

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi sehingga jenis tumbuhan yang tumbuh di Indonesia terdapat dalam jumlah yang tinggi juga seperti tumbuhan obat yang sering dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan produk herbal (Widaryanto & Nur 2018).

Saat ini, tren hidup sehat dengan mengonsumsi produk olahan herbal dalam bentuk jamu merupakan salah satu pergerakan yang cukup tinggi di Indonesia. Hal tersebut ditandai dengan adanya peningkatan pertumbuhan industri pengolahan pada triwulan III tahun 2020 dengan persentase pertumbuhan sebesar 5,25% dibandingkan dengan triwulan II tahun 2020 yang mengalami kontraksi pertumbuhan sebesar 6,49% (Badan Pusat Statistik, 2020). Hal tersebut juga sesuai data BPS (2021) yang melaporkan adanya peningkatan produksi tanaman biofarmaka tahun 2020 jika dibandingkan dengan produksi tanaman biofarmaka tahun 2019. Beberapa jenis tanaman biofarmaka yang mengalami peningkatan produksi pada tahun 2020 (angka sementara) diantaranya adalah jahe, kencur, kunyit, sambiloto, dan jenis tanaman lainnya (BPS, 2021). Data produksi tanaman biofarmaka tahun 2019 dan 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Tanaman Biofarmaka Tahun 2019 dan 2020

Jenis Tanaman (Kind of plants)	Produksi Tanaman Biofarmaka (kg)	
	2019	2020
Jahe/ <i>Ginger</i>	174.380.121	179.043.146
Kencur/ <i>East Indian Galangal</i>	35.296.213	54.484.970
Kunyit/ <i>Turmeric</i>	190.909.203	193.929.693
Sambiloto/ <i>King of Bitter</i>	1.856.377	2.070.866

Sumber : Badan Pusat Statistik (2020) & Badan Pusat Statistik (2021)

Catatan : Data produksi tanaman biofarmaka tahun 2020 adalah angka sementara (ASEM)

Adanya tren konsumsi produk herbal di tengah masyarakat juga ditandai dengan adanya peningkatan penjualan produk herbal seperti pada PT. Industri Jamu dan Farmasi Sido Muncul (2021) yang menyatakan bahwa pada tahun 2020 penjualan produk bertumbuh sebesar 8,7% dengan kontributor utama penjualan bersih perseroan berasal dari segmen herbal & suplemen (67% atas total penjualan bersih perseroan, segmen herbal & suplemen tumbuh 7,6% didorong oleh meningkatnya permintaan akan produk dari

segmen tersebut) diikuti dengan segmen makanan & minuman (seperti produk minuman berbahan dasar jahe) yang menyumbang 30% dari total penjualan bersih perseroan (segmen makanan & minuman meningkat 13,5%). Data-data tersebut membuktikan bahwa sebagian besar masyarakat Indonesia lebih memilih produk herbal untuk mempertahankan kesehatan tubuh. Kesadaran masyarakat untuk mengonsumsi minuman tradisional dari bahan herbal tersebut mendorong pengembangan tanaman obat yang tidak hanya diutamakan pada kuantitas produksi saja melainkan mengutamakan kualitas sehingga senyawa fungsional pada tumbuhan herbal tidak menurun (Widaryanto & Nur 2018).

Bahan herbal dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan organ tanaman yang digunakan diantaranya kelompok rimpang, daun, dan bunga. Sebelum diolah menjadi produk herbal, umumnya bahan-bahan herbal tersebut dikeringkan terlebih dahulu. Pengeringan merupakan proses yang paling penting dalam pengolahan tanaman obat karena dapat mempengaruhi kualitas produk. Pada dasarnya, pengeringan dilakukan agar kadar air bahan menurun, reaksi enzimatik terhambat, dan penurunan mutu bahan dapat dicegah (Syafriada *et al.*, 2018). Di sisi lain, pengeringan juga dapat mengakibatkan kerusakan dan penurunan antioksidan pada bahan-bahan herbal tersebut. Hal tersebut sangat disayangkan mengingat pentingnya antioksidan bagi kesehatan tubuh. Antioksidan memiliki berbagai macam fungsi salah satunya sebagai penangkal radikal bebas dengan memutus rantai reaksi radikal bebas (Dasgupta & Kimberly, 2014). Fungsi antioksidan sebagai penangkal radikal bebas dapat mencegah timbulnya penyakit akibat radikal bebas pada tubuh sehingga penurunan aktivitas antioksidan bahan herbal setelah pengeringan dapat mengakibatkan penurunan efektivitas antioksidan dalam mencegah timbulnya penyakit akibat radikal bebas dalam tubuh. Oleh karena itu, sangat diperlukan adanya pemetaan aktivitas antioksidan bahan herbal (berbasis rimpang, bunga, dan daun) pasca pengeringan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pengeringan terhadap aktivitas antioksidan bahan herbal tersebut.

Saat ini penelitian mengenai pengaruh proses pengeringan terhadap antioksidan pada bahan herbal sudah banyak dilakukan terutama bahan herbal berbasis rimpang, bunga, dan daun namun belum terdapat *review* yang membahas lebih lanjut mengenai hal

tersebut. Sejauh ini, sebagian besar *review* yang membahas pengaruh pengeringan bahan herbal terhadap kandungannya hanya membahas berdasarkan bahan herbal yang sering digunakan sebagai bumbu masak (*herbs & spices*) dan beberapa jenis bunga yang jarang dimanfaatkan di Indonesia seperti *E. elatior*, parsley, oregano, lavender, rosemary, dll (Chan *et al.*, 2013; Chua *et al.*, 2019; Prusinowska & Śmigielski, 2015). Selain itu, *review* lainnya yang membahas mengenai pengeringan bahan herbal hanya membahas berbagai macam teknik pengeringan (Jin *et al.*, 2018) dan pengaruh pengeringan terhadap kualitas sensori bahan herbal (Thamkaew *et al.*, 2020). Sampai saat ini belum ada *review* yang membahas mengenai efek pengeringan terhadap antioksidan pada bahan herbal berbasis rimpang, bunga, dan daun (terkhusus yang sering digunakan di Indonesia) mengingat informasi tersebut dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi di masa yang akan datang serta dapat menjadi sumber referensi dalam penanganan pasca panen (pengeringan) bahan herbal terutama di Indonesia. Oleh karena itu, dalam *review* ini dilakukan *review* mengenai perubahan aktivitas antioksidan pada bahan herbal (rimpang, bunga, dan daun) pasca pengeringan.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Bahan Herbal

Pengelompokan tanaman obat berdasarkan organ tanaman yang dimanfaatkan dibagi menjadi beberapa kelompok diantaranya rimpang, bunga, dan daun (Widaryanto & Nur 2018). Masing-masing kelompok bahan herbal tersebut memiliki senyawa fungsional yang berbeda-beda.

