

**ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS ANTIBAKTERI
SENYAWA FLAVONOID DARI KAYU CABANG TUMBUHAN SUKUN
(*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)**

(Skripsi)

Oleh

GABRIELLA SETIA WULANDARI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

ISOLATION, CHARACTERIZATION, AND ANTIBACTERIAL BIOACTIVITY ASSAY OF FLAVONOID COMPOUNDS FROM BRANCH WOOD OF SUKUN (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)

By

Gabriella Setia Wulandari

Artocarpus altilis is one species of the genus *Artocarpus* of Moraceae family which known as sukun (breadfruit). This plant has been widely known contains flavonoid derivative compounds and has biological activities that are beneficial to human life. This study has been carried out the isolation and identification of flavonoid compounds and antibacterial activity test from the branch wood of breadfruit plants were obtained from Bumi Dipasena Jaya , Rawajitu Timur, Tulang Bawang, Lampung. Extraction of flavonoid compounds was carried out by maceration method using methanol solvent, followed by fractionation and purification using Vacuum Liquid Chromatography (VLC), Column Chromatography (CC), Thin Layer Chromatography (TLC) and Centrifugal Chromatography method. The compound purity test was carried out based on the melting point test and determining the structure of the compound was determined by UV-Vis and IR spectrophotometry. Isolated compounds from the wood branch was obtained as yellow needle crystals, namely G1 crystal with a melting point of 289-291⁰C , it's thought to be a flavone compound that is cycloartocarpine as much as 30.5 mg. In antibacterial bioactivity test against *B. subtilis* and *E. coli*, isolated compound showed strong antibacterial activity at concentration of 0.5 mg/disk, and medium category at concentrations of 0.3 and 0.4 mg/disk.

Keywords: *Artocarpus altilis*, flavonoids, cycloartocarpin, antibacterial, *B. subtilis*, *E. coli* .

ABSTRAK

ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS ANTIBAKTERI SENYAWA FLAVONOID DARI KAYU CABANG TUMBUHAN SUKUN (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)

Oleh

Gabriella Setia Wulandari

Tumbuhan *Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg merupakan salah satu spesies dari genus *Artocarpus* dari famili Moraceae yang dikenal dengan nama sukun. Tumbuhan ini telah banyak diketahui mengandung senyawa turunan flavonoid dan memiliki aktivitas biologi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Pada penelitian ini telah dilakukan isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid serta uji aktivitas antibakteri dari bagian kayu cabang tumbuhan sukun yang diperoleh dari Desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. Ekstraksi senyawa flavonoid dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol, kemudian dilakukan fraksinasi dan pemurnian menggunakan metode Kromatografi Cair Vakum (KCV), Kromatografi Kolom (KK), Kromatografi Lapis Tipis (KLT), dan Kromatografi Sentrifugal. Uji kemurnian senyawa dilakukan berdasarkan uji titik leleh senyawa dan penentuan struktur senyawa ditentukan dengan spektrofotometri UV-Vis dan IR. Senyawa hasil isolasi yang diperoleh dari bagian kayu cabang berbentuk kristal jarum berwarna kuning yaitu kristal G1 dengan titik leleh 289-291⁰C, diduga merupakan suatu senyawa flavon yaitu senyawa sikloartokarpin sebanyak 30,5 mg. Pada uji bioaktivitas antibakteri, terhadap *B. subtilis* dan *E. coli* senyawa hasil isolasi menunjukkan adanya aktivitas antibakteri kategori kuat pada konsentrasi 0,5 mg/disk, dan kategori sedang pada konsentrasi 0,3 dan 0,4 mg/disk.

Kata kunci : *Artocarpus altilis*, flavonoid, sikloartokarpin, antibakteri, *B. subtilis*, *E. coli*.

**ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS
ANTIBAKTERI SENYAWA FLAVONOID DARI KAYU
CABANG TUMBUHAN SUKUN (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex
F.A. Zorn) Fosberg)**

**Oleh
Gabriella Setia Wulandari**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN UJI
BIOAKTIVITAS ANTIBAKTERI SENYAWA
FLAVONOID DARI KAYU CABANG
TUMBUHAN SUKUN (*Artocarpus altilis*
(Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)**

Nama Mahasiswa : **Gabriella Setia Wulandari**

No. Pokok Mahasiswa : 1417011046

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.
NIP 19540510 198803 2 001

Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

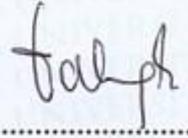
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

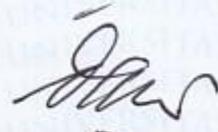
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

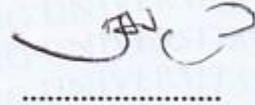
Ketua : **Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.**



Sekretaris : **Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Mulyono, Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **26 September 2018**

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 29 September 1996 di Putra Buyut, Lampung Tengah. Penulis merupakan putri dari Bapak Yohanes Lanjar dan Ibu Teresia Tuminem, sebagai anak keempat dari 5 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 1 Putra Buyut pada tahun 2002-2008, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 2 Kotagajah pada tahun 2008-2011 dan SMA Negeri 1 Kotagajah pada tahun 2011-2014. Pada tahun 2014, penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan.

Selama 4 tahun masa kuliah, penulis menjadi salah satu mahasiswa penerima beasiswa Bidikmisi dari Kemenristek-DIKTI. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Organik Biologi, Kimia Organik I, dan Kimia Organik II. Penulis juga berpartisipasi sebagai peserta PKM kewirausahaan yang diselenggarakan oleh Kemenristek-DIKTI periode 2015/2016.

Selain aktif di perkuliahan, penulis juga aktif di beberapa organisasi, diantaranya sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) periode 2014/2015, anggota Biro Usaha Mandiri HIMAKI periode 2015/2016, Anggota Biro Kesekretariatan HIMAKI

periode 2016/2017, dan anggota UKM Katolik UNILA periode 2014/2015.

Selain organisasi internal kampus, penulis juga menjadi bagian dari perkumpulan eksternal kampus yaitu anggota di Persekutuan Oikumene FMIPA (POM MIPA) dan Keluarga Mahasiswa Katolik Lampung (KMKL).

MOTTO

“Apapun juga yang kamu perbuat, perbuatlah dengan segenap hatimu seperti untuk Tuhan dan bukan untuk manusia.”

(Kolose 3:23)

“Atas apa yang telah dicapai, dan untuk apa yang aku inginkan, aku berhutang pada satu orang : ibuku.”

(Abraham Lincoln)

“However difficult life may seem, there is always something you can do and succeed at. It matters that you don't just give up.”

(Stephen Hawking)

“Orang hebat dan tangguh dimasa sekarang terlahir dari pengalaman pahit dan susah yang dilewatinya dimasa lalu.”

(Gabriella Setia Wulandari)



Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa
Berkat kemurahan hati-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.
Kupersembahkan karya kecilku ini teruntuk...

Ayahanda dan Ibundaku Tercinta
Yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, perhatian, motivasi, doa dan
dukungannya demi tercapainya kehidupan yang lebih baik untukku.

Saudara kandung dan segenap keluarga besarku
Mbak, adik, Mas, dan semuanya yang sudah memberikan dukungan serta
doanya untukku

Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.
Yang dengan sabar, lembut, dan sangat baik hati membimbing dan
memotivasi selama diperkuliahkan. Semoga kebaikan ibu dibalas oleh Tuhan
YME.

Seorang lelaki yang kelak akan mendampingi
dalam untung dan malang
dalam susah dan senang.

Almamater tercinta
Universitas Lampung



SAN WACANA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat karunia dan kemurahan-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “**Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Antibakteri Senyawa Flavonoid dari Kayu Cabang Tumbuhan Sukun (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematik dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dalam proses penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun semua dapat penulis lalui berkat mukjizat dari Tuhan YME dan semangat yang terus mengalir dari orang-orang tersayang yang hadir di kehidupan penulis. Maka dengan penuh ketulusan pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dua malaikat tanpa sayap dihidupku yang sangat kusayangi dan kuhormati. Bapakku tersayang Yohanes Lanjar yang selalu berusaha menjadi ayah terbaik dan selalu sabar menghadapi setiap cobaan dan rintangan hidup demi membesarkanku. Mamakku Teresia Tuminem yang mendidikku sejak kecil tanpa lelah, selalu menginspirasi dan memotivasiku, senantiasa mendoakan kesuksesanku, serta selalu menjadi wanita paling kuat demi masa depan anak-anaknya.

2. Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S., selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, dukungan, motivasi, kritik dan saran dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Semoga kebaikan ibu dibalas Tuhan YME.
3. Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T., selaku pembimbing II atas bantuan, dukungan, serta kritik dan saran yang diberikan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku pembahas yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat berguna kepada penulis dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Dr. Noviany, M.Si., selaku pembimbing akademik atas kesediaannya untuk membimbing, menasehati, dan memberikan masukan selama masa perkuliahan kepada penulis.
6. Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama belajar di Universitas Lampung.
9. Saudari-saudariku tercinta Mba Maria Goreti Sri Wahyuni, Mba Anastasya Feni Trihandayani, dan si bungsu Ester Novita Sari yang selalu mendukung dan memberikan bantuan baik moril maupun materiil, serta selalu memberikan keceriaan sendiri saat berkumpul bersama. Semoga Tuhan YME membalas kebaikan kalian.

10. Kakak iparku Mas Erik Kiswanto dan Abang Torkis yang selalu mendukungku. Dan ketiga keponakanku Brilliant Agung Prastyo, Niken Ayu Prastiti, dan Savio nadadap yang menjadi penghibur dan pelepas lelah penulis.
11. Sahabatku Elisabeth Yulinda Ari Puspita, yang sudah menjadi sahabat, kakak, saudara, teman belajar, teman kosan selama 3 tahun-an, teman main, teman kegereja bareng, teman dikala susah dan senang, teman curhat, temen berantem, dan teman yang sudah mau menerimaku apa adanya. Terimakasih untuk semuanya, apapun itu. Semoga persahabatan ini terus terjalin baik.
12. Sahabatku, “*Sister from Another Moms*”, Elisabet, Clodina, Edit, dan Beber “*Thank you for keep staying, even when you had a million reason to leave*”. Temen dari jaman mahasiswa baru yang selalu ada disaat susah maupun senang. Semoga hubungan persahabatan ini terus terjalin sampai kita tua.
Kalian ISTIMEWA!
13. Partner penelitian seperjuanganku, Elisabet, Kartika, Astriva, Laili, dan Herda. Terimakasih sudah menemani hari-hari selama berkecimpung di dunia perkristalan. See you on TOP guys!
14. Partner terbaikku Risa, Bidari, Asrul, Fendi, Laili, Fikri, Nella, Ella, Rizky Fijaryani, Dicky, Hotasi, dan adik cantikku Ni Putu Rahma yang selalu memberikan keceriaan, semangat, dan bantuan untukku. Semoga kita sukses di jalan hidup kita masing-masing dan semoga Tuhan membalas kebaikan kalian semua.

