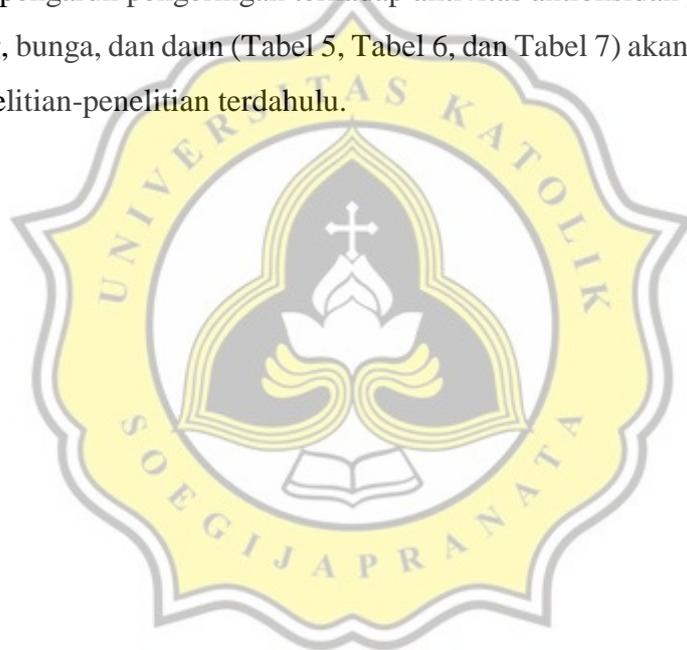


### **3. PENGARUH PENGERINGAN TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BAHAN HERBAL BERBASIS RIMPANG, BUNGA, DAN DAUN**

Bahan herbal yang banyak diolah menjadi produk olahan herbal di Indonesia diantaranya adalah bahan herbal berbasis rimpang, bunga, dan daun. Masing-masing jenis bahan mengandung senyawa antioksidan yang berbeda-beda. Selama proses pengeringan, aktivitas antioksidan pada bahan herbal mengalami perubahan seperti pada penelitian Niamnuy *et al* (2013) yang meneliti pengaruh pengeringan terhadap kadar senyawa antioksidan maupun aktivitas antioksidan pada daun pegagan. Berdasarkan penelitiannya, pengeringan mengubah kadar dan aktivitas antioksidan pada bahan tersebut. Pada pembahasan ini, pengaruh pengeringan terhadap aktivitas antioksidan pada bahan herbal berbasis rimpang, bunga, dan daun (Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7) akan diulas lebih lanjut berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu.



**Tabel 5. Pengaruh Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bahan Herbal Berbasis Rimpang.**

No.	Bahan Herbal	Metode/Alat Pengeringan	Suhu (°C)	Kadar air (%)	Rata-rata Aktivitas Antioksidan (DPPH)				Senyawa Antioksidan Baru yang Terbentuk Setelah Pengeringan	Sumber
					% inhibisi	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	IC <sub>50</sub> (ppm)	IC <sub>50</sub> (µg/mL) (mg/100 g)		
1.	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	Hot air drying (Oven)	60	-	-	1.15	-	-	-	(An <i>et al.</i> , 2016)
		Freeze drying	-	-	-	1.05	-	-	-	
		Microwave drying	-	-	-	1,13	-	-	-	
2.	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	Oven drying	75	-	69,09	-	-	-	-	(Offei-Oknye <i>et al.</i> , 2015)
		Sun drying	-	-	72,90	-	-	-	-	
		Freeze drying	-	-	77,87	-	-	-	-	
3.	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	Oven drying	60	6,84	81,83	-	-	-	-	(Ghafoor <i>et al.</i> , 2020)
		Microwave oven (540 W)	-	5,84	79,40	-	-	-	-	
		Freeze drying	-	8,34	82,00	-	-	-	-	
		Air-drying	-	7,53	74,19	-	-	-	-	
4.	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	Sun drying	-	-	22,63	-	-	-	-	6-shogaol (Idris & Takai, 2019)
		Shade drying	-	-	44,34	-	-	-	-	
		Vacuum drying	45	-	49,34	-	-	-	-	
		Freeze drying	-	-	32,98	-	-	-	-	
5.	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	Oven	60	7-10	-	-	27,97	-	-	(Mustafa <i>et al.</i> , 2019)
		Freeze drying	-	7-10	-	-	28,59	-	-	
		Sun drying	-	7-10	-	-	14,69	-	-	

Lanjutan Tabel 5. Pengaruh Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bahan Herbal Berbasis Rimpang.

