

**INHIBISI ENZIM XANTIN OKSIDASE DARI SUSU SAPI DENGAN
EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa olivera*) DAN
DAUN JERUK NIPIS (*Citrus Aurantifolia*)**

SITI ROSIDA R. DJAKAD

H311 15 502



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**



Optimization Software:
www.balesio.com

**INHIBISI ENZIM XANTIN OKSIDASE DARI SUSU SAPI DENGAN
EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa olivera*) DAN
DAUN JERUK NIPIS (*Citrus Aurantifolia*)**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

Oleh:

**SITI ROSIDA R. DJAKAD
H3 11 15 502**



MAKASSAR

2020



SKRIPSI

**INHIBISI ENZIM XANTIN OKSIDASE DARI SUSU SAPI DENGAN
EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DAN
DAUN JERUK NIPIS (*Citrus aurantifolia*)**

Disusun dan diajukan oleh:

**SITI ROSIDA R. DJAKAD
H311 15 502**

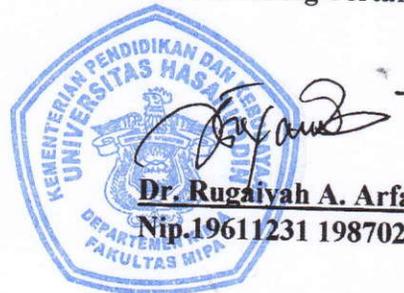
Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama



**ah Natsir, M.Si
0320 198711 2 001**

Pembimbing Pertama



**Dr. Rugaiyah A. Arfah, M.Si
Nip.19611231 198702 2 002**



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Rosida R. Djakad.

Nomor Mahasiswa : H31115502

Program Studi : Kimia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 18 September 2020



Siti Rosida R. Djakad



Optimization Software:
www.balesio.com

PRAKATA

Bismillahirrahmananirrahim, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Inhibisi Enzim Xantin Oksidase dari Susu Sapi Dengan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)**”

Shalawat dan salam tak lupa tercurahkan kepada Baginda Rasulullah SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, dan kepada umatnya hingga akhir zaman. Berhasilnya penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini menandakan berakhirnya salah satu dimensi perjuangan sebagai syarat dalam memperoleh gelar sarjana di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda **Muhammad Rahab** dan ibunda **Nurdina Salam**, terima kasih untuk setiap semangat, bantuan, kasih sayang dan doa yang senantiasa tak henti-hentinya diberikan kepada saya, semoga Allah senantiasa memberikan rahmat berupa kasih sayang, keteguhan hati di atas agama Allah, dan kemuliaan bukan hanya di dunia tapi juga di akhirat Insya Allah. Terima kasih juga kepada adik kandung saya **Sukma Masyiah Rahab** yang selalu memberikan motivasi untuk saya, serta kepada seluruh pihak keluarga yang menjadi penyemangat bagi saya, semoga Allah senantiasa melindungi mereka di jalan kebenaran, Aamiin.

Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini, terutama kepada **Dr. Hasnah Natsir, M.Si** selaku pembimbing utama dan ibunda



Dr. Rugaiyah A. Arfah selaku pembimbing pertama yang menjadi orang tua di kampus dan senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan arahan yang baik, terutama dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis juga tak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda **Dr. Eng Amiruddin, S.Si, M.Si** selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta semua staf pegawai.
2. Ketua Departemen Kimia Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si**, beserta dosen dan staf Departemen Kimia yang telah membantu penulis dalam perjalanan menyelesaikan pendidikan ini.
3. Dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** selaku Ketua Tim Penguji, dan **Dr. Syahrudin Kasim, S.Si, M.Si** selaku Sekretaris Tim Penguji.
4. Seluruh **Analisis Laboratorium** di Departemen Kimia, terkhusus untuk **kak Anti** dan **kak Akbar** selaku analis Laboratorium Biokimia atas bantuan serta arahnya selama penelitian berlangsung.
5. Rekan penelitian **Nurul Fajriah K.** dan rekan penelitian biokimia **enab, uti, ica, wirda, eva, lala, atifah, cici, cipa, ono, anna, dan anita**. Terima kasih atas kerjasama dan bantuannya selama ini.



bat-sahabat avenger hijrahku **faje cerewet, wirda sikecil, uti si rajin,**
tempat curhat, fira supel, sinar garang, cukke alay, chyci kalem,

yani onti gendu’, khol si penasehat, ica lingu, irwan bureng, getsi akhirnya avengers, putu tukang ojek, khae si es dan yogi si pms Terima kasih telah hadir sebagai penghibur dalam kepenatan, dan penyemangat dalam kemalasan untuk berangkat kuliah dan mengerjakan skripsi ini.

7. **“POLIHEDRA 2015”** kalian merupakan saudara seperjuangan di kampus yang tak lelah memberikan motivasi dan dorongan untuk segera menyelesaikan studi.
8. Teman-teman **Kimia 2015** yang merupakan saudara seperjuangan dalam menimba ilmu di jurusan kimia.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan penelitian, terima kasih.

Penulis sadar bahwa laporan skripsi ini tidak sempurna dan banyak kekurangan baik materi maupun teknik penulisannya, karena sejatinya kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis berharap saran dan kritikan yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja dalam pengembangan ilmu pengetahuan kimia khususnya bidang biokimia.

Makassar, 14 Januari 2020

Penulis



ABSTRAK

Penelitian inhibisi enzim xantin oksidase dengan ekstra daun kelor (*Moringa olivera*) dan daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dilakukan dengan tujuan mengekstrak daun kelor dan daun jeruk nipis dengan menggunakan berbagai pelarut, dan ditentukan ekstrak terbaik dalam inhibisi xantin oksidase, mengetahui pengaruh pelarut terhadap daya inhibisi xantin oksidase serta menentukan jenis kinetika inhibisinya. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, daya inhibisi terbaik Pada daun kelor adalah ekstrak air yang memiliki daya inhibisi sebesar 35,42% yang positif mengandung senyawa saponin dan pada daun jeruk nipis ekstrak terbaik adalah fraksi air dengan daya hambat sebesar 40,27% dengan allopurinol sebagai kontrol positif memiliki daya inhibisi sebesar 62,11% yang positif mengandung senyawa terpenoid dan saponin. Selain itu, juga ditentukan jenis kinetika inhibisi enzim xantin oksidase oleh ekstrak air daun kelor dan ekstrak air daun jeruk nipis dan berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, baik pada ekstrak air daun kelor maupun pada ekstrak air jeruk nipis diperoleh nilai V_{maks} tanpa penghambatan lebih besar dari V_{maks} dengan penghambatan, sehingga dapat ditentukan bahwa jenis kinetika inhibisi enzim xantin oksidase terhadap fraksi air daun kelor dan fraksi air daun jeruk nipis adalah non kompetitif.

