

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

(Skripsi)

Oleh

Elisabeth Yulinda Ari Puspita



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

ABSTRACT

ISOLATION, CHARACTERIZATION, AND BIOACTIVITY TEST AS ANTIBACTERIAL OF FLAVONOID COMPOUND FROM THE ROOT BARK OF SUKUN (*Artocarpus altilis* (Parkinson F. A. Zorn) Fosberg)

By

Elisabeth Yulinda Ari Puspita

A. altilis (Park. F.A. Zorn) Fosberg is one species of the genus *Artocarpus* of Moraceae family known as Sukun. This studies aim are to isolate and identify flavonoid compound from the root bark of sukun (*A. altilis* (Park. F.A. Zorn Fosberg), which is obtained from Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Lampung. Compound extraction were conducted using methods by methanol solvent. Purification of obtained were followed by successive process consist of vacuum liquid chromatography, column chromatography, chromatotron, and thin layer chromatography preparative. Determination of purified compound were conducted by thin layer chromatography and melting point assay. Identification of purified were determined based on UV-Vis, IR, and NMR spectroscopic analysis. Follow some procedures mentioned above this study was successfully obtain two flavonoid compounds. The appareance of compound were yellowish needle crystal (m.p. 291-293 °C) and yellowish amorphous crystal (m.p. 256-59 °C) respectively. Base on UV-Vis determination, this two flavonoids are the derivate of flavon which the first compound is grouped in dehydrobenzosantone and including in cycloartobiloxantone compound as much 22 mg. Further more the second compound is flavonoid compound which belong to prenylated flavon, named artonin E as much 58 mg. These two compounds showed srong antibacterial activity when examined to *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli* at concentration 0,5 mg/disk.

Keyword : *A altilis* (Parkinson F.A. Zorn) Fosberg, sikloartobilosanton, artonin E, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*.

ABSTRAK

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

Oleh

Elisabeth Yulinda Ari Puspita

Tumbuhan sukun dengan nama ilmiah *A. altilis* (Park. F.A. Zorn) Fosberg merupakan salah satu spesies dari genus *Artocarpus* dari famili Moraceae. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa flavonoid yang terkandung dalam kulit akar tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. F.A. Zorn) Fosberg) yang diperoleh dari Desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Tulang Bawang, Lampung. Ekstraksi senyawa flavonoid dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol. Pemurnian senyawa menggunakan metode kromatografi cair vakum, kromatografi kolom, kromatotron, dan KLT preparatif. Kemurnian senyawa hasil isolasi ditentukan berdasarkan kromatografi lapis tipis dan pengukuran titik leleh. Identifikasi senyawa ditentukan berdasarkan analisis spektroskopi UV-Vis, IR, dan NMR. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua senyawa flavonoid yang berhasil diisolasi yaitu kristal jarum berwarna kuning dengan titik leleh sebesar 291-293°C dan kristal amorf berwarna kuning dengan titik leleh sebesar 256-259°C. Dua senyawa flavonoid tersebut termasuk ke dalam golongan senyawa flavon turunan dihidrobenzosanton yaitu sikloartobilosanton sebanyak 22 mg dan flavon terprenilasi yaitu artonin E sebanyak 56,8 mg. Kedua senyawa ini menunjukkan adanya aktivitas antibakteri dengan kategori kuat terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli* pada konsentrasi 0,5 mg/disk.

Kata kunci : *A. altilis* (Parkinson F.A.Zorn) Fosberg, sikloartobilosanton, artonin E, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*.

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

Oleh
Elisabeth Yulinda Ari Puspita

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 KULIT AKAR
TUMBUHAN SUKUN (*Artocarpus altilis*
(Parkinson F.A. Zorn) Fosberg)**

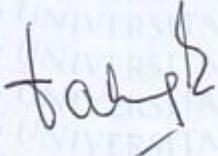
Nama Mahasiswa : **Elisabeth Yulinda Ari Puspita**

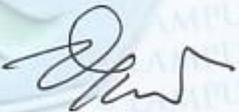
No. Pokok Mahasiswa : 1417011032

Jurusan : Kimia

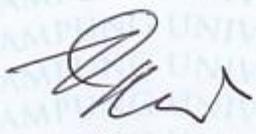
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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


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

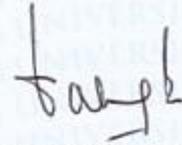
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

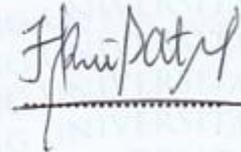
Ketua : **Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.**



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



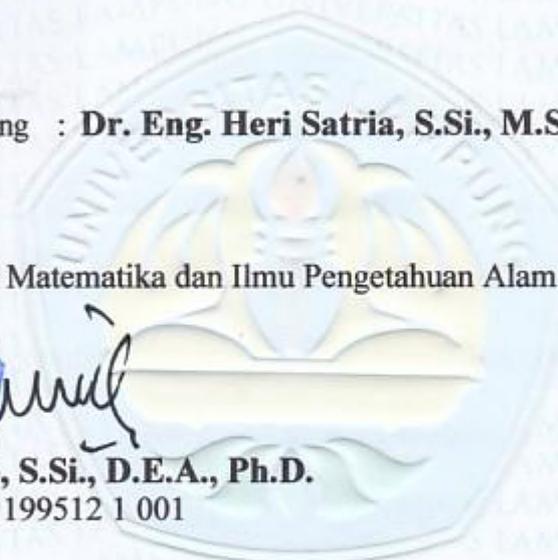
Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**



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 : **28 September 2018**

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Air Nanningan pada tanggal 27 Juli 1996, anak tunggal dari pasangan bapak Markus Suyoto dan Ibu Sisilia Endang Sri Mulati. Penulis mengawali pendidikan formal di SDN 01 Bumi Dipasena Jaya yang diselesaikan pada tahun 2008, melanjutkan di SMP Negeri 01 Rawajitu Timur yang diselesaikan pada tahun 2011 dan masuk SMA Xaverius Pringsewu yang diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2014, penulis diterima di jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur undangan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di jurusan kimia, penulis memiliki pengalaman organisasi yaitu, Anggota UKM Khatolik Universitas Lampung, Anggota Komunitas Bela Diri Universitas Lampung, Kader Muda Himaki Periode 2014-2015, Anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) Himaki FMIPA Unila periode 2015-2016, dan Anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) Himaki FMIPA Unila periode 2016-2017.

Selama menjalani perkuliahan, penulis juga mengikuti beberapa organisasi di luar kampus yaitu Anggota Komunitas Mahasiswa Khatolik (KMK) Lampung, dan

Anggota Komunitas Pecinta Alam Pringsewu. Penulis juga pernah menjadi asisten Praktikum Kimia Organik 1 jurusan Pertanian pada tahun 2016, Asisten Praktikum Kimia Organik 2 jurusan Biologi pada tahun 2017, Asisten Praktikum Kimia Organik 2 jurusan Kimia pada tahun 2017, dan Asisten praktikum Kimia Organik 2 jurusan Kimia pada tahun 2018.

Selain melakukan kegiatan di dalam maupun di luar kampus, penulis juga pernah menjadi guru privat di lembaga English Private dan kegiatan mengajar lainnya. Pada bulan Agustus 2017, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Taman Sari, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung selama 40 hari.

MOTTO

Ia membuat segala sesuatu indah pada waktunya, bahkan Ia memberikan kekekalan dalam hati mereka. Tetapi manusia tidak dapat menyelami pekerjaan yang dilakukan Allah dari awal sampai akhir.

(Pengkhotbah 3:11)

Good, Better, Best. Never let it rest. 'Til your good is better and your better is best.

(St. Jerome)

Seseorang menginginkan banyak hal untuk kehidupannya. Termasuk untuk mimpinya. Bermimpilah untuk menyukseskan mimpimu, karena mimpimu adalah harapan nyata orang tuamu.

(Elisabeth)



PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis persembahkan seluruh karya ini teruntuk :

**Ayahanda dan ibunda tersayang yang telah membesarkan, mendidik, mendo'akan, dan memberikan motivasi kepada Ananda. Semoga Tuhan Yesus Kristus membalas semua kebaikan yang Ayahanda dan Ibunda berikan kepada Ananda.*

**Keluarga besarku yang telah memberikan motivasi, semangat, dan curahan energi yang tiada berkesudahan.*

**Rasa hormat dan sayang yang teramat besar penulis kepada Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, M. S.*

**Sahabat-sahabatku tercinta yang sabar menemani, memberikan keceriaan, motivasi dan semangat.*

**Seseorang yang kelak menjadi pendamping hidup*

Serta

**Almamaterku tercinta....*



SANWACANA

Puji Tuhan saya panjatkan segala syukur kepada Allah atas limpahan berkat dan rahmat Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Antibakteri Senyawa Flavonoid dari Kulit Akar Tumbuhan Sukun (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg)**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang yang paling luar biasa dalam hidup saya, Bapak Markus Suyoto dan Ibu Sisilia, Endang Sri Mulati yang telah mendidik, membesarkan, memberikan kasih sayang yang sangat tulus, dukungan, semangat dan doa, serta motivasi kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Terimakasih yang teramat dalam penulis ucapkan atas kerja keras Bapak dan Ibu dalam membiayai sekolah hingga kuliah. Semoga rezeki dan berkat selalu mengalir mengalir di dalam keluarga dan semoga penulis dapat menjadi orang yang sukses dan membalas kebaikan Bapak dan Ibu.
2. Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S. selaku Pembimbing I yang selalu sabar

dalam memotivasi, membimbing, dan mengarahkan penulis, serta memberikan semangat selama penelitian dan penulisan skripsi. Semoga Allah membalas kebaikan beliau dengan kebaikan serta keberkahan yang tak terhingga.

3. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.T., selaku Pembimbing II, atas kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi. Semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.
4. Bapak Dr. Heri Satria, M.T., selaku Pembahas yang banyak memberikan motivasi dan saran yang bersifat positif dan membangun. Semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.
5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.T., selaku Pembimbing Akademik atas bimbingan, arahan dan motivasinya selama diperkuliahan ini. Semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.
6. Ibu Noviany, Ph. D selaku Kepala Laboratorium Kimia Organik atas izinnya untuk menyelesaikan penelitian.
7. Bapak Dr. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama belajar di Universitas Lampung. Semoga Allah memberikan keberkahan yang tak terhingga.
10. Saudara- saudaraku pakde Yadi, Bude Yanti, mas Wito, mbak Mides, pakde Mul, bude Tuin, pakde Jumali, mak Entik, bi Timah, om Jumbadi, Irma, mbak

Wulan, mas Iyok, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Terimakasih atas bantuan tenaga, semangat, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.

11. Partnerku seperjuangan Gabriella Setia Wulandari, S.Si, Kartika Dewi Rachmawati S.Si, Astriva Novri Harahap, Laili Dini Arista, Herda Yulia, terimakasih telah mewarnai hari-hari penulis selama di Laboratorium, terkhusus Gabriel dan Kartika terimakasih atas semangat dan dukungan serta perjuangan kita selama di lab dari PKL bareng, Usul bareng, Hasil bareng sampai Kompre pun bareng. Semoga segala urusan kita diberi kemudahan dan kelancaran. Amin
12. Partnerku dari maba Gabriella Setia Wulandari S.Si yang paling mengerti dan tahu segala kekurangan penulis. Terimakasih telah menjadi sahabat, saudara, temen diem-dieman, temen maen, temen ribut, temen seperjuangan hidup diperantauan, temen satu kosan, temen segala-galanya. Semoga kamu dipermudah dalam urusan cita dan cintamu.
13. Sahabat-sahabatku “**4 LAGI SOLD OUT**” Uci, Erika, Della, Ayi, Riska, Kartika, terimakasih sudah menjadi keluargaku di perantauan. Terimakasih atas waktu yang kalian berikan untukku dan untuk kita. Serta terimakasih atas dukungan, semangat, motivasi, keceriaan, keseperjuangan, keseperngengngan, dan kebersamaan selama perkuliahan ini. Semoga kelak kita dipertemukan dengan kesuksesan kita masing-masing. LOVE YOU. Amin.
14. Sahabat-sahabatku “**SISTER FROM ANOTHER MOMS**” Gabril, Edith, Beber, Dina. Kalian adalah keluarga dan sahabat terbaikku!. Terimakasih atas kebersamaan kita selama 4 tahun ini. Sesama anak perantauan yang sama

sama saling menyemangati satu sama lain. Terimakasih atas keceriaan, semangat, motivasi, doa, dan dukungannya selama ini. Semoga cita-cita kita tercapai dan kelak kita dipertemukan dengan kesuksesan kita masing-masing. LOVE YOU. Amin.

