

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stress oksidatif adalah suatu peristiwa yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan antara produksi dan akumulasi *Reactive Oxygen Species* (ROS) dalam sel dan jaringan (Pizzino *et al.*, 2017). ROS atau radikal bebas merupakan senyawa yang memiliki elektron tidak berpasangan yang menyebabkan senyawa ini menjadi sangat reaktif mencari pasangan elektronnya. Radikal bebas akan merebut elektron dari molekul lain untuk membuat dirinya stabil. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kerusakan sel, jaringan dan hal ini juga dapat mengakibatkan proses penuaan (Maryam *et al.*, 2018).

Radikal bebas dapat dinetralisir oleh senyawa antioksidan. Antioksidan adalah senyawa yang memperlambat atau mencegah proses oksidasi, dimana senyawa ini akan melepaskan satu atau lebih elektron bebas untuk menghentikan reaksi berantai dari radikal bebas, sehingga tidak berikatan dengan senyawa lain untuk menjadi stabil (Sumiwi *et al.*, 2011).

Salah satu senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan alami sehingga dapat mencegah terjadinya stress oksidatif adalah minyak atsiri rimpang bangle. Rimpang bangle (*Zingiber montanum*) telah diketahui mengandung minyak atsiri dan komposisi senyawa penting yang memiliki banyak aktivitas farmakologi seperti antiinflamasi, antifungal, antioksidan, antibakteri, antipiretik, antimaag, antialergi, antikanker dan antikolinesterase (Batubara *et al.*, 2018). Adapun kandungan senyawa utama dalam minyak atsiri rimpang bangle yaitu adalah sabinene, γ -terpinene, α -terpinene, terpinen-4-ol dan triquinacene 1,4-bis (metoksi) (Mukti *et al.*, 2021). Dalam lontar *Usadha* Bali, rimpang bangle disebutkan sebagai obat tradisional untuk pengobatan gangguan jiwa dengan cara ditetaskan pada hidung, sehingga minyak atsiri rimpang bangle diduga memiliki efek terhadap system saraf pusat (SSP). Rimpang bangle juga sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat untuk perawatan tubuh dan aromanya untuk obat

penenang pada anak-anak (Evizal, 2013). Minyak atsiri merupakan minyak fitokimia yang diperoleh dari suatu tumbuhan dan bersifat sangat mudah menguap atau *volatile*. Minyak atsiri dapat diolah menjadi produk-produk farmasi, makanan, wewangian, sanitasi dan kosmetik (Naeem *et al.*, 2018).

Pada penelitian oleh Setyani *et al.* (2021), ekstrak etanol rimpang bangle telah dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang kuat karena nilai IC_{50} (*Inhibition Concentration*) yang lebih kecil dari 50 $\mu\text{g/mL}$ tepatnya sebesar 0.950 $\mu\text{g/mL}$. Nilai IC_{50} dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti metode yang digunakan, prosedur ekstraksi dan pelarut yang digunakan. Flavonoid dan fenolik adalah senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan dan memiliki peran sebagai aktivitas antioksidan. Apabila kandungan senyawa fenol lebih banyak maka aktivitas antioksidan semakin besar (Setyani *et al.*, 2021).

Untuk dikembangkan dalam bidang kefarmasian khususnya sebagai pencegah stress oksidatif dan sebagai bahan aromaterapi, perlu diketahui metode ekstraksi yang terbaik dalam memperoleh minyak atsiri dari suatu tumbuhan. Salah satu metode ekstraksi yang dapat digunakan adalah distilasi air atau hidrodistilasi. Hidrodistilasi adalah metode ekstraksi yang dimana bahan yang akan didistilasi akan kontak langsung dengan air mendidih. Pada persiapan bahan yang akan didistilasi, bahan harus dirajang terlebih dahulu untuk mempermudah proses distilasi (Effendi *et al.*, 2014). Metode ini memakan waktu yang cukup lama dan efisiensi metode ini rendah, sehingga sampai saat ini banyak upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi hidrodistilasi, salah satunya dengan memanfaatkan teknik energi intensif seperti metode *pretreatment ultrasound* atau *pretreatment microwave* (Yu *et al.*, 2021).