Kata kunci: Daun kelor, daun jeruk nipis, xantin oksidase, inhibitor, kinetika inhibisi



ABSTRACT

Research on the inhibition of xanthine oxidase enzymes with extra Moringa olivera (Moringa olivera) and lime leaves (Citrus aurantifolia) was conducted with the aim of extracting Moringa leaves and lime leaves using various solvents, and determine the best extract in xanthine oxidase inhibition, determine the effect of the solvent on xanthine oxidase inhibition power and determine the type of inhibitory kinetics. From the results of research that has been done, the best inhibitory power of Moringa leaves is water extract which has an inhibitory power of 35.42% which contains positive saponin compounds and the best extract of lime leaves is the water fraction with inhibition power of 40.27% with allopurinol as a positive control has a 62.11% inhibitory power which contains positive compounds terpenoids and saponins. In addition, the kinetics of xanthin oxidase enzyme inhibition were determined by the extract of Moringa leaf water and n-hexane extract of lime leaves and based on measurements that have been made, both in the Moringa leaf water extract and in the n-hexane extract of lime juice obtained V_{max} value without inhibition is greater than V_{max} by inhibition, so it can be determined that the type of kinetics of xantin oxidase enzyme inhibition against the water fraction of Moringa leaves and the water fraction of lime leaves is non-competitive. Both the extract of Moringa leaf water and the extract of water lime obtained V_{max} value without inhibition is greater than V_{max} with inhibition, so it can be determined that the kinetics of xanthine oxidase enzyme inhibition of Moringa leaf water fraction and water fraction Lime is non competitive.

Keywords: Moringa leaves, lime leaves, xanthine oxidase, inhibitors, kinetics of inhibition.



DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Maksud Penelitian	5
1.3.2 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat	5
BAB II PEMBAHASAN	6
2.1 Asam Urat	6
2.2 Tinjauan Umum Enzim Xantin Oksidase	8
2.2.1 Enzim Xantin Oksidase	8
2.2.2 Manfaat Enzim Xantin Oksidase	9
2.3 Faktor-Faktor Aktivitas Enzim Xantin Oksidase	9
2.4 Inhibitor Enzim	12
	ix



2.2.4.1 Konsep Inhibitor	12
2.2.4.2 Inhibitor Enzim Xantin Oksidase	14
2.2.5 Kinetika Enzim	15
2.2.5.1 Persamaan Michaelis-Menten.....	16
2.2.5.2 Penghambatan Reaksi yang Dikatalisis oleh Enzim	17
2.3 Daun Kelor	18
2.3.1 Klasifikasi dan Karakteristik Fisik Tanaman Kelor.....	18
2.3.2 Kandungan Nutrisi dan Manfaat Daun Kelor	19
2.4 Tanaman Jeruk Nipis	21
2.4.1 Klasifikasi dan Karakteristik Fisik Tanaman Jeruk Nipis	21
2.4.2 Kandungan Senyawa dan Manfaat Jeruk Nipis	23
2.4.2.1 Kandungan Senyawa Tanaman Jeruk Nipis	23
2.4.2.2 Manfaat Tanaman Jeruk Nipis	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Bahan.....	25
3.2 Alat.....	25
3.3 Waktu dan Tempat.....	25
3.3.1 Waktu dan Tempat Pengambilan sampel.	25
3.3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian	26
3.4.1 Penyiapan Larutan Uji.....	26
3.4.2 Persiapan Sampel	28
3.4.3 Ekstrak Metanol Daun Jeruk Nipis dan Daun Kelor.....	29
3.4.4 Fraksinasi Ekstrak	30



3.4.5 Uji Kandungan Senyawa pada Ekstrak Daun Jeruk Nipis dan daun Kelor.....	30
3.4.5.1 Uji Kandungan Flavonoid	30
3.4.5.2 Uji Kandungan Saponin	31
3.4.5.3 Uji Kandungan Steroid	31
3.4.5.4 Uji Kandungan Terpenoid	31
3.4.5.5 Uji Kandungan Alkaloid.....	31
3.4.6 Uji Aktivitas Inhibitor Enzim Xantin Oksidase.....	32
3.4.7 Penentuan Kinetika Ekstrak Daun Jeruk Nipis dan Daun Kelor	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Ekstraksi Dan Fraksinasi Daun Kelor Dan Daun Jeruk Nipis.....	35
4.2 Uji Fitokimia Daun Kelor Dan Daun Jeruk Nipis.	37
4.3 Uji Aktivitas Inhibitor Enzim Xantin Oksidase Oleh Ekstak Daun Kelor Dan Daun Jeruk Nipis.	41
4.4 Perbandingan Daya Inhibisi Terhadap Enzim Isolasi dan Enzim Komersial Oleh Ekstak Daun Kelor Dan Daun Jeruk Nipis.	46
4.5 Uji Kinetika Ekstrak Kasar Xantin Oksidase Terhadap Ekstak Daun Kelor dan Daun Jeruk Nipis.	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
AN	60



DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kandungan nilai gizi daun kelor segar dan kering	20
2. Hasil ekstraksi dan fraksinasi daun kelor.....	36
3. Hasil ekstraksi dan fraksinasi daun jeruk nipis	36
4. Hasil uji fitokimia ekstrak daun kelor.....	37
5. Hasil uji fitokimia ekstrak daun jeruk nipis	38
6. Hasil Perhitungan ekstrak daun kelor	42
7. Hasil Perhitungan ekstrak daun jeruk nipis.....	43
8. Perbandingan aktivitas enzim isolasi dengan enzim komersial	46
9. Aktivitas crude XO terhadap variasi konsentrasi substrat	47
10. Aktivitas inhibisi crude XO oleh ekstrak daun kelor terhadap variasi konsentrasi substrat	48
11. Aktivitas inhibisi crude XO oleh ekstrak daun jeruk nipis terhadap variasi konsentrasi substrat.....	49
12. Hasil Perhitungan Nilai V_{maks} dan Km	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Metabolisme asam urat dari purin	7
2. Struktur allopurinol.....	14
3. Pengaruh [Substart] pada kecepatan Reaksi ysng Dikatalisis Oleh Enzim.....	17
4. Daun Kelor	19
5. Tanaman jeruk nipis (<i>Citrus Aurantifolia</i>).....	22
6. Reaksi uji Mayer.....	39
7. Reaksi uji Dragendorff.....	39
8. Mekanisme pembentukan garam flavilium.....	40
9. Reaksi uji steroid dan terpenoid	41
10. Diagram persen inhibisi ekstrak metanol, fraksi n-heksan, dan fraksi air daun kelor	43
11. Diagram persen inhibisi fraksi n-heksan, fraksi air daun jeruk nipis dan allopurinol	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Diagram Alur Penelitian	59
2. Preparasi Sampel dan Ekstraksi Sampel	60
3. Fraksinasi Ekstrak.....	61
4. Uji Fitokimia	62
5. Uji Aktivitas dan Inhibisi Xantin Oksidase	63
6. Uji Kinetika Inhibisi Xantin Oksidase	64
7. Perhitungan Pembuatan Allopurinol, Substrat, Buffer posfat, dan Persen Rendamen Ekstrak Daun Kelor dan Daun Jeruk Nipis	65
8. Tabel dan Perhitungan Aktivitas Enzim Xantin Oksidase dan % Inhibisi serta nilai IC ₅₀ pada Ekstrak Daun Kelor dan Daun Jeruk Nipis	66
9. Perhitungan Penentuan Kinetika Inhibisi ekstrak kasar enzim xantin oksidase terhadap Ekstrak Daun Kelor dan Daun Jeruk Nipis	73
10. Dokumentasi Penelitian	76