No.	Bahan Herbal	Metode/Alat Pengeringan	Suhu (°C)	Kadar air (%)	Rata-rata Aktivitas Antioksidan (DPPH)				Senyawa Antioksidan Baru yang terbentuk setelah pengeringan	Sumber
					% inhibisi	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	IC <sub>50</sub> (ppm)	IC <sub>50</sub> (µg/mL)		
6.	Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	Freeze drying	-	8-10	67,35	-	-	-	-	(Chumroenphat <i>et al.</i> , 2011)
		Sun drying	-	8-10	64,23	-	-	-	-	
		Oven drying	40	8-10	69,21	-	-	-	-	
		Oven drying	50	8-10	75,16	-	-	-	-	
		Oven drying	60	8-10	79,34	-	-	-	-	
		Oven drying	70	8-10	76,13	-	-	-	-	
7.	Jahe Merah ( <i>Zingiber officinale</i> var. <i>rubrum</i> )	Shade drying	15	-	37,64	-	34,8	-	<i>Cinnaminc acid</i> <i>Syringic Acid</i> 6-Shogaol 8-Shogaol	(Ghasemzadeh <i>et al.</i> , 2016)
		Vacuum oven drying	45	-	52,9	-	27,2	-		
		Freeze drying	-	-	48,3	-	29,1	-		
8.	Temulawak ( <i>Curcuma xanthorrhiza</i> )	Sun drying	-	≤12	20,190	-	-	-	-	(Otaviana <i>et al.</i> , 2011)
		Sun drying (Solar dryer)	-	≤12	24,236	-	-	-		
9.	Kunyit ( <i>Curcuma longa</i> L.)	Freeze drying	-	<7	-	-	-	147.88 (TE)	-	(Chumroenphat <i>et al.</i> , 2020)
		Hot air drying (Oven)	50	<7	-	-	-	149.51 (TE)		
		Sun drying	35-45	<7	-	-	-	145.47 (TE)		

Keterangan :

TE = Trolox Equivalent

### 3.1. Rimpang

Rimpang merupakan salah satu bahan herbal yang sering dimanfaatkan di Indonesia. Beberapa bahan herbal yang sering digunakan rimpangnya adalah tumbuhan yang berasal dari famili *Zingiberaceae* seperti jahe, temulawak, dan kunyit (Widaryanto & Nur 2018). Bahan herbal berbasis rimpang dapat dikeringkan dalam bentuk utuh maupun simplisia. Simplisia adalah bahan alam yang telah dikeringkan untuk pengobatan dan belum mengalami pengolahan (Kementerian Kesehatan RI, 2017). Pada pembahasan ini, terdapat 3 jenis rimpang yang akan diulas yaitu jahe, temulawak, dan kunyit.

#### 3.1.1. Jahe

Menurut SNI (1994), jahe kering adalah rhizoma dari tanaman jahe (*Zingiber officinale*, ROSCOE) yang telah dibersihkan berbentuk utuh atau irisan dan dikeringkan. Berdasarkan syarat mutu yang ditentukan oleh SNI (1994), jahe kering memiliki bau dan rasa yang khas, kadar air maksimal 12,0%, kadar minyak atsiri minimal 1,5 ml/100 gram, kadar abu maksimal 8,0%, serta tidak berjamur maupun berserangga. Gambar jahe kering dalam bentuk simplisia dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Simplisia jahe kering (Kementerian Kesehatan RI, 2017)