1.2.1.1. Rimpang

Terdapat berbagai macam rimpang yang diproduksi dan diolah di Indonesia. Beberapa bahan herbal yang sering digunakan rimpangnya adalah tumbuhan yang berasal dari famili *Zingiberaceae* seperti jahe, temulawak, dan kunyit (Widaryanto & Nur 2018). Pada daerah tropis dan subtropis, famili *Zingiberaceae* terdiri dari 47 genus dan 1.400 spesies (Said, 2007).

Secara umum, jahe dapat dibedakan menjadi 3 jenis jahe berdasarkan aroma, warna, bentuk, dan ukuran rimpang. Adapun 3 jenis jahe tersebut diantaranya jahe putih besar,

jahe putih kecil (biasa disebut jahe emprit), dan jahe merah. Diantara ketiga jenis jahe tersebut, jahe merah mengandung minyak atsiri tertinggi yaitu 2,58-3,90% dari berat kering (Setyaningrum & Cahyo, 2013). Selain jahe, temulawak juga termasuk ke dalam famili *Zingiberaceae* dengan nama ilmiah *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. Seperti jahe, temulawak juga memiliki berbagai macam senyawa fitokimia salah satunya minyak atsiri seperti *zingiberene*. Temulawak mengandung minyak atsiri tidak kurang dari 6% (Said, 2007). Kunyit memiliki genus yang sama dengan temulawak yaitu *Curcuma*. Di Indonesia, kunyit (*Curcuma domestica*) menyebar secara merata di seluruh wilayah. Kunyit mengandung sekitar 3-5% minyak atsiri yang salah satunya berupa *turmeron* (Said, 2007). Gambar rimpang dan senyawa – senyawa fitokimia yang termasuk sebagai senyawa antioksidan pada jahe, temulawak, dan kunyit dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Rimpang Jahe (A); Temulawak (B); Kunyit (C) (Setyaningrum & Cahyo, 2013; LPPM IPB & Gagas, 2020)

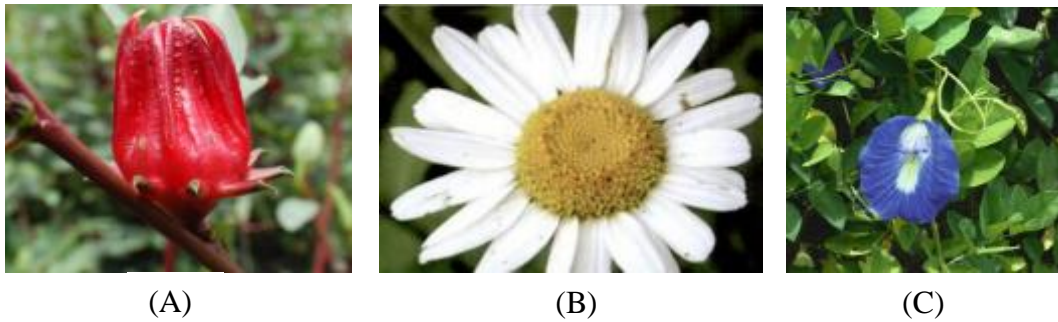
Tabel 2. Senyawa Antioksidan pada Rimpang

No	Jenis Rimpang	Senyawa antioksidan	Sumber
1.	Jahe (<i>Zingiber officinale</i>)	Flavonoid	(Cho <i>et al.</i> , 2001; Ghasemzadeh <i>et al.</i> , 2010; Huang <i>et al.</i> , 2012)
		- Rutin	
		- Katekin	
		- Epikatekin	
		- Naringenin	
		- Kaempferol	
		- <i>Quercetin</i>	
		Essential oil	
		- Shogaol	
		- Gingerol	
- <i>Sesquiphellandrene</i>			

No	Jenis Rimpang	Senyawa antioksidan	Sumber
2.	Temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb)	Flavonoid Terpenoid Saponin Kumarin Kurkuminoid - <i>Kurkumin</i> - <i>Mono-demethoxycurcumin</i> Xanthorrhizol	(Lechtesnberg <i>et al.</i> , 2004; Rohaimi <i>et al.</i> , 2012)
		Asam fenolat - <i>hydroxybenzoic acids</i> - <i>hydroxycinnamic acids</i> Flavonoid - <i>Quercetin</i> - Kaempferol - Rutin - Apigenin - Myricetin	
3.	Kunyit (<i>Curcuma domestica</i>)	<i>Essential oil</i> - <i>Limonene</i> - <i>ar-turmerone</i> - β - <i>Sesquiphellandrene</i> Kurkuminoid - <i>Kurkumin</i> - <i>Mono-demethoxycurcumin</i> - <i>Bis-demethoxycurcumin</i>	(Chumroenphat <i>et al.</i> , 2020; Gounder & Lingamallu, 2012; Lechtenberg <i>et al.</i> , 2004)

1.2.1.2. Bunga

Bahan herbal berbasis bunga sudah mulai banyak dimanfaatkan di Indonesia karena kandungannya yang dapat memberi manfaat kesehatan seperti senyawa antioksidan. Pemanfaatan bunga biasa dilakukan dengan mengolah bunga suatu tanaman menjadi teh herbal. Adapun beberapa jenis bunga yang sering dimanfaatkan diantaranya adalah bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa*), bunga krisan (*Crhysantehmum sp*) dan bunga telang (*Clitoria ternatea L*). Gambar bunga dan senyawa antioksidan pada ketiga jenis bunga tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 2.



