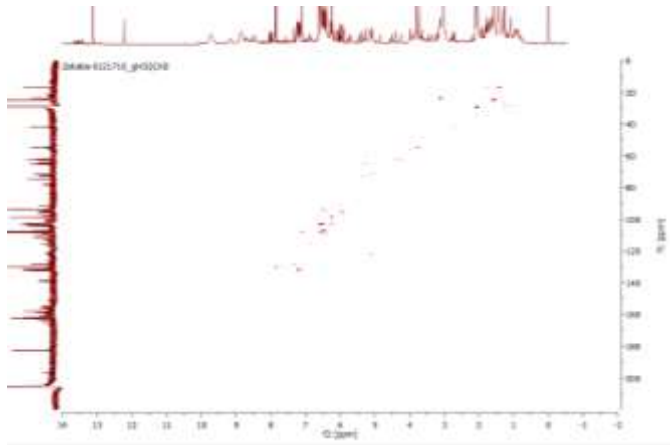
Lampiran 11. Spektrum heteronuclear single quantum correlation (HSQC) tephrosin (4)



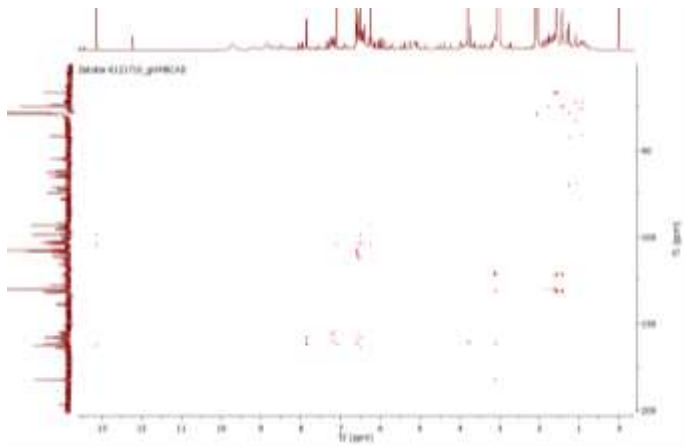
Lampiran 12. Spektrum Heteronuclear Multiple Bond Correlation (HMBC) tephrosin (4)



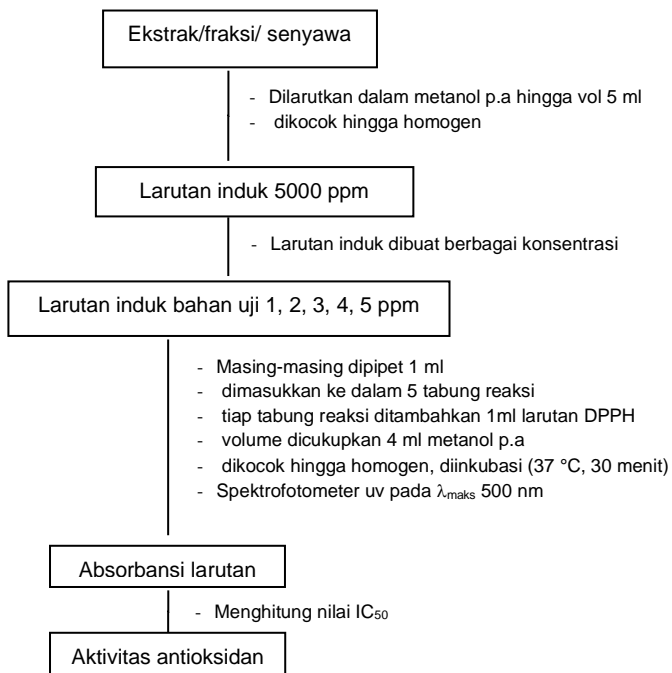
Lampiran 13. Spektrum heteronuclear single quantum correlation (HSQC) norartokarpetin (5)



Lampiran 14. Spektrum Heteronuclear Multiple Bond Correlation (HMBC) norartokarpetin (5)



Lampiran 15. Prosedur uji aktivitas antioksidan ekstrak, fraksi, dan senyawa hasil isolasi kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.