Penelitian terbaru oleh Dinc *et al.* (2017) menunjukkan bahwa hidrodistilasi dengan *pretreatment* ultrasonik mampu meningkatkan rendemen minyak atsiri biji seledri (*Apium graveolens* L.) sebesar 48,3%. Pada penelitian ini juga didapatkan kesimpulan bahwa hidrodistilasi dengan *pretreatment* ultrasonik merupakan metode ekstraksi yang cepat, efektif, murah dan praktis (Dinç *et al.*, 2017). Hal ini dikarenakan dengan efek

mekanis, kavitasi dan termal dari ultrasonik dapat menghancurkan dinding sel matriks tanaman sehingga dapat mempercepat proses ekstraksi (Yu *et al.*, 2021). Dari segi ekonomi, penerapan hidrodistilasi minyak atsiri berbantuan ultrasonik bermanfaat tidak hanya karena ekstraksi yang lebih efektif, tetapi juga menghemat energi dan pelarut (Dinç *et al.*, 2017). Telah dilaporkan juga bahwa dengan *pretreatment ultrasound hydrodistillation* dapat menghasilkan rendemen tinggi dan aktivitas peredaman radikal DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil*) lebih baik dari metode lain pada tanaman kumquat (Yu *et al.*, 2021). Namun disisi lain terdapat pengujian yang mendapatkan hasil bahwa ekstraksi dengan *pretreatment* ultrasonik dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan sampel itu sendiri dimana penghambatan radikal DPPH dengan metode ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil ekstraksi yang hanya dilakukan dengan pengadukan pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) karena diakibatkan oleh terbentuknya radikal bebas yang menyebabkan oksidasi pada senyawa *lycopene* (Campos-lozada *et al.*, 2022). Melihat pertimbangan dari hasil-hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa karakteristik sampel mempengaruhi aktivitas antioksidan sehingga belum tentu metode ekstraksi terbaik pada tanaman satu dan tanaman lainnya akan menghasilkan hasil pengujian yang sama. Bantuan ultrasonik diduga dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi, namun juga dapat menyebabkan efek variatif terhadap aktivitas antioksidan suatu senyawa.

Namun saat ini belum pernah dilakukan penelitian yang membandingkan hasil rendemen, komposisi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan dengan metode hidrodistilasi konvensional dan hidrodistilasi dengan *pretreatment* ultrasonik pada tanaman bangle (*Zingiber montanum*).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukan pengujian “Pengaruh *Pretreatment* Ultrasonik Terhadap Komposisi Senyawa Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Dari Minyak Atsiri Rimpang Bangle (*Zingiber montanum*) yang Diekstraksi Menggunakan Metode Hidrodistilasi”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut : Apakah terdapat perbedaan hasil *pretreatment* ultrasonik terhadap komposisi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan dari minyak atsiri rimpang bangle (*Zingiber montanum*) yang diekstraksi menggunakan metode hidrodistilasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan hasil *pretreatment* ultrasonik terhadap komposisi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan dari minyak atsiri rimpang bangle (*Zingiber montanum*) yang diekstraksi menggunakan metode hidrodistilasi.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan mengenai pengaruh *pretreatment* ultrasonik terhadap komposisi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan dari minyak atsiri rimpang bangle (*Zingiber montanum*) yang diekstraksi menggunakan metode hidrodistilasi dan menjadi referensi untuk pengembangan ilmu kefarmasian terkait metode hidrodistilasi pada rimpang bangle.

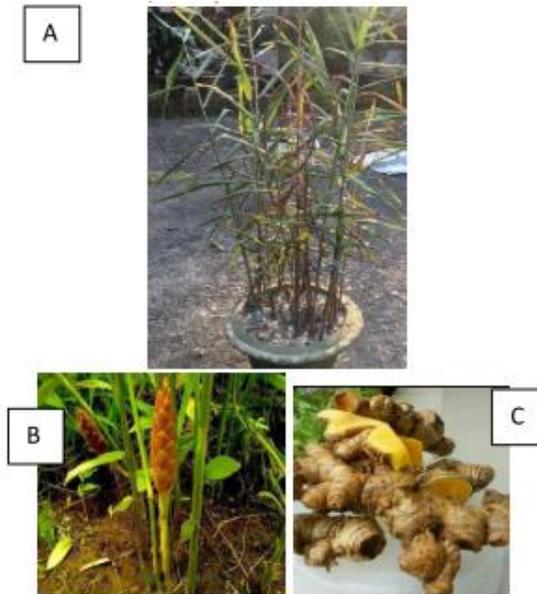
1.4.2 Manfaat Praktis

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan minyak atsiri rimpang bangle untuk bidang komersial.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rimpang Bangle (*Zingiber montanum*)



Sumber : (Mukti *et al.*, 2021)

Gambar 2. 1 : (A) Tanaman Bangle (B) Fusiform Bangle (C) Rimpang Bangle.

Rimpang bangle (*Zingiber montanum*) adalah salah satu rimpang yang sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia untuk mengobati berbagai macam penyakit. Rimpang ini telah diketahui mengandung minyak atsiri dan komposisi senyawa penting yang memiliki banyak aktivitas farmakologi seperti antiinflamasi, antifungal, antioksidan, antibakteri, antipiretik, antimaag, antialergi, antikanker dan antikolinesterase (Batubara *et al.*, 2018).