15. Keluargaku “**Chemistry’14**”, yang sudah banyak memberikan cerita indah, bantuan, keceriaan, dan memberikan banyak pelajaran tentang arti pertemanan. Semoga kita semua diberikan kesuksesan dunia akhirat.
16. Keluargaku “**Penghuni Lab Organik**” terutama Mba Badi, Mba Vicka, Mba Inggit, Mba Nurul, Mba Siti, Mba Erva, Mba Dona, Mba Arni, Mba Imah, Mba Yolanda, Mba Nita, Dicky, Risa, Ufi, Ela, Rizky, Clodina, Nella, dan Dhia dan adik-adik angkatan 2015 yang sudah memberikan bantuan dan semangat selama penelitian di Laboratorium Kimia Organik.
17. Keluargaku “**Saudara Perkayuan**” terutama Mba Ismi, Mba Susy, Mba Ajeng, Mba Badi, Mba Vicka, Mba Inggit, Mba Nurul, Mba Arni, Kak Rio, Kak Hernawan, Elisabet, Kartika, Astriva, Laili, Herda, Valen, Rinda, Zuwita, Mentari, dan Rizqy yang sudah banyak membimbing, membagi ilmu, memberikan petunjuk dan membantuku selama penelitian.
18. Keluargaku “**Calon S.Si 2018**”, Astriva, Dhia, Dicky, Dina, Ela, Herda, Ufi, Ela, Kartika, Laili, Nella, Risa, Rizky, dan Elisabeth yang mungkin ada yang belum bisa S.Si di tahun 2018, tetap semangat, semua punya waktu terbaiknya masing-masing. Terimakasih sudah bersedia menjadi tempat sharing apapun selama penelitian. See you on TOP guys!
19. Kakak tingkat angkatan 2010, 2011, 2012, dan 2013, terimakasih atas ilmu, sharing pengalaman, nasihat dan semangat yang diberikan.
20. Adik-adik tingkat 2015 dan 2016 yang sudah memberikan keceriaan dan dukungannya, terkhusus untuk yang pernah jadi praktikanku.
21. Semua *Customer* setiaku, yang sudah mempercayakan belanjanya ke olshopku. Kalian penopang hidupku *guuyysss, love you!*

22. Para wanita kosan “**Anak Pak Nanang**”, Ninda, Putri, Mba Galuh, Mba Indah, Rahma, Nova, Nora, Tria, dan Hanani yang sudah menemani penulis pada tahun pertama kuliah. Terimakasih sudah membantuku melewati fasa-fasa sulit dari seorang anak rumahan menjadi anak kosan yang mandiri.
23. Para sahabatku sejak SMA “**Wanita Tangguh**”, Dy Uswatun, Mega, Pepy Anggun, Ray, Dayu, Rizky Fijaryani, dan Dwi Febriana. Terimakasih atas semangat dan keceriaan yang selama ini kalian berikan yang menjadi salah satu sumber kekuatan tersendiri untukku, yang membuatku tidak pernah merasa sendirian. Doaku yang terbaik untuk kalian semua.
24. Sahabatku dari jaman SD sampai kuliah, Leni Marlina, Temen seperjuangan dari antah berantah merantau kekota mengejar cita-cita. Terimakasih sudah mau menemaniku sampai detik ini dan semoga kita bisa membanggakan kedua orangtua kita kelak. Keep strong ya!
25. Laboran dan staff di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Mbak wit, Pak Gani, Pak Jhon, Mbak Liza, Mas Nomo, Mba Umi dkk. Terimakasih sudah banyak membantu selama perkuliahan dan penelitian.
26. Keluarga besar mbah Yohanes Kasmu Sentono, atas bantuan, semangat, dan doanya. Semoga kita selalu rukun *adem ayem* dan saling menyayangi sesama keluarga.
27. Almamaterku tercinta Universitas Lampung.
28. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Tuhan YME membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan yang terjadi. Kritik dan saran sangat diharapkan penulis untuk perbaikan dalam penelitian selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk pribadi penulis maupun pembaca. Amin.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2018

Penulis,

Gabriella Setia Wulandari

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|---|------------|
| DAFTAR TABEL..... | iii |
| DAFTAR GAMBAR..... | iv |
| I. PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan Penelitian | 4 |
| C. Manfaat Penelitian | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| A. Moraceae..... | 5 |
| B. <i>Artocarpus</i> | 6 |
| C. Tumbuhan sukun (<i>A. altilis</i> (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)..... | 7 |
| D. Flavonoid | 10 |
| E. Ekstraksi Senyawa Flavonoid | 13 |
| F. Pemisahan Senyawa Secara Kromatografi | 14 |
| 1.Kromatografi Lapis Tipis (KLT) | 15 |
| 2.Kromatografi Cair Vakum (KCV)..... | 15 |
| 3.Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG) | 16 |
| 4.Kromatografi Sentrifugal (Kromatotron)..... | 17 |
| G. Analisis Kemurnian | 19 |
| H. Identifikasi Spektroskopi | 19 |
| 1.Spektroskopi Inframerah (FT-IR)..... | 20 |
| 2.Spektroskopi UV-Vis | 21 |
| I. Bakteri..... | 22 |
| J. Metode Pengujian Aktivitas Antibakteri | 25 |
| III. METODE PENELITIAN..... | 27 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian..... | 27 |
| B. Alat dan Bahan | 27 |
| 1.Alat-alat yang digunakan | 27 |
| 2.Bahan-bahan yang digunakan | 28 |
| C. Prosedur Penelitian..... | 28 |
| 1. Pengumpulan dan persiapan sampel | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 2. Ekstraksi..... | 29 |
| 3. Kromatografi..... | 29 |
| a.Kromatografi Cair Vakum (KCV)..... | 29 |
| b.Kromatografi Lapis Tipis (KLT)..... | 30 |
| c.Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG)..... | 31 |
| d.Kromatografi Sentrifugal (Kromatotron)..... | 31 |
| 4. Analisis Kemurnian | 32 |
| 5. Analisis Struktur | 33 |
| a.Spektrofotometri Ultraungu-tampak (UV-Vis) | 33 |
| b.Spektrofotometri Inframerah (IR) | 33 |
| 6. Pengujian Aktivitas Antibakteri | 33 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 35 |
| A. Isolasi Senyawa Flavonoid | 35 |
| B. Penentuan Titik Leleh | 56 |
| C. Analisis Spektrofotometri | 57 |
| 1.Analisis Spektrofotometri Ultraungu-tampak (UV-Vis)..... | 57 |
| 2.Analisis Spektrofotometri Inframerah (IR)..... | 60 |
| D. Uji Aktivitas Antibakteri..... | 64 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN..... | 67 |
| A. Simpulan | 67 |
| B. Saran..... | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 69 |
| LAMPIRAN..... | 74 |
| 1. Diagram alir penelitian | 75 |
| 2. Kromatogram hasil KLT fraksi-fraksi KCV awal tahap I-III..... | 81 |
| 3. Perhitungan koefisien absorptivitas molar..... | 82 |
| 4. Perhitungan pembuatan larutan uji aktivitas antibakteri..... | 84 |
| 5. Hasil uji aktivitas antibakteri terhadap <i>B. subtilis</i> dan <i>E. coli</i> | 85 |
| 6. Hasil identifikasi/determinasi tumbuhan | 88 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Penggolongan kromatografi berdasarkan fasa diam dan fasa gerak | 14 |
| 2. Absorpsi (bilangan gelombang) dari beberapa gugus fungsi..... | 20 |
| 3. Pita absorpsi UV-Vis dari flavonoid. | 22 |
| 4. Penggabungan fraksi A-D hasil KCV tahap I-III..... | 39 |
| 5. Perbandingan data spektrum UV-Vis senyawa sikloartokarpin dan senyawa hasil isolasi kayu cabang tumbuhan sukun (<i>A. altilis</i> (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) | 60 |
| 6. Perbandingan data IR senyawa sikloartokarpin standar dan senyawa hasil isolasi. | 63 |
| 7. Ukuran zona hambat dari senyawa hasil isolasi terhadap bakteri <i>B. subtilis</i> | 65 |
| 8. Ukuran zona hambat dari senyawa hasil isolasi terhadap bakteri <i>E. coli</i> | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Struktur kimia dari beberapa jenis flavonoid..... | 7 |
| 2. Tumbuhan sukun..... | 8 |
| 3. Beberapa jenis flavonoid yang telah diisolasi dari tumbuhan sukun..... | 9 |
| 4. Kerangka dasar flavonoid. | 11 |
| 5. Sistem penomoran kerangka dasar flavonoid. | 12 |
| 6. Tiga jenis flavonoid. | 12 |
| 7. Gambar rangkaian kromatotron. | 18 |
| 8. Kromatogram hasil KLT ekstrak kasar metanol menggunakan eluen etil asetat : <i>n</i> -heksana 2,5:7,5. | 36 |
| 9. Proses KCV (pengelusan sampel)..... | 38 |
| 10. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil penggabungan KCV (a) tahap I, (b) tahap II, (c) tahap III menggunakan eluen etil asetat : <i>n</i> -heksana 3:7. | 39 |
| 11. Kromatogram KLT fraksi D hasil KCV menggunakan eluen etil asetat : <i>n</i> -heksana 3:7 dan 7:3..... | 40 |
| 12. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil penggabungan KCV fraksi D menggunakan eluen etil asetat : <i>n</i> -heksana 5:5..... | 41 |
| 13. Kromatogram KLT fraksi DB hasil KK menggunakan eluen etil asetat : <i>n</i> -heksana 3:7..... | 41 |
| 14. Kromatogram KLT pola pemisahan fraksi kD dibandingkan dengan senyawa standar Artonin E menggunakan eluen etil asetat : <i>n</i> -heksana 3:7. | 42 |
| 15. Kromatogram KLT kD hasil KK menggunakan eluen aseton : etil asetat : <i>n</i> -heksana 0,5:2,0:7,5 | 43 |

16. Kromatogram KLT fraksi kD2 hasil KK menggunakan eluen aseton : etil asetat : *n*-heksana 0,25:1,75:8,0. 43
17. Kromatogram KLT fraksi kD2b hasil KK menggunakan eluen aseton : etil asetat : *n*-heksana 0,5:2,0:7,5. 44
18. Kromatogram KLT fraksi kC setelah dipartisi menggunakan pelarut metanol dan *n*-heksana 1:1 menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 4:6. 45
19. Kromatogram KLT fraksi kC setelah partisi kedua menggunakan pelarut metanol dan *n*-heksana 1:1/3 menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 4:6 45
20. Kromatogram KLT fraksi kC hasil KK menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 2:8. 46
21. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil penggabungan KK fraksi kC menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 4:6. 47
22. Kromatogram KLT fraksi C2 hasil kromatotron menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 2,5:7,5. 48
23. Kromatogram KLT padatan 2b dan 2c dari hasil kromatotron. 48
24. Kromatogram KLT pola pemisahan kristal k2b menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 5:5. 49
25. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil KCV fraksi B menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 3:7 dan 4:6. 50
26. Kromatogram pola pemisahan kristal k2b, kBb, dan senyawa Artonin E menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 4:6. 50
27. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil KK fraksi kBb menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 3:7 (a) sebelum penggabungan, (b) setelah penggabungan. 51
28. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil KK fraksi Bb menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 2:8. 52
29. Kromatogram KLT perbandingan (a) kristal G1, (b) kristal G2, (c) Kristal G3, (d) senyawa sikloartokarpin dan beberapa senyawa standar. 53
30. Kromatogram kristal G1 dan G2 menggunakan 3 sistem eluen (a) aseton : diklorometana 10%, (b) etil asetat : *n*-heksana 40%, (c) aseton : *n*-heksana 30%. 53
31. Kromatogram KLT fraksi-fraksi hasil KK kristal G3 menggunakan eluen etil asetat : *n*-heksana 20%. 54

| | |
|--|----|
| 32. Kromatogram KLT kristal G1 dan G3 menggunakan 3 sistem eluen (a) aseton : diklorometana 10%, (b) etil asetat : <i>n</i> -heksana 40%, (c) aseton : <i>n</i> -heksana 30% | 55 |
| 33. Spektrum UV senyawa hasil isolasi dalam MeOH..... | 58 |
| 34. Spektrum UV senyawa hasil isolasi dalam (a) MeOH, (b) MeOH + NaOH | 58 |
| 35. Spektrum UV senyawa hasil isolasi dalam (a) MeOH, (b) MeOH + NaOAc, (c) MeOH + NaOAc + H ₃ BO ₃ | 59 |
| 36. Spektrum UV senyawa hasil isolasi dalam (a) MeOH, (b) MeOH + AlCl ₃ , (c) MeOH + AlCl ₃ + HCl..... | 60 |
| 37. Perbandingan spektrum IR (a) senyawa hasil isolasi dengan (b) senyawa standar sikloartokarpin. | 62 |
| 38. Struktur senyawa sikloartokarpin..... | 64 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Antibakteri merupakan zat yang dapat mengganggu pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan. Salah satu zat antibakteri yang banyak dipergunakan adalah antibiotik. Antibiotik adalah senyawa kimia khas yang dihasilkan atau diturunkan oleh organisme hidup termasuk struktur analognya yang dibuat secara sintetik, yang dalam kadar rendah mampu menghambat proses penting dalam kehidupan satu spesies atau lebih mikroorganisme (Siswando dan Soekardjo, 1995).