Gambar 2. Bunga Rosela (A); Krisan (B); Telang (C) (Lim, 2014; Maryani & Lusi, 2005; Ratnasari, 2007)

Tabel 3. Senyawa Antioksidan pada Berbagai Macam Bunga

No	Jenis Bunga	Senyawa antioksidan	Sumber
1.	Rosela (<i>Hibiscus sabdariffa</i>)	Antosianin Flavonoid - <i>Quercetin</i> - <i>Myricetin</i> - <i>Kaempferol</i> Karotenoid	(Piovesana <i>et al.</i> , 2019)
2.	Krisan (<i>Chrysanthemum sp</i>)	Flavonoid - Flavon - Flavanon - Flavonol	(Lin & Harnly, 2010)
3.	Telang (<i>Clitoria ternatea L</i>)	Antosianin Flavonoid - Flavonol - Flavon - Flavanol	(Azima <i>et al.</i> , 2017; Jaafar <i>et al.</i> , 2020)

1.2.1.3. Daun

Menurut Widaryanto & Nur (2018), salah satu contoh kelompok daun yang banyak ditemui di Indonesia adalah daun sambiloto (*Andrographis paniculata*). Selain daun sambiloto, terdapat beberapa jenis daun lainnya yang sering diolah dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dalam bentuk teh seperti daun senggani, daun rambusa, daun pegagan, dan daun kelor. Berbagai macam daun tersebut memiliki senyawa fungsional yang dapat berperan sebagai sumber antioksidan. Pada Gambar 3 dan Tabel 3, terdapat gambar dan senyawa antioksidan yang terkandung pada kelima jenis daun.



Gambar 3. Daun Sambiloto (A); Senggani (B); Rambusa (C); Pegagan (D); Kelor (E)
(Lim, 2012; Ernawati, 2019; LPPM IPB & Gagas, 2014; Savitri, 2016)

Tabel 4. Senyawa Antioksidan pada Berbagai Macam Daun

No	Jenis Daun	Senyawa antioksidan	Sumber
1.	Sambiloto (<i>Andrographis paniculata</i>)	Flavonoid Saponin Terpenoid Tanin <i>Andrographolide</i>	(Malahubban <i>et al.</i> , 2013; Vasu <i>et al.</i> , 2010)
2.	Senggani (<i>Melastoma malabathricum</i> L.)	Flavonoid Terpenoid Tanin	(Danladi <i>et al.</i> , 2015)
3.	Rambusa (<i>Passiflora Foetida</i> L.)	Flavonoid Saponin Tanin	(Patil & Paikrao, 2012)

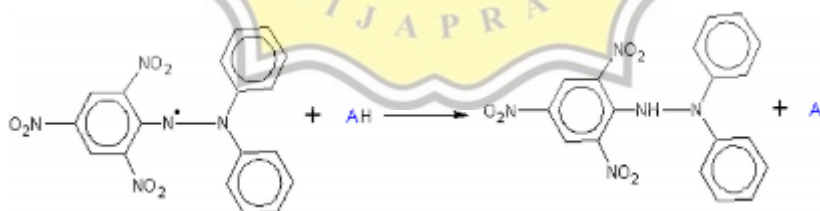
No.	Jenis Rimpang	Senyawa antioksidan	Sumber
		Flavonoid	
		Tanin	
		Antosianin	
		Karotenoid	
4.	Pegagan (<i>Centella asiatica</i>)	Vitamin C	(Singh <i>et al.</i> , 2014; Hashim <i>et al.</i> , 2011)
		Asam fenolat	
		- <i>Caffeic acid</i>	
		- <i>Sinapic acid</i>	
		- <i>Ellegic acid</i>	
		<i>Madecassoside</i>	
		<i>Asiaticoside</i>	
		<i>Madecassic</i>	
		<i>Asiatic acid</i>	
		5.	
- Asam galat			
- Asam klorogenat			
- Asam kafeat			
Asam ellagat			
Flavonoid			
- Rutin			
- <i>Quercetin</i>			
- Kaempferol			
- Katekin			
- Epikatekin			

1.2.2. Karakterisasi Antioksidan

Sebagian besar senyawa antioksidan adalah senyawa fenolik yang memiliki gugus fenol pada strukturnya. Terdapat banyak senyawa antioksidan yang tergolong dalam senyawa fenolik baik dengan 1 gugus fenol atau lebih (polifenol). Adapun senyawa antioksidan yang termasuk dalam senyawa fenolik adalah asam galat, asam kafeat, asam sinamat, asam ferulat, asam tartarat, asam klorogenat, *coumarin*, flavonoid, tanin, dan masih banyak lagi (Vermerris & Ralph, 2006). Antioksidan juga dibedakan berdasarkan fungsinya yaitu sebagai antioksidan primer (memotong rantai) dan sebagai antioksidan sekunder (pencegahan). Antioksidan sekunder akan mencegah atau menghambat terjadinya autooksidasi dengan mengikat ion logam, mengikat oksigen, mendekomposisi hidroperoksida menjadi produk non-radikal, menyerap radiasi UV, dan mendeaktivasi oksigen singlet (Madhavi *et al.*, 1996). Antioksidan dapat berfungsi sebagai penghambat dan pencegah oksidasi karena antioksidan dapat bereaksi dengan oksigen sehingga oksigen tersebut tidak dapat bereaksi dengan molekul lain dan oksidasi terhambat. Menurut Madhavi *et al* (1996), antioksidan akan bereaksi memberikan atom hidrogennya

sehingga oksigen menjadi lebih stabil dan tidak reaktif. Hal tersebut menyebabkan perubahan struktur molekuler antioksidan menjadi radikal tetapi dengan sifat yang tingkat reaktifitasnya lebih rendah. Antioksidan primer dapat bereaksi dengan senyawa radikal peroksil yang kemudian akan merubah sifat radikal menjadi lebih stabil (Madhavi *et al.*, 1996).