Rimpang bangle berbentuk agak bulat pendek, tidak banyak bercabang, kulit luar warna coklat muda. Apabila rimpang dibelah daging berwarna kuning emas, agak mirip kunyit. Rimpang beruas-ruas, pada setiap buku terdapat mata tunas. Baunya

fitokimia tajam dan khas, sedikit tengik, dan kurang enak yang dapat menyebabkan kepala pusing (Evizal, 2013).

2.1.1 Klasifikasi Rimpang Bangle (*Zingiber montanum*)

Klasifikasi taksonomi rimpang bangle adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Superdivisi : Spermatophyta
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida
 Subkelas : Commelinidae
 Ordo : Zingiberales
 Famili : Zingiberaceae
 Genus : Zingiber
 Spesies : *Zingiber montanum*

(Plantlist, 2012)

2.1.2 Kandungan Kimia Rimpang Bangle (*Zingiber montanum*)

Komposisi kimia aktif utama dari minyak rimpang bangle adalah sabinene sebesar 27%-34%, γ -terpinene sebesar 6%-8%, α -terpinene sebesar 4%-5%, terpinen-4-ol sebesar 30%-50%, DMPBD sebesar 12%-19%, triquinacene 1,4-bis (metoksi) sebesar 26,5%, (Z)-ocimene sebesar 22% dan β -phellandrene sebesar 1%-4,4%. Dari pengujian fitokimia, rimpang bangle dilaporkan memiliki kandungan senyawa-senyawa bioaktif seperti alkaloid, saponin, tanin, flavonoid, terpenoid, senyawa fenolik, phlobatannis, steroid, dan glikosida. Dengan menggunakan spektrometri massa kromatografi gas (GC-MS) dalam analisisnya, minyak atsiri rimpang bangle dilaporkan mengandung berbagai senyawa seperti α -thurjene, α -pinene, β -mycrene, α -terpinene, β -phellandrene, p-cymene, γ -terpinene, sabinene, sabinene hydrate,

terpinolene, terpinen-4-ol sebesar 14,51% (v/w), terpinyl acetate, β -sesquiphellandrene dan 4-(3,4- dimethoxyphenyl) but-1,3-diene (DMPBD) yang diidentifikasi berdasarkan waktu retensi dan perbandingan dengan senyawa standar c

2.1.3 Manfaat Rimpang Bangle (*Zingiber montanum*)

Rimpang bangle mengandung 48% pati (bobot kering), serat 5,6%, dan minyak atsiri 4,3% (sineol, pinen), damar lunak pahit, gom, mineral, albuminoid, dan asam-asam organik. Minyak atsiri mengandung sineol (sejenis terpena) yang pedas dan pinen (sejenis alkena) yang dapat memusingkan kepala dan seskuiterpen. Rimpang bangle memiliki efek farmakologis diantaranya adalah sebagai : karminatif, sedatif, anti piretik, expectorant (peluruh dahak), laksan (pencahar), dan vermifuge. Secara tradisional rimpang bangle digunakan untuk pengobatan : (1) masuk angin, demam, sakit kepala, (2) rematik, (3) kejang, (4) sembelit, sakit perut, (5) cacing gelang-gelang, cacing kremi, (6) hepatitis, perut kembung, (7) untuk wanita setelah bersalin, pengecil perut, (8) perangsang kulit, dan pelangsing tubuh (Evizal, 2013).

Rimpang bangle (*Zingiber montanum*) mengandung banyak senyawa kimia yang dapat menjadi potensi aktivitas farmakologi yang ada pada bangle. Adapun aktivitas farmakologi yang dimiliki oleh bangle yaitu (Mukti *et al.*, 2021) :

1. Antiinflamasi

Aktivitas antiinflamasi (*E*)-4-(3,4- dimethoxyphenyl but-3-en-2-ol yaitu senyawa yang diisolasi dari ekstrak heksana bangle dinilai menggunakan berbagai model inflamasi dibandingkan dengan aspirin, indometasin, dan prednisolon. Diperoleh hasil bahwa ada aktivitas antiinflamasi yang dapat dilihat dari penghambatan yang nyata pada edema kaki tikus yang diinduksi karagenin serta pembentukan eksudat, akumulasi leukosit, dan biosintesis prostaglandin pada radang selaput dada tikus yang diinduksi karagenin.