Antibiotik merupakan obat yang paling banyak digunakan pada infeksi yang disebabkan oleh bakteri.

Masalah global yang sedang dihadapi dibidang pengobatan saat ini adalah resistensi bakteri terhadap antibiotik pada negara berkembang maupun negara maju. Oleh karena itu dibutuhkan beberapa tindakan untuk mengurangi masalah ini. Upaya-upaya yang telah dilakukan diantaranya adalah mengontrol penggunaan antibiotik, mengembangkan penelitian untuk lebih mengerti tentang mekanisme resistensi secara genetik dan penemuan obat baru baik sintetik maupun yang berasal dari alam. Meskipun saat ini sudah banyak industri farmasi

yang menghasilkan sejumlah obat antimikroba baru, resistensi terhadap obat-obat tersebut tetap saja meningkat pesat (Rizka, 2012).

Pemakaian obat tradisional untuk pengobatan telah lama dipraktekkan oleh masyarakat Indonesia. Hasil dan manfaatnya telah dirasakan secara langsung, sehingga penggunaan obat tradisional ini cenderung semakin meningkat. Pada saat ini, dorongan kembali ke alam semakin menguasai masyarakat. Hal ini disebabkan obat tradisional yang *renewable*, mudah didapat, mudah terurai dan mudah dikeluarkan dari dalam tubuh dibandingkan dengan obat-obatan kimia. Pengobatan secara sintesis dirasakan terlalu mahal dengan efek samping yang serius (Ramanthan, 1992).

Salah satu famili tumbuhan di hutan tropis yang berpotensi sebagai sumber bahan kimia bioaktif dan jumlahnya relatif besar adalah Moraceae. Salah satu genus Moraceae adalah *Artocarpus* yang terdiri dari 50 spesies dan tersebar mulai dari Asia Selatan, Asia Tenggara hingga Kepulauan Solomon, Kepulauan Pasifik, Australia Utara dan Amerika Tengah (Hakim, 2011).

Berdasarkan studi literatur, diketahui bahwa sejumlah spesies *Artocarpus* banyak menghasilkan senyawa golongan terpenoid, flavonoid, dan stilbenoid (Hakim *et al.*, 2006). Senyawa-senyawa tersebut termasuk ke dalam senyawa metabolit sekunder yang merupakan metabolit yang tidak esensial atau tidak terlibat langsung dalam metabolisme dasar, seperti pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi. Keunikan struktur metabolit sekunder pada *Artocarpus* menghasilkan efek yang sangat luas, antara lain sebagai antibakteri (Khan *et al.*, 2003),

antiplatelet (Weng *et al.*, 2006), antifungal (Jayasinghe *et al.*, 2004), antimalaria, dan sitotoksik (Hakim *et al.*, 2001).

Pada penelitian ini akan dilakukan isolasi senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan sukun (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg). Pada penelitian terdahulu telah diidentifikasi senyawa flavon terprenilasi baru sebagai antioksidan pada tumbuhan *A. altilis* (Wen *et al.*, 2013). Selain itu, berhasil diisolasi 9 senyawa flavon terprenilasi dari bagian kulit akar tumbuhan *A. altilis* sebagai senyawa antituberkulosis dan antimalaria (Bhoonphong *et al.*, 2007). Senyawa flavonoid juga telah diisolasi dari bagian daun tumbuhan *A. altilis* dan diuji aktivitas antidiabetes melalui mekanisme penghambatan aktivitas enzim α -glukosidase (Lotulung *et al.*, 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini dilakukan karena kayu cabang sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) merupakan salah satu spesies dari genus *Artocarpus* yang kemungkinan mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder yang dapat memberikan banyak manfaat bagi kesehatan masyarakat. Selain itu, pada penelitian ini juga akan diisolasi senyawa flavonoid yang terdapat pada kayu cabang sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) pada fraksi metanol karena masih jarang dilakukan penelitian tentang kandungan senyawa bahan alam dan uji bioaktivitas pada bagian kayu cabang.

Metode isolasi dilakukan dengan cara maserasi menggunakan pelarut metanol.

Pemisahan dilakukan dengan cara kromatografi. Identifikasi kemurnian dilakukan dengan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan uji titik leleh.

Identifikasi struktur molekul dilakukan dengan menggunakan spektroskopi

ultraungu-tampak (UV-*Vis*) dan spektroskopi inframerah (IR). Uji bioaktivitas yang dilakukan yaitu uji antibakteri terhadap bakteri *B. subtilis* dan *E. coli*.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa flavonoid dari kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) dari Desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung.
2. Melakukan karakterisasi senyawa flavonoid dari kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) menggunakan analisis spektroskopi UV-*Vis* dan FTIR.
3. Mengetahui aktivitas antibakteri senyawa flavonoid hasil isolasi dari kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg).

C. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis flavonoid yang terkandung dalam kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) dan kemampuan aktivitas antibakteri senyawa flavonoid hasil isolasi. Informasi tersebut diharapkan dapat memperkaya pengetahuan mengenai senyawa bahan alam dari kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) yang kemudian dapat dilakukan penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Moraceae

Moraceae sering disebut sebagai keluarga ara atau murbei. Famili Moraceae merupakan tumbuhan berbatang, berkayu, menghasilkan getah, dan berbunga yang terdiri dari sekitar 40 genus dan lebih dari 1000 spesies yang sebagian besar tumbuh didaerah tropis maupun sub tropis, sedangkan pada daerah beriklim sedang hanya sedikit yang tumbuh (Tijtrosoepomo, 1994). Famili Moraceae termasuk ke dalam famili tumbuhan yang tersebar di daerah hutan tropis sampai sub-tropis, yaitu di Asia, Amerika, Afrika, dan Australia. Genus terpenting dalam famili Moraceae yang sering digunakan sebagai tumbuhan obat yaitu *Artocarpus*, *Ficus*, *Morus* dan *Cudrania* (Heyne, 1987). Secara fisik maupun kimia famili Moraceae sangatlah berguna. Tumbuhan famili Moraceae sering digunakan sebagai tumbuhan obat. Salah satunya yaitu mulberi (*Morus*) yang dapat digunakan sebagai obat antihalogesik (mengurangi efek peradangan), antidiuretik, dan obat batuk. Obat ini dikenal sebagai “So-haku-hi” di Jepang. Di Indonesia genus *Artocarpus* lebih dikenal sebagai obat tradisional atau “jamu”, tumbuhan ini digunakan sebagai obat antiinfeksi dan obat malaria (Nomura, 1998 dalam Khomsiah, 2016).

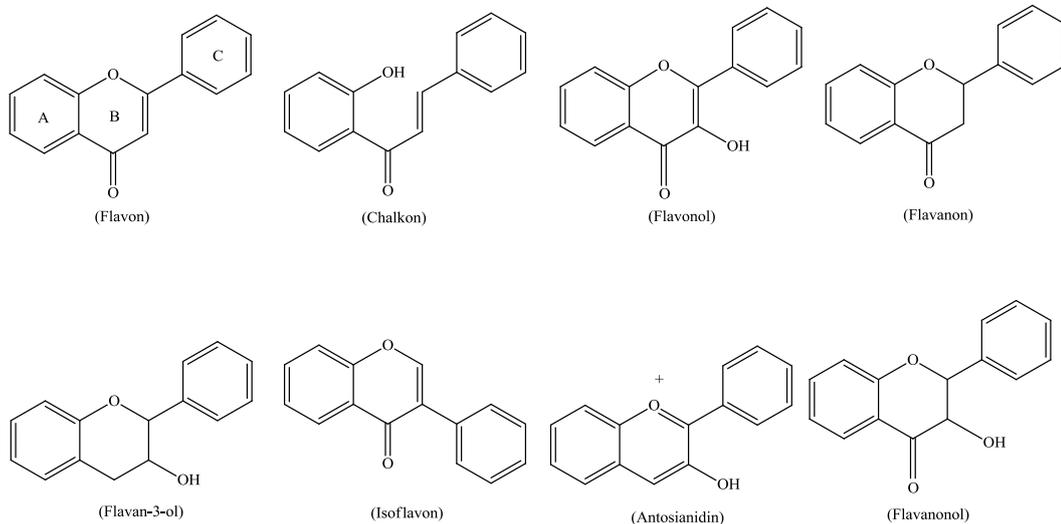
B. *Artocarpus*

Artocarpus merupakan salah satu genus tumbuhan dari famili Moraceae, dari seluruh spesies tumbuhan *Artocarpus*, 50 diantaranya merupakan tumbuhan asli Asia Selatan, Asia Tenggara, New Guinea dan Pasifik Selatan. Tumbuhan *Artocarpus* merupakan tumbuhan yang telah dibudidayakan untuk diambil manfaatnya. Di Indonesia terdapat 24 spesies *Artocarpus* yang sebagian besar telah dimanfaatkan sebagai tanaman penghasil buah, papan dan obat-obatan tradisional. Tumbuhan dari genus ini dikenal sebagai nangka-nangkaan dan beberapa diantaranya merupakan tumbuhan penghasil buah yang dapat dimakan, yaitu *A. heterophyllus* (nangka), *A. chempeden* (cempedak), dan *A. altilis* (sukun). Genus ini termasuk jenis pohon yang selalu berdaun hijau (*evergreen*) pada daerah tropis, memiliki getah pada setiap bagiannya, dan umumnya dapat tumbuh pada ketinggian kurang dari 1000 m (Heyne, 1987).

Pada umumnya senyawa-senyawa metabolit sekunder yang ditemukan dalam genus *Artocarpus* adalah terpenoid, steroid, flavonoid, santon, kromon, stilbenoid, 2-arilbenzofuran, dan senyawa jenis *adduct* Diels Alder. Tidak banyak senyawa jenis terpenoid yang dilaporkan dalam genus ini, terpenoid yang ditemukan biasanya berupa triterpen (Nomura, 1998 dalam Khomsiah, 2016).

Golongan flavonoid terprenilasi merupakan ciri utama senyawa turunan fenol dalam *Artocarpus* yaitu adanya gugus isoprenil yang terikat pada C-3 dan pola oksigenasi di cincin B pada kerangka flavon yang tidak lazim dimiliki oleh flavonoid yang berasal dari tumbuhan lain (Musthapa, 2009). Gambar 1

menunjukkan struktur dasar senyawa metabolit sekunder yang ditemukan dalam genus *Artocarpus*.



Gambar 1. Struktur kimia dari beberapa jenis flavonoid (Tapas *et al.*, 2008).