15. Rekan “**SAUDARA SEPERKAYUAN**”, mbak Ismi, mbak Susy, mbak Ajeng, kak Rio, kak Hernawan, mbak Sulimah, mbak Vicka, mbak Badi, mbak Nurul, mbak Inggit, mbak Arni, Herda, Laili, Astriva, kartika, Gabriel, Valen, Mentari, Rinda, Juwita, dan Rizki. Terimakasih atas bimbingan, semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis selama penelitian. Semangat untuk adik-adik yang sedang dalam proses penelitian. Jangan menyerah!
16. Rekan- rekan “**PENGHUNI LAB ORGANIK** “, Dicky, Risa, Nella, Clodina, Uvi, Risky, Ella, Gabriel, Kartika, Mbak Arni, Mbak Imah, Rinda, Valen, Mentari, Tossa, Rizki, Juwita, Isnaini, dan yang lainnya. Terimakasih atas kebersamaannya selama ini. Semoga lab kita tetap terjaga kebersihannya.
17. Mbak Wid, Mas Nomo, Pak Gani, Mbak Umi, Pak Jon, dan staff lainnya. Terimakasih atas bantuan yang diberikan.
18. Rekan-rekan “**PENGHUNI LAB BIOKIMIA**”, Bidari (Temen main dan tetangga kosan), Erika, Bunga, Rahma, Riza, Asrul, Luthfi, dan yang lainnya. Terkhusus Bidari Maulid Diana, terimakasih atas kesabaran dan kebaikanmu kepadaku. Terimakasih telah memberi semangat dan bersedia membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian. Semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.
19. Keluarga “**CHEMISTRY’14**”, terimakasih atas kebersamaan selama 4 tahun ini. Terimakasih telah menjadi keluargaku di bangku perkuliahan. Semoga

Allah memberkahi setiap langkah kita, menuntun dan menjadikan kita orang yang sukses dan tetap berada dalam jalan-Nya. Aminnn.

20. Sahabat-sahabatku, **Yuni Ma'rifa, Gitri Devi Pratiwi, Indah Mayatika Sihaloho, Bernadetha Junitya W, dan Agustina Vera** yang selalu bersama sejak berada di bangku SMA hingga saat ini. Terimakasih kalian telah bersedia menjadi tempat pelarian penulis ketika penat.
21. Sahabat kecilku "**AMALIANA HARTAIN DIRIO**", terimakasih kamu telah menjadi bagian dari masa kecilku dalam suka maupun duka. Terimakasih juga atas kesabaran, kelembutan, motivasi, semangat, dan saran kepada penulis untuk terus berjuang menyelesaikan studiku.
22. My Best "**R**" yang selalu sabar dan selalu memberikan semangat kepada penulis setiap waktu. Terimakasih buat waktu, doa, dukungan, kritik, dan saran yang telah diberikan sehingga memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan penelitian. Semoga kamu selalu dimudahkan dalam segala urusan, cita, dan cintamu.
23. Almamater tercinta Universitas Lampung.
24. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. *Aammiin*.

Bandar Lampung, Oktober 2018
Penulis

Elisabeth Yulinda Ari Puspita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
1. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian.....	5
C. Manfaat Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Artocarpus	7
B. Sukun (<i>A. altilis</i> (Park. F. A. Zorn) Fosberg)	10
C. Flavonoid.....	13
D. Ekstraksi	16
E. Kromatografi	17
1. Kromatografi Cair Vakum (KCV)	18
2. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	19
3. Kromatografi Kolom (KK)	19
4. Kromatotron	20
5. KLT Preparatif	21
F. Identifikasi Spektroskopi.....	23
1. Spektrofotometri UV-Vis	23
2. Spektrofotometri <i>Infra red</i> (FT-IR)	25
3. Spektrometri ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR.....	26
4. Antibakteri.....	28
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
B. Alat dan Bahan	30
1. Alat-alat yang digunakan	30
2. Bahan-bahan yang digunakan	31
C. Prosedur Penelitian	32
1. Pengumpulan dan persiapan sampel	32
2. Ekstraksi	32

3. Kromatografi	33
a. Kromatografi Cair Vakum (KCV)	33
b. Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG).....	33
c. Kromatotron	34
d. KLT Preparatif	35
e. Kromatografi Lapis Tipis (KLT).....	35
4. Analisis Kemurnian	36
5. Spektrofotometri.....	36
a. Spektrofotometri UV-Vis.....	36
b. Spektrofotometri <i>Infra Merah</i> (IR)	37
c. Spektrometri ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR	37
6. Pengujian Aktivitas Antibakteri	38
7. Diagram Alir.....	39

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Isolasi Senyawa Flavonoid	41
B. Penentuan Titik Leleh.....	69
C. Analisis Spektrofotometri.....	69
1. Analisis Spektrofotometri UV-Vis	69
2. Analisis Spektrofotometri Inframerah.....	80
3. Analisis Spektrofotometri ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR	85
D. Uji Aktivitas Antibakteri.....	89

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	94
B. Saran	95

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Diagram alir penelitian	103
2. Perhitungan koefisien absorptivitas molar	111
3. Perhitungan tetapan kopling spektrum ¹ H-NMR.....	113
4. Perhitungan pembuatan larutan uji aktivitas antibakteri.....	114
5. Hasil uji aktivitas antibakteri terhadap <i>B. subtilis</i> dan <i>E. coli</i>	115

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Berbagai senyawa flavonoid yang telah di isolasi dari beberapa spesies <i>Artocarpus</i>	9
2. Penggolongan kromatografi berdasarkan fasa diam dan fasa gerak (Johnson and Stevenson, 1991).....	17
3. Urutan kekuatan adsorben, kepolaran eluen, dan elusi senyawa pada kromatografi (Braithwaite dan Smith, 1995).....	20
4. Rentang serapan spektrum ultraungu tampak untuk flavonoid.....	24
5. Karakteristik frekuensi uluran beberapa gugus fungsi (Banwell and McCash, 1994).....	25
6. Nilai geseran kimia untuk ^1H dan ^{13}C (Settle, 1997).....	27
7. Gabungan fraksi A-E hasil KCV tahap I-V.....	47
8. Perbandingan data spektrum UV- <i>Vis</i> senyawa standar sikloartobilosanton (Suhartati, 2007) dan senyawa E1.....	76
9. Perbandingan data IR senyawa standar sikloartobilosanton dan senyawa E1.....	83
10. Perbandingan data IR senyawa artonin E standar (A) (Hasanah, 2016), (B) (Andini,2017), dan (C) senyawa hasil isolasi.....	85
11. Perbandingan data ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR antara senyawa artonin E (Santoso, 2011) (A), (Hasanah, 2016) (B), dan senyawa hasil isolasi (C).....	89
12. Ukuran zona hambat dari senyawa hasil isolasi terhadap bakteri <i>B. subtilis</i>	92
13. Ukuran zona hambat dari senyawa hasil isolasi terhadap bakteri <i>E. coli</i>	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon dan buah Sukun	11
2. Struktur kimia senyawa flavonoid yang telah diisolasi dari tanaman <i>A. altilis</i> (Park.) Fosberg (Boonphong <i>et al.</i> , 2007).....	12
3. Struktur kimia senyawa flavonoid yang telah diisolasi dari tanaman <i>A. altilis</i> (Park.) Fosberg (Hakim, 2007).....	12
4. Kerangka dasar flavonoid (Robinson, 1995).....	13
5. Tiga Jenis Flavonoid (Achmad, 1986)	14
6. Struktur kimia dari beberapa jenis flavonoid (Tapas <i>et al.</i> , 2008)	15
7. Skema diagram alir penelitian	41
8. Ekstrak metanol hasil maserasi	43
9. Kromatogram KLT ekstrak kasar metanol menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6).....	44
10. Proses KCV (a) pengelusian sampel, (b) pita yang terbentuk setelah pengelusian, dan (c) fraksi hasil KCV	45
11. Kromatogram hasil KCV dari tahap I-V	46
12. Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KCV tahap I-V.....	48
13. Kromatogram KLT hasil KCV fraksi E menggunakan eluen etil asetat/metanol/ <i>n</i> -heksana (4,5:0,5:5).....	49
14. Kromatogram KLT 5 fraksi gabungan dari hasil KK fraksi E	49
15. Hasil kromatogram KLT fraksi E _D dengan eluen etil asetat/metanol/ <i>n</i> -heksana (4,5:0,5:5)	50
16. Kromatogram KLT 3 fraksi gabungan dari hasil KK fraksi E _D	51
17. Kromatografi Kolom menggunakan metode <i>slurry</i> berlapis.....	52
18. Kromatogram KLT fraksi E _D kAB menggunakan eluen etil asetat/metanol/ <i>n</i> -heksana (4:0,25:5.75).....	52

19.	Kromatogram KLT 3 fraksi gabungan dari hasil KK fraksi E _D	53
20.	Kromatogram KLT fraksi E _D kAb21a*11 menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (5:5).....	53
21.	Kromatogram KLT hasil KCV fraksi D.....	54
22.	Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KCV fraksi D dengan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6).....	55
23.	Kromatogram KLT hasil KK fraksi D ₃ menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (5:5).....	55
24.	Kromatogram KLT hasil KK fraksi D ₃ B menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (5:5).....	56
25.	Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KK fraksi D ₃ B.....	56
26.	Proses Kromatotron.....	57
27.	Kromatogram KLT hasil kromatotron fraksi D ₃ Bbb.....	58
28.	Proses KLT preparatif (a). Penotolan sampel, (b). Pengelusan sampel, (c). Hasil KLT preparatif	59
29.	Kromatogram KLT hasil KLT preparatif fraksi D ₃ Bbbb menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (6:4).....	60
30.	Kromatogram KLT hasil KCV fraksi C dengan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6)	61
31.	Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KCV fraksi C dengan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6).....	61
32.	Kromatogram KLT hasil KCV fraksi C _{EL} menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6).....	62
33.	Kromatogram KLT hasil KCV fraksi C _{EL} C menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6).....	62
34.	Kristal jarum berwarna kuning hasil KCV fraksi C _{EL} C.....	63
35.	Kromatogram KLT kristal 5f dan 6a.....	63
36.	Kromatogram KLT hasil KK kristal 6a menggunakan eluen etil asetat/ <i>n</i> -heksana (4:6).....	64
37.	Kromatogram KLT kristal 6a dan K6a	64
38.	Kromatogram KLT senyawa-senyawa SK(sikloartokarpin), A(artokarpin), C(capslain), O(artonin O), So ₁ (5f), So ₂ (6a),E1(artonin E), dan E2(artonin E).....	65
39.	Kromatogram KLT kristal E1 menggunakan 3 eluen pelarut.....	65
40.	Kromatogram KLT hasil KCV fraksi C _{EL} C ₃	66
41.	Kristal kuning hasil KCV fraksi C _{EL} C ₃	66

42.	Kromatogram KLT kristal 5b dan 5c yang dibandingkan dengan standar Artonin E.....	67
43.	Kromatogram KLT kristal 5c2.....	67
44.	Kromatogram KLT kristal 5c3.....	68
45.	Kromatogram KLT kristal 5b, 5c1, 5c2, dan 5c3.....	68
46.	Kromatogram KLT kristal E2 menggunakan 3 sistem eluen (a). etil asetat/diklorometana 80% ($R_f = 0,71$), (b). etil asetat/heksana 60% ($R_f = 0,4$), dan aseton/ <i>n</i> -heksana 75 % ($R_f=0,37$).....	69
47.	Spektrum UV senyawa E1 dalam MeOH.....	71
48.	Spektrum UV senyawa E1 dalam (a). MeOH. (b). MeOH+NaOH.....	72
49.	Spektrum UV senyawa E1 dalam (a). MeOH, (c). MeOH+NaOAc.....	73
50.	Spektrum UV senyawa E1 dalam (a). MeOH, (d). MeOH+NaOAc+H ₃ BO ₃	74
51.	Spektrum UV senyawa E1 dalam (a). MeOH, (e). .MeOH+AlCl ₃	74
52.	Spektrum UV senyawa E1 dalam (a). MeOH, (f). MeOH+AlCl ₃ +HCl.....	75
53.	Perbandingan spektrum UV senyawa standar sikloartobilosanton dengan senyawa E1.....	77
54.	Spektrum UV senyawa E2 dalam MeOH.....	78
55.	Spektrum UV senyawa E2 dalam (a). MeOH. (b). MeOH+NaOH.....	79
56.	Spektrum UV senyawa E2 dalam (a). MeOH, (c). MeOH+NaOAc.....	79
57.	Spektrum UV senyawa E2 dalam (a). MeOH, (d). MeOH+NaOAc+H ₃ BO ₃	80
58.	Spektrum UV senyawa E2 dalam (a). MeOH, (e). MeOH+AlCl ₃	80
59.	Spektrum UV senyawa E2 dalam (a). MeOH, (f). MeOH+AlCl ₃ +HCl.....	80
60.	Spektrum IR senyawa E1.....	81
61.	Spektrum IR senyawa sikloartobilosanton (Suhartati, 2007).....	82
62.	Struktur senyawa Sikloartobilosanton.....	83
63.	Spektrum IR senyawa E2.....	84
64.	Spektrum IR Artonin E (Andini, 2017).....	85
65.	Spektrum ¹ H-NMR senyawa hasil isolasi.....	86

66.	Spektrum ^{13}C -NMR senyawa E2.....	88
67.	Struktur senyawa Artonin E (Andini, 2017).....	90

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan biodiversitas terbesar di dunia. Indonesia memiliki hutan tropika yang sangat luas sekitar 39.549.447 Ha yang terletak hampir di setiap pulau besar seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang kaya akan keanekaragaman hayati yang terkandung didalamnya. Keragaman jenis tumbuhan menjadi salah satu sumber senyawa organik yang dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan. Sebanyak 40.000 jenis flora yang ada di dunia, terdapat 30.000 jenis yang dapat dijumpai di Indonesia dan 940 jenis diantaranya diketahui berkhasiat sebagai obat dan telah dipergunakan dalam pengobatan tradisional secara turun-temurun oleh masyarakat di Indonesia.