Pada beberapa penelitian, pengujian aktivitas antioksidan bahan herbal berbasis rimpang, bunga, dan daun dilakukan dengan menggunakan analisis DPPH sebagai radikal bebas. Prinsip pengukuran aktivitas antioksidan dengan DPPH adalah berdasarkan kemampuan antioksidan dalam menangkal radikal bebas ditandai dengan adanya perubahan warna pada DPPH (Zainol *et al.*, 2009). Menurut Rizkayanti *et al* (2017), intensitas warna ungu pada DPPH menunjukkan konsentrasi larutan DPPH. Larutan DPPH bersifat sebagai radikal bebas yang tidak memiliki pasangan elektron. Pada saat pengujian, warna larutan DPPH akan berubah dari ungu menjadi kuning. Hal tersebut mengindikasikan tingkat peredaman radikal bebas oleh antioksidan dengan perubahan sifat radikal bebas yang menjadi lebih stabil akibat adanya reaksi molekul DPPH dengan atom hidrogen yang dilepaskan oleh molekul antioksidan. Reaksi tersebut mengakibatkan terbentuknya senyawa difenil pikril hidrazin yang menyebabkan terjadinya peluruhan warna DPPH dari ungu menjadi kuning (Rizkayanti *et al.*, 2017). Reaksi DPPH dengan antioksidan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 4. Reaksi DPPH dengan Antioksidan

Pada Gambar 1 terdapat reaksi DPPH (radikal bebas) dengan antioksidan (AH). Antioksidan mendonorkan atom hidrogennya sehingga DPPH berubah dari yang sebelumnya tidak stabil (N[•]) menjadi stabil (NH) (Hamid *et al.*, 2016). Aktivitas antioksidan dapat dinyatakan dalam nilai persen inhibisi dan IC₅₀. Nilai IC₅₀ adalah konsentrasi senyawa antioksidan yang dapat menginhibisi sebesar 50% yang artinya pada

konsentrasi tersebut antioksidan dapat menghambat radikal bebas sebesar 50% (Gounder & Lingamallu, 2012). Semakin rendah nilai IC_{50} , semakin tinggi aktivitas antioksidannya (Mustafa *et al.*, 2019). Berdasarkan nilai IC_{50} , aktivitas antioksidan dapat digolongkan sebagai antioksidan dengan aktivitas antioksidan sangat lemah ($IC_{50} > 200$ ppm), lemah (150-200 ppm), sedang (100-150 ppm), kuat (50-100 ppm), dan sangat kuat (< 50 ppm) (Martini *et al.*, 2020)

Senyawa fenolik adalah salah satu grup antioksidan alami yang paling penting karena senyawa fenolik memiliki aktivitas antioksidan yang sangat baik (Madhavi *et al.*, 1996). Hasil pengujian total senyawa fenolik pada suatu bahan dinyatakan sebagai TPC (*Total Phenolic Content*) dengan satuan yang berbeda-beda. Pada beberapa penelitian, TPC dinyatakan sebagai GAE (*Gallie Acid Equivalent*) berdasarkan larutan standar (*gallic acid*) yang digunakan (Chumroenphat *et al.*, 2020). Senyawa fenolik yang memiliki banyak gugus fenol disebut dengan polifenol (Vermerris & Ralph, 2006). Semakin tinggi konsentrasi antioksidan, maka semakin tinggi juga aktivitas antioksidannya seperti pada penelitian Nguyen & Chuyen (2020) yang membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak rosela, semakin tinggi aktivitas antioksidannya. Aktivitas antioksidan senyawa polifenol memiliki aktivitas antioksidan yang kuat karena terdapat gugus hidroksil dalam jumlah banyak serta adanya kombinasi cincin aromatik dengan gugus hidroksil pada struktur kimianya (Vermerris & Ralph, 2006).

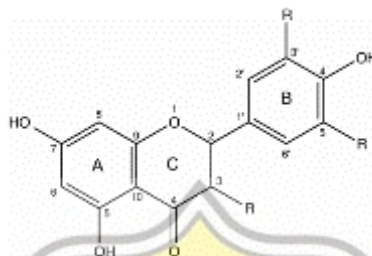


Gambar 5. Struktur Kimia Fenol (cincin aromatik dengan gugus hidroksil)

1.2.2.1. Flavonoid

Kadar total senyawa flavonoid pada suatu bahan disebut sebagai TFC (*Total Flavonoid Content*). TFC dapat dinyatakan dalam QE (*Quercetin Equivalent*), RE (*Rutin Equivalent*), CE (*Catechin Equivalent*) dan lainnya tergantung jenis larutan standar yang digunakan sebagai pembanding. Berdasarkan sifat-sifat strukturalnya, flavonoid memiliki beberapa subkelas diantaranya *flavanols*, flavanon (naringenin), flavon (apigenin,

luteolin), isoflavon, *anthocyanidins*, dan flavonol (*quercetin*) (Lin & Harnly, 2010; Vermerris & Ralph, 2006). Flavonoid memiliki ciri utama pada struktur kimianya yang memiliki 3 cincin yaitu cincin A, B, dan C. Cincin A terdapat pada sisi sebelah kiri, dan cincin B terdapat pada sisi sebelah kanan (Vermerris & Ralph, 2006). Aktivitas antioksidan senyawa flavonoid sangat tergantung pada jumlah dan lokasi gugus fenolik (-OH) yang berperan sebagai penyumbang atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas (Mardiah *et al.*, 2015).