Jahe memiliki berbagai macam senyawa antioksidan seperti antioksidan golongan flavonoid dan minyak esensial (Cho *et al.*, 2001; Ghasemzadeh *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2012). Senyawa antioksidan dalam bentuk minyak esensial pada jahe yang sering diteliti adalah gingerol. Pada Tabel 5., dapat dilihat bahwa pengeringan jahe dengan metode 3 metode yang berbeda memiliki pengaruh terhadap aktivitas antioksidan pada jahe. Pada penelitian An *et al* (2016), jahe yang dikeringkan dengan metode *hot air drying* memiliki aktivitas antioksidan yang lebih rendah daripada jahe yang dikeringkan dengan metode

*freeze drying* dan *microwave drying*. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian kadar total fenolik dan flavonoid pada penelitian tersebut di mana jahe kering hasil *hot air drying* memiliki TPC dan TFC yang lebih rendah daripada jahe kering yang dikeringkan dengan *freeze drying* dan *microwave drying* (An *et al.*, 2016). Hal itu dapat terjadi karena suhu pengeringan mempengaruhi kestabilan senyawa antioksidan pada jahe.

Pada penelitian Offei-Oknye *et al* (2015), pengeringan jahe dengan *freeze drying* juga menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan dengan pengeringan oven dan sinar matahari yaitu sebesar 77,87%. Pada penelitian tersebut, jahe hasil pengeringan *sun drying* memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada jahe yang dikeringkan dengan oven. Hal tersebut dapat terjadi akibat tingginya suhu dan waktu pengeringan oven dengan suhu 75 °C pada penelitian tersebut sehingga semakin banyak senyawa fenolik yang terdegradasi seperti pada hasil pengujian Offei-Oknye *et al* (2015) yang melaporkan adanya penurunan total fenol dan total flavonoid pada jahe secara berturut-turut dari metode *freeze drying* (1021,15 mg GAE/100 g dan 458,82 mg CE/100 g); *sun drying* (878,76 mg GAE/100 g dan 339,58 mg CE/100 g); *oven drying* (796,46 mg GAE/100 g dan 302,18 mg CE/100 g). Pada penelitian Ghafoor *et al* (2020), *freeze drying* juga menjadi metode pengeringan yang terbaik dalam mempertahankan senyawa antioksidan pada jahe. Berdasarkan penelitian tersebut, *microwave drying* dan *air-drying* merupakan metode pengeringan jahe yang dapat mendegradasi senyawa fenolik jahe lebih banyak daripada *freeze drying* dan *oven drying*. Total senyawa fenolik jahe hasil *microwave drying* dan *oven drying* adalah 732,64 mg/100 g dan 664,58 mg/100 g, sementara total fenolik jahe hasil *freeze drying* dan *oven drying* adalah 931,94 mg/100 g dan 919,44 mg/100 g (Ghafoor *et al.*, 2020). Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan pada jahe yang dikeringkan dengan *microwave drying* dan *air-drying* adalah adanya aktivitas enzim PPO yang tinggi seperti pada penelitian Osae *et al* (2020) yang melaporkan bahwa aktivitas enzim PPO pada jahe selama pengeringan dengan *microwave* lebih tinggi daripada aktivitas enzim PPO pada jahe yang dikeringkan dengan *freeze drying*. Menurut Osae *et al* (2020), *freeze drying* dapat menginaktivasi enzim PPO lebih baik daripada *microwave drying*.