Kini penggunaan dan permintaan terhadap tanaman obat tradisional bertambah sehingga penelitian ke arah obat-obatan tradisional semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena efek samping obat tradisional yang lebih kecil daripada obat modern. Dalam bidang pengobatan tradisional banyak sekali spesies yang telah diketahui manfaatnya, namun penelitian mengenai kandungan senyawa kimia tumbuhan tersebut di Indonesia masih terbatas. Salah satu kelompok tumbuhan

yang bermanfaat dalam bidang pengobatan adalah famili Moraceae, khususnya genus *Artocarpus* (Heyne, 1987).

Tanaman *Artocarpus* terdiri dari sekitar 50 spesies pohon evergreen dan pohon yang berganti daun (gugur). Tanaman genus *Artocarpus* cukup penting sebagai sumber buah yang dapat dimakan dan penghasil kayu yang baik. *Artocarpus* dikenal oleh masyarakat luas sebagai tumbuhan nangka-nangkaan. Beberapa tanaman *Artocarpus* yang tersebar di Indonesia antara lain: sukun (*A. altilis* (Park.) Fosberg), cempedak (*A. chempeden* Spreng.), dan nangka (*A. heterophyllus* Lam.). Sejumlah spesies *Artocarpus* tersebut telah diketahui banyak menghasilkan senyawa golongan terpenoid, flavonoid, dan stilbenoid (Hakim, 2010).

Hasil kajian mengenai kandungan kimia spesies tumbuhan *Artocarpus* diperoleh adanya berbagai jenis senyawa fenolik dengan berbagai macam keanekaragaman molekul (chemodiversity). Senyawa fenolik yang diperoleh meliputi jenis calkon, flavanoid, flavonoid, santon, stilben, dan Diels-Alder aduk. Umumnya senyawa fenolik yang ditemukan pada spesies *Artocarpus* adalah senyawa fenolik terisoprenilasi (Erwin, 2010). Di antara jenis-jenis senyawa fenolik, flavonoid merupakan jenis senyawa fenolik yang paling banyak terdapat pada tanaman. Sejauh ini, lebih dari 8000 jenis senyawa flavonoid telah teridentifikasi (Tapas *et al.*, 2008). Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang memiliki berbagai aktivitas biologis yang menarik, antara lain sebagai antioksidan, sitotoksik terhadap sel kanker L-1210 (Hakim *et al.*, 2001) dan sel murine leukemia P-388 (Suhartati dan Yandri, 2007), antimalaria (Borisha, 2017), antibakteri, antidiabetes, antiinflamasi, antijamur, dll.

Tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F. A. Zorn) Fosberg) merupakan salah satu spesies tumbuhan dari genus *Artocarpus*. Penyebaran tumbuhan ini sangat luas di beberapa daerah di Indonesia seperti Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi, Maluku dan Papua. Hampir semua bagian tumbuhan sukun seperti akar, kulit batang, daun, getah dan buahnya telah digunakan secara tradisional untuk mengobati berbagai penyakit. Tumbuhan sukun diketahui memiliki khasiat sebagai obat dalam mengatasi berbagai macam penyakit seperti diare, luka bakar, jantung, ginjal, diabetes dan radang.

Beberapa khasiat terapeutik dalam tumbuhan sukun ini karena didalamnya mengandung senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antibakteri. Senyawa yang paling banyak ditemukan adalah senyawa golongan flavonoid. Beberapa senyawa flavonoid tersebut telah dilaporkan memiliki aktivitas biologis sebagai anti platelet (Weng *et al.*, 2006), anti jamur (Jayasinghe *et al.*, 2004), anti malaria (Widyawaruyanti, 2007) dan sitotoksik (Ko *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2007; Hakim, 2002; Suhartati, 2001; Syah, 2004^a, 2006^b). Salah satu golongan flavonoid yang diketahui memiliki aktivitas farmakologis yang beragam adalah flavon (Geissman, 1969).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, telah diperoleh berbagai jenis senyawa flavonoid terprenilasi dari ekstrak diklorometana kayu akar *A. altilis* (Park) Fosberg yaitu sikloartokarpin, artokarpin dan caplasin (Boonphong dkk., 2007). Senyawa-senyawa tersebut telah dilakukan uji aktivitas biologis dan menunjukkan aktifitas antimalaria dan antituberkulosis (Boonphong dkk., 2007). Senyawa flavonoid turunan 2-arilbenzofuran juga ditemukan pada tumbuhan *Artocarpus* yaitu artoindonesianin Z yang telah berhasil diisolasi dari bagian

kayu akar *A. altilis* (Park) Fonsberg yang memperlihatkan toksisitas yang tinggi terhadap benur udang *Artemia salina* (Hakim *et al.*, 2001). Selain itu, berhasil diisolasi senyawa flavonoid berupa artonin E (Santoso, 2011) dan artonol B (Hakim *et al.*, 2006) dari daun tumbuhan sukun (*A. altilis*). Senyawa-senyawa flavonoid tersebut diduga memiliki aktivitas antibakteri yang sangat kuat. Penemuan-penemuan ini mengindikasikan bahwa tumbuhan sukun berpotensi sebagai sumber flavonoid.

Penyakit infeksi oleh mikroba patogen seperti bakteri menjadi faktor pemicu tingginya angka kesakitan dan angka kematian terutama pada negara-negara berkembang seperti Indonesia. Bakteri yang dapat menyebabkan terjadinya infeksi contohnya *Esherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. Mikroorganisme ini menyebabkan sampai 25% kasus penyakit diare pada bayi dan anak-anak. Penanganan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kematian bagi penderita.

Beberapa antibiotik sintetis dapat mengobati penyakit infeksi seperti diare dengan membunuh dan menghambat pertumbuhan bakteri. Namun, masalah yang saat ini dihadapi oleh dunia pengobatan adalah resistensi bakteri terhadap obat yang ada. Beberapa tahun terakhir terdapat beberapa insiden peningkatan resistensi antibiotik terhadap manusia (Westh *et al.*, 2004). Selain itu, penggunaan antibiotik secara terus menerus dapat menyebabkan efek samping terhadap tubuh diantaranya seperti reaksi alergi, mulai dari yang ringan seperti ruam, gatal sampai pembengkakan bibir dan kelopak mata. Pengobatan secara sintesis juga dirasakan terlalu mahal dengan efek samping yang serius.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut, hal ini mendorong untuk terus dilakukannya penelitian baru terhadap tanaman yang mampu menghasilkan antibiotik alami yang memiliki efek samping seminimal mungkin serta memiliki khasiat yang optimal untuk mengatasi aktivitas dari bakteri sekaligus resistensi terhadap obat. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan beberapa tumbuhan yang ada di lingkungan sekitar yang mengandung senyawa metabolit sekunder serta telah diketahui memiliki aktivitas antibakteri. Isolasi senyawa metabolit sekunder tersebut dapat diperoleh dari tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg).

Pada penelitian ini akan dilakukan isolasi senyawa metabolit sekunder khususnya senyawa flavonoid yang akan difokuskan pada bagian kulit akar tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg). Bagian kulit akar dipilih karena memiliki variasi dan kompleksitas senyawa metabolit sekunder yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan akar merupakan bagian yang digunakan oleh tumbuhan untuk berinteraksi secara langsung dengan lingkungan sekitar.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengisolasi senyawa flavonoid dari kulit akar tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg).
2. Melakukan karakterisasi senyawa flavonoid dari kulit akar tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg). yang meliputi spektroskopi UV-Vis, IR, dan NMR.

3. Melakukan uji bioaktivitas senyawa flavonoid hasil isolasi terhadap bakteri *E. coli* dan *B. subtilis*.

C. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis senyawa flavonoid yang terkandung dalam kulit akar tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F. A. Zorn) Fosberg) dan memberikan informasi mengenai aktivitas antibakteri dari senyawa hasil isolasi tersebut. Penelitian ini juga diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang senyawa flavonoid yang terkandung di dalam tumbuhan *Artocarpus* khususnya tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Artocarpus*

Tumbuhan *Artocarpus* merupakan salah satu genus dari famili *Moraceae*. Tumbuhan dari genus ini terdiri dari 50 spesies dan 40 spesies diantaranya terdapat di Indonesia. Pada umumnya, tumbuhan sukun digunakan oleh masyarakat sebagai bahan dasar bangunan (kayu batang), dan bahan makanan (buah) (Hakim *et al.*, 2006). Tidak hanya bagian batang dan buah saja yang dapat dimanfaatkan, tetapi akar dan daun tumbuhan *Artocarpus* juga dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional, misalnya untuk obat demam, disentri, atau malaria. Ciri fisik yang dapat diamati dari kayu tumbuhan *Artocarpus* adalah tersimpannya zat-zat warna kuning atau jingga alami di dalamnya yang telah mendorong kajian fitokimia terhadap kelompok tumbuhan ini (Musthapa, 2009).

Dalam tumbuhan *Artocarpus*, mengandung berbagai macam senyawa metabolit sekunder. Kandungan senyawa metabolit sekunder digunakan untuk mengatasi berbagai penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri dan virus (Herbert, 1996). Beberapa spesies yang termasuk dalam genus *Artocarpus* antara lain cempedak (*A. champeden*), keluwih (*A. altilis*), benda (*A. elastica*) dan salah satu spesies tanaman dalam genus *Artocarpus* yang belum diteliti seluruh bagiannya adalah sukun (Hernawan, 2008).

Tumbuhan *Artocarpus* mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder, baik senyawa turunan fenol maupun non fenol. Senyawa non fenol yang telah ditemukan dalam tumbuhan *Artocarpus* berupa golongan steroid dan terpenoid. Senyawa steroid yang banyak ditemukan yaitu jenis stigmasterol dan β -sterol, sedangkan jenis senyawa terpenoid yang telah banyak ditemukan yaitu triterpen. Namun, senyawa turunan fenol merupakan senyawa yang paling banyak terkandung dalam tumbuhan genus *Artocarpus*. Hingga saat ini terdapat ratusan senyawa fenol golongan flavonoid yang telah berhasil diisolasi dari berbagai spesies tumbuhan *Artocarpus*. Tidak hanya flavonoid tetapi juga senyawa santon, stilbena, serta senyawa-senyawa *adduct* Diels-Alder yang umumnya mengandung substituen isoprene.

Keunikan struktur metabolit sekunder pada *Artocarpus* menghasilkan efek fisiologis yang luas, antara lain sebagai anti bakteri (Khan *et al.*, 2003), anti platelet (Weng *et al.*, 2006), anti fungal (Jayasinghe *et al.*, 2004), anti malaria (Boonlaksiri *et al.*, 2000; Widyawaruyanti *et al.*, 2007) dan sitotoksik (Ko *et al.*, 2005; Hakim *et al.*, 2002; Syah *et al.*, 2006). Beberapa senyawa flavonoid yang berhasil diisolasi daritumbuhan *Artocarpus* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Berbagai senyawa flavonoid yang telah diisolasi dari beberapa spesies *Artocarpus*.

Spesies	Bagian yang diisolasi	Nama Senyawa	Pustaka Rujukan
<i>A. heterophyllus</i>	Kayu akar	Oksiresveratrol, sikloartokapin A	Hano, 1994. Lin <i>et al.</i> , 1995.
<i>A. communis</i>	Kulit batang dan kulit akar	Artonin E dan F, siklomorusin, sikloartomunin, dihidrosikloarthomunin, sikoartomunosanton, artomunosantotrion epoksida, siklokomunol, siklokomunin	Yosio <i>et al.</i> , 1990. Chun-Nan dan Weng, 1990. Chan, 2003.
<i>A. champeden</i>	Kulit batang dan akar	Artopeden A, morachalkon, artoindonesianin A dan B	Wahyuni <i>et al.</i> , 2009. Hafid <i>et al.</i> , 2012.
<i>A. altilis</i>	Kulit tunas, dan kulit akar	artonin V, artonin E.	Patil <i>et al.</i> , 2002. Santoso, 2011.
<i>A. rigida</i>	Kulit batang	Oksiresveratrol, artonin E, artonol B, artonin E.	Suhartati <i>et al.</i> , 2010. Hano, 1993. Hasanah, 2016.
<i>A. kemando</i>	Kulit batang	Artonin E artoindonesianin C, artomandin, artonol B, artosimmin, artonin M, artobilosanton dan sikloartobilsanton	Ee <i>et al.</i> , 2011. Andini, 2017. Borisha, 2017.
<i>A. reticulatus</i>	Kulit akar	Katekin	Udjiana, 1998.
<i>A. teysmani</i>	Kulit akar dan batang	Artonol B, sikloartobilosanton	Makmur <i>et al.</i> , 1999.
<i>A. dadah</i>	Kayu akar, kulit akar dan batang	Artonin E, oksiresveratrol, sikloartobilosanton	Suhartati <i>et al.</i> , 2010. Suhartati dan Yandri, 2007.
<i>A. camansi</i>	Daun	β -sitosterol propionate	Nasution <i>et al.</i> , 2014.