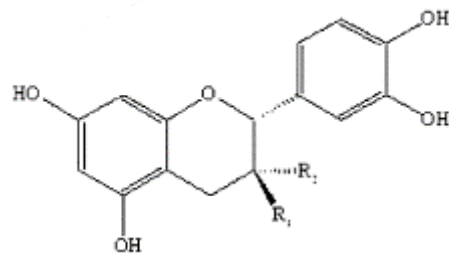


Gambar 6. Struktur Dasar Flavonoid (Davies & Jaime, 2013)

Flavonoid akan mengalami penurunan akibat variasi suhu saat proses pengeringan karena sifatnya yang sensitif terhadap panas dan cahaya (Syafriada *et al.*, 2018). Pada saat pengeringan flavonoid terdegradasi dengan adanya pemutusan rantai molekul dan terjadinya reaksi oksidasi yang menyebabkan gugus hidroksil teroksidasi dan membentuk senyawa lain yang mudah menguap dengan cepat (Rifkia & Prabowo, 2020). Beberapa senyawa flavonoid menghasilkan produk degradasi yang juga memiliki aktivitas antioksidan seperti rutin yang akan terdegradasi akibat panas dan membentuk senyawa flavonoid lain sebagai produk degradasi berupa *protocatechuic acid* dan kuersetin (Chaaban *et al.*, 2017)

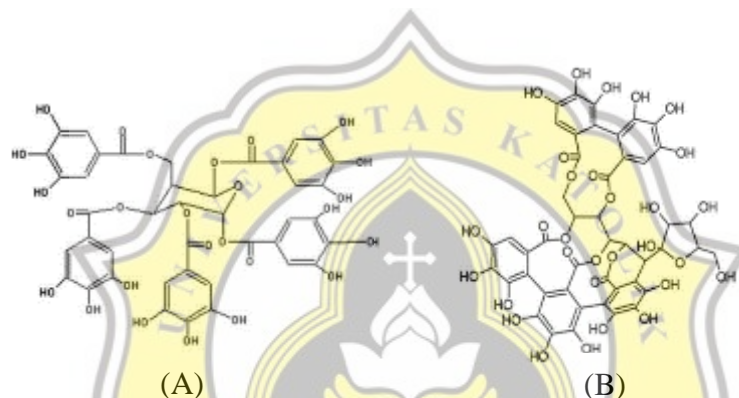
1.2.2.2. Tanin

Tanin merupakan salah satu senyawa antioksidan yang termasuk dalam golongan fenolik (Vermerris & Ralph, 2006). Tanin terdistribusi pada hampir sebagian besar bagian-bagian tumbuhan seperti daun, kulit dan buah. Seperti flavonoid, tanin juga dibagi menjadi beberapa subkelas yaitu *condensed tanin* (proantosianidin), gallotanin, ellagitanin, dan tanin kompleks (Vermerris & Ralph, 2006). Beberapa contoh antioksidan yang termasuk ke dalam golongan tanin adalah *gallic acid*, *ellagic acid*, dll (Falcão & Araújo, 2013).



<i>Condensed tannin</i>	R ₁	R ₂
Katekin	OH	H
Epikatekin	H	OH

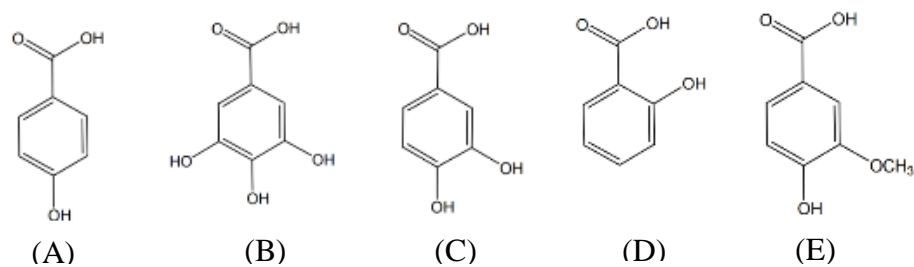
Gambar 7. Struktur *Condensed Tannin* (Mané *et al.*, 2007)



Gambar 8. Struktur Gallotanin (A) dan Ellagitanin (B)
(Radebe *et al.*, 2013)

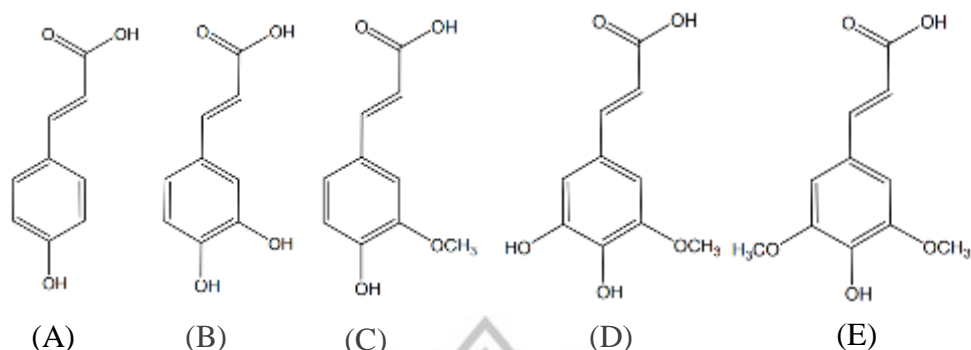
1.2.2.3. Asam Fenolat

Salah satu kelompok asam fenolat adalah *hydroxy-benzoic acids*. Ciri utama *hydroxy-benzoic acids* adalah adanya gugus karboksil pada struktur fenol. Beberapa senyawa yang termasuk dalam *hydroxy-benzoic acids* adalah *p-hydroxybenzoic acid*, *gallic acid*, *protocatechuic acid*, *salicylic acid*, dan *vanillic acid* (Vermerris & Ralph, 2006).



Gambar 9. Struktur *p-hydroxybenzoic acid* (A); *gallic acid* (B); *protocatechuic acid* (C); *salicylic acid* (D); *vanillic acid* (E) (Vermerris & Ralph, 2006)

Selain *hydroxy-benzoic acids*, senyawa *cinnamic acids* juga sering ditemui pada tumbuhan. Senyawa yang termasuk ke dalam kelompok *cinnamic acids* adalah *p-coumaric acid*, *caffeic acid*, *ferulic acid*, *5-hydroxyferulic acid*, dan *sinapic acid* (Vermerris & Ralph, 2006).