C. Tumbuhan Sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)

Tanaman sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) dapat digolongkan menjadi sukun yang berbiji disebut *breadnut* dan yang tanpa biji disebut *breadfruit*. Sukun merupakan tanaman tropik sejati, yang dapat tumbuh paling baik di dataran rendah yang panas, namun juga dapat tumbuh di tempat yang basah (Ramdhani, 2009). Sebaran tanaman sukun di Kepulauan Indonesia meliputi Sumatera (Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Nias, Lampung), Pulau Jawa (Kepulauan Seribu, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, Madura, P. Bawean, Kepulauan Kangean), Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi (Minahasa, Gorontalo, Bone, Makasar, Malino), Maluku (Seram, Buru Kai, Ambon, Halmahera dan Ternate),

dan Papua (Sorong, Manokwari, pulau-pulau kecil di daerah “Kepala Burung”) (Heyne, 1987).

Kedudukan tanaman sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)

mempunyai sistematika sebagai berikut :

Divisi : Spermatophyta
 Sub divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnolispsida
 Bangsa : Urticales
 Suku : Moraceae
 Marga : *Artocarpus*
 Jenis : *A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn)
 Fosberg

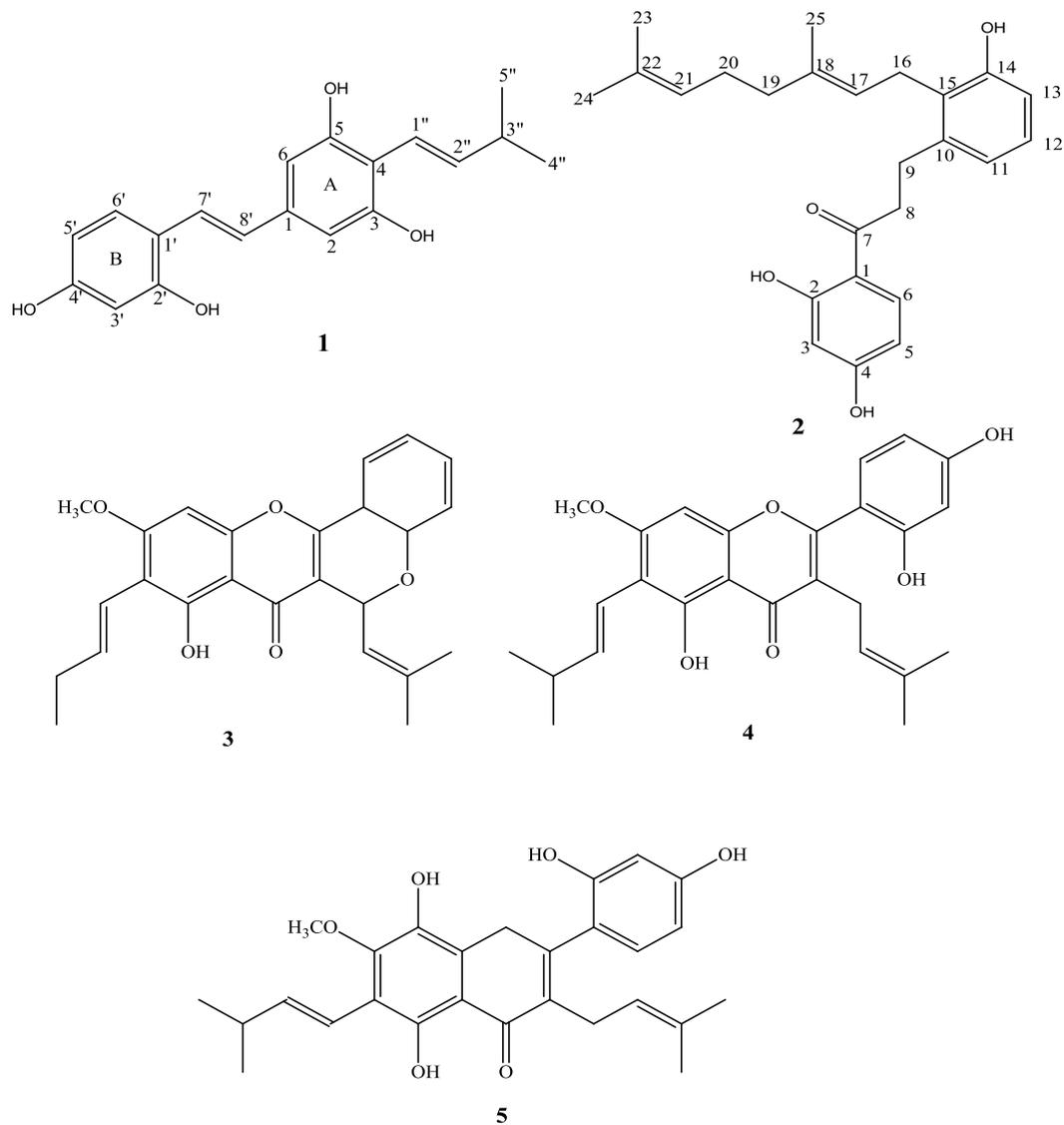


(Syamsuhidayat dan Hutapea, 1991).

Gambar 2. Tumbuhan Sukun

Tanaman sukun memiliki habitus pohon yang tingginya dapat mencapai 30 m, namun rata-rata tingginya hanya 12-15 m. Jenis sukun dapat tumbuh baik sepanjang tahun (*evergreen*) di daerah tropis basah dan bersifat *semi deciduous* serta di daerah yang beriklim *monsoon*. Batangnya memiliki kayu yang lunak, tajuknya rimbun dengan percabangan melebar ke arah samping, kulit batang berwarna hijau kecokelatan, berserat kasar dan pada semua bagian tanaman memiliki getah encer. Akar tanaman sukun mempunyai akar tunggang yang dalam dan akar samping yang dangkal. Apabila akar tersebut terluka atau terpotong akan memacu tumbuhnya tunas alam atau *root shoots* tunas yang sering digunakan untuk bibit. Tanaman sukun memiliki khasiat terapeutik pada beberapa

bagian diantaranya; bagian bunga dapat digunakan sebagai obat sakit gigi, kulit kayu dapat digunakan untuk mencairkan darah bagi wanita setelah melahirkan, sedangkan pada bagian daun dapat digunakan untuk mengobati penyakit kulit, jantung, ginjal maupun digunakan sebagai obat radang (Heyne, 1987).



Gambar 3. Beberapa jenis flavonoid yang telah diisolasi dari tumbuhan sukun.

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Gambar 3) telah ditemukan suatu senyawa stilben terprenilasi, yaitu *trans*-4-(3-metil-*E*-but-1-enil)-3,5,2',4'-

tetrahidroksistilben (1) dari bagian kayu akar tumbuhan *A. altilis* (Hakim dkk., 2001). Pada penelitian lainnya, ditemukan senyawa turunan dihidrokalkon yaitu AC-5-1 (2) dari ekstrak metanol daun *A. altilis* yang dapat menghambat proses elongasi dendrit pada sel melanin (Rao *et al.*, 2013). Senyawa flavon terprenilasi seperti sikloartokarpin (3) dan artokarpin (4) juga ditemukan pada bagian kayu akar tumbuhan sukun yang terbukti memiliki aktivitas antituberkular dan antimalaria (Boonphong *et al.*, 2007). Selain itu suatu senyawa baru yang tergolong senyawa flavon terprenilasi yaitu hidroksiartokarpin (5) juga ditemukan pada bagian kulit batang *A. altilis* (Shamaun *et al.*, 2010).

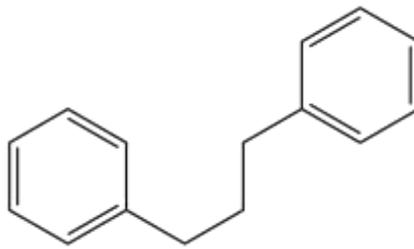
D. Flavonoid

Metabolit sekunder merupakan hasil akhir dari suatu proses metabolisme. Setiap organisme menghasilkan metabolit sekunder yang sangat bervariasi dalam jumlah dan jenisnya. Beberapa dari senyawa metabolit sekunder tersebut diantaranya dapat memberikan efek fisiologis dan farmakologis, seperti senyawa aktif atau komponen bioaktif. Metabolit sekunder dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan, antibiotik, antikanker, antikoagulan darah, dan menghambat efek karsinogenik (Lenny, 2006). Salah satu jenis metabolit sekunder yang telah banyak diisolasi dari tumbuhan adalah flavonoid.

Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan hijau, kecuali alga. Flavonoid dapat ditemukan pada batang, daun, bunga dan akar. Flavonoid yang sering ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi adalah flavon dan flavonol, isoflavon, flavanon, kalkon, dihidrokalkon, proantosianidin,

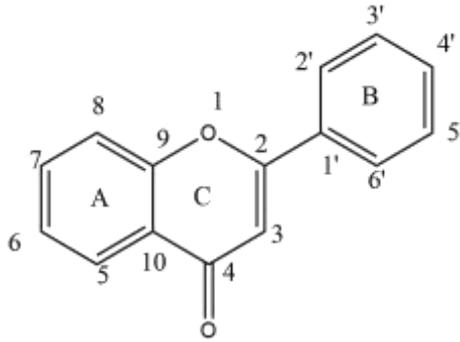
antosianin, auron *O*-glikosida dan dihidroflavonol *O*-glikosida. Golongan flavon, flavonol, flavanon, isoflavon, dan kalkon juga sering ditemukan dalam bentuk aglikonnya. Flavonoid yang berupa aglikon bersifat non polar sementara yang berupa glikosida bersifat polar (Markham, 1988).

Senyawa flavonoid adalah senyawa yang mengandung C_{15} terdiri dari dua inti fenolat yang dihubungkan dengan tiga satuan karbon. Golongan flavonoid dapat juga digambarkan sebagai deretan senyawa $C_6-C_3-C_6$. Artinya, kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C_6 disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon. Kerangka dasar flavonoid ditunjukkan pada Gambar 4.



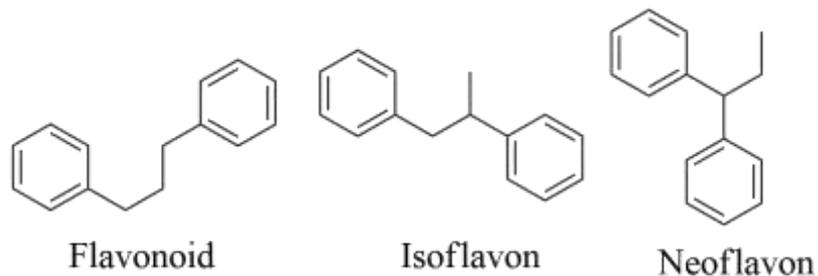
Gambar 4. Kerangka dasar flavonoid (Robinson, 1995).

Ketiga cincin pada flavonoid diberi tanda A, B dan C untuk memudahkan pemberian nama. Cincin A dan C diberi nomor dengan angka biasa, sedangkan cincin B diberi nomor dengan angka beraksen yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem penomoran kerangka dasar flavonoid (Markham, 1988).

Susunan kerangka flavonoid dapat menghasilkan tiga jenis struktur, yakni 1,3-diarilpropan atau flavonoid, 1,2-diarilpropan atau isoflavonoid, dan 1,1-diarilpropan atau neoflavonoid seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tiga jenis flavonoid (Achmad, 1986).

Senyawa flavonoid kebanyakan memiliki sifat antioksidan dan banyak digunakan sebagai bahan baku obat-obatan. Senyawa flavonoid dan turunannya yang berasal dari tumbuhan *Artocarpus* mempunyai fungsi fisiologis tertentu berdasarkan sebarannya di Indonesia. Misalnya, tumbuhan *Artocarpus* yang berasal dari wilayah Indonesia bagian barat diduga berfungsi untuk mengatasi serangan penyakit akibat bakteri atau mikroba (antibakteri dan antimikroba) (Ramadhani, 2009).