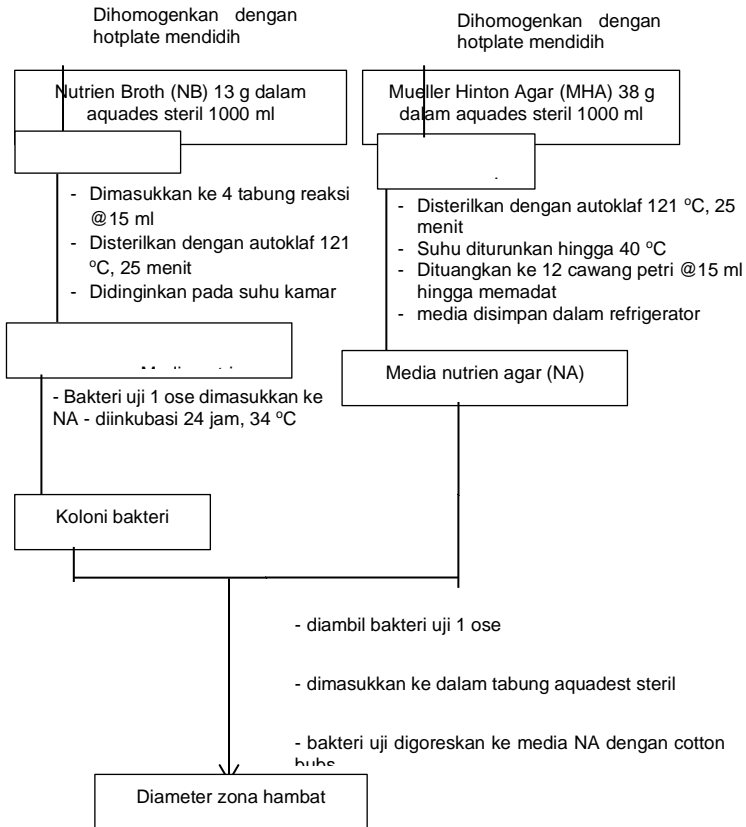
Lampiran 16. Hasil uji aktivitas antioksidan ekstrak dan senyawa hasil isolasi kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.

Ekstrak/ Fraksi/ Senyawa	Konsentrasi (ppm)	Absorbans $\lambda_{\max} =$ 500 nm	% Penangkap an radikal bebas	Persamaan Garis Linear	IC <sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ )
Ekstrak total	1	0,297	8,05	$y =$ 5,1393x + 2,2291 $R^2 =$ 0,8255	9,29
	2	0,274	15,17		
	3	0,287	11,15		
	4	0,242	25,08		
	5	0,230	28,79		
	Kontrol	0,323			
F. n- heksan	1	0,380	5,47	$y =$ 4,4279x - 0,0995 $R^2 =$ 0,9407	11,31
	2	0,378	5,97		
	3	0,342	14,93		
	4	0,330	17,91		
	5	0,315	21,64		
	Kontrol	0,402			
F. kloroform	1	0,291	27,25	$y =$ 12,9000x + 15,3000 $R^2 =$ 0,9191	2,69
	2	0,258	35,50		
	3	0,149	62,75		
	4	0,120	70,00		
	5	0,102	74,50		
	Kontrol	0,400			
F. etil asetat	1	0,247	38,86	$y =$ 9,3069x + 32,0300 $R^2 =$ 0,9143	1,93
	2	0,175	56,68		
	3	0,184	54,46		
	4	0,113	72,03		
	5	0,090	77,72		
	Kontrol	0,404			
F. metanol	1	0,400	11,11	$y =$ 4,3556x + 5,2000	10,28
	2	0,400	11,11		
	3	0,365	18,89		
	4	0,344	23,56		