DAFTAR SIMBOL

dL	: desiliter
NAD	: Nikotinamida adenina dinukleotida
NADP	: Nikotinamida adenina dinukleotida fosfat
FAD	: Flavin adenina dinukleotida
XO	: Xantin Oksidase
Da	: dalton
kkal	:kilokalori
IC ₅₀	: Inhibition Concentration 50%
rpm	: <i>rotation per minute</i>
N	: normalitas
mM	: miliMolar
pH	: potensial hydrogen
mU/mL	: miliUnit/milliliter
K_M	: Tetapan Michaelis-Menten
V_{maks}	: Aktivitas Maksimum



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Asam urat merupakan produk akhir dari katabolisme purin dalam hati, melalui suatu reaksi yang dikatalisis oleh xantin oksidase (Yulian, 2014). Penyakit asam urat selain disebabkan oleh produksi asam urat berlebih, juga disebabkan karena obesitas dan diabetes yang disertai tekanan darah tinggi (Khaerunnisa, 2013). Peningkatan kadar asam urat dalam tubuh secara terus-menerus pada jaringan dan sendi disebut sebagai penyakit asam urat atau biasa disebut sebagai hiperurisemia (Sholihah, 2014). Penyakit asam urat dapat terjadi karena tingginya konsumsi makanan yang mengandung purin, seperti kacang-kacangan, melinjo atau emping, jeroan, serta minuman berkafein seperti kopi, teh serta coca cola yang dapat menaikkan kadar asam urat dalam darah (Sustrani dkk., 2005 dalam Septianingsih dkk., 2012). Penyakit asam urat ini sudah dikenal sejak 2000 tahun yang lalu dan menjadi salah satu penyakit yang dikenal manusia. Penyakit ini biasanya ditandai dengan ciri-ciri seperti nyeri, bengkak, panas dan tubuh sulit digerakkan (Wahyudi dkk., 2012). Produksi asam urat dapat berkurang dengan menghambat aktivitas enzim xantin oksidase (XO). (Iswantini dkk., 2012).

Xantin oksidase berperan penting dalam katabolisme purin, enzim ini ditemukan di sel hati dan otot dan merupakan enzim golongan *oksidoreduktase*.

Xantin oksidase mengkatalisis oksidasi hipoxantin menjadi xantin dan xantin menjadi asam urat melalui reaksi reduksi. Xantin oksidase tidak hanya berperan dalam mengkatalisis hipoxantin menjadi xantin kemudian menjadi asam



urat, tetapi juga berfungsi dalam mengkatalisis reduksi nitrat dan nitrit menjadi nitrit oksida dan sekaligus menyebabkan pembentukan radikal superoksida yang dapat menyebabkan peradangan (Yulian, 2014). Enzim xantin oksidase juga dapat ditemukan dalam susu sapi, susu kambing maupun susu kerbau, karena kandungan proteinnya (Ozar dkk., 1999). Aktivitas xantin oksidase dapat dihambat sampai ketitik jenuh untuk mengurangi produksi asam urat dalam jaringan dan sendi agar terhindar dari penyakit asam urat dengan menggunakan Allopurinol (Khaerunnisa, 2013).

Allopurinol merupakan obat sintetis yang dapat menghambat pembentukan asam urat dari prekursornya (xantin dan hipoxantin) dengan menghambat aktivitas enzim xantin oksidase. Allopurinol telah direkomendasikan sebagai lini pertama dalam pengobatan penyakit asam urat, namun dosis yang disarankan tidak lebih dari 100 mg/harinya. Berdasarkan penelitian Mardianingsih (2017), allopurinol pada konsentrasi tertinggi 100 µg/mL mampu menghambat aktivitas xantin oksidase dengan persen inhibisi sebesar 94,35±2,17% (Widyanto, 2014).

Penggunaan allopurinol dapat menimbulkan efek samping, seperti mual, muntah, diare dan dapat juga terjadi neuritis perifer, depresi unsur sumsum tulang belakang dan kadang-kadang anemia aplastika. Selain itu, juga dapat menyebabkan toksisitas hati dan nefritis intestinal. Allopurinol juga dapat terikat ke lensa mata yang akan menyebabkan katarak (Kusuma dkk., 2014). Oleh karena banyaknya efek samping yang dapat ditimbulkan oleh allopurinol,

peneliti mencari alternatif lain, yaitu dengan menggunakan bahan herbal. peneliti telah melaporkan, bahwa aktivitas XO dapat dihambat dengan metabolit sekunder berupa flavonoid (Ahmad dkk., 2017). Seperti pada



penelitian Mardiningsih (2017) yang menggunakan ekstrak etanol daun kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai inhibitor enzim xantin oksidase dengan konsentrasi terendah 5 µg/mL yang memiliki persentasi penghambatan sebesar 95,90±3,37%. Tidak hanya daun kacang, ekstrak air dan etanol tanaman anting-anting juga dapat menghambat aktivitas enzim xantin oksidase dengan penghambatan tertinggi ditunjukkan oleh ekstrak air 450 ppm, yaitu sebesar 66,78% dan ekstrak etanol 150 ppm, yaitu sebesar 65,84%, dimana ekstrak air dan etanol tanaman anting-anting mengandung alkaloid, flavonoid, steroid, saponin dan tanin. Salah satu jenis tanaman yang mengandung alkaloid, flavonoid, steroid, dan tanin adalah daun kelor.

Daun kelor merupakan tanaman yang berasal dari Asia dan India. Tanaman daun kelor memiliki kandungan senyawa antioksidan seperti flavonoid, juga mengandung vitamin C, dan vitamin E. Senyawa-senyawa tersebut diketahui mampu menurunkan kadar asam urat dalam darah dengan berperan sebagai antioksidan yaitu peredam (*scavenger*) radikal bebas. Selain itu, senyawa jenis flavonoid seperti kuersetin dan kaempferol dapat menghambat kinerja xantin oksidase, sehingga dapat menghambat sintesis asam urat. Asupan vitamin C yang cukup juga dapat mencegah terjadinya hiperurisemia. Kandungan vitamin C daun kelor adalah 7,96 mg/g (Suciani, 2013). Selain daun kelor, tanaman herbal yang memiliki kandungan flavonoid dan alkaloid tinggi adalah daun jeruk nipis.

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) termasuk salah satu keluarga Rutaceae.

Jeruk nipis merupakan jenis tumbuhan perdu yang banyak memiliki dahan dan

Batang pohonnya berkayu ulet dan keras, serta daunnya berwarna hijau dengan tungkai bersayap yang lebarnya 5-25 mm. Tanaman jeruk nipis umur kurang lebih 2,5 tahun sudah mulai berbuah. Senyawa organik yang



terdapat dalam tanaman jeruk nipis antara lain vitamin B1, vitamin C, asam amino, protein, flavonoid jenis flavon dan juga saponin, steroid, dan alkaloid. Senyawa yang khas pada daun jeruk nipis adalah senyawa golongan terpenoid yaitu senyawa limonoida (Rahmawati dan Candra, 2015). Berdasarkan hal tersebut maka, dilakukan penelitian inhibisi enzim xantin oksidase dari susu sapi dengan ekstrak daun kelor (*Moringa oleivera*) dan daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. bagaimana mengekstrak dan mengidentifikasi komponen aktif pada daun kelor dan daun jeruk nipis?
2. bagaimana efektivitas inhibisi ekstrak daun kelor dan daun jeruk nipis terhadap xantin oksidase?
3. bagaimana pengaruh pelarut yang digunakan terhadap daya inhibisi xantin oksidase?
4. bagaimana tipe penghambatan ekstrak terbaik daun kelor dan daun jeruk nipis terhadap enzim xantin oksidase?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui dan menganalisis daun kelor dan daun jeruk nipis dalam menghambat aktivitas xantin oksidase. Senyawa

yang terkandung dalam daun kelor dan daun jeruk nipis, serta pelarut yang digunakan untuk menghambat enzim xantin oksidase.