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).

B. Sukun (*A. altilis* (Park. F. A. Zorn) Fosberg).

Di Indonesia, tumbuhan sukun banyak tersebar di Sumatra, Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi, Maluku dan Papua (Adinugraha, 2011). Pohonnya yang dapat mencapai tinggi sekitar 30 meter, berbatang tegak, bulat, percabangan simpodial, bergetah, merupakan tumbuhan berumah satu (bunga jantan dan betina terletak pada satu pohon). Bunga jantan berbentuk silindrik seperti gada bertangkai antara 3-6 cm. Bunga betina berkelopak menyerupai kerucut ujungnya, berbau lemah dan pendek, putik bercabang dua.

Sedangkan buahnya berduri lunak yang merupakan buah majemuk berbentuk bola atau elips, berwarna hijau dengan diameter antara 20-30 cm (Setiabudi, 1984). Daun sukun memiliki nama ilmiah *Artocarpus altilis* Park, dengan berbagai nama ilmiah lain seperti *Artocarpus communis* Forst, *Artocarpus communis* dan *Artocarpus incisa* L. (Utami, 2013).

Kedudukan tanaman sukun (*Artocarpus altilis*) mempunyai sistematika sebagai berikut (Utami, 2013) : kingdom : plantae; divisi : permatophyta; sub divisi : angiospermae; kelas : dicotyledoneae; famili : Moraceae; genus : *Artocarpus*; spesies : *Artocarpus altilis*.

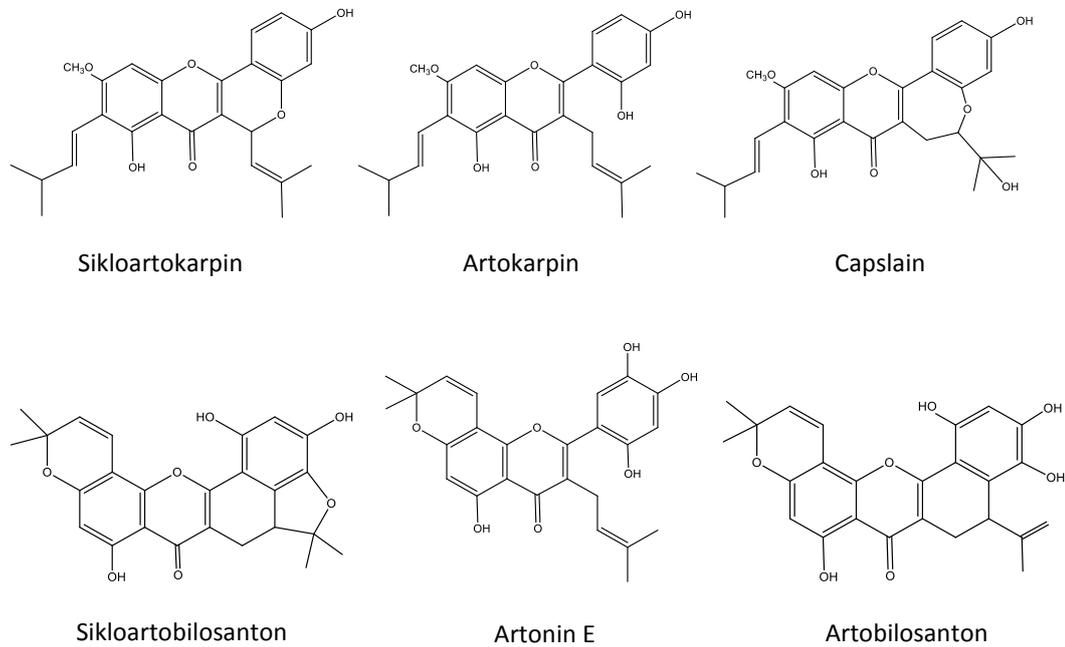
Tanaman sukun memiliki khasiat terapeutik pada beberapa bagian diantaranya; bagian bunga dapat digunakan sebagai obat sakit gigi, kulit kayu dapat digunakan untuk mencairkan darah bagi wanita setelah melahirkan, sedangkan pada bagian daun dapat digunakan untuk mengobati penyakit kulit, jantung, ginjal maupun digunakan sebagai obat radang (Heyne 1987 dalam Sulistyaningsih *et al.*, 2009). Bagian daun tumbuhan sukun memiliki senyawa aktif berupa saponin, asam hidrosianat, polifenol, asetilkolin, ribovlavin, fenol dan senyawa tanin. Selain kandungan tersebut di atas, tanaman ini juga mengandung kuercetin, champorol dan artoindonesianin yang merupakan kelompok senyawa flavonoid (Utami, 2013).



Gambar 1. Pohon dan buah Sukun.

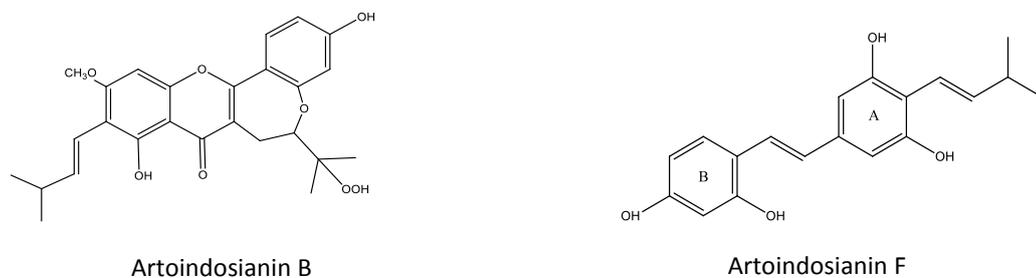
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, telah diperoleh berbagai jenis senyawa flavonoid terprenilasi yaitu sikloartokarpin, artokarpin dan caplasin yang diperoleh dari ekstrak diklorometana kayu akar *A. altilis* (Park.) Fosberg serta sikloartobilosanton, artonin E, dan artobilosanton. Senyawa –senyawa tersebut telah dilakukan uji aktivitas biologis dan menunjukkan aktifitas antimalaria dan antituberkulosis serta menunjukkan aktivitas sitotoksik terhadap sel KB dan BC. Sehingga tumbuhan ini merupakan sumber senyawa antikanker yang menjanjikan

(Boonphong *et al.*, 2007). Gambar 2 menunjukkan struktur kimia senyawa yang diperoleh dari isolasi bagian akar *A. altilis* (Park.) Fosberg.



Gambar 2. Struktur kimia senyawa flavonoid yang telah diisolasi dari tanaman *A. altilis* (Park.) Fosberg (Boonphong *et al.*, 2007).

Penelitian lain juga telah mengisolasi dan mengidentifikasi dua senyawa flavonoid terprenilasi dari ekstrak kloroform kayu akar *A. altilis* (Park.) Fosberg yaitu artoindonesianin B dan artoindonesianin F dan memperlihatkan toksisitas yang tinggi terhadap benur udang *Artemia salina* (Hakim *et al.*, 2001). Struktur kimia senyawa yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 3.

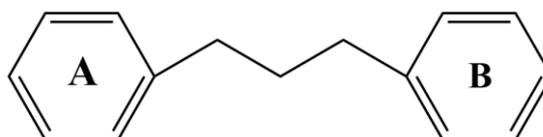


Gambar 3. Struktur kimia senyawa flavonoid yang telah diisolasi dari tanaman *A. altilis* (Park.) Fosberg (Hakim dkk., 2001).

Senyawa sikloartilisin dan kuadraflavon A juga berhasil diisolasi dari bagian bunga sukun (Chen, 1993). Senyawa fenolik turunan 2-arilbenzofuran yang ditemukan pada tumbuhan *Artocarpus* yaitu artoindonesianin Z telah berhasil diisolasi dari bagian kayu akar *Artocarpus altilis* (Hakim dkk., 2001).

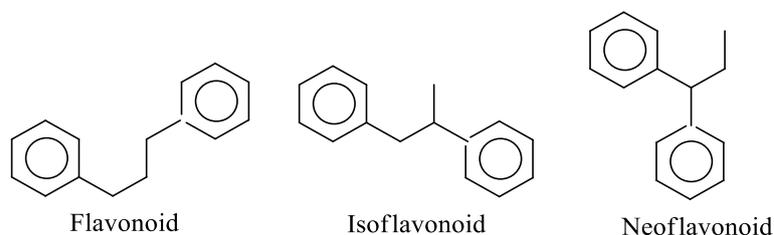
C. Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan tingkat tinggi seperti pada tumbuhan sukun. Flavonoid terdapat pada semua bagian tanaman termasuk daun, akar, kayu, kulit, tepung sari, nektar, bunga, buah buni, dan biji. Flavonoid yang sering ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi adalah flavon dan flavonol dengan C- dan O-glikosida, isoflavon C- dan O-glikosida, flavanon C- dan O-glikosida, calkon dengan C- dan O-glikosida, dihidrocalkon, proantosianidin, antosianin, auron O-glikosida dan dihidroflavonol O-glikosida. Golongan flavon, flavonol, flavanon, isoflavon, dan calkon juga sering ditemukan dalam bentuk aglikonnya (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 pada Gambar 4.



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

Susunan ini dapat menghasilkan tiga jenis struktur, yaitu flavonoid (1,3-diaril propana), isoflavonoid (1,2-diaril propana), neoflavonoid (1,1-diaril propana) seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



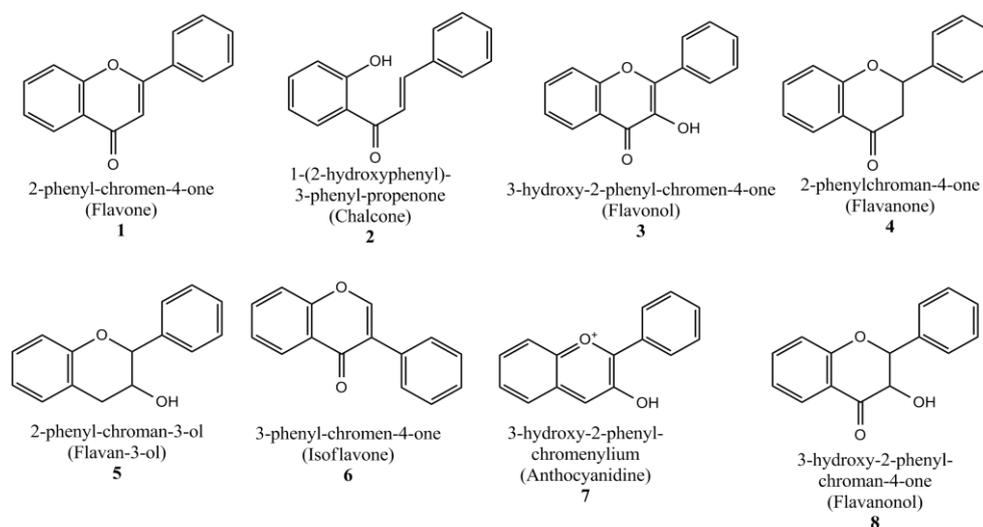
Gambar 5. Tiga Jenis Flavonoid (Achmad, 1986).

Menurut Harborne (1987) dan Markham (1988) flavonoid yang terdapat pada tanaman dapat digolongkan menjadi dua yaitu glikosida dan aglikon. Glikosida merupakan flavonoid yang mengandung gugusan gula dan cenderung bersifat polar sehingga mudah larut dalam air, metanol, etanol, dan lain-lain. Aglikon sendiri merupakan flavonoid tanpa gugusan gula terikat, aglikon yang kurang polar ini lebih larut dalam pelarut eter dan kloroform. Aglikon yang kurang polar tersebut antara lain isoflavan, flavanon, flavon, dan flavonol termetoksilasi. Senyawa flavonoid terdiri dari beberapa jenis, tergantung pada tingkat oksidasi rantai propana dari sistem 1,3-diaril propana.