E. Ekstraksi Senyawa Flavonoid

Ekstraksi merupakan proses penarikan zat pokok yang diinginkan dari bahan (sampel) menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ekstraksi dihentikan apabila tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dan sampel (bahan). Setelah proses ekstraksi, ekstrak yang diperoleh dipisahkan dari sampel dengan cara penyaringan. Ekstraksi terdiri dari beberapa metode, seperti maserasi, perkolasi, sokletasi, refluks dan destilasi uap. Pemilihan metode ekstraksi tergantung dari sifat bahan dan senyawa target yang akan diisolasi. Proses ekstraksi khususnya yang berasal dari bahan tumbuhan dilakukan dengan cara pengelompokan bagian tumbuhan, pengeringan, penggilingan dan pemilihan pelarut. Pelarut bersifat polar yang biasa digunakan untuk ekstraksi yaitu air, metanol, etanol dan sebagainya, pelarut semipolar yaitu etil asetat, diklorometana dan sebagainya, sedangkan pelarut yang bersifat non polar yaitu *n*-heksana, petroleum eter, kloroform dan sebagainya. Ekstrak kasar ini sulit dipisahkan dengan teknik pemisahan tunggal untuk mengisolasi senyawa murni, sehingga ekstrak kasar perlu dipisahkan ke dalam fraksi yang memiliki polaritas dan ukuran molekul yang sama.

Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu maserasi. Maserasi adalah metode paling sederhana yang banyak digunakan baik skala kecil maupun industri. Maserasi dilakukan dengan memasukkan serbuk simplisa dan pelarut yang sesuai kedalam wadah inert yang tertutup rapat pada suhu kamar. Metode maserasi dapat menghindari senyawa-senyawa yang bersifat termolabil (Mukhriani, 2014).

Pada proses maserasi pemilihan pelarut merupakan faktor penting dalam mendapatkan hasil ekstraksi yang maksimal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rustianingsih (2007), ekstrak yang dimaserasi dengan pelarut metanol memiliki daya inhibisi aktivitas tirosin lebih baik dibandingkan dengan pelarut lainnya. Aktivitas tirosin merupakan faktor utama terjadinya kanker.

F. Pemisahan Senyawa Secara Kromatografi

Setelah dilakukan proses ekstraksi, tahap isolasi selanjutnya adalah fraksinasi senyawa dengan menggunakan beberapa jenis kromatografi. Kromatografi adalah suatu cara pemisahan campuran komponen yang terdistribusi diantara dua fasa, yaitu fasa diam (*stationer*) dengan permukaan yang luas berupa zat padat dan fasa gerak (*mobile*) berupa cairan atau gas (Day and Underwood, 1981). Berdasarkan jenis fasa diam dan fasa gerak yang dipartisi, kromatografi digolongkan menjadi beberapa golongan (Tabel 1).

Tabel 1. Penggolongan kromatografi berdasarkan fasa diam dan fasa gerak (Day and Underwood, 1981)

| Fasa diam | Fasa gerak | Sistem kromatografi |
|------------------|-------------------|----------------------------|
| Padat | Cair | Cair-adsorpsi |
| Padat | Gas | Gas-adsorpsi |
| Cair | Cair | Cair-partisi |
| Cair | Gas | Gas-partisi |

1. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi adalah teknik pemisahan dua atau lebih senyawa atau ion dengan cara distribusi senyawa tersebut diantara dua fase, yang satu bergerak, dan fase yang lainnya diam. Kedua fase ini dapat berupa padat-cair, cair-cair, gas-padat, atau gas-cair. Kromatografi lapis tipis (KLT) adalah jenis kromatografi padat-cair, dengan fasa diamnya biasanya absorben polar dan fasa geraknya dapat berupa satu jenis pelarut atau berupa campuran. KLT digunakan untuk menentukan banyaknya komponen dalam campuran, identifikasi senyawa, memantau berjalannya suatu reaksi, menentukan efektivitas pemurnian, menentukan kondisi yang sesuai untuk kromatografi kolom serta untuk monitoring hasil kromatografi kolom dan KCV (Sastrohamidjojo, 2002).

Parameter pada KLT yang digunakan untuk identifikasi adalah nilai R_f . Jarak pengembangan senyawa pada kromatogram biasanya dinyatakan dengan harga R_f . Rentang harga R_f antara 0,00 – 1,00 (hanya dua desimal) (Stahl, 1985).

$$R_f = \frac{\text{jarak tempuh sampel}}{\text{jarak tempuh pelarut}}$$

Nilai R_f ini dapat digunakan sebagai analisis kualitatif suatu senyawa. Tetapi pada gugus-gugus yang besar dari senyawa-senyawa yang susunannya mirip, sering kali harga R_f berdekatan satu sama lainnya (Sastrohamidjojo, 2002).

2. Kromatografi Cair Vakum (KCV)

Kromatografi Cair Vakum merupakan salah satu teknik kromatografi yang digunakan untuk fraksinasi ekstrak total secara cepat. Teknik ini dapat dilakukan dengan menggunakan kolom kromatografi yang dihubungkan dengan pompa

vakum. Fasa diam dapat berupa silika gel untuk KLT (10-40 μm). Fasa gerak yang digunakan berupa eluen atau campuran pelarut dari yang non polar secara bertahap ke yang polar. Hasil pemisahan dari kromatografi cair vakum adalah fraksi-fraksi yang dapat dikelompokkan menjadi kelompok senyawa non polar, semi polar, dan polar. Kromatografi cair vakum merupakan modifikasi dari kolom gravitasi. Metode ini lebih banyak digunakan untuk fraksinasi sampel dalam jumlah besar (10-50 g).

Penggunaan vakum dimaksudkan agar laju aliran eluen meningkat sehingga meminimalkan terjadinya proses difusi karena ukuran silika gel yang biasanya digunakan pada lapisan plat KLT sebagai fasa diam sangat halus yaitu berukuran 200-400 mesh. Kolom KCV dikemas kering dalam keadaan vakum agar diperoleh kerapatan kemasan maksimum. Sampel yang akan dipisahkan biasanya diabsorpsikan terlebih dahulu ke silika gel dengan ukuran lebih besar (30-70 Mesh) agar pemisahan lebih teratur dan menghindari sampel langsung menerobos ke dinding kaca tanpa melewati adsorben terlebih dahulu, yang dapat berakibat gagalnya proses pemisahan. Selanjutnya kolom dielusi dengan campuran pelarut yang cocok, mulai dengan pelarut yang kepolarannya rendah lalu kepolarannya ditingkatkan perlahan-lahan (Atun, 2014).

3. Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG)

Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG) merupakan proses pemisahan yang tergantung pada perbedaan distribusi campuran komponen antara fasa diam berupa kolom dan fasa gerak yang dibiarkan untuk mengalir serta berdasarkan

gaya gravitasi. Kromatografi gravitasi dapat digunakan untuk pemisahan dan pemurnian senyawa yang telah difraksinasi menggunakan kromatografi cair vakum. Eluen yang digunakan menggunakan campuran pelarut polar dan non polar dengan perbandingan yang sesuai. Penentuan perbandingan pelarut didasarkan pada pola pemisahan yang dihasilkan, yaitu bila diperoleh Rf kurang dari 0,3 dengan pemisahan yang jelas (Atun, 2014). KKG dilakukan pada kondisi normal tanpa vakum dan waktu yang diperlukan lebih lama, namun dengan kondisi tersebut diharapkan menghasilkan pemisahan yang lebih baik dan murni (Hernawan, 2008).

Dengan menggunakan cara kromatografi kolom, skala isolasi flavonoid dapat ditingkatkan hampir ke skala industri. Pada dasarnya, cara ini meliputi penempatan campuran flavonoid (berupa larutan) di atas kolom yang berisi serbuk penyerap (seperti *selulose*, silika atau poliamida), dilanjutkan dengan elusi beruntun setiap komponen memakai pelarut yang cocok. Kolom hanya berupa tabung kaca yang dilengkapi dengan kran pada salah satu ujung (Markham, 1988). Silika gel merupakan fasa stasioner yang paling sering digunakan untuk pemisahan bahan alam. Silika gel memiliki permukaan yang luas dengan ukuran partikel 40-200 μm dan ukuran pori sebesar 40 – 300 Å (Cannel, 1998).

4. Kromatografi Sentrifugal (Kromatotron)

Kromatografi sentrifugal merupakan kromatografi yang menggunakan alat yang disebut kromatotron, teknik pemisahannya menggunakan gaya sentrifugal dan

gravitasi. Dalam teknik ini digunakan silika gel yang sama dengan silika gel untuk KLT. Prinsip pemisahan dengan kromatotron sama dengan kromatografi lainnya, hanya saja pemisahan akan berlangsung lebih cepat dikarenakan adanya gaya sentrifugal yang akan mempercepat proses penyerapan pelarut yang membawa komponen yang dipisahkan (Atun, 2014). Rangkaian kromatografi sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Gambar rangkaian kromatotron.

Kromatografi jenis ini menggunakan rotor yang dimiringkan dan terdapat dalam ruang tertutup oleh plat kaca kuarsa, sedangkan lapisan penyerapnya berupa plat kaca yang dilapisi silika gel. Plat tersebut dipasang pada motor listrik dan diputar dengan kecepatan 800 rpm. Pelarut pengelusi dimasukkan kebagian tengah plat melalui semacam alat infus, sehingga dapat mengalir dan merambat melalui plat silika karena adanya gaya sentrifugal. Untuk mengetahui jalannya proses elusi, dimonitor dengan menggunakan lampu UV. Gas nitrogen dialirkan ke dalam ruang plat untuk mencegah pengembunan pelarut pengelusi dan mencegah oksidasi sampel. Pemasukan sampel diikuti dengan pengelusian menghasilkan pita-pita komponen berupa lingkaran sepusat. Pada tepi plat, pita-pita akan

terputar keluar dengan gaya sentrifugal dan ditampung dalam botol fraksi, lalu diidentifikasi dengan KLT (Hostettmann *et al.*, 1986).

G. Analisis Kemurnian

Analisis kemurnian senyawa hasil isolasi dilakukan dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan uji titik leleh. Senyawa hasil analisis dikatakan murni apabila memberikan noda tunggal pada KLT dengan variasi eluen (Setyowati *et al.*, 2007). Titik leleh sangat penting dalam identifikasi dan pengukuran kemurnian senyawa organik padat. Penggunaan titik leleh ini didasarkan pada fakta bahwa semua senyawa murni mempunyai titik leleh yang tajam ketika berubah sempurna dari padat ke cair pada tekanan udara 1 atm. Jika suhu dinaikkan, molekul senyawa akan menyerap energi. Semakin tinggi suhu, maka akan semakin banyak energi yang diserap sehingga akan menaikkan gerakan vibrasi dan rotasi molekul (Hadiprabowo, 2009).

H. Identifikasi Spektroskopi

Spektroskopi merupakan ilmu yang mempelajari tentang spektrofotometer dan penggunaannya. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer merupakan alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi (Neldawati *et al.*, 2013). Pada

penelitian ini digunakan berbagai macam alat spektroskopi (spektrofotometer) seperti spektroskopi IR dan UV-Vis.