1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. mengekstrak daun kelor dan daun jeruk nipis dengan menggunakan pelarut metanol, n-heksan, kloroform, etil-asetat, butanol dan air
2. menentukan ekstrak yang lebih baik digunakan dalam inhibisi xantin oksidase dengan membandingkan daya inhibisi ekstrak.
3. mengetahui dan menentukan pengaruh pelarut terhadap daya inhibisi xantin oksidase.
4. menentukan tipe penghambatan ekstrak terbaik daun kelor dan daun jeruk nipis.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini, yaitu memberikan informasi mengenai jenis metabolit sekunder yang terdapat dalam daun kelor dan daun jeruk nipis yang dapat menghambat aktivitas enzim xantin oksidase, dan dapat digunakan sebagai obat asam urat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

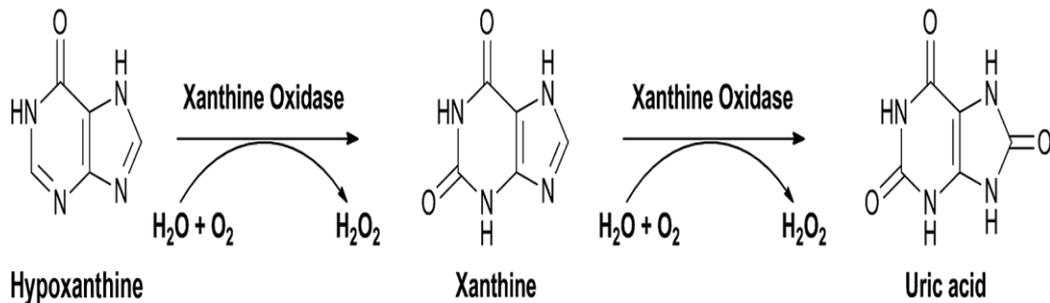
2.1 Asam Urat

Asam urat merupakan senyawa kimia hasil akhir dari metabolisme asam nukleat atau metabolisme purin dalam tubuh. Asam urat diproduksi dalam tubuh melalui jalur metabolisme yang menggunakan makanan dan minuman sebagai substrat. Konsentrasi asam urat yang normal adalah 7,0 mg/dL untuk pria dan 6,0 mg/dL untuk wanita. Walaupun batasan normal kadar asam urat pada pria lebih besar dari pada wanita, tetapi resiko pria terkena hiperurisemia lebih tinggi. Penyakit hiperurisemia lebih besar 2% pada pria berusia 30 tahun dan wanita pada usia 50 tahun (Yulian, 2014). Berdasarkan penyelidikan menunjukkan bahwa 90% dari asam urat merupakan hasil katabolisme purin yang dibantu oleh enzim xantin oksidase (Eff, 2016). Asam urat dibentuk di dalam hati dan terutama diekskresikan oleh ginjal (65%-75%) dan usus (25%-35%). Konsumsi makanan yang kaya purin, obesitas, dan penyakit ginjal yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara produksi asam urat dan ekskresinya adalah faktor umum penyebab penyakit asam urat (Dai dkk., 2015). Apabila terjadi ketidakseimbangan antara produksi asam urat dan ekskresinya oleh ginjal, maka konsentrasi asam urat dalam darah dapat melebihi batas normalnya dan akan menumpuk di daerah persendian (Mardianingsih, 2017).

Menurut Asmi (2010), asam urat adalah suatu senyawa alkaloid turunan derivat utama purin dan pirimidin dari asam nukleat baik prokariotik eukariotik adalah adenosin, dan guanosin dan derivat sitosidin, timidin. Derivat purin hipoxantin dan xantin merupakan senyawa antara



dalam metabolisme adenosin serta guanosin, dan manusia mengekskresikan derivat purin yang teroksidasi yaitu asam urat sebagai produk akhir katabolisme purin. Proses metabolisme purin menjadi asam urat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metabolisme asam urat dari purin (Asmi, 2010)

Selama proses oksidasi xantin membentuk asam urat, atom oksigen akan ditransfer dari molibdenum ke xantin. Perombakan pusat molibdenum yang aktif tersebut terjadi dengan adanya penambahan air. Kemudian selama proses oksidasi molekul, atom oksigen tersebut bertindak sebagai akseptor elektron yang menghasilkan radikal superoksida dan hidrogen peroksida. Reaksi katalisis xantin oleh enzim xantin oksidase tersebut dapat mengakibatkan akumulasi asam urat (Mardiningsih, 2017). Pengobatan asam urat dapat digolongkan menjadi dua jenis golongan obat, yaitu obat golongan urikostatik dan obat golongan urikosurik. Obat golongan urikostatik bekerja sebagai inhibitor xantin oksidase (Dewi, 2012). Salah satu jenis obat urikostatik ini adalah allopurinol. Allopurinol merupakan suatu analog asam urat yang bekerja menghambat pembentukan asam urat dari prekursornya (xantin dan hipoxantin) dengan menghambat aktivitas xantin oksidase. Sedangkan obat asam urat golongan urikosurik, memiliki mekanisme menurunkan kadar asam urat dengan cara menghambat reabsorpsi asam urat.

obat golongan urikosurik yaitu probenecid (Ernawati dan Susanti, 2014).



2.1.1 Manfaat Asam Urat

Asam urat dalam tubuh berfungsi sebagai antioksidan dan juga berfungsi dalam meregenerasi sel. Setiap peremajaan sel tubuh membutuhkan asam urat. Jika tubuh kurang antioksidan, akan banyak radikal bebas yang membunuh sel-sel dalam tubuh, sehingga apabila kekurangan kandungan asam urat dapat menyebabkan kulit menjadi kusam (Azizahwati dkk., 2005).

2.2 Tinjauan Umum Enzim Xantin Oksidase

2.2.1 Enzim Xantin Oksidase

Enzim xantin oksidase adalah enzim yang berperan sebagai katalisator dalam proses oksidasi hipoxantin menjadi xantin dan kemudian menjadi asam urat yang merupakan jalur degradasi purin (Pertamawati dan Mutia, 2015). Enzim xantin oksidase merupakan enzim sitosiklik yang tersebar luas di berbagai spesies seperti bakteri, tumbuhan tingkat tinggi, invertebrata dan vertebrata. Enzim ini dapat ditemukan di beberapa jaringan tubuh mamalia, antara lain hati, usus, ginjal, paru-paru, myocardium, otak, plasma dan eritrosi. Namun, enzim xantin oksidase paling banyak terdapat pada hati dan usus (Mardiningsi, 2017).