2. Antifungal

Telah dilaporkan bahwa minyak rimpang bangle dengan dosis 0,75 mg/cakram menunjukkan aktivitas fungisida yang signifikan terhadap lima jamur dermatofit (*Trichophyton mentagrophytes*, *T. rubrum*, *Microsporum canis*, *M. nanum* dan *Epidermophyton floccosum*) dan tiga jamur berfilamen (*Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, dan *Mucor sp.*). Studi lain melaporkan bahwa minyak atsiri rimpang bangle menunjukkan aktivitas natijamur terhadap *Thanetophorus cucumeris*.

3. Antioksidan

Beberapa penelitian melaporkan bahwa terdapat aktivitas antioksidan dari ekstrak bangle dengan menggunakan *1,1-difenil-2-pikrilhidrazil* (DPPH), hidrogen peroksida (H_2O_2), dan uji pemutihan β -karoten. Diantara fraksi yang berbeda, ekstrak kloroform bangle menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi pada uji penangkal radikal DPPH, ekstrak heksana bangle menunjukkan aktivitas tertinggi pada uji H_2O_2 , dan ekstrak etil asetat bangle pada uji pemutihan β -karoten.

4. Antibakteri

Minyak atsiri bangle menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap sejumlah bakteri Gram positif dan Gram negatif. Rimpang bangle dilaporkan kaya akan minyak atsiri yang efektif melawan berbagai bakteri patogen termasuk *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Salmonella paratyphi*, *S. typhi* dan *Shigella flexneri*.

5. Antipiretik, Antimaag, dan Antialergi

Krim plai yaitu emulsi air dalam minyak yang dibuat dari minyak atsiri rimpang bangle dilaporkan mengurangi timbulnya nyeri otot yang tertunda pada sukarelawan sehat.

Evaluasi aktivitas antimaag ekstrak metanol bangle pada tikus menunjukkan 62% dan 83,1% penghambatan pada lesi lambung yang

disebabkan oleh asam klorida 1N (HCl) pada dosis 200 mg/kg dan 400 mg/kg. Senyawa utama yang diisolasi dari ekstrak yaitu zerumbone juga menunjukkan aktivitas antimaag yang kuat pada lesi lambung yang diinduksi etanol dan indometasin pada tikus. Studi lain melaporkan bahwa konsentrasi ekstrak rimpang bangle yang berbeda menunjukkan aktivitas antimaag yang signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol pada tikus yang diinduksi aspirin.

Ekstrak etanol dan air dari bangle menunjukkan aktivitas antialergi yang paling kuat dalam pelepasan beta hexosaminidase yang diinduksi antigen dalam sel RBL-2H3 (Mukti *et al.*, 2021).

2.2 Minyak Atsiri Bangle Sebagai Antioksidan

Antioksidan alami banyak berasal dari tumbuhan dan senyawa ini tersebar pada beberapa bagian tumbuhan, seperti akar, batang, kulit, daun, bunga, buah, dan biji. Antioksidan alami berfungsi sebagai reduktor, penekan oksigen singlet, pemerangkap radikal bebas dan sebagai pengkhelat logam. Terdapat banyak minyak atsiri dari tanaman yang memiliki aktivitas antioksidan dan berpotensi memiliki aktivitas antioksidan. Salah satu antioksidan alami yaitu rimpang bangle yang telah diketahui memiliki nilai IC_{50} (*Inhibition Concentration*) yang lebih kecil dari 50 $\mu\text{g/mL}$, sehingga bangle disimpulkan memiliki aktivitas penghambatan radikal bebas.

Setyani *et al* (2021) melaporkan bahwa ekstrak etanol akar segar bangle memberikan penghambatan yang sangat kuat terhadap radikal bebas yang ditandai dengan $IC_{50}=0,993\mu\text{g/mL}$ dan vitamin C sebagai pembanding dengan nilai $IC_{50}=0,950\mu\text{g/mL}$. Berdasarkan nilai IC_{50} , aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh ekstrak etanol akar segar bangle dapat dikategorikan sebagai antioksidan kuat (karena nilai IC_{50} yang didapatkan lebih kecil dari 50 $\mu\text{g/mL}$) (Setyani *et al.*, 2021).

2.3 Hidrodistilasi Minyak Atsiri dan *Pretreatment* Ultrasonik

Ekstraksi merupakan langkah yang sangat diperlukan untuk mendapatkan minyak atsiri (*essential oils*) dari tumbuhan alami. Metode industri umum untuk menarik minyak atsiri adalah dengan metode ekstraksi hidrodistilasi. Namun, hidrodistilasi adalah metode ekstraksi dengan proses yang memakan waktu dan efisiensi rendah. Maka dari itu, banyak upaya yang sudah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi hidrodistilasi. Adapun cara-cara yang sudah banyak dilakukan yaitu dengan bantuan *ultrasound* dan *microwave* sebelum ekstrak segar dihidrodistilasi (Yu *et al.*, 2021).