1. Spektroskopi Inframerah (FT-IR)

FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan salah satu instrumen spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. FT-IR berfungsi untuk mengidentifikasi senyawa organik karena spektrumnya terdiri dari berbagai puncak yang sangat kompleks. Inti spektroskopi FT-IR adalah interferometer Michelson berupa alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah yang dihasilkan berasal dari pentransmisiian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel (blanko) sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang dihasilkan diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Anam, 2007). Absorpsi (bilangan gelombang) dari beberapa gugus fungsi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Absorpsi (bilangan gelombang) dari beberapa gugus fungsi (Fessenden dan Fessenen, 1986).

| Gugus Fungsi | Absorpsi (bilangan gelombang dalam cm^{-1}) | Panjang Gelombang (μm) |
|----------------|--|--|
| OH dan NH str. | 3000-3700 | 2,7-3,3 |
| CH str. | 2800-3300 | 3,1-3,75 |
| C=C | 2100-2250 | 4,4-4,8 |
| C=O str. | 1640-1820 | 5,5-6,1 |
| C=C | 1600-1700 | 5,8-6,2 |
| C-C | 1450-1600 | 6,25-6,9 |
| C-O str. | 1050-1300 | 7,7-9,5 |
| C-N str. | 900-1300 | 8-11 |

2. Spektroskopi UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan spektrofotometer yang dapat mengukur interaksi antara radiasi elektromagnetik panjang gelombang tertentu dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia. Molekul mengadsorpsi cahaya elektromagnetik pada panjang gelombang khusus, jika frekuensinya sama antara cahaya dan getaran molekul tersebut, maka elektron baik yang terikat maupun yang tidak terikat akan mengalami eksitasi pada daerah UV-Vis (Roth *et al.*, 1994).

Analisis kualitatif flavonoid dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Spektrum serapan sinar ultra violet dan tampak merupakan salah satu cara yang paling penting dalam mengidentifikasi struktur flavonoid. Spektrum absorpsi daerah UV-Vis sekitar 220 nm – 800 nm. Spektrum bagian daerah sinar ultraungu sekitar 190-380 nm, sedangkan spektrum sinar tampak 380-780 nm (Markham, 1998).

Selain identifikasi struktur, spektrofotometer UV-Vis juga dapat melakukan uji kuantitatif banyaknya kadar flavonoid yang terdapat pada suatu ekstrak tertentu berdasarkan pengukuran nilai absorbansinya (Carbonaro *et al.*, 2005). Spektrum flavonoid biasanya ditentukan dalam larutan dengan pelarut metanol atau etanol. Spektrum khas flavonoid terdiri atas dua pita yaitu pada rentang 230-295 nm (pita II) dan 300-560 nm (pita I) (Neldawati *et al.*, 2013). Pita absorpsi UV-Vis dari flavonoid dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pita absorpsi UV-Vis dari flavonoid (Markham, 1988).

| Pita II (nm) | Pita I (nm) | Jenis Flavonoid |
|---------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 250-280 | 310-350 | Flavon |
| 250-280 | 330-360 | Flavonol (3-OH tersubstitusi) |
| 250-280 | 350-385 | Flavonol (3- OH bebas) |
| 245-275 | 310-330 | Isoflavon (5-deoksi-6,7-dioksigenasi) |
| 275-295 | 300-390 | Flavanon dan dihidroflavon |
| 230-270 | 340-390 | Chalkon |
| 230-270 | 380-430 | Auron |
| 270-280 | 465-560 | Antosianidin dan antosianin |

Dengan menggunakan data yang diperoleh dari analisis berdasarkan spektrofotometer UV-Vis ini kita dapat mengetahui absorptivitas molar senyawa yang diperoleh. Absorptivitas molar senyawa dihitung dengan menggunakan persamaan Lambert-Beer berikut :

$$A = \epsilon b c$$

Keterangan: A = absorbansi
 ϵ = absorptivitas molar
 b = tebal sel (cm)
 c = konsentrasi (mol/liter)

Absorbansi (A) ini diperoleh dari data spektrum dimana terdapat puncak-puncak serapannya (Dendiko, 2013).

I. Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal tidak terlihat oleh mata, berukuran antara 0,5 – 10 μm dan lebar 0,5 - 2,5 μm tergantung pada jenisnya. Nama

bakteri itu berasal dari kata “*bakterion*” (dalam bahasa Yunani) yang berarti tongkat atau batang. Nama bakteri digunakan untuk menyebut sekelompok organisme yang bersel satu, tidak berklorofil, berkembangbiak dengan pembelahan diri, serta berukuran kecil yang tidak kasat mata. Bakteri digolongkan menjadi 3 jenis berdasarkan morfologinya, yaitu golongan basil, kokus, dan golongan spiril. Kebanyakan bakteri di alam berbentuk basil. Sel bakteri terdiri dari dinding sel luar, bahan inti, dan sitoplasma. Dinding sel luar terdiri dari 3 lapis dari luar ke dalam yaitu lapisan lendir, dinding sel, dan membran sitoplasma. Lapisan lendir berisi campuran polisakarida dan polipeptida. Dinding sel bakteri terdiri dari macam-macam bahan organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan kitin tergantung pada jenis bakteri. Sedangkan membran plasma merupakan pembungkus protoplasma dan membran ini ikut menyusut bersama-sama dengan menyusutnya protoplasma pada waktu mengalami plasmolisis (Dwijoseputro, 2005).

Zat-zat yang dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri dapat dibagi atas garam-garam logam, fenol dan senyawa-senyawa lain yang sejenis, formaldehida, alkohol, yodium, klor dan persenyawaan klor, zat warna, detergen, sulfonamida, dan antibiotik. Antibiotik ialah zat-zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme itu sendiri, dan zat-zat tersebut dalam jumlah sedikit pun mempunyai daya penghambat kegiatan mikroorganisme yang lain (Dwijoseputro, 2005). Penggunaan obat-obatan ini, jika tidak sesuai aturan akan mengakibatkan alergi dan pemakaiannya secara terus-menerus dapat menyebabkan bakteri kebal terhadap antibiotik (resisten).

Resistensi adalah suatu keadaan dimana pengaruh obat antiinfeksi terhadap kuman menjadi berkurang khasiatnya atau kuman tersebut tidak sensitif oleh perlakuan obat antiinfeksi (antibiotik). Terjadinya resistensi mungkin disebabkan oleh kemampuan organisme untuk merusak antibiotik, oleh mutasi yang memungkinkan organisme untuk memintasi langkah-langkah peka yang dihambat oleh antibiotik, atau oleh mutasi yang menyebabkan sel menjadi tak dapat dilewati oleh antibiotik.

Mekanisme resistensi bakteri terhadap antibiotik diantaranya melalui mekanisme mikroorganisme menghasilkan enzim dan merusak obat yang aktif, mikroorganisme merubah permeabilitasnya terhadap obat, mikroorganisme mengubah struktur target untuk obat, mikroorganisme mengembangkan jalur metabolisme baru menghindari jalur yang biasa dihambat oleh obat, dan mikroorganisme mengembangkan enzim baru yang masih dapat melakukan fungsi metaboliknya tapi sedikit dipengaruhi oleh obat (Jawetz *et al.*, 2001).

Secara garis besar antimikroba dibagi menjadi dua jenis yaitu yang membunuh kuman (*bakterisid*) dan yang hanya menghambat pertumbuhan kuman (*bakteriostatik*). Antibiotik yang termasuk golongan *bakterisid* antara lain penisilin, sefalosporin, aminoglikosida (dosis besar), kotrimoksazol, rifampisin, isoniazid dan lain-lain. Sedangkan antibiotik yang memiliki sifat *bakteriostatik*, dimana penggunaannya tergantung status imunologi pasien, antara lain sulfonamida, tetrasiklin, kloramfenikol, eritromisin, trimetropim, linkomisin, klindamisin, asam paraaminosalisilat, dan lain-lain (Laurence dan

Bennet, 1987 dalam Utami, 2011). Pembagian *bakteriostatik* dan *bakterisid* ini tidak absolut, tergantung dari konsentrasi obat, spesies bakteri dan fase perkembangannya. Manfaat dari pembagian ini berguna dalam hal pemilihan antibiotika, pada pasien dengan status imunologi yang rendah (*immunosuppressed*) misalnya penderita HIV AIDS, pada pasien pembawa kuman (*carrier*), pada pasien dengan kondisi sangat lemah (*debilitated*) misalnya pada pasien-pasien endstage, maka harus dipilih antibiotika *bakterisid*.

J. Metode Pengujian Aktivitas Antibakteri

Dikenal beberapa cara pemeriksaan dan pengujian secara mikrobiologis terhadap kemampuan antimikroba dari bahan-bahan kemoterapeutika seperti antibiotika. Walaupun pada umumnya pengujian dilakukan terhadap kebanyakan antibiotika, namun ada juga bahan-bahan lain yang diduga mempunyai daya hambat atau membunuh mikroba. Secara umum dapat dilakukan dengan 3 cara berikut ini :

1. Metode Difusi Agar Kirby-Bauer

Metode difusi agar Kirby-Bauer adalah salah satu metode pengujian kerentanan bakteri terhadap antimikroba atau sering juga dinamakan uji daya hambat.

Metode difusi agar dilakukan dengan bahan uji yang telah dilarutkan dalam pelarut yang sesuai dimasukkan ke dalam sumuran atau ditetaskan pada *paper disk*. Kemudian ditanam dalam medium padat yang telah berisi mikroba uji.

Setelah inkubasi diamati adanya zona bening di sekitar sumuran atau *paper disk*.

Kemampuan bahan uji menghambat bakteri uji ditandai dengan terbentuknya zona bening disekitar cakram uji dan dievaluasi : ukuran zona bening >20 mm

tergolong sangat kuat (*very strong inhibition*), 11-19 mm tergolong kuat (*strong inhibition*), 5-10 mm tergolong sedang (*moderate inhibition*) dan <5 mm tergolong lemah (*weak inhibition*) (Rante *et al.*, 2010 ; Davis and Stout, 1971).

2. Metode Dilusi

Metode ini biasanya digunakan untuk menentukan nilai MIC (*Minimum Inhibition Concentration*), konsentrasi terendah yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba uji. Metode dilusi dilakukan dengan mencampur sampel, mikroba uji, dan media inokulasi dengan beberapa variasi pengenceran. Aktivitas yang diamati dengan kontrol tanpa adanya bahan uji.

3. Metode Bioautografi

Bioautografi adalah suatu metode pendeteksian untuk menemukan suatu senyawa antimikroba yang belum teridentifikasi dengan cara melokalisasi aktivitas antimikroba tersebut pada suatu kromatogram. Metode ini memanfaatkan pengerjaan Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Ciri khas dari prosedur bioautografi didasarkan atas teknik difusi agar dengan cara senyawa antimikroba dipindahkan dari lapisan KLT ke medium agar yang telah diinokulasikan bakteri uji yang peka. Dari hasil inkubasi pada suhu dan waktu tertentu akan terlihat zona hambat di sekeliling spot dari KLT yang telah ditempelkan pada media agar. Zona hambat ditampakkan oleh aktivitas senyawa aktif yang terdapat di dalam bahan yang diperiksa terhadap pertumbuhan mikroorganisme uji (Akhyar, 2010).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Desember 2017 - Juli 2018, bertempat di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis spektroskopi ultraungu-tampak (UV-*Vis*) dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Analisis spektroskopi inframerah (IR) dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam (KOBA) Institut Teknologi Bandung. Uji aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

1. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat gelas, penguap putar vakum, satu set alat kromatografi cair vakum (KCV), satu set alat Kromatografi Lapis Tipis (KLT), Kromatografi Kolom (KK), pengukur titik leleh MP-10 Stuart, kertas saring, lampu UV, pipet kapiler, *autoclave*, *Laminar Air Flow* (LAF), jarum *ose*, cawan petri, inkubator, bunsen, mikropipet, kertas

Whatman, spektrofotometer FT-IR dan spektrofotometer ultraungu-tampak (UV-Vis).