Menurut Mardiningsi (2017), enzim xantin oksidase (XO) merupakan suatu kompleks enzim yang terdiri dari molekul-molekul protein yang tiap molekulnya tersusun atas 2 mol FAD (Flavin Adenin Dinucleotide), 2 mol atom Mo dan 8 mol atom Fe. Enzim ini terdapat pada hati dan otot tubuh manusia, satu unit xantin oksidase dapat mengkonversi satu μmol substrat (xantin) menjadi tiap satu menit pada pH optimum (pH 7,5) dan suhu optimum (25 °C).

Enzim xantin oksidase merupakan enzim golongan *oksidoreduktase* yang katalisis reaksi oksidasi xantin menjadi asam urat. Dalam reaksi oksidasi,



enzim xantin oksidase mengkatalisis pengeluaran elektron dari substrat dengan menggunakan oksigen sebagai akseptor hidrogen atau elektronnya. Keberadaan xantin oksidase menjadi sangat penting dalam metabolisme purin, karena dapat mengubah hipoxantin menjadi xantin yang kemudian diubah menjadi asam urat. Namun tingginya kadar asam urat dapat menimbulkan reaksi inflamasi yaitu *gout* (Wahyudi dkk., 2012).

Enzim xantin oksidase bertindak di akhir urutan katabolik dari metabolisme nukleotida purin pada manusia dan beberapa jenis urikotelik lainnya (Haddi dan Marouf, 2015). Aktivitas XO endotel meningkat lebih dari 200% pada pasien yang mengalami penyakit kronis gagal jantung (Ironi dkk., 2016).

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim Xantin Oksidase

Aktivitas enzim sering digunakan dalam satuan unit (U) yaitu jumlah enzim yang mampu mengkatalisis perubahan 1 μmol substrat per menit pada kondisi tertentu. Bila substratnya merupakan suatu senyawa polimer seperti protein atau peptin, maka 1 μmol substrat diganti 1 mikro ekivalen gugus penting senyawa tersebut (Saryono, 2011). Menurut poedjadi (1994) terdapat beberapa faktor-faktor utama yang dapat mempengaruhi kerja enzim, diantaranya adalah:

1. Konsentrasi enzim

Pada suatu konsentrasi substrat tertentu kecepatan reaksi enzimatik bertambah pada saat ber-tambahnya konsentrasi enzim. Hubungan konsentrasi enzim dengan kecepatan reaksi digambarkan dalam fungsi linear.

2. Konsentrasi substrat



Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan konsentrasi enzim tetap, maka penambahan konsentrasi substrat akan menaikkan

kecepatan reaksi. Akan tetapi pada batas konsentrasi tertentu, tidak terjadi kenaikan kecepatan reaksi walaupun konsentrasi substrat diperbesar. Keadaan ini telah diterangkan oleh Michaelis-Menten dengan hipotesis mereka tentang terjadinya kompleks enzim substrat. Pada konsentrasi substrat rendah, bagian aktif enzim hanya menampung substrat sedikit. Bila konsentrasi substrat diperbesar, makin banyak substrat yang dapat berhubungan dengan enzim bagian aktif. Dengan demikian, konsentrasi substrat makin besar dan hal ini menyebabkan makin besarnya kecepatan reaksi.

3. Suhu

Reaksi kimia dapat dipengaruhi oleh suhu. Oleh karena itu, reaksi yang menggunakan katalis enzim dapat dipengaruhi oleh suhu. Pada suhu rendah, reaksi kimia berlangsung lambat, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi reaksi berlangsung lebih cepat. Di samping itu, karena enzim itu adalah suatu protein, sehingga kenaikan suhu dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi. Apabila terjadi proses denaturasi, maka bagian aktif enzim akan terganggu dan dengan demikian konsentrasi efektif enzim menjadi berkurang dan kecepatan reaksinya pun akan menurun. Kenaikan suhu sebelum proses denaturasi dapat menaikkan kecepatan reaksi.

4. Derajat Keasaman (pH)

Seperti protein pada umumnya, struktur ion enzim tergantung pada pH lingkungannya. Enzim dapat berbentuk ion positif, ion negatif atau ion muatan ganda (*zwitter ion*). Dengan demikian perubahan pH lingkungan berpengaruh terhadap efektivitas bagian aktif enzim dalam membentuk kompleks enzim substrat. Di samping pengaruh terhadap struktur ion pada



enzim, pH rendah atau pH tinggi dapat pula menyebabkan terjadinya proses denaturasi dan ini mengakibatkan menurunnya aktivitas enzim dengan pH tersebut.

Molekul atau ion yang dapat menghambat reaksi tersebut dinamakan inhibitor. Hambatan yang dilakukan oleh inhibitor dapat berupa hambatan tidak reversibel atau hambatan reversibel. Hambatan tidak reversibel pada umumnya disebabkan oleh terjadinya proses destruksi atau modifikasi sebuah gugus fungsi atau lebih yang terdapat pada molekul enzim. Hambatan reversibel dapat berupa hambatan bersaing atau hambatan tidak bersaing. Hambatan bersaing disebabkan karena ada molekul yang mirip dengan substrat, yang dapat pula membentuk kompleks enzim inhibitor. Sedangkan hambatan tidak bersaing tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi substrat dan inhibitor yang melakukannya tidak bersaing.

5. Inhibitor dan Aktivator

Keberadaan inhibitor akan menurunkan kecepatan reaksi enzimatik. Inhibitor dapat membentuk kompleks dengan enzim baik pada sisi aktif enzim maupun bagian lain dari sisi aktif enzim. Terbentuknya kompleks enzim inhibitor akan menurunkan aktivitas enzim terhadap substratnya. Aktivitas enzim sering digunakan dalam satuan unit (U) yaitu jumlah enzim yang mengkatalisis 1 mikro-mol substrat per menit pada kondisi tertentu. Sedangkan kemurnian enzim dinyatakan dalam aktivitas spesifik yaitu jumlah

aktivitas per miligram protein (Winarno, 1983).



Aktivitas beberapa enzim bekerja optimum dengan bantuan aktivator. Komponen diluar enzim ini berupa molekul non-protein yang disebut kofaktor. Kofaktor dibutuhkan pada sisi substrat sehingga enzim dapat aktif. Kofaktor dapat berupa molekul organik yang memiliki gugus prostetik ataupun anorganik seperti ion logam (Susanti dan Febriana, 2017).

2.2.3 Inhibitor Enzim

2.2.3.1 Konsep inhibitor

Inhibitor enzim adalah molekul yang berinteraksi dalam berbagai cara dengan enzim untuk mencegah kerja enzim secara normal. Inhibitor enzim dibedakan menjadi dua jenis, yaitu menghasilkan inaktivasi enzim secara *irreversible* dan *reversible*. Inhibitor *irreversible* biasanya menyebabkan inaktivasi, inhibitor sulit dilepaskan dari enzim dan terjadi modifikasi ikatan kovalen pada struktur ikatan kovalen enzim. Efek kinetik inhibitor *irreversible* adalah menurunkan konsentrasi kompleks ES maksimum. Karena kecepatan reaksi enzimatik terbatas berupa $K_2[ES]$, hal ini menunjukkan bahwa di bawah kondisi tersebut, reduksi konsentrasi enzim akan menyebabkan penurunan kecepatan reaksi. Inhibitor *irreversible* biasanya beracun dan umumnya tidak cocok untuk pertimbangan terapi. Contoh dari inhibitor *irreversible* adalah sianida (Saryono, 2011).