Pada penelitian Idris & Takai (2019), jahe yang dikeringkan dengan *vacuum drying* memiliki nilai TPC, TFC, dan aktivitas antioksidan yang paling tinggi dibandingkan dengan jahe yang dikeringkan dengan *sun drying*, *freeze drying*, dan *shade drying*. Sebaliknya, jahe yang dikeringkan dengan *sun drying* memiliki nilai TPC, TFC, dan aktivitas antioksidan paling rendah. Hal tersebut sesuai dengan pengujian kadar senyawa asam fenolik (*gallic acid*, *ferulic acid*, *cinnamic acid*, *tannic acid*, *syringic acid*), senyawa fenolik (katekin, kaempferol, kuersetin, rutin), dan minyak esensial (6-gingerol, 6-shogaol, zingeron) pada penelitian Idris & Takai (2019) yang menunjukkan *vacuum drying* menghasilkan jahe dengan senyawa antioksidan yang lebih tinggi daripada *freeze drying*. Selain itu, berdasarkan penelitian Idris & Takai (2019), terdapat senyawa antioksidan baru yang terbentuk yaitu shogaol. Hal tersebut terbukti pada hasil pengujian senyawa fitokimia pada penelitian tersebut di mana jahe segar tidak mengandung shogaol sementara jahe yang dikeringkan mengandung shogaol. Terbentuknya shogaol selama pengeringan juga menjadi salah satu faktor meningkatnya aktivitas antioksidan pada jahe kering terutama *vacuum drying*. Hasil penelitian Ghasemzadeh *et al* (2016) mengenai pengaruh metode pengeringan terhadap aktivitas antioksidan jahe merah juga memiliki hasil pengujian yang sama dengan penelitian Idris & Takai (2019). *Vacuum drying* menghasilkan aktivitas antioksidan jahe merah kering yang tertinggi dibandingkan dengan jahe merah kering hasil *shade drying* dan *freeze drying* (Ghasemzadeh *et al.*, 2016). Pada kedua penelitian tersebut, metode *shade drying* dilakukan dengan mengeringkan jahe selama 2 minggu pada ruangan gelap yang memiliki ventilasi baik. Pada penelitian Ghasemzadeh *et al* (2016), metode *shade drying* memiliki suhu ruang rata-rata 15 °C. Kondisi pengeringan tersebut dapat menghasilkan jahe kering yang lebih baik daripada pengeringan dengan *sun drying* karena suhu pengeringan serta paparan cahaya pada *shade drying* lebih rendah sehingga degradasi senyawa antioksidan tidak terlalu tinggi seperti pada pengeringan *sun drying* akibat suhu dan paparan cahaya. Degradasi senyawa antioksidan akibat suhu telah diteliti oleh Ozola *et al* (2019) dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa TPC dan TFC jahe segar lebih tinggi daripada TPC dan TFC jahe yang telah dikeringkan dengan *convective dryer*. *Vacuum drying* dan *freeze drying* menggunakan tekanan rendah dalam proses pengeringannya. Berdasarkan penelitian Idris & Takai (2019) dan Ghasemzadeh *et al* (2016), *vacuum drying* menghasilkan TPC, TFC dan minyak esensial yang lebih tinggi pada jahe kering. Hal ini

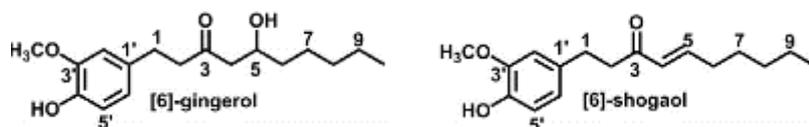
dapat terjadi diduga karena adanya perbedaan suhu pengeringan. Suhu pengeringan *vacuum drying* lebih tinggi daripada *freeze drying* seperti pada penelitian Ghasemzadeh *et al* (2016). Hal tersebut mengakibatkan adanya pembentukan senyawa-senyawa baru yang memiliki aktivitas antioksidan akibat panas yang menimbulkan kondisi stress pada sel bahan (Ghasemzadeh *et al.*, 2018). Hal tersebut terbukti pada penelitian Ghasemzadeh *et al* (2016) dimana pada hasil pengujian senyawa antioksidan terdapat peningkatan kadar shogaol selama pengeringan dan kadar shogaol tertinggi terdapat pada jahe kering hasil *vacuum drying*. Selain shogaol, terdapat senyawa lain yang terbentuk selama pengeringan yaitu *cinnamic acid* dan *syringic acid* di mana kedua senyawa tersebut tergolong senyawa fenolik yang tidak teridentifikasi pada jahe segar namun teridentifikasi pada jahe setelah pengeringan (Ghasemzadeh *et al.*, 2016).