Mekanisme kerja flavonoid sebagai antibakteri adalah membentuk senyawa kompleks dengan protein ekstraseluler bakteri, sehingga dapat merusak membran sitoplasma bakteri dan diikuti dengan keluarnya senyawa intraseluler. Senyawa flavonoid bersifat lipofilik sehingga mampu mengikat fosfolipid – fosfolipid pada dinding sel bakteri. Dinding sel bakteri lisis dan senyawa dapat masuk ke dalam inti sel bakteri. Pada inti sel senyawa akan berikatan dengan lipid DNA bakteri

sehingga menghambat replikasi DNA dan menyebabkan perubahan kerangka mutasi pada sintesis protein.

Senyawa flavonoid terdiri dari beberapa jenis, tergantung pada tingkat oksidasi rantai propana dari sistem 1,3-diaril propana. Struktur kimia dari beberapa jenis flavonoid ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kimia dari beberapa jenis flavonoid (Tapas *et al.*, 2008).

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 (Ramadhani, 2009).

D. Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses penarikan senyawa yang diinginkan dari bahan (sampel) menggunakan pelarut yang sesuai. 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 pengelompokkan bagian tumbuhan, pengeringan, penggilingan dan pemilihan pelarut. Pelarut bersifat polar yang biasa digunakan untuk ekstraksi adalah air, metanol, etanol dan sebagainya. Sedangkan pelarut semipolar yaitu etilasetat, diklorometan dan sebagainya. Untuk pelarut yang bersifat nonpolar seperti *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. Untuk memperoleh ekstraksi yang menyeluruh dan mendapatkan senyawa-senyawa yang memiliki aktivitas farmakologi maka pemilihan pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi merupakan faktor yang penting.

Pelarut ideal yang sering digunakan untuk ekstraksi adalah alkohol, misalnya metanol atau campurannya dengan air. Pelarut tersebut merupakan pengekstraksi yang terbaik untuk hampir semua senyawa dengan berat molekul rendah seperti flavonoid dan saponin. Pada maserasi kulit akar tumbuhan sukun ini, pemisahan ekstrak dari pelarutnya digunakan alat *rotary vacuum evaporator*. Alat ini dipilih karena mampu menguapkan pelarut dibawah titik didihnya sehingga senyawa yang terkandung di dalam ekstrak tersebut tidak rusak oleh suhu tinggi.

E. Kromatografi

Kromatografi adalah pemisahan berdasarkan distribusi senyawa dalam fase gerak dan fase diam (Murniasih, 2003). Pemisahan dengan metode kromatografi dilakukan dengan memanfaatkan sifat-sifat fisik dari sampel, seperti kelarutan, adsorpsi, keatsirian, dan kepolaran. Kelarutan merupakan kecenderungan molekul untuk dapat melarut dalam cairan. Adsorpsi penyerapan merupakan kecenderungan molekul untuk melekat pada permukaan serbuk halus (Johnson and Stevenson, 1991). Berdasarkan jenis fasa diam dan fasa gerak yang dipartisi, kromatografi digolongkan menjadi beberapa golongan (Tabel 2).

Tabel 2. Penggolongan kromatografi berdasarkan fasa diam dan fasa gerak (Johnson and Stevenson, 1991).

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

1. Kromatografi Cair Vakum (KCV)

Kromatografi Cair Vakum (KCV) merupakan salah satu metode fraksinasi dengan cara memisahkan *crude extract* menjadi fraksi-fraksi yang lebih sederhana.

Pemisahan tersebut memanfaatkan kolom yang berisi fasa diam (*stationer*) dan aliran fasa geraknya (*mobile*) yang dibantu dengan pompa vakum. Fasa diam atau adsorben yang digunakan dapat berupa silika gel atau alumunium oksida (Ghisalberti, 2008). Fasa diam atau adsorben yang digunakan dikemas dalam kolom yang digunakan dalam KCV. Proses penyiapan fasa diam dalam kolom terbagi menjadi dua macam, yaitu:

a. Cara Basah

Fasa diam dilarutkan terlebih dahulu ke dalam fasa gerak yang akan digunakan. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam kolom secara merata dan fasa gerak dibiarkan mengalir hingga terbentuk fasa diam yang tetap dan rata, kemudian aliran dihentikan.

b. Cara Kering

Fasa diam yang akan digunakan pada KCV dimasukkan ke dalam kolom kromatografi, kemudian dibasahi dengan pelarut yang digunakan.

Teknik KCV dilakukan dengan suatu sistem yang bekerja pada kondisi vakum secara kontinu, sehingga diperoleh kerapatan kemasan yang maksimum atau dengan menggunakan tekanan rendah untuk meningkatkan laju alir fasa gerak. Urutan eluen yang digunakan dalam kromatografi cair diawali mulai dari eluen yang mempunyai tingkat kepolaran rendah kemudian kepolarannya ditingkatkan secara perlahan-lahan. Urutan eluen yang digunakan dalam kromatografi diawali

dari eluen yang mempunyai tingkat kepolaran rendah kemudian kepolarannya ditingkatkan secara perlahan-lahan (Hostettmann *et al.*, 1995).

2. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi Lapis Tipis (KLT) merupakan salah satu teknik pemisahan senyawa dengan menggunakan adsorben (*stasioner*) berupa lapisan tipis seragam yang disalutkan pada permukaan bidang datar berupa lempeng kaca, plat aluminium atau plastik (Deinstrop dan Elke, 2007). 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 (Gandjar, 2008). Parameter pada KLT yang digunakan untuk identifikasi adalah nilai R_f (Hidayah, 2010). 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). Nilai R_f dapat dihitung dengan perbandingan jarak tempuh sampel dibagi jarak tempuh pelarut (Sastrohamidjojo, 2002).

3. Kromatografi Kolom (KK)

Kromatografi Kolom (KK) 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 (Gritter *et al.*, 1991). KK 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).

Pemisahan komponen campuran dengan kromatografi adsorpsi berdasarkan kesetimbangan adsorpsi-desorpsi antara senyawa yang terserap pada fasa diam dan fasa gerak. Tingkat adsorpsi ini tergantung pada polaritas molekul dan fasa gerak, serta aktivitas adsorben yang digunakan (Braithwaite dan Smith, 1995).

Urutan kekuatan adsorben, kepolaran eluen, dan elusi senyawa dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Urutan kekuatan adsorben, kepolaran eluen, dan elusi senyawa pada kromatografi (Braithwaite dan Smith, 1995).

Kekuatan Adsorben	Polaritas Eluen	Elusi Senyawa
Asam Silika (Silika Gel)	Benzena	Hidrokarbon Aromatik
Florisil (Magnesium Silikat)	Kloroform	Eter
Aluminium Oksida (Alumina)	Dietil Eter	Aldehida, keton, ester
	Etil Asetat	Alkohol
	Aseton	Asam Karboksilat
	Metanol	
	Air	

4. Kromatotron

Beberapa teknik pemisahan secara kromatografi didasarkan pada “*migration medium*” yang berbeda, yaitu distribusinya terhadap fase diam dan fase gerak.

Terdapat 3 hal yang harus diketahui pada teknik ini, yang pertama harus terdapat

medium perpidahan sebagai tempat terjadinya pemisahan. Kedua harus terdapat gaya dorong agar senyawa dapat terpisah sepanjang “migration medium”. Ketiga harus terdapat gaya tolakan selektif agar terjadi pemisahan dari bahan kimia yang diinginkan. (Sienko *et al.*, 1984).

Kromatotron memiliki prinsip yang sama dengan kromatografi sederhana dimana aliran fase geraknya dipercepat oleh gaya sentrifugal. Perangkat kromatotron menggunakan rotor yang dimiringkan dan terdapat dalam ruang tertutup oleh plat kaca kuarsa. Sedangkan lapisan penyerapnya berupa plat kaca yang dilapisi oleh silika gel. Plat tersebut dipasang pada motor listrik dan diputar dengan kecepatan 800 rpm. Pelarut pengelusi dimasukkan kebagian tengah pelarut melalui pompa torak sehingga dapat mengalir dan merambat melalui lapis tipis karena gaya sentrifugal. Untuk mengetahui jalannya proses elusi dimonitor dengan lampu UV. Gas nitrogen dialirkan ke dalam ruang plat untuk mencegah pengembunan pelarut pengelusi dan mencegah oksidasi sampel. Pemasukan sampel itu diikuti dengan pengelusan menghasilkan pita-pita komponen berupa lingkaran sepusat. Pada tepi plat, pita-pita akan terputar keluar dengan gaya sentrifugal dan di tampung dalam botol fraksi, diidentifikasi dengan KLT (Hostettmann *et al.*, 1995).

5. KLT Preparatif

KLT preparatif merupakan salah satu metode pemisahan yang digunakan untuk senyawa- senyawa bahan alam yang tidak berhasil dipisahkan dengan teknik KCV dan KK. KLT preparatif menggunakan peralatan yang sederhana seperti bejana kaca, penjerap dan plat KLT berukuran 20x20 cm. Ketebalan penjerap yang sering

dipakai adalah 0,5-2 mm. Pembatas ketebalan lapisan dan ukuran plat tentumengurangi jumlah bahan yang dapat dipisahkan dengan KLT preparatif. Penjerap yang paling umum digunakan adalah silika gel.

Penotolan cuplikan dilakukan dengan melarutkan cuplikan dalam sedikit pelarut. Cuplikan ditotolkan dalam bentuk pita dengan jarak sesempit mungkin karena pemisahan tergantung pada lebar pita. Penotolan dapat dilakukan dengan pipet tetapi lebih baik dengan pipa kapiler yang berukuran besar. Pelarut yang baik untuk melarutkan cuplikan adalah pelarut yang mudah menguap. Pengembangan plat KLT preparatif dilakukan dalam bejana kaca yang dapat menampung beberapa plat. Bejana dijaga tetap jenuh dengan pelarut pengembang dengan bantuan kertas saring yang diletakkan berdiri disekeliling permukaan bagian dalam bejana (Hostettmann, *et al.*, 1995). Kebanyakan penjerap KLT preparatif mengandung indikator fluoresensi yang membantu mendeteksi letak pita yang terpisah pada senyawa yang menyerap sinar ultraviolet. Untuk mendeteksi senyawa yang tidak menyerap sinar ultraviolet yaitu dengan cara menutup plat dengan sepotong kaca lalu menyemprot kedua sisi dengan penyemprot (Hostettmann *et al.*, 1995). Setelah pita ditampakkan dengan cara yang tidak merusak maka senyawa yang tidak berwarna dengan penjerap dikerok. Cara ini berguna untuk memisahkan campuran beberapa senyawa sehingga diperoleh senyawa murni (Gritter *et al.*, 1991).

F. Identifikasi Spektroskopi

1. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan alat yang dapat mengukur interaksi antara radiasi elektromagnetik panjang gelombang tertentu dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia. Dalam spektroskopi UV-Vis penyerapan sinar tampak dan ultraviolet oleh suatu molekul akan menghasilkan transisi diantara tingkat energi elektronik molekul tersebut. Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan, orbital *non*-ikatan atau orbital anti-ikatan. Panjang gelombang serapan yang muncul merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital suatu molekul (Sudjadi, 1983). Spektrum absorpsi daerah UV-Vis sekitar 220 nm – 800 nm. Spektrum bagian daerah sinar ultraviolet sekitar 190-380 nm, sedangkan spectrum sinar tampak 380-780 nm (Sastrohamidjojo, 1985).

Identifikasi struktur flavonoid dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Metode spektroskopi ini juga berguna untuk mengetahui jenis flavonoid. Kedudukan gugus fungsi hidroksil pada inti flavonoid dapat ditentukan dengan cara menambahkan pereaksi geser ke dalam larutan cuplikan dan mengamati pergeseran puncak yang terjadi. Spektrum flavonoid biasanya ditentukan dalam larutan dengan pelarut metanol atau etanol. Spektrum khas flavonoid terdiri dari dua pita yaitu pada rentang 250-285 nm (Pita II) dan 300-550 nm (Pita I). Letak serapan pita tepat dan kekuatan dari pita tersebut akan memberikan informasi yang berguna mengenai sifat flavonoid (Markham, 1988).

Rentang utama yang diperkirakan untuk setiap jenis flavonoid dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rentang serapan Spektrum Ultraungu Tampak untuk flavonoid.

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
275-295	300-390	Flavanon dan dihidroflavon
230-270	340-390	Calkon
270-280	465-560	Antosianidin dan antosianin

Dengan menggunakan data yang diperoleh dari analisis berdasarkan spektrofotometri *ultraviolet-visible* ini kita dapat mengetahui absorptivitas molar senyawa yang diperoleh. Absorptivitas molar senyawa dihitung dengan menggunakan persamaan Lambert-Beer berikut:

$$A = \varepsilon b c \text{ atau } \varepsilon = \frac{A}{b.c}$$

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. Tebal sel (b) adalah ketebalan sel dalam alat yang digunakan, sedangkan konsentrasi (c) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Konsentrasi (c)} = \frac{\text{mol}}{L} = \frac{g}{BM.L}$$

Keterangan:

g	= Massa senyawa hasil isolasi (gram)
BM	= Berat molekul relatif (gram/mol)
L	= Volume larutan yang digunakan (L)

2. Spektrofotometri *Infra red* (FT-IR)

Spektrofotometri inframerah adalah pengukuran absorpsi dari frekuensi *Infra Red* (IR) yang berbeda-beda oleh suatu sampel yang diletakkan pada suatu jalur radiasi IR. Tujuan utama dari spektroskopi IR adalah menentukan gugus fungsi dari suatu sampel. Spektrometer IR dapat menentukan gugus fungsi pada jenis sampel yang beragam, seperti sampel berupa gas, cairan, dan padatan.