2. Bahan-bahan yang digunakan

Tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) yang diambil dari Desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Tulang bawang. Proses ekstraksi dan fraksinasi senyawa bioaktif dari tumbuhan sukun ini dengan menggunakan pelarut berkualitas teknis yang telah didestilasi sedangkan untuk analisis spektrofotometer berkualitas pro-analisis (p.a). Bahan kimia yang dipakai meliputi etil asetat ($C_4H_8O_2$), metanol (CH_3OH), *n*-heksana ($n-C_6H_{14}$), aseton (C_3H_6O), akuades (H_2O), serium sulfat ($Ce(SO_4)_2$) 1,5% dalam asam sulfat (H_2SO_4) 2N, diklorometana (CH_2Cl_2), silika gel Merck G 60 untuk impregnasi, silika gel Merck 60 (35-70 Mesh) yang digunakan pada KCV dan KK, dan untuk KLT digunakan plat KLT silika gel Merck kiesegal 60 F₂₅₄ 0,25 mm. Media yang digunakan untuk pembiakan dan pemeliharaan bakteri yang digunakan yaitu *Nutrient Agar* (NA).

C. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan dan persiapan sampel

Sampel yang digunakan adalah kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) yang diperoleh dari desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur. Sampel tersebut telah diketahui spesiesnya melalui determinasi herbarium Bogoriense yang dilakukan di Pusat Penelitian Biologi bidang Botani

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong, Jawa Barat. Kemudian kayu cabang tumbuhan sukun dicuci, dipotong kecil-kecil, dijemur, dan digiling sampai menghasilkan serbuk.

2. Ekstraksi

Sebanyak 1,5 kg serbuk kayu cabang tumbuhan sukun dimaserasi dengan menggunakan metanol selama 1x24 jam, maserasi dilakukan sebanyak 3 kali. Kemudian ekstrak metanol yang diperoleh disaring dan dikeringkan dengan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C dengan laju putaran 120 rpm hingga didapatkan ekstrak kasar.

3. Kromatografi

a. Kromatografi Cair Vakum (KCV)

Ekstrak kering (kasar) hasil maserasi metanol ditimbang beratnya dan dilarutkan dalam aseton kemudian difraksinasi dengan KCV. Terlebih dahulu fasa diam silika gel Merck G 60 sebanyak 10 kali berat sampel dimasukkan ke dalam kolom. Kemudian kolom dikemas kering dalam keadaan vakum menggunakan alat vakum. Eluen yang kepolarannya rendah, yaitu *n*-heksana dituangkan ke permukaan silika gel terlebih dahulu kemudian di vakum kembali. Kolom dihisap sampai kering dengan alat vakum dan kolom siap digunakan. Ekstrak kering yang telah dilarutkan dalam aseton dan diimpregnasikan kepada silika gel, kemudian dimasukkan pada bagian atas kolom yang telah berisi fasa diam dan kemudian dihisap secara perlahan-lahan ke dalam kemasan dengan cara memvakumnya.

Setelah itu, kolom dielusi secara bertahap dengan etil asetat : *n*-heksana (0%:100%) yang ditingkatkan kepolarannya sampai dengan etil asetat : *n*-heksana (100%:0%). Kolom dihisap sampai tersisa sedikit eluen pada setiap penambahan eluen (tiap kali elusi dilakukan). Kemudian fraksi-fraksi yang terbentuk dikumpulkan berdasarkan pola fraksinasinya. Proses pemurnian sampel dengan teknik KCV terhadap fraksi target hingga diperoleh hasil pemisahan senyawa yang baik dengan perlakuan yang sama seperti tahapan KCV awal.

b. Kromatografi Lapis Tipis

Uji KLT terlebih dahulu dilakukan untuk melihat pola pemisahan komponen-komponen senyawa yang terdapat dalam ekstrak kasar. Uji KLT juga dilakukan terhadap fraksi-fraksi yang akan difraksinasi dan juga fraksi yang didapat setelah fraksinasi. Uji KLT dilakukan dengan menggunakan sistem campuran eluen menggunakan pelarut yang sesuai yaitu dapat berupa kombinasi antara *n*-heksana dan etil asetat, dengan persentase yang sesuai. Setelah dilakukan elusi terhadap plat KLT, bercak/noda dilihat dibawah lampu UV. Untuk menampakkan noda hasil KLT, hasil kromatogram tersebut kemudian disemprot dengan menggunakan larutan serum sulfat. *R_f* (*Retention factor*) dari setiap noda yang terbentuk dihitung dan dicatat. Setiap fraksi yang menghasilkan pola pemisahan dengan *R_f* yang sama pada kromatogram, disatukan, dan dipekatkan sehingga diperoleh beberapa fraksi gabungan yang akan difraksinasi lebih lanjut.

c. Kromatografi Kolom Gravitasi

Fraksinasi sampel dilakukan dengan teknik kromatografi kolom. Adsorben silika gel Merck (35-70 Mesh) dilarutkan dalam pelarut yang akan digunakan dalam proses pengelusian. *Slurry* dari silika gel, diatur sebagai fasa diam di dalam kolom hingga rapat (tidak berongga) dan rata. Selanjutnya sampel yang telah dijerapkan pada silika gel dimasukkan ke dalam kolom yang telah berisi fasa diam. Pada saat sampel dimasukkan, diusahakan agar kolom tidak kering/kehabisan pelarut karena akan mengganggu fasa diam yang telah dikemas rapat.

d. Kromatografi Sentrifugal (Kromatotron)

Setelah sampel diidentifikasi dengan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), kemudian sampel difraksinasi menggunakan kromatotron dengan menggunakan plat silika 1-2 mm dan menggunakan eluen yang sesuai. Sebelum digunakan plat silika diaktifkan terlebih dahulu dengan pemanasan lampu pijar selama 24 jam. Plat silika yang sudah aktif kemudian dipasang pada kromatotron dan dialirkan pelarut *n*-heksana sampai menetes, kemudian sampel ditetaskan ke dalam plat silika selagi basah. Setelah sampel ditetaskan pada plat silika, kemudian sampel dibiarkan mengering ± 10 menit. Setelah sampel kering, kemudian dialirkan 100 mL *n*-heksana dilanjutkan dengan mengalirkan eluen. Hasil fraksinasi kemudian ditampung menggunakan botol-botol kecil berukuran ± 10 mL. Setelah selesai fraksinasi, plat silika kemudian dicuci dengan

mengalirkan metanol sebanyak 100 mL dilanjutkan dengan mengalirkan air-metanol 5% sebanyak 100 mL.

4. Analisis Kemurnian

Uji kemurnian dilakukan dengan metode KLT dan uji titik leleh. Uji kemurnian secara KLT menggunakan beberapa campuran eluen. Kemurnian suatu senyawa ditunjukkan dengan timbulnya satu noda dengan berbagai campuran eluen yang digunakan. Jika noda yang terjadi tidak berwarna, untuk menampakkan bercak/noda dari komponen senyawa tersebut plat KLT kemudian disemprot menggunakan larutan serium sulfat.

Untuk uji titik leleh, sebelum dilakukan pengukuran, alat pengukur titik leleh tersebut dibersihkan terlebih dahulu dari pengotor yang ada, karena dengan adanya pengotor akan menaikkan atau menurunkan suhu titik leleh kristal. Untuk kristal yang berukuran besar, kristal terlebih dahulu digerus hingga berbentuk serbuk. Kemudian kristal yang akan ditentukan titik lelehnya diletakkan pada lempeng kaca, diambil sedikit dengan menggunakan pipet kapiler, kemudian alat dihidupkan dan titik leleh diamati dengan bantuan kaca pembesar. Suhu pada saat kristal pertama kali meleleh, itulah titik leleh dari senyawa tersebut.

5. Analisis Struktur

a. Spektrofotometri Ultraungu-Tampak (UV-Vis)

Sampel berupa kristal murni sebanyak 0,001 g dilarutkan dalam 10 mL metanol.

Larutan ini digunakan sebagai persediaan untuk beberapa kali pengukuran.

Sampel diukur serapan maksimumnya dalam metanol.

b. Spektrofotometri Inframerah (IR)

Sampel kristal hasil isolasi yang telah murni dianalisis menggunakan spektrofotometer inframerah. Kristal yang telah murni dibebaskan dari air kemudian digerus bersama-sama dengan halida anorganik, KBr. Gerasan kristal murni dengan KBr dibentuk menjadi lempeng tipis atau pelet dengan bantuan alat penekan berkekuatan 8-10 ton cm^2 selama 10 menit. Kemudian pelet tersebut diukur puncak serapannya.

6. Pengujian Aktivitas Antibakteri

Pada uji bioaktivitas antibakteri ini, terlebih dahulu dilakukan sterilisasi alat dan media dengan menggunakan *autoclave* selama 15 menit. Sebelum sterilisasi terlebih dahulu dibuat media agar dengan cara memasukan sebanyak 4,2 g *Nutrient Agar* (NA) ke dalam 150 mL aquades kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan hingga NA larut. Media agar yang sudah larut hingga berubah menjadi bening dan 20 mL aquades dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit bersama dengan

alat-alat gelas yang akan digunakan pada uji antibakteri. Media yang disterilkan dimasukkan ke dalam *laminar air flow* selama 15 menit. Setelah itu media dituangkan ke dalam cawan petri yang sudah disterilkan dan ditunggu hingga media dingin.

Bakteri yang akan digunakan diambil sebanyak 1 ose dan disuspensikan pada akuades steril, kemudian dimasukkan ke dalam media agar 5 mL dan dihomogen. Setelah media di dalam cawan petri memadat, dituangkan suspensi bakteri *B. Subtilis* dan *E. coli*. Setelah media siap dimasukkan *paper disk* yang berisi senyawa hasil isolasi, kontrol positif dan kontrol negatif. Kemudian cawan petri ditutup dengan *plastic wrap* disimpan dalam inkubator selama 24 jam (Jawetz, 2005).

Pada uji bioaktivitas antibakteri ini senyawa hasil isolasi dibuat variasi tiga konsentrasi : 0,5 mg/disk; 0,4 mg/disk; 0,3 mg/disk. Kristal sebanyak 2,5 mg dilarutkan dalam aseton p.a 250 μ L sebagai larutan stok. Kemudian dari larutan stok tersebut diambil 50 μ L, 40 μ L, 30 μ L untuk ditotolkan ke dalam *paper disk*. Sedangkan untuk kontrol positif digunakan *Amoxycillin* untuk bakteri *B. subtilis* dan *Chloramphenicol* untuk bakteri *E. coli* dengan variasi konsentrasi dan perlakuan yang sama dengan sampel. Kontrol negatif digunakan aseton p.a sebagai pelarut sampel dan kontrol positif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini telah diisolasi 3 senyawa murni flavonoid dari bagian kayu cabang tumbuhan sukun (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) yaitu kristal G1, kristal G2, dan kristal G3 yang berbentuk kristal jarum berwarna kuning masing-masing sebanyak 30,5 mg, 24,4 mg, 45,5 mg dengan titik leleh berturut-turut 289-291°C, 271-273°C, dan 281-283°C. Kemudian dipilih kristal G1 untuk dilakukan analisis lebih lanjut.
2. Berdasarkan uji bioaktivitas antibakteri menunjukkan bahwa kristal G1 memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *B. subtilis* dan *E. coli* dengan kategori kuat pada konsentrasi 0,5 mg/disk dan kategori sedang pada konsentrasi 0,3 mg/disk dan 0,4 mg/disk.
3. Berdasarkan data spektrum UV-Vis, kristal G1 memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang yang sama dengan senyawa standar sikloartokarpin yang menunjukkan senyawa hasil isolasi memiliki kromofor yang sama dengan senyawa sikloartokarpin.