	5	0,330	26,67	$R^2 =$	
	Kontrol	0,450		0,9423	
Senyawa 1	1	0,310	2,52	$y =$	
	2	0,305	4,09	1,6352x +	
	3	0,296	6,92	1,1321	29,88
	4	0,293	7,86	$R^2 =$	
	5	0,290	8,81	0,9562	
	Kontrol	0,318			
Senyawa 2	1	0,272	20,00	$y =$	
	2	0,213	37,35	11,294x +	
	3	0,180	47,06	12,118	3,35
	4	0,133	60,88	$R^2 =$	
	5	0,120	64,71	0,9639	
	Kontrol	0,340			
Senyawa 3	1	0,263	15,16	$y =$	
	2	0,248	20,00	10,387x +	
	3	0,227	26,77	1,1613	4,70
	4	0,170	45,16	$R^2 = 0,951$	
	5	0,141	54,52		
	Kontrol	0,310			
Senyawa 4	1	0,318	0,93	$y =$	
	2	0,316	1,56	0,9034x -	
	3	0,315	1,87	0,2181	55,58
	4	0,309	3,74	$R^2 =$	
	5	0,307	4,36	0,9344	
	Kontrol	0,321			
Senyawa 5	1	0,231	27,13	$y =$	
	2	0,196	38,17	11,325x +	
	3	0,132	58,36	17,886	2,83
	4	0,109	65,62	$R^2 =$	
	5	0,095	70,03	0,9426	
	Kontrol	0,317			
Asam askorbat (kontrol positif)	1	0,636	47,87	$y =$	
	2	0,700	42,62	3,7869x +	
	3	0,636	47,87	39,426	2,79
	4	0,550	54,92		

5	0,480	60,66	$R^2 =$
Kontrol	1,220		0,7238

Lampiran 17. Prosedur uji aktivitas antibakteri ekstrak, fraksi, dan senyawa hasil isolasi kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.



Lampiran 18. Foto uji antibakteri senyawa hasil isolasi kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.

Bakteri	Konsentrasi (ppm)		
	10	100	1000
<i>Escherichia coli</i>			
<i>Salmonella typhi</i>			
<i>Staphylococcus aureus</i>			
<i>Streptococcus pneumoniae</i>			
<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Senyawa 1</li> <li>2 Senyawa 2</li> <li>3 Senyawa 3</li> <li>5 Senyawa 4</li> <li>6 Senyawa 5</li> <li>K Kontrol negatif</li> </ul>			

Lampiran 19. Hasil pengukuran uji aktivitas antibakteri ekstrak dan senyawa hasil isolasi kayu batang *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.

Ekstrak/ Fraksi/ Senyawa	Konsentrasi (ppm)	Diameter zona hambat (mm)			
		<i>E. coli</i>	<i>S. thypi</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. pneumonia</i>
Ekstrak total	10	8,70	8,80	8,80	8,80
	100	8,70	8,90	8,80	9,10
	1000	8,90	8,90	8,90	10,20
F. n-heksan	10	8,80	8,80	8,90	8,80
	100	8,90	9,10	8,90	9,00
	1000	8,90	9,80	10,00	12,80
F. Kloroform	10	8,90	9,10	10,50	9,00
	100	8,80	9,40	9,00	10,50
	1000	9,00	10,80	9,50	13,80
F. Etil asetat	10	8,70	8,80	9,60	8,80
	100	8,70	8,90	9,40	9,60
	1000	8,90	9,80	9,10	9,70
F. Metanol	10	8,90	8,80	9,10	9,10
	100	8,90	8,80	8,90	10,20
	1000	9,30	8,80	9,60	12,90
Artokarpanon (1)	10	7,00	7,00	7,80	9,00
	100	8,10	7,00	8,85	7,00
	1000	7,00	7,00	11,20	7,90
Kudraflavon C (2)	10	7,90	7,00	9,30	7,00
	100	8,40	7,10	9,30	7,00
	1000	7,00	7,40	11,40	8,00
Artokarpin (3)	10	7,40	11,40	8,60	7,00
	100	7,40	12,80	8,40	7,50
	1000	7,20	11,50	9,10	7,00



Tephrosin (4)	10	8,60	10,7 5	7,00	7,00
	100	9,20	8,70	8,00	11,35
	1000	8,10	9,60	9,05	7,00
Norartokarp etin (5)	10	10,9 0	7,00	9,30	9,30
	100	14,4 0	10,8 5	8,00	8,60
	1000	12,3 0	10,2 5	11,30	8,40

## Lampiran Foto-Foto



Pohon Tumbuhan *Artocarpus integer* (Thunb) Merr.