Inhibitor *reversible* dapat dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu inhibitor kompetitif dan inhibitor nonkompetitif, dengan kategori ketiga berupa unkompetitif, namun sangat jarang. Ketiga kategori inhibitor reversible memiliki cara kerja yang berbeda-beda. Inhibitor kompetitif merupakan enzim dengan molekul yang secara struktural kimia dan geometrinya sama dengan



substrat. Sehingga, inhibitor berkompetisi pada sisi aktif yang sama seperti molekul substrat, tetapi reaksi menjadi tidak berjalan. Inhibisi secara kompetitif dapat bersifat *reversible* jika molekul substrat cukup tersedia untuk menggantikan posisi inhibitor pada sisi aktif. Dengan demikian, jumlah inhibisi enzim tergantung konsentrasi inhibitor, konsentrasi substrat dan afinitas relatif dari inhibitor dan substrat pada sisi aktif enzim (Saryono, 2011).

Inhibitor nonkompetitif dan substrat dapat berikatan dengan enzim pada waktu yang sama, karena tidak berikatan dengan sisi aktif. Kompleks EI dan EIS keduanya secara enzimatik tidak aktif, karena inhibitor tidak dapat bekerja dari enzim oleh konsentrasi substrat yang tinggi sehingga V_{max} tampak berubah. Selain kedua kategori tersebut telah disebutkan bahwa terdapat satu kategori inhibitor lagi yang jarang terjadi, tetapi dapat terjadi dalam enzim multimerik, yaitu inhibitor unkompetitif. Pada inhibitor unkompetitif, inhibitor tidak dapat berikatan dengan enzim bebas, tetapi hanya kompleks ES (Saryono, 2011).

Selain jenis-jenis inhibitor yang telah dijelaskan sebelumnya, masih ada jenis inhibitor lagi, yaitu inhibitor nonspesifik dan inhibitor spesifik. Inhibitor non spesifik berefek pada semua enzim dengan cara yang sama. Metode inhibisi non spesifik termasuk beberapa perubahan fisik dan kimia yang akan merusak bagian protein dari sebuah enzim. Sedangkan inhibitor spesifik menggunakan efeknya pada enzim tunggal (Saryono, 2011).

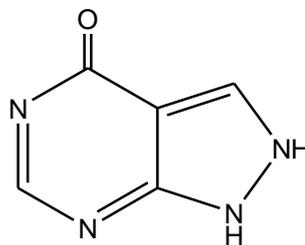
2.2.3.2 Inhibitor Enzim Xantin Oksidase

Inhibitor xantin oksidase adalah suatu zat yang mampu menghambat xantin oksidase, terlibat dalam metabolisme purin. Pada manusia, penghambatan xantin oksidase dilakukan dengan cara mereduksi produksi asam urat atau



mengonsumsi beberapa obat yang mampu menghambat xantin oksidase. Inhibitor xantin oksidase terdiri dari dua macam, analog purin dan bentuk yang lain. Analog purin termasuk allopurinol, oxypurinol, dan tisopurin. Sedangkan bentuk lainnya termasuk febuxostat dan inositol (Dewi, 2012).

Salah satu inhibitor xantin oksidase adalah allopurinol, berbentuk serbuk halus berwarna putih dan berbau lemak dengan berat molekul 136,11 g/mol, serta bersifat sangat sukar larut dalam air dan etanol, praktis tidak larut dalam kloroform dan eter, larut dalam kalium dan natrium hidroksida dengan rumus empiriknya $C_5H_4N_4O$. Obat ini bekerja dengan menghambat xantin oksidase, yang mengubah hipoxantin menjadi xantin dan selanjutnya menjadi asam urat. Mekanisme umpan balik allopurinol menghambat sintesis purin yang merupakan prekursor xantin (Dewi, 2012).



Gambar 2. Struktur Allopurinol (Dewi, 2012)

Allopurinol merupakan suatu analog hipoxantin (dengan atom N dan C pada posisi 7 dan 8 saling bertukar). Mekanisme kerja allopurinol pada awalnya bertindak sebagai substrat dan kemudian sebagai inhibitor xantin oksidase. Oksidase ini akan menghidroksilasi allopurinol menjadi aloksantin (oksipurinol).

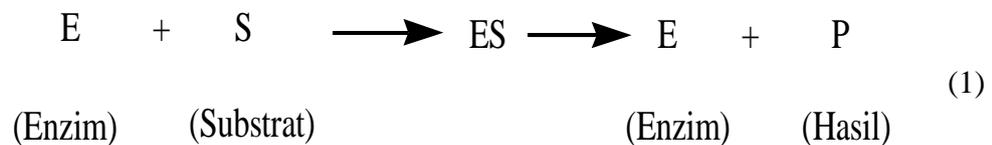
Asam urat dari hipoxantin dan xantin segera menurun setelah pemberian allopurinol. Xantin dan hipoxantin ini lebih mudah larut dalam urin dan keluar melalui sistem ekskresi (Dewi, 2012).



2.2.4 Kinetika Enzim

Kinetika enzim adalah investigasi bagaimana enzim berikatan dengan substrat dan berubah menjadi produk. Reaksi enzimatik berlangsung dalam dua tahapan. Tahap pertama, substrat berikatan dengan enzim secara *reversible*, membentuk kompleks enzim-substrat. Hal ini, sering disebut sebagai kompleks michaelis. Enzim kemudian mengkatalisis reaksi tahap kedua dalam reaksi yang melepaskan produk (Saryono, 2011).

Kinetika enzim adalah aktivitas enzim yang didasarkan oleh konsentrasi substrat. Pada konsentrasi substrat yang amat rendah, kecepatan reaksi pun amat rendah, tetapi kecepatan ini akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat. Jika kita menguji pengaruh konsentrasi substrat yang terus meningkat setiap saat kita mengukur kecepatan awal reaksi yang dikatalisis ini, kita akan menemukan bahwa kecepatan ini meningkat dengan nilai yang semakin kecil. Pada akhirnya akan tercapai titik batas, dan setelah titik ini dilampaui, kecepatan reaksi hanya akan meningkat sangat kecil dengan bertambahnya konsentrasi substrat. Reaksi pembentukan kompleks enzim-substrat ditunjukkan pada persamaan (1) (Lehninger, 2000).



2.2.4.1 Persamaan Michaelis-Menten

Kinetika reaksi enzimatik sederhana seperti di atas telah dirumuskan oleh Michaelis-Menten. Persamaan Michaelis-Menten merupakan deskripsi kuantitatif antara laju reaksi yang dikatalisis oleh enzim $[v_1]$, konsentrasi



substrat [S] dan dua konstanta V_{max} dan K_M . Simbol yang digunakan menunjukkan laju reaksi [v_1], kecepatan maksimum [V_{max}], konsentrasi substrat [S] dan konstanta Michaelis-Menten (K_M) (Saryono, 2011).