Energi dari kebanyakan vibrasi molekul berhubungan dengan daerah inframerah.

Vibrasi molekul dapat dideteksi dan diukur pada spektrum inframerah.

Penggunaan spektrum inframerah untuk penentuan struktur senyawa organik

biasanya antara $650\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ($15,4\text{-}2,5\text{ }\mu\text{m}$) (Sudjadi, 1983). Karakteristik

frekuensi uluran beberapa gugus fungsi ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Absorpsi (bilangan gelombang) dari beberapa gugus fungsi (Fessenden dan Fessenden, 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

3. Spektrometri ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR

Nuclear Magnetic Resonance (NMR) merupakan spektroskopi yang digunakan untuk menentukan pola oksigenasi, membedakan jenis flavonoid, jumlah dan kedudukan gugus metoksi serta mendeteksi gugus metil/prenil yang terikat pada C atau O. Spektrometri NMR berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Spektroskopi NMR terdapat dua jenis yaitu ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR.

Spektrum ^1H -NMR terlihat di daerah 0-10 ppm dengan tetrametilsilan (TMS) sebagai sinyal acuan (0 ppm). Spektrum tersebut hanya menghasilkan sinyal proton. Sinyal yang dihasilkan oleh proton tersebut dipengaruhi oleh proton tetangga. Bila suatu proton memiliki satu atau lebih proton tetangga yang terikat pada atom yang berdekatan akan menghasilkan kelompok sinyal yang keseluruhannya menunjukkan integrasi yang sesuai dengan satu proton.

Spektrum ^{13}C -NMR berada pada daerah 0-200 ppm dari TMS. Setiap karbon yang berlainan akan menghasilkan satu sinyal. Kekuatan sinyal ^{13}C -NMR tidak menunjukkan jumlah karbon seperti ^1H -NMR (Markham, 1988). Dari spektrum ^{13}C -NMR dapat diketahui bagaimana keadaan lingkungan karbon tetangga, apakah berada dalam bentuk karbon primer, sekunder, tersier, atau kuarterner.

Inti dari suatu atom yang dianalisis dengan menggunakan spektrometer NMR, akan mengalami efek dari medan magnet kecil pada lingkungan didekatnya.

Elektron yang bersirkulasi menyebabkan terjadinya medan magnet pada inti atom.

Saat medan magnet lokal dalam atom berlawanan dengan medan magnet

diluarnya, hal ini dinamakan inti atom tersebut “terperisai”. Inti yang terperisai

memiliki kekuatan medan efektif yang lebih rendah dan beresonansi pada frekuensi yang lebih rendah. Hal ini menghasilkan setiap jenis inti dalam molekul akan memiliki frekuensi resonansi yang agak berbeda. Perbedaan ini dinamakan geseran kimia. Tabel 6 memberikan nilai geseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan TMS sebagai titik nol-nya.

Tabel 6. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H dan ^{13}C (Settle, 1997).

Jenis Senyawa	^1H	^{13}C
Alkanes	0.5-1.3	5-35
Monosubstitued alkanes	2-5	25-65
Disubstitued alkanes	3-7	20-75
Cyclopropyl	-0.5-0.5	0-10
R-CH ₂ -NR ₂	2-3	42-70
R-CH ₂ -SR ₂	2-3	20-40
R-CH ₂ -PR ₂	2.2-3.2	50-75
R-CH ₂ -OH	3.5-4.5	50-75
R-CH ₂ -NO ₂	4-4.6	70-85
R-CH ₂ -F	4.2-5	70-80
R-CH ₂ -Cl	3-4	25-50
R-CH ₂ -Br	2.5-4	10-30
Epoxides	2.2-2.7	35-45
Nitriles	-	100-120
Alkenes	4.5-7.5	100-150
Allylic	1.6-2.1	18-30
Alkynes	2-3	75-95
Aromatic	6-9	110-145
Benzylic	2.2-2.8	18-30
Acids	10-13	160-180
Ester	-	160-175
Amida	5-9	150-180
Aldehydes	9-11	185-205
Ketones	-	190-220
Hydroxyl	4-6	-

4. Antibakteri

Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan. Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit dan infeksi, membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi, dan mencegah pembusukan serta perusakan bahan oleh mikroorganisme (Sulistyo, 1971). Antimikrobia meliputi golongan antibakteri, antimikotik, dan antivirus (Ganiswara, 1995).

Di bidang farmasi, bahan antibakteri dikenal dengan nama antibiotik, yaitu suatu substansi kimia yang dihasilkan oleh mikroba dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba lain. Menurut Madigan dkk. (2000), berdasarkan sifat toksisitas selektifnya, senyawa antimikrobia mempunyai 3 macam efek terhadap pertumbuhan mikrobia yaitu:

1. Bakteriostatik memberikan efek dengan cara menghambat pertumbuhan tetapi tidak membunuh.
2. Bakteriosidal memberikan efek dengan cara membunuh sel.
3. Bakteriolitik menyebabkan sel menjadi lisis atau pecah sel sehingga jumlah sel berkurang atau terjadi kekeruhan setelah penambahan antimikrobia.

Mekanisme penghambatan antibakteri dapat dikelompokkan menjadi lima, yaitu menghambat sintesis dinding sel mikrobia, merusak keutuhan dinding sel mikrobia, menghambat sintesis protein sel mikrobia, menghambat sintesis asam nukleat, dan merusak asam nukleat sel mikrobia (Sulistyo, 1971). Daya antimikrobia diukur secara *in vitro* agar dapat ditentukan kemampuan suatu zat antimikrobia (Jawetz, 2001). Adanya fenomena ketahanan tumbuhan secara alami

terhadap mikrobia menyebabkan pengembangan sejumlah senyawa yang berasal dari tanaman yang mempunyai kandungan antibakteri dan antifungi (Griffin, 1981). Kadar minimal yang dibutuhkan untuk menghambat bakteri atau membunuhnya, masing-masing dikenal sebagai Kadar Hambat Tumbuh Minimal (KHTM) dan Kadar Bunuh Minimal (KBM). Daya antibakteri berdasarkan diameter zona hambat terbagi: sangat kuat (zona hambat lebih dari 20 mm), kuat (zona hambat 10-20 mm), sedang (zona hambat 5-10 mm), dan lemah (zona hambat kurang dari 5 mm) (Davis and Stout, 1971).

Uji aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan metode difusi dan metode dilusi. Uji difusi *disk* dilakukan dengan mengukur diameter zona bening (clear zone) yang merupakan petunjuk adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri oleh suatu senyawa antibakteri dalam ekstrak. Syarat jumlah bakteri untuk uji kepekaan/sensitivitas yaitu 10^5 - 10^8 CFU/mL (Hermawan dkk., 2007). Metode difusi merupakan salah satu metode yang sering digunakan. Metode difusi dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu metode silinder, metode lubang/sumuran dan metode cakram *disk*.

Dalam penelitian ini, uji antibakteri menggunakan metode cakram *disk*. Metode cakram menggunakan kertas saring berisi sejumlah tertentu obat ditempatkan pada medium padat yang sebelumnya telah diinokulasi bakteri uji pada permukaannya. Setelah diinkubasi, diameter zona hambat sekitar cakram yang dipergunakan mengukur kekuatan hambatan obat terhadap organisme uji. Metode ini dipengaruhi beberapa factor fisik dan kimia, selain faktor antara obat dan organisme (misalnya sifat medium dan kemampuan difusi, ukuran molekular dan stabilitas obat) (Jawetz *et al.*, 2005).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Desember 2017 – Mei 2018, bertempat di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Determinasi tumbuhan dilakukan di Herbarium Bogoriense Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi-LIPI Bogor. Analisis spektroskopi ultraungu-tampak (*UV-Vis*) dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Analisis spektroskopi inframerah (*IR*) dan *Nuclear Magnetic Resonance* (*NMR*) dilakukan di Laboratorium Organik Jurusan 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, pipet tetes, penguap putar vakum (*rotary evaporator*), satu set alat Kromatografi Lapis Tipis

(KLT), Kromatografi Cair Vakum (KCV), Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG), pengukur titik leleh MP-10 Stuart, pipa kapiler, lampu UV, neraca analitik, *autoclave*, *Laminar Air Flow* (LAF), jarum ose, cawan petri, inkubator, bunsen, mikropipet, kertas Whatman no. 21, spektrofotometer FT-IR *Prestige 21 Shimadzu*, spektrofotometer ultraungu-tampak (UV-Vis) *Cary-100 UV-Vis Agilent Technologies*, dan spektrofotometer NMR merk *Agilent* dengan sistem konsol DD2 yang beroperasi pada frekuensi 500 MHz pada $^1\text{H-NMR}$, dan $^{13}\text{C-NMR}$.

2. Bahan-bahan yang digunakan

Tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg) diambil dari Desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Tulang bawang yang diambil pada tanggal 27 Januari 2017. Proses ekstraksi dan fraksinasi senyawa bioaktif dari tumbuhan sukun menggunakan pelarut berkualitas teknis yang telah didestilasi sedangkan untuk analisis spektrofotometer berkualitas pro-analisis (p.a). Bahan kimia yang dipakai meliputi etil asetat (EtOAc), metanol (MeOH), *n*-heksana ($n\text{-C}_6\text{H}_{14}$), aseton ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), akuades (H_2O), serum sulfat ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$) 1,5% dalam H_2SO_4 2N, diklorometana (CH_2Cl_2), silika gel Merck 60 GF₂₅₄ digunakan untuk KCV, silika gel Merck 60 (35-70 Mesh) digunakan untuk KK, kromatotron menggunakan silika gel 60 PF₂₅₄, dan plat KLT silika gel Merck kiesegal 60 F254 0,25 mm untuk KLT. Pereaksi geser untuk analisis spektroskopi UV-Vis adalah AlCl_3 , HCl pekat, NaOAc, NaOH, dan H_3BO_3 . Bahan-bahan uji antibakteri meliputi akuades, media *Nutrien Agar* (NA) *chloramphenicol*, *amoxicillin*, *E. coli*, dan *B. subtilis*.

C. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan dan persiapan sampel

Sampel yang digunakan adalah kulit akar tumbuhan sukun (*A. altilis* (Park. ex F.A. Zorn) Fosberg) yang diperoleh dari desa Bumi Dipasena Jaya, Rawajitu Timur, Tulang Bawang. Selanjutnya sampel dideterminasi untuk menentukan spesiesnya di herbarium Bogoriense Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong, Jawa Barat. Sampel akar tumbuhan sukun dipisahkan antara kulit dan batang. Kemudian diambil bagian kulit akarnya lalu dicuci dengan air sampai bersih, dan dipotong kecil-kecil menggunakan pisau. Selanjutnya potongan kulit akar dijemur di bawah sinar matahari sampai kering, dan dihaluskan menggunakan penggiling kayu hingga menghasilkan serbuk.

2. Ekstraksi

Sebanyak 2,5 kg serbuk kulit akar tumbuhan sukun dimaserasi dengan menggunakan metanol selama 1x24 jam dengan 2 kali pengulangan. Kemudian ekstrak metanol yang diperoleh disaring dan dipekatkan dengan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C dengan laju putaran 180 rpm hingga didapatkan ekstrak kasar kering.