Ultrasonik bekerja dengan memanfaatkan efek mekanis, kavitasi, dan termal untuk menghancurkan dinding sel matriks tanaman, yang kemudian hal ini dapat mempercepat pelepasan ekstrak ke dalam media ekstraksi. Dengan keunggulan tersebut, maka paparan awal dengan ultrasonik pada proses hidrodistilasi dapat mengurangi waktu ekstraksi dan meningkatkan efisiensi ekstraksi. Sedangkan *microwave* bekerja dengan menggunakan gelombang elektromagnetik yang melewati dengan cepat dan menghilang secara volumetrik di dalam medium, menyebabkan perpindahan panas yang cepat dan perubahan struktur sel. Oleh karenanya, senyawa target dapat dengan cepat ditransfer dari matriks tanaman ke pelarut (Yu *et al.*, 2021).

Selain dari segi efisiensi, penelitian Dinc *et al* (2017) menunjukkan bahwa hidrodistilasi dengan *pretreatment ultrasound* mampu meningkatkan rendemen minyak atsiri biji seledri (*Apium graveolens* L.) sebesar 48,3%. Pada penelitian ini juga didapatkan kesimpulan bahwa *pretreatment ultrasound hydrodistillation* merupakan metode ekstraksi yang cepat, efektif, murah dan praktis. Metode ini juga telah dilaporkan dapat menghasilkan rendemen tinggi dan aktivitas peredaman radikal DPPH lebih baik dari metode lain pada tanaman kumquat (Yu *et al.*, 2021).

2.4 Metode Pengujian Antioksidan dengan DPPH

Pengujian aktivitas antioksidan secara *in vitro* dapat dilakukan dengan menggunakan metode DPPH. DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil*) merupakan senyawa radikal bebas yang stabil dan berwarna ungu kehitaman. Prinsip metode ini yaitu reaksi penangkapan hidrogen dari antioksidan oleh radikal bebas Difenil dikril hidrazil (DPPH). Keunggulan DPPH dibanding metode lainnya yaitu metode analisisnya yang bersifat sederhana, cepat, mudah dan sensitif terhadap sampel dengan konsentrasi yang kecil, namun pengujian menggunakan DPPH terbatas karena hanya dapat dilarutkan dalam pelarut organik sehingga agak sulit untuk menganalisis senyawa yang bersifat hidrofilik (Sibua, 2022).

2.5 Pengujian Fitokimia dengan GCMS

GC-MS (*Gas Chromatography- Mass Spectrofotmetry*) adalah teknik analisis senyawa aktif yang terdapat didalam senyawa kimia. GC-MS adalah suatu teknik untuk memisahkan campuran komponen yang bersifat volatil (mudah menguap). Prinsip analisis GC-MS menggunakan 2 metode yaitu metode kromatografi gas (GC) dan spektrometri massa (MS). GC menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif sedangkan MS menganalisis struktur molekul senyawa analit. Hasil yang diperoleh berupa kromatogram yang ditunjukkan dengan suatu grafik dengan beberapa puncak, setiap satu puncak mewakili dari satu jenis senyawa. GC-MS digunakan dalam identifikasi untuk menentukan profil senyawa antioksidan dari ekstrak yang diuji (Melati, 2021)

Pada penelitian oleh Fitri dan Proboroni (2018) yang menganalisa kandungan senyawa pada minyak atsiri kulit jeruk manis dengan GC-MS, didapatkan senyawa yang keluar pertama yaitu senyawa metil ester dengan *retention time* (Rt) 6.756 yang memiliki sifat sama-sama nonpolar dengan fase geraknya. Kemudian senyawa yang terakhir keluar adalah (1-butene,3,3-dimetil) dengan Rt 12.212 yang memiliki sifat polar, sama seperti fase diamnya. Puncak dengan waktu retensi berbeda menunjukkan

jumlah komponen yang terkandung dalam minyak atsiri kulit jeruk manis. Hasil pemisahan kromatografi gas (GC) dianalisa dengan *mass spectrometry* (MS) untuk mengetahui berat molekul (Fitri and Proborini, 2018).

2.6 Analisis Statistik

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa nilai rendemen, komposisi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan dengan pengukuran nilai IC_{50} . Analisis data dilakukan secara kualitatif untuk melihat %jumlah senyawa volatile yang terkandung dalam minyak atsiri rimpang bangle sesuai dengan hasil kromatogram GCMS. Kemudian data hasil analisis antioksidan yang dinyatakan dalam IC_{50} dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan SPSS IBM dengan taraf kepercayaan 95%.