Partisi Maserat di Laboratorium Kimia Organik  
Universitas Hasanuddin



Fraksinasi di Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam  
Institut Teknologi Bandung (ITB)



Pemurnian Senyawa dengan Kromatografi Radial  
(Kromatotron) di Laboratorium Kimia Organik Bahan alam  
ITB



Foto Bersama Promotor (Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto);  
Dosen Kimia, Teman-teman peneliti Kimia organik Unhas



Foto Bersama Co-promotor (Dr. Firdaus) dan teman-teman  
peneliti Unhas (Laporan mingguan hasil penelitian)



Foto Bersama C-Promotor (Prof. Dr. Yana Maolana Syah),  
Dosen Kimia Organik, dan Teman-teman peneliti Kimia  
Organik Bahan Alam ITB

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama Zakaria, lahir di Tanah Tengah, Kecamatan Bengo Kab. Bone (Sulawesi Selatan) pada tanggal 28 April 1970. Pekerjaan Dosen Tetap Institut Agama Islam Negeri Bone sejak tahun 2008. Alamat lengkap: 1. Bumi Sudiang Raya Blok E No 2 Makassar, 2. Macanang Indah Permai (Harfana) Blok E No 1 Watampone. Lahir dari ayah Muhammad Mustafah (alm) dan Ibu Bunga (Almh). Istri Eny Santi, S.Pd dan Dra. Jumriati (almh) dan dikaruniai anak Syafirah Tizawani Isfania, S.Farm., Apt.

Pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar Negeri 146 Bengo (Kelas 1 dan 2) tahun 1977 dan pindah di Sekolah Dasar Negeri 144 Liliriawang dan tammat pada tahun 1983. Melanjutkan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah Negeri Lappariaja Bengo tahun 1983-1986, kemudian di SMAN Lappariaja tahun 1986-1989. Pada tahun 1989 mengikuti ujian masuk perguruan tinggi negeri (UMPTN) dan lulus pada diploma tiga (D3) program studi Pendidikan Kimia IKIP Ujung Pandang dan selesai pada tahun 1992. Tahun 1996-1998 melanjutkan pendidikan program S1 di IKIP Ujung Pandang. Program Magister (S2) Ilmu Kimia (2002-2005) dan program Doktoral (S3) (2012-2018) diselesaikan di Universitas Hasanuddin.

Karya-karya yang pernah dihasilkan adalah: Aktivitas antioksidan dari fraksi *Artocarpus integer* (thunb) Merr. dengan

metode DPPH. Prosiding Seminar Nasional Kimia, Mataram, Nusa Tenggara Barat (2016) 88-95. Tahun 2017, *Jurnal Isoflavone from Artocarpus integer* (Thunb.) Merr. and the bioactivity of antioxidants, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 8(4): 907-912. *Jurnal Aktivitas antibakteri dari fraksi artocarpus integer* (Thunb) Merr. dengan metode difusi agar (2017), *E-Jurnal Industri Hasil Perkebunan (JIHP) Vol. 12*. *Jurnal Senyawa organik volatil pada madu Bone* (2014), *Jurnal Ilmiah dr. Aloe Saboe* 1(2): 35-42, ISSN: 2406-9191. Analisis Kadar HMF (Hidroxy Methyl Furfural) Pada Madu Bone (2014), *Al-kimia Jurnal penelitian sains kimia*.

Kursus, Pelatihan atau Seminar yang pernah diikuti adalah: Kursus, Advanced International Training Application of Liquid Scintillation Counter Focusing On Coral Age Determination, 4-5 Juli 2013, Radiation Chemistry Laboratory, Hasanuddin University. Konferensi, *Identification volatile compounds and determination HMF of Bone Honey, The 3<sup>rd</sup> International Conference on the medicinal use of honeybee products*, 20-22 Nopember 2013, Hasanuddin University-Universiti Kebangsaan Malaysia. Pelatihan, Penentuan Struktur Senyawa Kimia dengan pemodelan Komputasi, 13 Agustus 2014, Jurusan Kimia Universitas Hasanuddin. Pelatihan, Penulisan Karya Ilmiah Internasional terindeks Scopus, 7-9 April 2015, Universitas Hasanuddin. Seminar, Aktivitas antioksidan dari fraksi *Artocarpus integer* (thunb) Merr. dengan metode DPPH, 10-11 Agustus 2016, Seminar Nasional Kimia, Mataram, Nusa Tenggara Barat. []