3. Kromatografi

a. Kromatografi Cair Vakum (KCV)

Ekstrak kasar kering hasil maserasi metanol dilarutkan dalam aseton kemudian difraksinasi dengan KCV. Terlebih dahulu fasa diam silika gel Merck 60 GF₂₅₄ 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 divakum kembali. Kolom dihisap sampai kering dengan alat vakum dan kolom siap digunakan. Ekstrak kering yang telah dilarutkan dalam aseton dan diimpregnasikan kedalam silika gel, kemudian dimasukkan pada bagian atas kolom yang telah berisi fasa diam dan kemudian dihisap secara perlahan-lahan ke dalam kemasan dengan cara memvakumkannya. Setelah itu kolom dielusi secara bertahap dengan etil asetat/ *n*-heksana 0% yang ditingkatkan kepolarannya sampai dengan etil asetat 100%. Kolom dihisap sampai kering pada setiap penambahan eluen (tiap kali elusi dilakukan). Kemudian fraksi-fraksi yang terbentuk dikumpulkan berdasarkan pola fraksinasi. Proses pemurnian sampel dengan teknik KCV terhadap fraksi target dilakukan berulang kali dengan perlakuan yang sama seperti tahapan KCV awal.

b. Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG)

Fraksinasi sampel dilakukan dengan teknik kromatografi kolom. Adsorben silika gel Merck 60 (35-70 Mesh) dilarutkan dalam pelarut yang akan digunakan dalam

proses pengelusan. *Slurry* dari silika gel, diatur sebagai fasa diam di dalam kolom hingga rapat (tidak berongga) dan rata. Selanjutnya sampel yang telah dijerpkan pada silika gel dimasukkan ke dalam kolom yang telah berisi fasa diam. Pada saat sampel dimasukkan, usahakan agar kolom tidak kering/kehabisan pelarut karena akan mengganggu fasa diam yang telah dikemas rapat. Proses pemurnian sampel dengan teknik KK terhadap fraksi target dilakukan berulang kali dengan perlakuan yang sama seperti tahapan KK awal sampai diperoleh kristal flavonoid murni.

c. Kromatotron

Pemisahan senyawa dengan teknik kromatotron menggunakan fasa diam berupa silika gel yang dilapisi pada plat kaca kuarsa dan untuk fasa gerak berupa pelarut yang sesuai dengan pola noda KLT. Plat kromatotron dengan ketebalan silika yang sesuai dengan jumlah sampel disiapkan terlebih dahulu dengan memanaskan ke dalam oven selama 1 jam dengan suhu 80°C. Lalu plat kromatotron diletakkan didalam alat kromatotron dan dialiri fasa gerak yang sesuai. Selanjutnya penyiapan sampel, sampel dilarutkan dengan eluen yang bersifat polar seperti aseton yang diteteskan dengan menggunakan pipet tetes secara perlahan ke dalam lubang pengaliran fase gerak. Lalu ditunggu hingga pelarut menguap, kemudian eluen yang akan digunakan untuk mengelusi dialirkan pada lubang tersebut, Selama jalannya proses elusi ini, plat kromatotron dimonitoring dengan menggunakan lampu UV₂₅₄.

d. KLT Preparatif

Plat KLT preparatif ukuran 20x20 cm dengan ketebalan 1 mm disiapkan dengan membuat garis atas 0,5 cm dan garis bawah 1 cm. Kemudian disiapkan eluen yang sesuai dengan pola noda KLT lalu dimasukkan ke dalam *chamber* tertutup dan didiamkan selama beberapa menit. Sampel yang sudah dilarutkan dengan pelarut yang sesuai ditotolkan pada plat KLT yang bergaris 1 cm tepat diatas garis hingga merata. Kemudian tunggu sampai sampel kering lalu dimasukkan ke dalam *chamber* untuk dielusi. Setelah pengelusian selesai, plat diangkat dan dikeringkan. Lalu noda-noda yang terbentuk dikerok berdasarkan pola pemisahannya.

e. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

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 serium sulfat ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$). Rf (*Retention factor*) dari setiap noda yang terbentuk dihitung dan dicatat. Setiap fraksi yang menghasilkan pola pemisahan dengan Rf yang sama pada kromatogram, disatukan, dan dipekatkan sehingga diperoleh beberapa fraksi gabungan yang akan difraksinasi lebih lanjut.

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 serum 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 temperatur 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, alat dihidupkan dan titik leleh diamati dengan bantuan kaca pembesar. Suhu pada saat kristal pertama kali meleleh sampai dengan meleleh sempurna menandakan titik leleh dari senyawa tersebut.

5. Spektrofotometri

a. Spektrofotometri UV-Vis

Sampel berupa kristal murni sebanyak 0,5 mg dilarutkan dalam 50 mL metanol. Larutan ini digunakan sebagai persediaan untuk beberapa kali pengukuran. Sampel diukur serapan maksimumnya dalam metanol. Kemudian masing-masing larutan persediaan ditambah dengan pereaksi-pereaksi geser seperti natrium

hidroksida (NaOH) 2 M yang dibuat dengan cara melarutkan 0,8 gram NaOH dalam 10 mL akuades, aluminium klorida (AlCl_3), 5% yang dibuat dengan cara melarutkan 0,25 gram AlCl_3 dalam 50 mL metanol, HCl dalam 100 mL akuades, natrium asetat (NaOAc), dan asam borat (H_3BO_3). Kemudian masing-masing larutan diukur serapan maksimumnya (Markham, 1988).

b. Spektrofotometri *Infra Merah* (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. Gerusan kristal murni dengan KBr dibentuk menjadi lempeng tipis atau pelet dengan bantuan alat penekan berkekuatan 8-10 ton cm^2 . Kemudian pelet tersebut diukur puncak serapannya (Pavia *et al.*, 2001).

c. Spektrometri ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR

Sampel berupa kristal murni yang akan diidentifikasi dilarutkan ke dalam pelarut inert yang tidak mengandung proton seperti CCl_4 dan CDCl_3 , kemudian ditambahkan sedikit senyawa acuan. Larutan ini ditempatkan dalam tabung gelas tipis dengan tebal 5 mm di tengah-tengah kumparan frekuensi radio (rf) di antara dua kutub magnet yang sangat kuat kemudian energi dari kumparan rf ditambah secara terus-menerus. Energi pada frekuensi terpasang dari kumparan rf yang diserap cuplikan direkam dan memberikan spektrum NMR.

6. Pengujian Aktivitas Antibakteri

Kristal flavonoid murni diuji hayati terhadap bakteri *B. subtilis* ITBCCB148 dan *E. coli* dengan standar 0,5 Mc farland. Pengujian dilakukan dengan metode Kirby-Bauer menggunakan kertas cakram (Madigan *et al.*, 2003). Adapun tahap-tahap pengujian aktivitas antibakteri adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan Media

Sebanyak 4,2 gram Nutrient Agar (NA) ditambahkan 150 mL aquades kemudian dimasukkan dalam erlenmeyer dan dipanaskan hingga NA larut. Larutan NA sebanyak 15 mL dimasukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi yang telah disediakan. Kemudian sebanyak 20 mL aquades dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Lalu media NA dan aquades disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 1 atm, dan suhu 121 °C bersama dengan alat-alat yang digunakan dalam uji antibakteri.

b. Tahap Pembuatan Media

Nutrien Agar yang telah steril langsung dimasukkan ke dalam *laminar air flow*. Cawan petri yang akan digunakan telah diberi tanda 3 daerah yaitu sampel, kontrol positif dan kontrol negatif. Setelah itu media dituangkan ke dalam cawan petri yang sudah disterilkan dan ditunggu hingga memadat.

c. Tahap Pembuatan Suspensi Bakteri

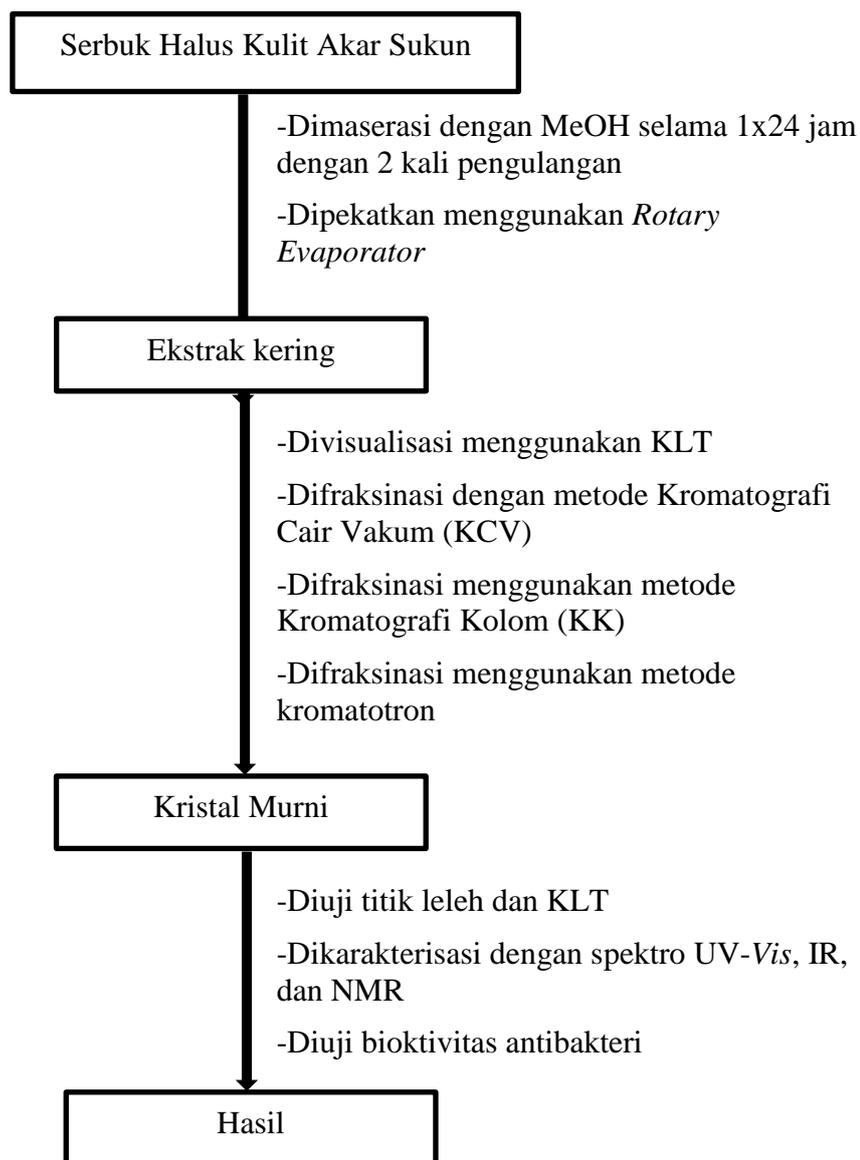
Diambil bakteri *E. Coli* dan *B. subtilis* masing-masing sebanyak 1 ose dan dimasukkan ke dalam 0,5 mL aquades steril dan dihomogenkan ke dalam 1 mL media agar.

d. Tahap pengujian sampel

Setelah media di dalam cawan petri memadat, dituangkan suspensi bakteri *E. coli* dan *B. subtilis*. Setelah media siap, lalu dimasukkan *disk* yang berisi senyawa antibakteri, kontrol positif dan kontrol negatif. Kontrol positif yang digunakan adalah *amoxycillin* dan *chloramphenicol* sedangkan untuk kontrol negatif menggunakan metanol pa. Kemudian cawan petri ditutup dan dibungkus kembali dengan kertas. Selanjutnya media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dan diamati terbentuknya zona hambat disekitar kertas cakram. Zona hambat yang terbentuk kemudian diukur diameternya menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm) (Tokasaya, 2010).

7. Diagram Alir

Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Diagram Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini telah berhasil diisolasi dan diidentifikasi senyawa flavonoid yaitu sikloartobilosanton berupa kristal jarum berwarna kuning sebanyak 22 mg dan artonin E berupa padatan kuning sebanyak 56,8 mg. dari fraksi semi polar kulit akar tumbuhan sukun.
2. Berdasarkan uji titik leleh, senyawa sikloartobilosanton hasil isolasi memiliki titik leleh sebesar 291-293°C dan senyawa artonin E hasil isolasi memiliki titik leleh sebesar 255-258°C.
3. Senyawa sikloartobilosanton hasil isolasi menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Bacillus 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.
4. Senyawa artonin E hasil isolasi menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dengan kategori kuat pada ketiga variasi konsentrasi sedangkan terhadap bakteri *E. coli* menunjukkan kategori kuat pada konsentrasi 0,5 mg/disk.