Sebelum dianalisis, data diuji normalitas terlebih dahulu dengan Uji Shapiro Wilk. Apabila hasil signifikansi (p) > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal. Kemudian untuk melihat perbedaan pada dua kelompok data, data kemudian Uji T-Test. Jenis-jenis Uji T yaitu :

1. Uji T Satu Sampel

Uji ini dilakukan apabila ingin mengetahui kebenaran parameter suatu populasi berdasarkan sampling yang telah dilakukan.

2. Uji T Dua Sampel

- Independen T-Test

Apabila terdapat dua kelompok data dan data tersebut terdistribusi normal, maka analisis data parametrik menggunakan uji Independen T-Test. Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui perbedaan dua kelompok independen. Jika $p \geq 0.05$, maka digunakan hasil uji T pada Equal variances assumed yang artinya H_0 diterima. Sedangkan jika $p < 0.05$ maka digunakan hasil uji T pada Equal variances NOT assumed, yang artinya H_0 ditolak.

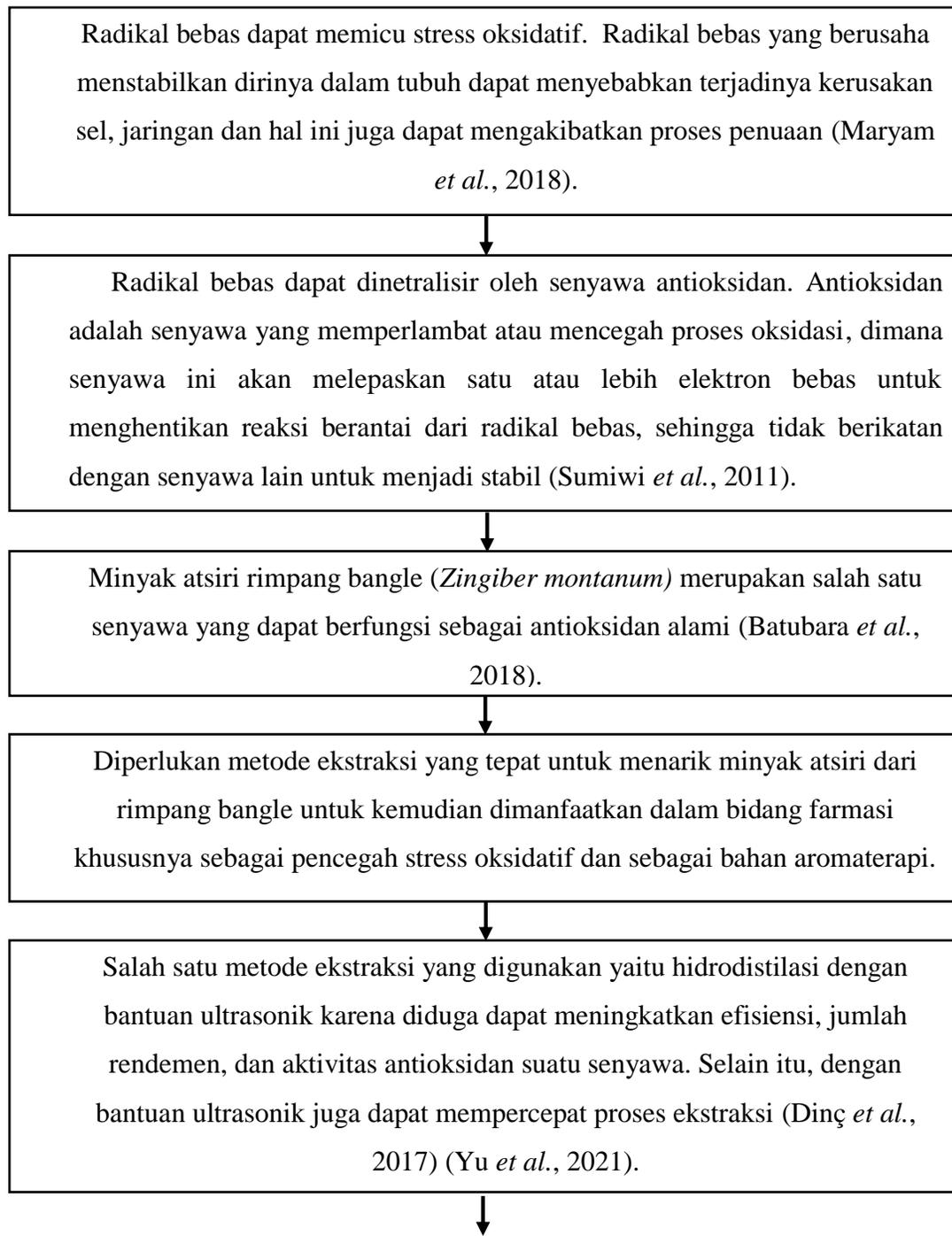
- Paired Sample T-Test

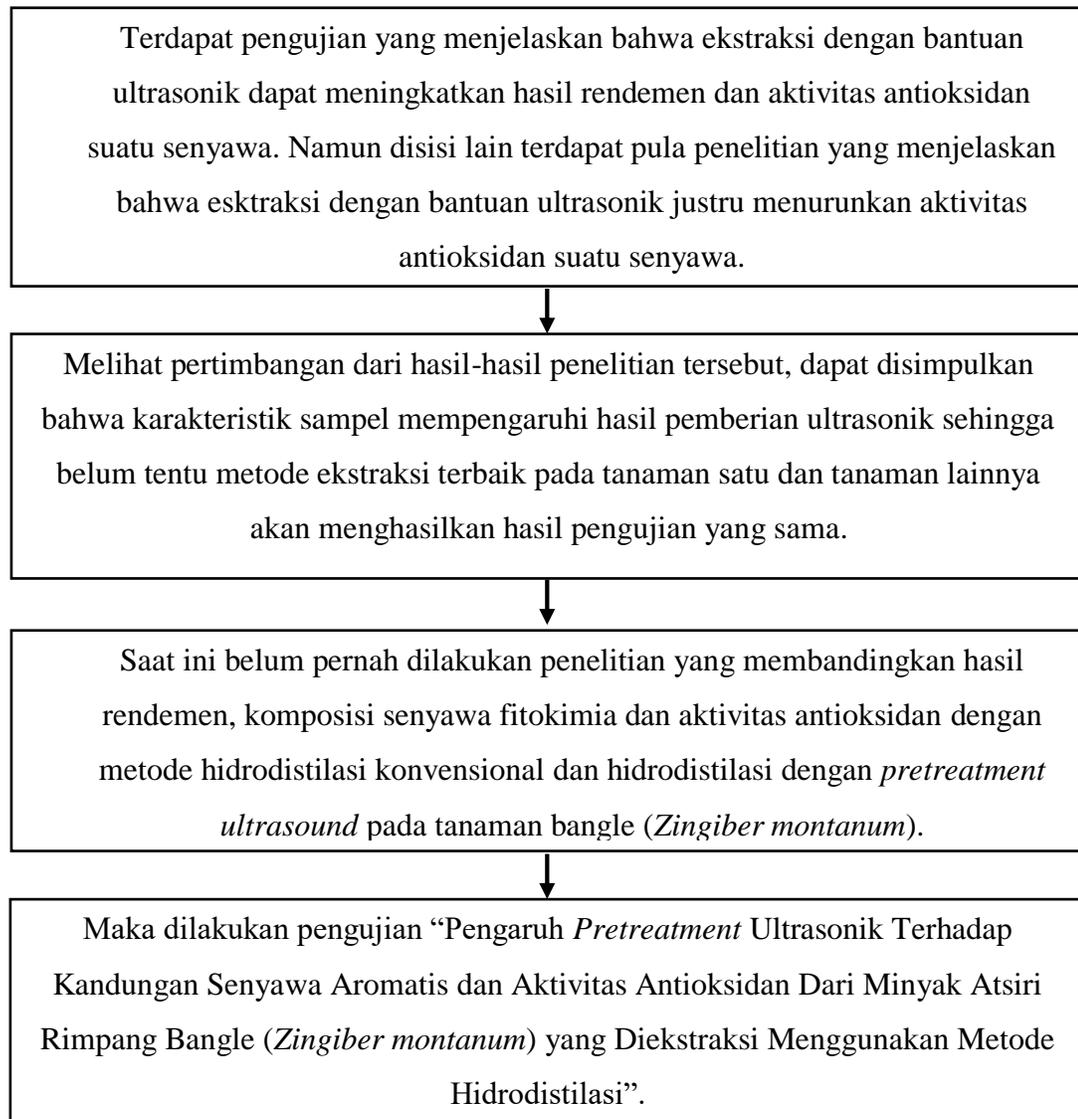
Analisis data T berpasangan atau paired sample T-Test adalah uji yang dilakukan jika dua data kelompok sampel dependen dan terdistribusi normal. Apabila hasil $r = 0$ maka disimpulkan data tidak ada korelasi, namun sebaliknya jika $r \neq 0$ maka data disimpulkan ada korelasi.