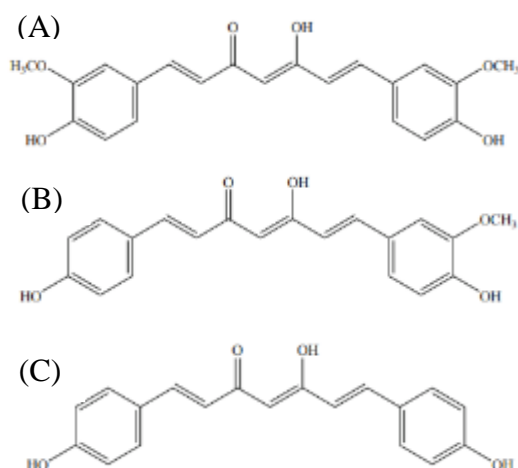


Gambar 10. Struktur *p-coumaric acid* (A); *caffeic acid* (B); *ferulic acid* (C); *5-hydroxyferulic acid* (D); *sinapic acid* (E) (Vermerris & Ralph, 2006)

Berdasarkan penelitian Réblová (2012), aktivitas antioksidan asam fenolat berbeda-beda. Penelitian tersebut menunjukkan aktivitas antioksidan *gallic acid* > *caffeic acid* > *sinapic acid* > *protocatechuic acid* > *ferulic acid* > *vanilic acid*.

1.2.2.4. Kurkuminoid

Kurkuminoid merupakan senyawa antioksidan yang banyak ditemui pada rimpang yang berwarna kuning seperti kunyit dan temulawak. Terdapat 3 jenis senyawa utama yang termasuk ke dalam golongan kurkuminoid yaitu kurkumin, *monodemethoxycurcumin*, dan *bisdemethoxycurcumin* (Lechtenberg *et al.*, 2004). Kandungan kurkuminoid pada temulawak jauh lebih sedikit daripada kurkuminoid pada kunyit. Kandungan *bisdemethoxycurcumin* pada temulawak terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit. Pada kunyit dan temulawak, kurkumin merupakan senyawa kurkuminoid yang paling banyak dibandingkan dengan dua senyawa kurkuminoid lainnya (*monodemethoxycurcumin* dan *bisdemethoxycurcumin*) (Lechtenberg *et al.*, 2004).

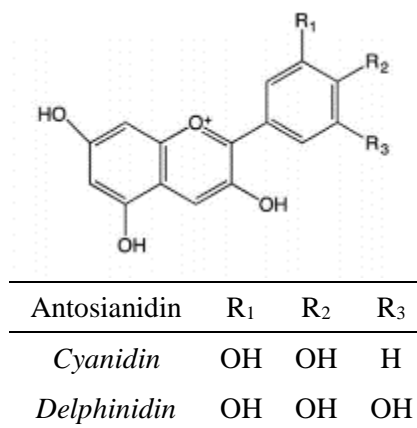


Gambar 11. Struktur Kurkuminoid. (A) Kurkumin. (B) *Demethoxycurcumin*. (C) *Bisdemethoxycurcumin* (Rafi *et al.*, 2015)

Diantara ketiga kurkuminoid tersebut, kurkumin merupakan senyawa kurkuminoid yang paling tidak stabil terhadap panas. Sementara senyawa kurkuminoid yang paling stabil terhadap panas adalah *bisdemethoxycurcumin*. Selain panas, kurkumin juga tidak stabil terhadap cahaya dan akan terdegradasi menjadi asam fenolat selama proses pengeringan (Chumroenphat *et al.*, 2020).

1.2.2.5. Antosianin

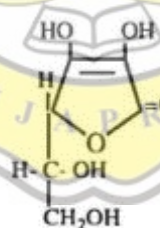
Antosianin merupakan senyawa pigmen yang memberi warna merah hingga biru pada berbagai macam tumbuhan termasuk bunga (Benvenuti *et al.*, 2016). Senyawa antosianin termasuk ke dalam golongan senyawa flavonoid yang larut dalam air (Brooks & Giovana 2019). Oleh karena itu, antosianin dan turunannya memiliki struktur dasar flavonoid yang memiliki 3 cincin aromatik (Vermerris & Ralph, 2006). Antosianin memiliki banyak senyawa turunan seperti *cyanidin* dan *delphinidin* (Brooks & Giovana, 2019; Wiyantoko & Astuti, 2020).



Gambar 12. Struktur Antosianidin (*Cyanidin* & *Delphinidin*)
(Brooks & Giovana, 2019)

1.2.2.6. Vitamin C

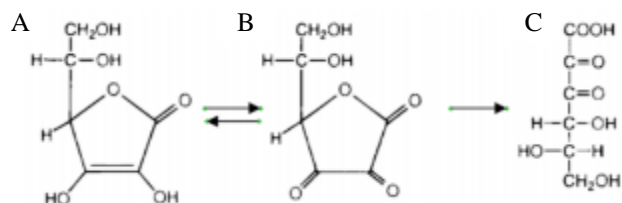
Vitamin C sering disebut juga sebagai asam askorbat yang memiliki aktivitas antioksidan sehingga termasuk ke dalam golongan antioksidan yang juga berfungsi sebagai sumber gizi (Suratno *et al.*, 2014). Vitamin C dapat ditemukan pada berbagai macam jenis tumbuhan salah satunya bunga rosela (Mardiah *et al.*, 2012). Asam askorbat dapat terdegradasi oleh oksigen aktif. Sebagai senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan, asam askorbat akan bereaksi dengan oksigen dan teroksidasi menjadi *dehydroascorbic acid* (Madhavi *et al.*, 1996).



Gambar 13. Struktur Asam Askorbat (Madhavi *et al.*, 1996).

Vitamin C atau asam askorbat memiliki sifat yang mudah mengalami oksidasi terutama akibat pemanasan. Semakin tinggi suhu dan semakin lama pemanasan, semakin tinggi juga degradasi vitamin C seperti pada penelitian Amanto *et al* (2016) di mana penurunan kadar L-asam askorbat terkecil terjadi pada suhu 65 °C diantara perlakuan suhu lainnya (75 °C dan 85 °C). Oksidasi vitamin C akan mengubah struktur vitamin C dari asam askorbat menjadi asam dehidro-L-askorbat. Asam dehidro-L-askorbat mudah

terhidrolisis menjadi 2,3 diketogulonat yang tidak memiliki aktivitas antioksidan seperti asam askorbat (Amanto *et al.*, 2016)



Gambar 14. Struktur Asam Askorbat dalam Bentuk L-Asam Askorbat (A); Asam dehidro-L-askorbat (B); Asam Diketogulonat (C) (Amanto *et al.*, 2016).