B. Saran

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

1. Penelitian lebih lanjut terhadap sampel kulit akar tumbuhan Sukun (*A. altilis* (Park. ex F. A. Zorn) Fonsberg) perlu dilakukan sehingga memperoleh informasi lebih tentang jenis senyawa flavonoid yang terkandung di dalamnya.
2. Pada proses ekstraksi, perlu dilakukan partisi menggunakan pelarut non polar sehingga tidak mengganggu saat proses pemisahan senyawa.
3. Menggunakan metode maserasi dengan 3 pelarut yang berbeda-beda kepolarannya, sehingga mempermudah dalam isolasi senyawa target.
4. Melakukan uji aktivitas biologis lain seperti uji toksisitas, antijamur, antioksidan, dan antimalaria untuk senyawa hasil isolasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S. A. 1986. *Kimia Organik Bahan Alam, Materi 4: Ilmu Kimia Flavonoid*. Karunia Universitas Terbuka. Jakarta. Hlm 39.
- Adinugraha, H. A. 2011. Pengaruh Umur Induk, Umur Tunas dan Jenis Media Terhadap Pertumbuhan Stek Pucuk Sukun. *Jurnal Pemulihan Tanaman*. **5**: 31-40.
- Altman, L.J. and Zito S.W. 1976. Sterols and Triterpenes from the Fruit of *Artocarpus altilis*. *Phytochemistry*. **15**: 829-830.
- Andini, Vicka. 2017. Isolasi, Karakterisasi, serta Uji Aktivitas Antikanker dan Antibakteri Senyawa Artonin E dari Fraksi Polar Kulit Cabang Tumbuhan Puda (*Artocarpus kemando miq.*). (Skripsi). Universitas Lampung.
- Boonlaksiri, C., P. Oonanant, P. Kongsaree, M. Kittakoo, Tanticharorn, and Y. Thebtaranonth. 2000. An antimalarial stilbene from *Artocarpus integer*. *Phytochemistry*. **54**(4): 415-417.
- Boonphong, S., A. Baramee, P. Kittakoo, and P. Puangsombat. 2007. Antitubercular and Antiplasmodial Prenylated Flavones from The Roots of *Artocarpus altilis*. *Chiang Mai Journal of Science*. **34**: 339-344.
- Borisha, I. 2017. Isolasi, Karakterisasi, Dan Uji Bioaktivitas Senyawa Flavonoid dari Kulit Akar Tumbuhan A. *Kemando* Miq. (Skripsi). Universitas Lampung.
- Chen, C. C., Y.L. Huang, and J.C. Ou. 1993. Three New Isoprenyl Flavones from *Artocarpus altilis*. *J. Nat. Prod.* **56** (9): 1594-1597.
- Davis, W.W. and T. R. Stout. 1971. Disc Plate Method Of Microbiological Antibiotic Essay. *Applied Microbiology*. **22**(4): 659-665.
- Ersam, T. 2001. *Senyawa Kimia Makromolekul Beberapa Tumbuhan Artocarpus Hutan Tropika Sumatra Barat*. Disertasi. ITB. Bandung.
- Ersam, T., S. A. Achmad, E. L. Ghisalberti, dan E. H. Hakim. 2003. *Studi Afinitas Kimia Mikromolekul Tumbuhan Artocarpus altilis (Sukun) Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Kimia IV. ITS. Surabaya. 7 hlm.

- Erwin. 2010. Profil Kimia *Artocarpus*. *J. Kim. Mul.* **8**(1): 54-62.
- Fessenden, R.J. and J.S. Fessenden. 1986. *Kimia Organik Jilid I*. Alih Bahasa Hadyana Pujaatmaka. Erlangga. Jakarta. Hlm 311.
- Gandjar, I. G. Abdul R. 2007. *Kimia Analisis Farmasi*. Pustaka Pelajar. Farmasi.
- Ganiswarna, S.G. 1995. *Farmakologi dan Terapi*. Fakultas Kedokteran Farmakologi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Geissman, T. A. and Crout, D. H. G. 1969. *Organic Chemistry of Secondary Plant Metabolism*. California: Freeman, Cooper, and Company.
- Ghisalberti, E. L. 2008. *Detection and Isolation of Bioactive Natural Products in Bioactive Natural Products : Detection, Isolation, and Structural Determination*. Taylor, and Francis Group Inc. USA.
- Griffin, H. D. 1981. *Fungal Physiology*. John Wiley and Sons. New York.
- Gritter, R.J., J.M. Bobbit, and A.E. Schwarting. 1991. *Pengantar Kromatografi*. Alih Bahasa Kosasih Padmawinata. Penerbit ITB. Bandung. Hlm 266.
- Hans-Deinstrop dan Elke. 2007. *Applied Thin-Layer Chromatography: Best Practice and Avoidance of Mistake*. Wiley-VCH Verlag GmbH dan Co.KGa.A.Weinhen. Germany.
- Hakim, E. H., U. Aripin, S. A. Achmad, N. Aimi, M. Kitajima, L. Makmur, D. Mujahidin, Y. M. Syah, dan H. Takayama. 2001. Artoindosianin E, Suatu Senyawa Baru Turunan Flavanon dari Tumbuhan *Artocarpus Champeden*. *Proc. ITB.* **33**(3): 69-73.
- Hakim, E.H., Asnizar, N. Yurnawilis, M Aimi, Kitajima, and H. Takayama. 2002. Artoindonesianin P, A New Prenylated Flavone With Cytotoxic Activity from *Artocarpus lanceifolius*. *Fitoterapia.* **73**: 668-673.
- Hakim, E.H., E.L. Ghisalberti, S.A. Achmad, L.D. Juliawati, L. Makmur, Y.M.Syah, N.Aimi, N.Kitajima, and H.Takayama. 2006. Prenylated Flavonoid and Related Compounds of the Indonesian *Artocarpus* (Moraceae). *J. Nat. Med.* **60**: 161-184.
- Hakim, E. H. 2010. Diversity of Secondary Metabolites from Genus *Artocarpus* (Moraceae). *Nusantara Bioscience.* **2**: 146-156.
- Hasanah, S. I. 2016. *Isolasi, Karakterisasi, dan Modifikasi serta Uji Bioaktivitas Antibakteri dan Antijamur Senyawa artonin E dari Fraksi Polar Kayu Akar Tumbuhan Kenangan (Artocarpus rigida)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hlm 52-54.

- Harborne, J. B. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. Padmawinata. Edisi kedua. ITB. Bandung. Hlm 9-12, 21-25.
- Hariana, HA. 2008. *Tumbuhan Obat dan Khasiatnya Jilid 2*. Penebar Swadaya. Jakarta. Hlm.100-115.
- Herbert, R. B. 1996. *Biosintesis Metabolit Sekunder*. Alih Bahasa Bambang Sringandono. IKIP Semarang Press. Semarang. Hlm 103-123.
- Hermawan, A., W. Hana, dan T. Wiwiek. 2007. *Pengaruh Ekstrak Daun Sirih (Piper betle L) Terhadap Pertumbuhan Staphylococcus aurens dan E. coli dengan Metode Difusi Disk*. Unair. Surabaya.
- Hernawan. 2008. *Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Kulit Batang Tumbuhan Kenangkan (Artocarpus rigida)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hlm 48-53.
- Heyne, K., 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jilid II. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Hidayah, R. 2010. Manfaat dan Kandungan Gizi Labu Kuning. <http://www.borneotribun.com/citizen-jurnalism/manfaat-dan-kandungan-gizi-labu-kuning>. Diakses pada 20 Oktober 2017.
- Hostettmann, K., M. Hostettman, dan A. Manson. 1995. *Cara Kromatografi Preparatif Penggunaan pada Senyawa Bahan Alam*. Alih bahasa Kosasih Padmawinata. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Hlm 27-34.
- Jawetz. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jawetz, E.J., Melnick, and Adelberg's. 2005. *Medical Microbiology*. Salemba Medika. Jakarta. Hlm 294-297.
- Jayasinghe, L., B. A. i. S. Balasooriya, W.C Padmini, N. Hara, and Y. Fujimoto. 2004. *Geranyl chalcone derivatives with antifungal and radical scavenging*. *Phytochem.* **65**: 1287-1290.
- Johnson, L.E. and R. Stevenson. 1991. *Dasar Kromatografi Cair*. Alih Bahasa oleh Kosasih Padmawinata. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Hlm 365.
- Khan, M.R., A.D. Omoloso, and M. Kihara. 2003. Antibacterial Activity of *Artocarpus heterophyllus*. *Fitoterapia.* **74**: 501–505.
- Ko, H.H., Y.H. Lu, S. Z. Yang, S. J. Won, and C. N. Lin. 2005. Cytotoxic Prenylflavonoids from *Artocarpus elasticus*. *Journal of Natural Products*, **68**: 1692–1695.

- Makagansa, C., C. F. Mamuja, dan L. C. Mandey. 2005. Kajian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Pangi (*Pangium edule Reinw*) Terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Escherichia coli* secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. **3**(1): 16-25.
- Madigan, M. T., J. M. Martinko, and J. Parker. 2000. *Brock Biology of Microorganisms*. Eleventh Edition. By Pearson Education, Inc. USA. Hlm 641-645.
- Markham, K.R. 1988. *Cara Mengidentifikasi Flavonoid*. Alih Bahasa Kosasih Padmawinata. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Hlm 39-53.
- Murniasih, T. 2003. *Metabolit Sekunder dari Spons Sebagai Bahan Obat-obatan*. Oseana. **28**: 27-33.
- Musthapa, Hasan. 2009. *Metodologi Penelitian*. Penerbit Bumi Aksara. Cetakan Kesepuluh. Jakarta.
- Ningsih, D. R., Zufahair, dan D. Kartika. 2016. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder serta Uji Aktivitas Ekstrak Dau Sirsak Sebagai Antibakteri. *Molekul*. **11**(1): 101-111.
- Pavia, D. L., G. M. Lampman, G. S. Kriz, and J. R. Vyvyan. 2001. Introduction to Spectroscopy. *Brooks Cole*. United States of America. Hlm 20-24.
- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. EGC. Jakarta. 50 hlm.
- Rahmaningsih, S., S. Willis, dan A. Mulyana. 2012. Bakteri Patogen dan Perairan Pantai dan Kawasan Tambak di Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban. *Ekologia*. **12**: 11-15.
- Rustianingsih. 2007. Studi Pemanfaatan Senyawa Bioaktif dari Kulit Batang Nangka-nangkaan (*Artocarpus sp.*) sebagai Inhibitor Tirosinase. (Skripsi). FPMIPA UPI. Bandung.
- Ramadhani, A. N. 2009. *Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Daun Sukun (Artocarpus altilis Terhadap Larva Aetemia salina leach dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test*. www.undip.ac.id 20 Oktober 2017. 13.35 WIB.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Alih Bahasa Kosasih Padmawinata. Teknologi Bandung. Bandung.

- Santoso, P. dan Tati Suhartati. 2011. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid dari Kulit Akar Tumbuhan Sukun (*Artocarpus altilis*). *Journal of Science and Applicative Technology*. Institut Teknologi Sumatera. Lampung.
- Sarker, Satyajit D., Zahid Latif, dan I. Alexander. Gray (Ed). 2006. *Natural Product Isolation*. Humana Press. Totowa.
- Sastrohamidjojo, H. 2002. *Kromatografi*. Liberty. Yogyakarta. Hlm 35-36.
- Settle, Frank A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. Hlm 25-30; 247-252; 309-311; 481-485.
- Setiabudi, D. 1984. *Suntungan Naskah Populer Obat Tradisional*. DepKes RI Jakarta. Hlm 531-536 .
- Sienko, Plane, and Marcus. 1984. *Experimental Chemistry, 6th Edition*. Mc. Graw Hill Book Co. Singapore
- Sulistyo. 1971. *Farmakologi dan Terapi*. EKG. Yogyakarta.
- Stahl, E. 1985. *Analisis Obat Secara kromatografi dan Mikroskopi*. diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Hlm 3-17.
- Sudjadi. 1983. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta. Hlm 283.
- Suhartati, T., S. A. Achmad, N. Aimi, Hakim E. H. M. Kitajima, H. Takayama, K. Takeya. 2001. Artoindosianin L, A New Prenylated Flavone with Cytotoxicity Activity from *Artocarpus rotunda*. *Fitoterapia*. **72**: 912-918.
- Suhartati, T. dan Yandri. 2007. *Sikloartobilosanton dari Kulit Batang dan Flavonoid dalam Beberapa Bagian Tumbuhan Artocarpus dadah yang Tumbuh di Lampung*. Universitas Lampung. Lampung.
- Syah, Y.M., S. A. Ahmad, E. H. Hakim, and E. L. Ghisalberty. 2006. Cytotoxic Prenylflavonoid Flavones from *Artocarpus champedan*. *Journal Natural Medicine*. **60**: 308-312.
- Tapas, A. R., D. M Sakarkar, and R. B Kakde. 2008. Flavonoids As Nutraceuticals : A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. **7** (3). Hlm 1089-1099.
- Tokasaya, P. 2010. *Sponge Associated Bacteria Producing Antimicrobial Compounds and Their Genetic Diversity Analysis*. Graduate School. Bogor Agricultural University. Bogor.

- Utami, Prapti. 2013. *Umbi Ajaib Tumpas Penyakit Kanker, Diabetes, Hipertensi, Stroke, Kolesterol, dan Jantung*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wang, Y. K. Xu, L. Lin, Y. Pan, and X. Zheng. 2007. Geranyl Flavonoids from The Leaves of *Artocarpus altilis*. *Phytochemistry*. **68**: 1300-1306.
- Weng, J.R., S. C. Chan, Y. H. Lu, H. C. Lin, H. H. Ko. 2006. Antiplatelet Prenylflavonoids from *Artocarpus communis*. *Phytochemistry*. **67**: 824–829.
- Widyawaruyanti, A., Subehan, S. K. Kalauni, S. Awale, M. Nindatu, N.C. Zaini, D. Syafruddin, P.B.S Asih, Y. Tezuka, and S. Kadota. 2007. New Prenylated Flavones from *Artocarpus champenden* and their Antimalarial Activity in Vitro. *J.Nat.Med.* **61**: 410-413.
- Venkataraman, K. 1975. In *The Flavonoid* (Harbone, J. B., T. J. Mabry and H. Mabry, eds). Chapman and Hall. London. Hlm. 267.