Apabila pada dua kelompok data didapatkan data tidak terdistribusi normal, maka analisis dilanjutkan dengan uji non parametrik yaitu Uji Mann Whitney. Sedangkan apabila kelompok data dependen tidak terdistribusi normal, maka analisis dilakukan dengan uji non parametrik yaitu Uji Wilcoxon (Nuryadi and Astuti, 2017).

2.7 Kerangka Konseptual

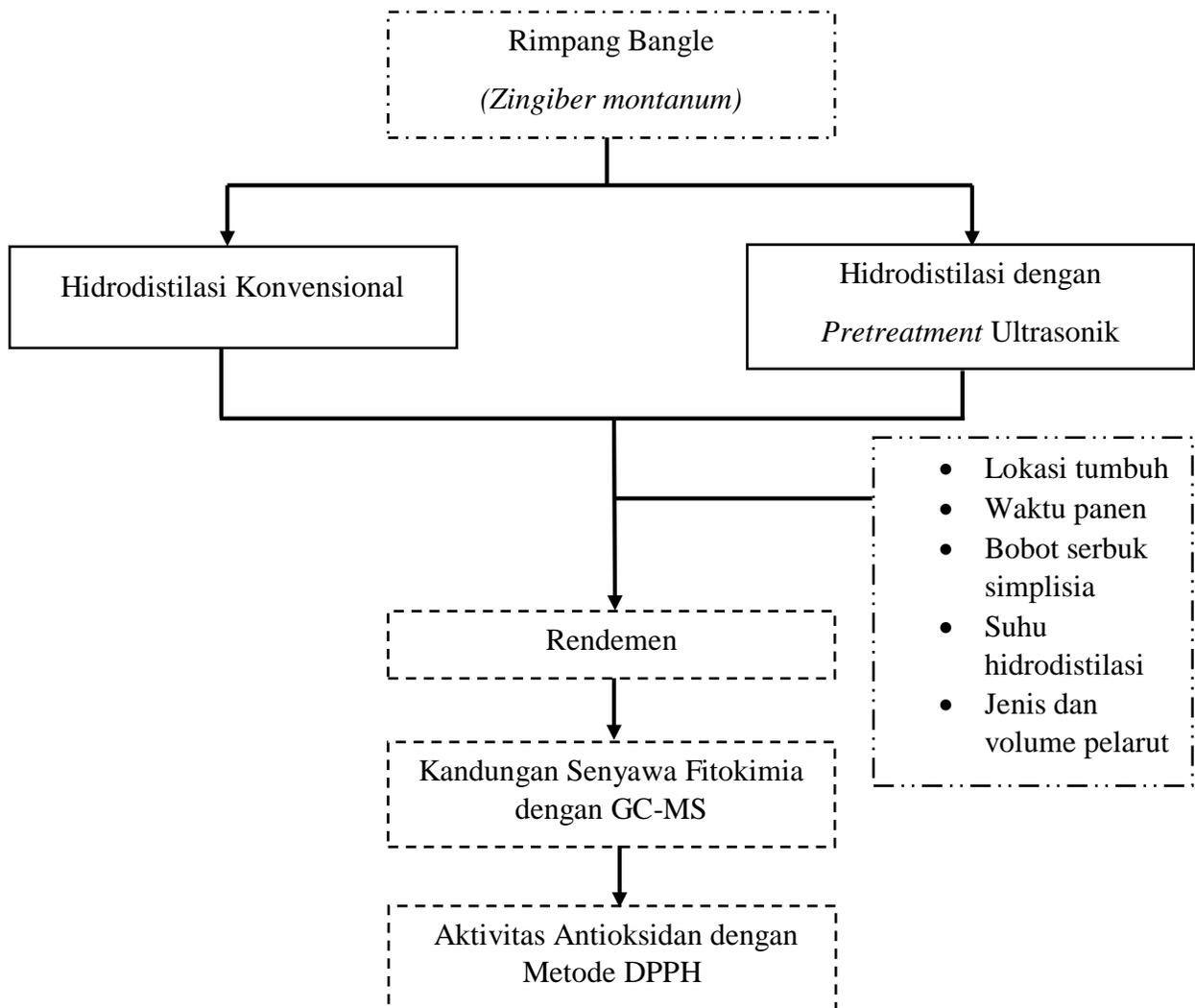
2.7.1 Kerangka Teori





Gambar 2. 2 : Skema Kerangka Teori Penelitian

2.7.2 Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 : Skema Kerangka Konsep

Keterangan :

= Variabel bebas

= Variabel terikat

= Variabel kontrol

2.8 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah diduga adanya perbedaan pada hasil *pretreatment* ultrasonik terhadap komposisi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan dari minyak atsiri rimpang bangle (*Zingiber montanum*) yang diekstraksi menggunakan metode hidrodistilasi.