Menurut Maria (2010), pada konsentrasi substrat yang rendah, maka perubahan kecepatan v akan linear dengan substrat s , memberikan kinetika tingkat pertama: $v = -ds/dt = ks$, dimana k adalah konstanta laju reaksi. Pada konsentrasi substrat yang tinggi, v tidak tergantung dengan s , memberikan kinetika tingkat nol: $v = -ds/dt = \text{konstan (tetap)} = \text{kecepatan awal } V$. Namun, konsentrasi substrat menengah (*intermediet*) merupakan campuran dari kinetika tingkat nol dan tingkat pertama. Suatu persamaan dari hubungan antara v dan s dapat dihasilkan untuk seluruh kurva. Persamaan ini pertama kali diturunkan oleh persamaan Michaelis-Menten pada tahun 1913:

$$v = \frac{V_s}{s+K_M} \quad (2)$$

Menurut Saryono (2011), persamaan Michaelis-Menten dapat digunakan untuk mendemonstrasikan bahwa pada konsentrasi substrat yang menghasilkan tepat setengah dari kecepatan maksimum ($1/2 V_{maks}$), konsentrasi substrat sama dengan K_M . Fakta ini memberikan kekuatan metode bioanalisis sederhana yang telah digunakan untuk mempelajari sifat enzim normal maupun yang berubah, seperti yang menghasilkan gejala penyakit genetik. Penyusunan kembali persamaan Michaelis-Menten menjadi:

$$K_M = [s] \left\{ \left[\frac{V_{max}}{v_1} \right] - 1 \right\} \quad (3)$$

dari persamaan tersebut, tampak bahwa ketika konsentrasi substrat adalah K_M , maka $v = 1/2 V_{maks}$. Jika konsentrasi substrat lebih dari yang dibutuhkan untuk mendukung kecepatan maksimum reaksi,

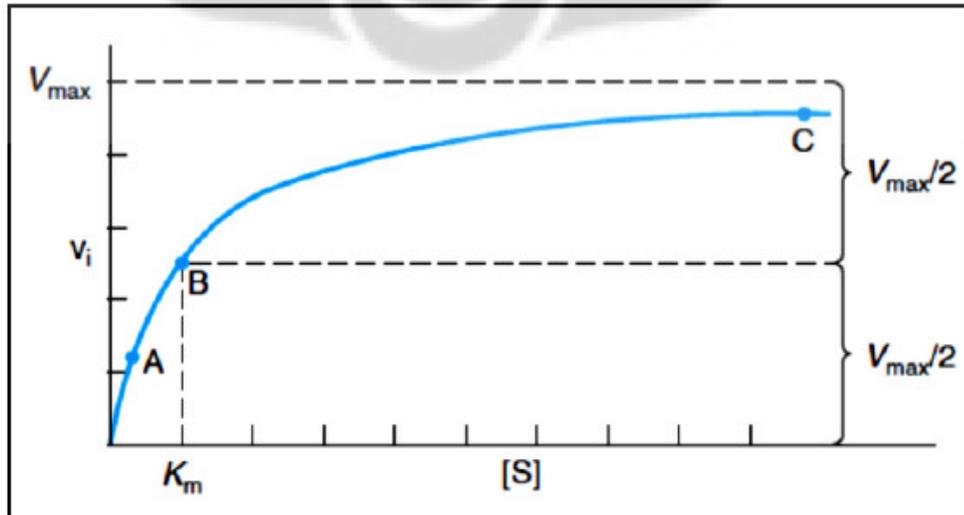


kecepatan reaksi enzimatik (V_1) akan sama dengan V_{maks} dibagi 2 [$V_{maks}/2$]. K_M merupakan kebalikan pengukuran afinitas atau kekuatan pengikatan antara enzim dengan substratnya. Semakin rendah K_M maka akan semakin besar afinitasnya, sehingga konsentrasi substrat yang semakin rendah diperlukan untuk meningkatkan kecepatan reaksi. Konstanta kinetik K_M dan V . Jika $s = K_M$ dan $V_1 = V_{maks}/2$, maka konstanta Michaelis adalah konsentrasi substrat yang didapatkan dari setengah kecepatan maksimum reaksi (Maria, 2010).

2.2.4.2 Penghambatan Reaksi yang Dikatalisis oleh Enzim

Lineweaver dan Burk memperkenalkan analisis kinetika enzim berdasarkan persamaan Michaelis-Menten:

$$\frac{1}{V_1} = \left(\frac{K_M}{V_{max}}\right) \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}} \quad (4)$$



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi substrat pada kecepatan reaksi yang dikatalisis oleh enzim (Murray dkk., 2006 dalam Dewi, 2012)



ot $1/V_1$ (aktivitas enzim) sebagai y yang merupakan fungsi dari $1/[S]$ (konsentrasi substrat) sebagai x menghasilkan garis lurus yang mempunyai gradien (slopes) K_M/V_{max} dan titik potong pada ordinat di $1/V_{max}$.

Transformasi Lineweaver-Burk dari persamaan Michaelis-Menten berguna dalam analisis penghambatan enzim. Sejak terapi obat klinis bekerja berdasarkan penghambatan aktivitas enzim, analisis reaksi enzimatik menjadi desain dasar pengobatan modern. Jika terdapat perbedaan sangat besar kandungan energi atau konsentrasi antara substrat dan produk, reaksi adalah satu arah dan tidak *reversible* (Saryono, 2011).

2.3 Daun Kelor

Tanaman Kelor (*Moringa oleifera Lamk*) merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia, tidak mengenal musim, dapat tumbuh dalam berbagai iklim dan biasa diolah untuk dikonsumsi (Rahmawati dan Candra, 2015). Tanaman kelor juga dapat tumbuh subur mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Di Indonesia, tanaman ini mudah diolah karena kesesuaian iklim, sehingga bisa tumbuh dengan mudah. Selain itu, tanaman kelor ini juga tahan terhadap musim kering dalam jangka waktu setengah tahun (Aminah dkk., 2015).

2.3.1 Klasifikasi dan Karakteristik Fisik Tanaman Kelor

Klasifikasi tanaman kelor menurut Aminah dkk., (2015) adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Subdivisi : *Angeouspermae*
Klas : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Brassicales*
Familia : *Moringaceae*



Genus : *Moringa*

Spesies : *Moringa oleifera* Lamk

Tanaman Kelor merupakan tanaman perdu dengan ketinggian 7-11 meter yang berasal dari Asia dan India, tanaman kelor memiliki daun dan bunga. Daun kelor berbentuk bulat telur dengan tepi daun rata dan ukurannya kecil-kecil bersusun majemuk dalam satu tangkai (Tilong, 2012). Warna daun kelor adalah hijau muda pada daun muda dan akan berubah menjadi hijau tua pada daun kelor yang sudah tua. Daun muda teksturnya lembut dan lemas sedangkan daun tua agak kaku dan keras. Daun yang sudah tua (Gambar 4) biasanya digunakan untuk membuat tepung atau *powder* daun kelor (Hariana, 2008).



Gambar 4. Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) (Hariana, 2008).

2.3.2 Kandungan Nutrisi dan Manfaat Daun Kelor

Daun kelor merupakan bagian dari tanaman kelor yang telah banyak diteliti kandungan nutrisi dan kegunaannya. Dalam komposisi, daun *Moringa oleifera* mengandung senyawa kimia yang bervariasi dan sangat lengkap.

penelitian melaporkan bahwa daun kelor sangat kaya akan nutrisi, terutama kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B, vitamin C dan vitamin E (Misra, 2014; Natsir dkk., 2018).