4. Berdasarkan spektrum IR, spektrum kristal G1 memiliki beberapa perbedaan dengan senyawa standar sikloartokarpin, hal ini dikarenakan kemungkinan senyawa bukan merupakan senyawa sikloartokarpin tetapi senyawa lain yang memiliki kromofor yang sama dengan sikloartokarpin.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Penelitian lebih lanjut terhadap sampel kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) perlu dilakukan kembali mengingat masih banyak senyawa flavonoid yang berpotensi memiliki aktivitas antibakteri yang belum diisolasi dari bagian kayu cabang, sehingga dapat diperoleh informasi lebih tentang jenis senyawa flavonoid yang terkandung di dalamnya.
2. Dilakukan analisis struktur lebih lanjut terhadap kristal G1, menggunakan spektrofotometri massa dan NMR.
3. Dilakukan analisis struktur untuk kristal G2 dan G3 yang diperoleh, serta diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri patogen.
4. Menggunakan metode maserasi dengan 3 pelarut yang berbeda-beda kepolarannya, sehingga mempermudah dalam isolasi senyawa target.
5. Melakukan uji aktivitas biologis lain seperti uji toksisitas, antijamur, antioksidan, antikanker dan antimalaria untuk senyawa sikloartokarpin dari bagian kayu cabang tumbuhan sukun (*A. altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg).

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S. A. 1986. *Kimia Organik Bahan Alam Materi Pokok 4*. Karunika. Jakarta. Hlm. 2.
- Akhyar. 2010. Uji Daya Hambat dan Analisis KLT Biaoutografi Ekstrak Akar dan Buah Bakau (*Rhizophora stylosa Griff.*) Terhadap *Vibrio Harveyi*. (Skripsi). Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin. Makassar. Hlm. 32-33.
- Anam C, K. Sirojudin, F. Sofjan. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. **10**(1) :79 – 85.
- Atun, S. 2014. Metode Isolasi dan Identifikasi Struktur Senyawa Organik Bahan Alam. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*. **8**(2) : 53-61.
- Bhoonphong, S., A. Baramée, P. Kittakoop, and P. Puangsombat. 2007. Antitubercular and Antiplasmodial Prenylated Flavones from The Roots of *A. altilis* (Park) Fosberg. *Chiang Mai J. Sci.* **34**(3) : 339-344.
- Cannell, R.J.P. 1998. *Natural Produk Isolation*. Humana Press. Totowa. Hlm. 24-29.
- Carbonaro, M. and G. Grant. 2005. Absorption of Quercetin and Rutin in Rat Small Intestine. *Ann. Nutr. Metab.* **49** : 178-182.
- Davis, W., and T. Stout. 1971. Disc Plate Method Of Microbiological Antibiotic Essay. *Appl. Microbiol.* **22**(4) : 659-665.
- Day, R.A. dan A. L. Underwood. 1981. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Erlangga. Jakarta. Hlm. 486-487
- Dendiko, M. 2013. Isolasi dan Modifikasi Senyawa Artonin-E dari *Artocarpus rigida* Menggunakan $AlCl_3$. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Dwijoseputro, D. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta. Hlm. 21-25.

- Fessenden, R.J. dan J.S. Fessenden. 1986. *Kimia Organik* Jilid I. Alih Bahasa Hadyana Pujaatmaka. Erlangga. Jakarta. Hlm 525.
- Hadiprabowo, T. 2009. Optimasi Sintesis Analog *Curcumin* 1,3-Bis-(4-Hidroksi-3-Metoksi Benzilidin) Urea pada Rentang pH 3-4. (*Skripsi*). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. Hlm 10-11.
- Hakim, A. 2011. Keanekaragaman Metabolit Sekunder Genus *Artocarpus* (Moraceae). *Bioteknologi*. **8**(2) : 86-90.
- Hakim, E.H., A. Adimurti, L. Makmur, S.A. Achmad, N. Aimi, M. Kitajima, D. Mujahidin, Y.M. Syah, dan H. Takayama. 2001. *A Prenylated Stilbene from The Root Trunk of A. altilis* (Park) Fosberg. Proc. ITB. Bandung. **33**. Hlm. 75-80.
- Hakim, E.H., Achmad, S.A., Juliawaty, L.D., Makmur, L., Syah, Y.M., Aimi, N., Kitajima, M., and Ghisalberti, E.L. 2006. Prenylated Flavonoids and Related Compounds of The Indonesian *Artocarpus* (Moraceae). *J. Nat. Med.* **60** : 161-184.
- Hernawan. 2008. Isolasi Senyawa Flavonoid dari Kulit Batang *Artocarpus rigida*. (*skripsi*). Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia, Jilid II*. Departemen Kehutanan. Jakarta. Hlm. 670-672.
- Hostettmann, K., N. Hostettmann, and A. Marston. 1986. *Preparative Chromatography Techniques, Application in Natural Product Isolation*. Springer-Verlag. New York. Hlm. 50-60.
- Jawetz, M. dan Adelbergs. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran*. EGC. Jakarta. Hlm. 196-198, 357-359.
- Jayasinghe L., B.A.I.S. Balasooriya, W.C. Padmini, N. Hara, and Y. Fujimoto. 2004. Geranyl Chalcone Derivatives with Antifungal and Radical Scavenging Properties from the Leaves of *Artocarpus nobilis*. *Phytochemistry*. **65** : 1287-1290.
- Khan, M.R., A.D. Omoloso, and M. Kihara. 2003. *Antibacterial Activity of Artocarpus heterophyllus*. *Fitoterapia*. **74** : 501-505.
- Khomsiah, I. 2016. Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Antibakteri Senyawa Flavonoid dari Fraksi Non Polar Kulit Akar Tumbuhan Kenangan (*Artocarpus rigida*). (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Lenny, S. 2006. *Senyawa Flavanoida, Fenilpropanida dan Alkaloida*. Karya Ilmiah. Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara. Medan. Hal 7.
- Lotulung, P.D.N., T. Mozef, C. Risdian, and A. Darmawan. 2014. In Vitro Antidiabetic Activities of Extract and Isolated Flavonoid Compounds from *A. altilis* (Parkinson) Fosberg. *Indo. J. Chem.* **14**(1): 7-11.
- Markham, K.R. 1988. *Cara Identifikasi Flavonoid*. Alih Bahasa Kosasih Padmawinata. ITB. Bandung. Hlm 1-20.
- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan.* 7(2): 361-362.
- Musthapa, I. 2009. Keanekaragaman Metabolit Sekunder Turunan Fenol dari Beberapa Spesies Tumbuhan *Artocarpus* asal Indonesia serta Aktivitas Biologisnya. (Tesis). Program Studi Kimia ITB. Bandung.
- Najihah, M.H., R. Mawardi, C.L.E. Gwendolin, A.S. Mohd, Y. Maizatullakmal, A.M.A. Muhamad, M.A. Abd, and G. Rusea. 2012. Antioxidant, Antimicrobial and Tyrosinase Inhibitory Activities of Xanthones Isolated from *Artocarpus Obtusus* F.M. Jarrett. *Molecules.* **17** : 6071-6082.
- Neldawati, Ratnawulan, dan Gusnedi. 2013. Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *J. Pill. Phy.*(2) : 76-83.
- Ramanathan, R., C. Than, and N. Das. 1992. Cytotoxic Effect of Plant Polyphenols and Fat Soluble Vitamins on Malignant Human Cultured Cells. *Cancer letters.* **62**: 217-224.
- Ramdhani, A.N. 2009. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Daun Sukun (*A. altilis* (Park) Fosberg) terhadap Larva *Artemia salina* Leach dengan metode Brine Shrimp Lethality Test (BST). (Skripsi). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rante, H., B. Taebe, dan S. Intan. 2013. Isolasi Fungi Endofit Penghasil Senyawa Antimikroba dari Daun Cabai Katokkon (*Capsicum Annuum L Var. Chinensis*) dan Profil KLT *Bioautografi*. *Majalah Farmasi dan Farmakologi.* **17**(2) : 39-46.
- Rao, G.V., M.Gopalakhrisnan, M.S.L. Madhavi, T. Mukhopadhyay, J.Thanusu, and M.R. Ezhilarasi. 2013. Dendrite Elongation Inhibitor from *A. altilis* (Park) Fosberg. *J. Pharm. Res.* **7**: 358-361.
- Rizka, H. 2012. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Pelepah dan Batang Tanaman Pisang Ambon (*Musa paradisiacal var.sapientum*) Terhadap *Staphylococcus aureus*. (Skripsi). Universitas Diponegoro. Semarang. Hlm. 1.

- Roth, H.J., and G. Blaschke. 1994. *Analisis Farmasi*, diterjemahkan oleh Sarjoko Kisman dan Slamet Ibrahim. UGM Press. Yogyakarta. Hlm. 359-361, 373.
- Rustianingsih. 2007. Studi Pemanfaatan Senyawa Bioaktif dari Kulit Batang Nangka-nangkaan (*Artocarpus sp.*) sebagai Inhibitor Tirosinase. (*Skripsi*). FPMIPA UPI. Bandung.
- Sastrohamidjojo, H. 2002. *Kromatografi*. Liberty. Yogyakarta. Hlm 22-23, 71-75.
- Setyowati, E.P., U.A. Jenie, Sudarsono, B. Kardono, R. Rahmat. 2007. Toksisitas dan Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Bunga Karang dari Perairan Pulau Tabuhan Banyuwangi dan Pulau Menjangan Bali Barat. *Jurnal Perikanan*. **9**: 167-173.
- Shamaun, S.S., M. Rahmani, N.M. Hashim, H.B.M. Ismail, M.A. Sukari, G.E.C. Lian, and R. Go. 2010. Prenylated Flavones from *A. altilis* (Park) Fosberg. *J. Nat.Med.* **64**: 478-481.
- Silverstein, R.M., G.B. Bassler, dan T.C.D. Morcill. 1986. *Penyelidikan Spektrometrik Senyawa Organik*. Alih Bahasa : A.J. Hartomo dan Anny Victor Purba. Erlangga. Jakarta. Hlm 191-195.
- Siswandono dan Soekardjo. 1995. *Kimia Medisinal*. Penerbit Airlangga. Surabaya. Hlm. 544.
- Stahl, E. 1985. *Analisis Obat Secara kromatografi dan Mikroskopi*. Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinatadan Iwang Soediro. ITB. Bandung. Hlm 3-17.
- Suhartati, T. 2001. Senyawa Fenol Beberapa Spesies Tumbuhan Jenis Cempedak Indonesia. (*Disertasi*). ITB. Bandung. Hlm. 49-50.
- Suhartati, T., Yandri A.S., dan J. F. Suwandi. 2011. Isolasi dan Identifikasi Senyawa senyawa Bioaktif Antimalaria dari Beberapa Tumbuhan *Artocarpus*. (Laporan Penelitian Strategis Nasional. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Syamsuhidayat, S.S dan J.R. Hutapea, 1991. Inventaris Tanaman Obat Indonesia, Edisi Kedua. Departemen Kesehatan RI. Jakarta. Hlm. 10.
- Tapas, A.R., D.M. Sakarkar, and R.B. Kakde. 2008. Flavonoids as Nutraceuticals : A Review. *Trop. J. Pharm. Res.* **7** (3): 1089-1099.
- Tjitrosoepomo, G. 1994. *Taksonomi Tumbuhan Obat-obatan*. UGM Press. Yogyakarta. Hlm 144-146.
- Utami, E.R. 2011. Antibiotika, Resistensi, dan Rasionalitas Terapi. *El-Hayah*. **1**(4) : 191-198.

- Wen, C.L., W.T. Cheng, C.L. Chun, L.Y. Feng, and H.K. Horng. 2013.
Prenylated Flavonoids from *A. altilis* : Antioxidant Activities and Inhibitory
Effects on Melanin Production. *Phytochemistry*. **89**: 78-88.
- Weng, JR., S.C. Chan, Y.H. Lu, H.C. Lin, H.H. Ko, and C.N. Lin. 2006.
Antiplatelet Prenylflavonoids from *Artocarpus communis*. *Phytochemistry*.
67 : 824-829.