1.2.3. Stabilitas Antioksidan

Pada dasarnya, pengolahan bahan pangan diperlukan untuk mematikan atau mengontrol jumlah mikroorganisme patogen yang ada pada bahan pangan (Hui *et al.*, 2007). Pengolahan bahan pangan dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya metode pemanasan. Selain mengurangi jumlah mikroba pada bahan pangan, pengolahan bahan pangan dengan menggunakan metode pemanasan juga dapat mempengaruhi kandungan nutrisi maupun non nutrisi seperti antioksidan (Hui *et al.*, 2007). Kestabilan antioksidan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, cahaya, dan paparan oksigen. Tingginya suhu lingkungan bahan pangan yang mengandung antioksidan dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan dalam bahan pangan tersebut. Suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan antioksidan mengalami ketidakstabilan dan dapat mengalami kerusakan sehingga aktivitas antioksidannya menurun seperti pada hasil penelitian Ozola *et al* (2019) yang menunjukkan adanya penurunan aktivitas antioksidan pada jahe setelah melalui proses pengeringan.

Sifat oksigen yang reaktif dapat mempengaruhi stabilitas antioksidan. Sifat antioksidan yang mudah bereaksi dengan oksigen dapat membuat antioksidan tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan oksigen hingga aktivitas antioksidan pada akhirnya menurun (Decker *et al.*, 2010). Paparan oksigen yang tinggi juga akan mengakibatkan penurunan aktivitas antioksidan yang tinggi karena adanya reaksi antara antioksidan dan oksigen akibat sifat oksigen yang reaktif (Madhavi *et al.*, 1996). Selain oksigen, cahaya juga dapat mempengaruhi stabilitas antioksidan secara tidak langsung. Terdapat banyak molekul pada komponen bahan pangan yang dapat menyerap energi dari cahaya. Energi yang terserap tersebut berpindah ke molekul oksigen dan menyebabkan terbentuknya oksigen

singlet dari proses konversi oksigen triplet menjadi oksigen singlet. Sifat oksigen yang lebih reaktif dalam bentuk singlet dibandingkan triplet menyebabkan antioksidan akan cenderung tidak stabil dan reaktif terhadap oksigen (Decker *et al.*, 2010).

Oksigen dan cahaya juga dapat mempengaruhi aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO). Enzim polifenol oksidase merupakan enzim yang terdapat pada berbagai macam spesies tumbuhan. Dengan adanya paparan oksigen, enzim polifenol oksidase akan bereaksi dengan substrat yaitu senyawa fenolik (Queiroz *et al.*, 2011). Senyawa fenolik akan teroksidasi oleh enzim polifenol oksidase membentuk *orthoquinones* (Prathapan *et al.*, 2009 & Madhavi *et al.*, 1996). Reaksi yang terjadi akibat adanya oksigen tersebut mencakup dua reaksi yang berbeda. Reaksi pertama adalah *monophenolase* atau *cresolase* yang akan mempercepat hidroksilasi *monophenols* menjadi *o-diphenols*. Kemudian reaksi yang kedua adalah reaksi oksidasi *o-diphenols* menjadi *o-quinones* oleh *diphenolase* atau *catecholase*. Hasil dari reaksi tersebut (*o-quinones*) bersifat sangat reaktif dan berpolimerisasi menjadi pigmen coklat, merah atau hitam (Can *et al.*, 2014). Hal tersebut mempengaruhi kadar senyawa fenolik pada suatu tumbuhan seperti pada penelitian Prathapan *et al* (2009), total senyawa fenolik pada kunyit meningkat akibat enzim PPO yang terinaktivasi. Ketika suhu dan waktu pemanasan meningkat, aktivitas PPO menurun sehingga polimerisasi senyawa polifenol juga menurun dan mengakibatkan peningkatan kadar TPC (Prathapan *et al.*, 2009). Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin tinggi kerusakan enzim PPO sehingga penurunan senyawa fenolik pada bahan akibat enzim PPO semakin terhambat. Di sisi lain, suhu yang terlalu rendah seperti 2 °C juga dapat menghambat atau menginaktivasi enzim PPO (Queiroz *et al.*, 2011).

1.2.4. Pengerinan

Pengerinan merupakan pengolahan bahan pangan yang dapat memperpanjang umur simpan bahan pangan dengan mengurangi kadar air dan aktivitas air melalui pemanasan sehingga pertumbuhan mikroba patogen dapat dihambat (Brennan, 2006). Menurut Syafrida *et al* (2018), pengerinan merupakan proses yang paling penting dalam pengolahan tanaman obat karena dapat mempengaruhi kualitas produk seperti penurunan kadar air, terhambatnya reaksi enzimatik, dan terhambatnya penurunan mutu produk. Pada bahan herbal, pengerinan dilakukan sebagai salah satu proses pengolahan

pascapanen pada bahan herbal seperti rimpang jahe, kunyit, dll (Kartasubrata, 2010). Selain itu, pengeringan juga menjadi salah satu proses pengolahan yang banyak digunakan dalam pengolahan produk herbal berbasis bunga dan daun dalam bentuk teh herbal (teh celup maupun seduh). Pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti *freeze drying*, *vacuum drying*, *microwave drying*, *hot air drying*, dan sinar matahari.