Daun kelor juga mengandung berbagai macam asam amino, antara lain treonin, lisin, leusin, isoleusin, fenilalanin, valin, metionin, triptofan, histidin, prolin, tirosin, asam aspartat, glisin, arginin, alanin, asam glutamat, serin, sistein. Selain itu, daun kelor juga mengandung beberapa mineral penting, yaitu Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, P, Se, dan Zn (Natsir dkk., 2019). Ekstrak etanol daun kelor mengandung flavonoid, tanin, antrakuinon, glikosida jantung, alkaloid, saponin, triterpenoid (Aminah dkk., 2018).

Tabel 1. Kandungan nilai gizi daun kelor segar dan kering (Melo dkk., 2013)

Komponen Gizi	Daun Segar	Daun Kering
Protein (%)	22,7	28,44
Lemak (%)	4,65	2,74
Vitamin C (mg/g)	22	7,96
Serat (%)	7,92	12,63
Kalsium (mg)	350-550	1600-2200
Energi (Kcal/100g)	-	307,30

Kelor tidak hanya kaya akan nutrisi, tetapi juga sangat fungsional karena memiliki banyak khasiat dan manfaat bagi kesehatan manusia. Baik nutrisi maupun zat aktif yang terkandung dalam tanaman ini dapat dimanfaatkan untuk kepentingan makhluk hidup dan lingkungan. Kelor juga berpotensi digunakan dalam pangan, industri, dan kosmetik. Daun kelor di bidang pangan dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami untuk menambah masa simpan pangan (Anwar, 2007).



Daun kelor di beberapa negara tidak hanya dimanfaatkan sebagai bahan sayuran, tetapi juga sebagai pangan fungsional yang berfungsi sebagai bahan herbal karena memiliki berbagai farmakologis, seperti antimikroba, antijamur, antihipertensi, antitumor, anti-kanker, anti-inflamasi, dan antihyperglisemik. Hal ini karena adanya kandungan diantaranya asam askorbat, flavonoid, fenol dan keratenoid (Misra dkk., 2014).

2.4 Tanaman Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*)

Menurut Razak dkk. (2013) jeruk nipis (*Citrus aurantifolia s.*) adalah salah satu tanaman toga yang banyak digunakan oleh masyarakat sebagai bumbu masakan dan obat-obatan. Jeruk nipis adalah tanaman yang berasal dari Asia dan tumbuh subur pada daerah yang beriklim tropis. Jeruk nipis memiliki tinggi sekitar 150-350 cm dan buah yang berkulit tipis serta bunga berwarna putih. Tanaman ini memiliki kandungan garam 10% dan dapat tumbuh subur pada tanah yang kemiringannya sekitar 30° (Prastiwi dan Ferdiansyah, 2014). Jeruk nipis tidak mengenal musim dan dapat ditanam dimana saja baik pada dataran tinggi maupun pada dataran rendah, sehingga jeruk nipis mudah diperoleh (Huda, 2018).

2.4.1 Klasifikasi dan Karakteristik Fisik Tanaman Jeruk Nipis

Menurut Armanda (2009), adapun taksonomi dari jeruk nipis yaitu sebagai berikut:

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Tracheophyta</i>
Subdivisi	: <i>Spermatophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Rutales</i>



Famili : *Rutaceae*
Genus : *Citrus*
Spesies : *Citrus Aurantifolia Swingle*



Gambar 5. Tanaman Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*) (Armanda, 2009).

Morfologi tanaman jeruk nipis pada gambar 3 adalah memiliki pohon yang berukuran kecil, buah berbentuk sedikit bulat dan menguncup di bagian ujung, dengan diameter 3-6 cm. Selain itu, jeruk nipis memiliki kulit yang cukup tebal, memiliki aroma khas aromatik, kulit memiliki rasa pahit dan kesat. Buah muda berwarna hijau dan ketika sudah tua buah akan semakin berwarna hijau atau kekuningan. Buah jeruk memiliki rasa asam. Biji jeruk nipis berwarna putih kehijauan berbentuk pipih (Huda, 2018).

Tanaman jeruk nipis juga memiliki daun yang berwarna hijau tua dan terkesan tebal dengan tangkai daun ke arah ujung kadang-kadang bersayap sedikit, sayap beringgit melekuk ke dalam dengan panjang 0,5 – 2,5 cm. Daun jeruk nipis jika diremas akan mengeluarkan aroma harum. Tulang daunnya berbentuk menyirip beraturan. Helaian daun bulat telur memanjang dengan pangkal bulat

g tumpul melekuk kedalam sedikit, tepi beringgit dan panjangnya antara
, diameter bunga sekitar 1,5-2,5 cm. Daun mahkota dari luar berwarna
ing (Liana, 2017).



2.4.2 Kandungan Senyawa dan Manfaat Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*)

2.4.2.1 Kandungan senyawa tanaman jeruk nipis

Jeruk nipis merupakan tanaman yang memiliki beberapa kandungan senyawa organik, seperti vitamin, protein, asam amino, steroid, alkaloid, polifenol, saponin, *sitronella* (minyak atsiri). Senyawa yang khas adalah senyawa golongan terpenoid yaitu senyawa limonoida (Huda, 2018). Selain itu, jeruk nipis juga mengandung unsur-unsur senyawa kimia lainnya seperti asam sitrat, glikosida, asam sitrun, kalsium, fosfor, besi belerang, dan vitamin C (Lauma dkk., 2015).

Tidak hanya buah jeruk nipis saja yang memiliki kandungan senyawa, tetapi daunnya pun juga memiliki banyak kandungan senyawa bioaktif, diantaranya alkaloid, flavonoid, terpenoid, saponin, tanin, steroid dan limonoida. Karena kandungan senyawa aktif yang terdapat pada daun jeruk nipis ini, sehingga daun jeruk nipis banyak digunakan sebagai obat tradisional. Pada daun jeruk nipis kandungan khasnya adalah limonoida (Widowati dkk., 2012) .

2.4.2.2 Manfaat tanaman jeruk nipis

Salah satu manfaat dari tanaman ini, yaitu daunnya dapat digunakan sebagai obat demam karena memiliki kandungan flavonoid. Kandungan flavonoid ini juga dianggap mampu menghambat aktivitas enzim xantin oksidase dalam pembentukan asam urat. Selain itu, kandungan senyawa aktif lainnya yang terdapat pada daun jeruk nipis, dapat digunakan sebagai insektisida. Hal ini

senyawa-senyawa tersebut memiliki kemampuan untuk menghambat
han bakteri dengan mekanisme hambatnya masing-masing. Senyawa
n flavonoid pada daun jeruk nipis juga berfungsi sebagai antioksidan



(Widowati dkk., 2012; Fajarwati, 2013). Daun jeruk nipis juga bermanfaat sebagai obat influenza dan malaria, dan infusa jeruk nipis dapat mengobati penyakit kuning (timbulnya warna kuning pada kulit dan bagian putih mata karena tingginya kadar pigmen empedu), sakit tenggorokan dan dapat meringankan sakit kepala. Dalam bidang medis, jeruk nipis dimanfaatkan sebagai antipireutik, antiinflamasi, antibakteri dan diet (Globinmed, 2015).