1.2.3.1. *Freeze drying*

Pada pengeringan bahan herbal, *freeze drying* dapat digunakan untuk mempertahankan warna serta senyawa aktif dalam bahan herbal yang sensitif terhadap panas sehingga kandungan senyawa fungsional di dalamnya tidak banyak berkurang (Mujumdar, 2014). Hal tersebut menjadi salah satu kelebihan metode pengeringan *freeze drying*. Sistem pengeringan *freeze drying* diawali dengan proses pembekuan terlebih dahulu. Bahan akan membeku sehingga semua komponen fluida akan berubah sifat menjadi solid seperti air yang akan berubah menjadi es. Setelah pembekuan, proses *freeze drying* akan masuk ke tahap pengeringan primer atau disebut juga dengan fase sublimasi. Fase sublimasi terjadi saat bahan beku diletakkan pada kondisi vakum dan dipanaskan secara progresif untuk memberi energi yang cukup sehingga es menyublim (Rey & Joan, 2010). Pada tahap ini diperlukan keseimbangan yang tepat antara transfer panas (*heat input*) dan sublimasi air (*mass transfer*) sehingga pengeringan dapat berlangsung dengan baik tanpa memicu reaksi yang berlawanan seperti melelehnya bahan beku (Rey & Joan, 2010). Setelah sublimasi, proses *freeze drying* berikutnya adalah pengeringan sekunder atau fase desorpsi. Pada fase ini, es pada bahan sudah terpisah (menyublim) dan kondisi vakum ditingkatkan sehingga proses ekstraksi air terikat pada bahan dapat terjadi secara progresif pada suhu di atas 0 °C (Rey & Joan, 2010). Meskipun *freeze drying* memiliki kelebihan dalam mempertahankan senyawa aktif pada bahan herbal, namun *freeze drying* juga memiliki kekurangan yaitu biaya operasionalnya yang mahal dan rendahnya volume produk yang dapat dikeringkan dalam sekali proses pengeringan (Mujumdar, 2014).

1.2.3.2. *Vacuum drying*

Pengeringan dengan sistem vakum biasanya dilakukan dengan menggunakan oven vakum. Pengeringan vakum adalah metode pengeringan yang tepat untuk mengeringkan

bahan yang kaya akan kandungan senyawa fungsional karena salah satu keuntungan metode *vacuum drying* adalah tingginya kualitas produk akhir karena pengeringan dilakukan dengan suhu yang lebih rendah sehingga kerusakan komponen pada bahan lebih rendah (Reis, 2014). Prinsip pengeringan vakum adalah pengeringan dengan tekanan rendah (di bawah tekanan atmosfer) sehingga titik didih air akan menurun dan proses pengeringan dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah (Brennan, 2006).

1.2.3.3. Microwave drying

Prinsip pengeringan dengan *microwave* adalah menggunakan gelombang *microwave*. Keuntungan pengeringan dengan *microwave* adalah menghasilkan produk akhir dengan kandungan nutrisi yang lebih baik daripada pengeringan dengan metode pengeringan konvensional (Brennan, 2006). Hal tersebut dapat terjadi karena *heat generation*-nya cepat dan merata di seluruh bagian bahan. Pada pengeringan ini, air akan lebih cepat teruapkan dibandingkan dengan komponen lain pada bahan (Brennan, 2006). Kemampuan gelombang elektromagnetik dalam menembus bahan dipengaruhi oleh frekuensi dan karakteristik bahan. Semakin rendah frekuensi, semakin panjang gelombang sehingga kemampuan gelombang elektromagnetik dalam menembus bahan menjadi lebih baik (Brennan, 2006). Pada *microwave*, molekul dipolar pada air akan mengalami kondisi stress akibat adanya medan magnet. Hal tersebut menyebabkan timbulnya panas dalam bahan (*heat generation*). Semakin cepat *heat generation*, semakin cepat penguapan air pada bahan (Brennan, 2006).

1.2.3.4. Hot air drying

Metode pengeringan *hot air drying* dilakukan dengan prinsip penggunaan udara panas. Ketika bahan segar diletakkan pada tempat yang berisi udara panas, panas akan berpindah ke permukaan bahan segar tersebut secara konveksi. Uap air yang terbentuk pada permukaan pengeringan akan terbawa bersama aliran udara panas (Brennan, 2006). Pada metode ini, suhu, kelembaban, dan laju aliran udara panas dipertahankan konstan. Pengeringan dengan udara panas dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam alat seperti *cabinet dryer*, *tunnel dryer*, *fluidized bed dryer*, dll (Brennan, 2006). *Cabinet dryer* termasuk salah satu alat yang sering digunakan untuk mengeringkan produk segar

yang membutuhkan pengeringan dengan waktu yang lebih lama dan suhu yang tidak terlalu tinggi (Ahmed & Rahman, 2012).

1.2.3.5. Sun and Solar drying

Solar drying merupakan metode pengeringan yang berprinsip pada penggunaan sinar matahari (Brennan, 2006). Pengeringan dengan sinar matahari pada tempat terbuka sering dilakukan pada negara berkembang seperti Indonesia. Selain metode tersebut, pengeringan dengan matahari juga dapat dilakukan secara tidak langsung seperti menggunakan alat *solar dryer*. Terdapat beberapa jenis *solar dryer* salah satunya adalah *solar natural dryer* (Mujumdar, 2014). *Solar natural dryer* dibedakan menjadi dua subkelas yaitu aktif dan pasif. Subkelas aktif adalah *solar natural dryer* yang memanfaatkan konveksi panas matahari secara alami seperti *cabinet dryer* sedangkan subkelas pasif adalah *solar natural dryer* yang menggunakan bantuan kipas untuk mendorong konveksi panas matahari (Mujumdar, 2014).

1.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang serta beberapa literatur *review* yang telah dibaca, maka terdapat suatu masalah yang teridentifikasi yaitu sebagai berikut :

- Bagaimana aktivitas antioksidan bahan herbal berbasis rimpang, bunga dan daun pasca pengeringan?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan dan mengetahui aktivitas antioksidan bahan herbal berbasis rimpang, bunga dan daun pasca pengeringan.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang pengolahan bahan herbal dengan memberikan informasi dan ulasan mengenai pengaruh proses pengeringan terhadap aktivitas antioksidan pada beberapa jenis bahan herbal berbasis rimpang, bunga, dan daun.