Berdasarkan penelitian Ghasemzadeh *et al* (2018), senyawa antioksidan pada jahe seperti gingerol mengalami kerusakan seiring meningkatnya perlakuan suhu pengeringan pada metode *hot air drying* yaitu pada suhu pengeringan 150 °C dan 180 °C. Di sisi lain, penelitian Mustafa *et al* (2019) dan Chumroenphat *et al* (2011) menghasilkan hasil yang berbeda dari penelitian An *et al* (2016); Ghafoor *et al* (2020); Offei-Oknye *et al* (2015) di mana senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan pada jahe kering hasil pengeringan *oven drying* lebih tinggi daripada aktivitas antioksidan pada jahe kering hasil pengeringan *freeze drying*. Pada penelitian Mustafa *et al* (2019), aktivitas antioksidan jahe hasil *sun drying* lebih tinggi daripada jahe hasil *oven drying* dan *freeze drying*. Hal tersebut dapat terjadi karena pada penelitian Mustafa *et al* (2019), *oven drying* dilakukan pada suhu 60 °C selama 4 hari sementara *sun drying* dilakukan pada suhu 28-44 °C selama 3 hari sehingga senyawa antioksidan jahe hasil *oven drying* jauh lebih rendah karena tingkat degradasi yang tinggi akibat suhu dan waktu pengeringan yang lebih tinggi.

Perbedaan antara hasil penelitian Mustafa *et al* (2019) dan Chumroenphat *et al* (2011) dengan penelitian An *et al* (2016); Ghafoor *et al* (2020); Offei-Oknye *et al* (2015) dapat terjadi karena beberapa faktor seperti terbentuknya senyawa baru yang memiliki aktivitas antioksidan seperti pada penelitian Ghasemzadeh *et al* (2018). Pembentukan senyawa baru dapat terjadi karena adanya kondisi stres akibat pengeringan pada rimpang yang memicu sel tumbuhan mensintesis senyawa antioksidan untuk memperbaiki jaringan

yang rusak akibat pengeringan (Mustafa *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian Chumroenphat *et al* (2011), pengeringan jahe dengan oven pada suhu 60 °C menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi jika dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya yaitu *sun drying*, *freeze drying*, *oven drying* dengan suhu 40 °C, 50 °C, dan 70 °C. Hal tersebut menunjukkan adanya senyawa antioksidan lain yang terbentuk selama pemanasan namun senyawa tersebut akan terdegradasi saat suhu pengeringan mencapai suhu yang terlalu tinggi (dalam penelitian ini 70 °C). Senyawa antioksidan baru yang terbentuk selama pengeringan jahe adalah shogaol (Idris & Takai, 2019; Ghasemzadeh *et al.*, 2016). Shogaol itu sendiri adalah senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi daripada gingerol (Lu *et al.*, 2014). Pada metode *oven drying*, jika dibandingkan berdasarkan perlakuan suhu pengeringannya, terdapat peningkatan aktivitas antioksidan jahe kering seiring meningkatnya suhu dari 40 °C hingga 60 °C. Selain karena adanya senyawa antioksidan baru yang terbentuk, hal tersebut dapat terjadi karena pada penelitian Chumroenphat *et al* (2011), jahe dikeringkan hingga mencapai kadar air 8-10% sehingga semakin rendah suhu pengeringan, semakin lama waktu pengeringan dan semakin lama juga paparan panas terhadap antioksidan sehingga kerusakan antioksidan semakin tinggi.

Pada penelitian Ghasemzadeh *et al* (2018) terdapat hasil penelitian yang menyatakan adanya peningkatan shogaol seiring menurunnya jumlah gingerol. Gingerol mengalami perubahan menjadi shogaol saat terpapar suhu tinggi melalui pengeringan/dehidrasi. Saat terpapar suhu tinggi selama pengeringan, bagian  $\beta$ -hydroxy ketone pada gingerol menjadi tidak stabil dan dapat mengkonversi gingerol menjadi shogaol sehingga kadar shogaol meningkat (Ghasemzadeh *et al.*, 2018). Gambar struktur gingerol dan shogaol dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Struktur (6)-gingerol dan (6)-Shogaol (Lu *et al.*, 2014)

Berdasarkan penelitian Ghasemzadeh *et al* (2018), peningkatan shogaol terjadi pada suhu pengeringan 120 °C dan 150 °C namun mulai mengalami penurunan pada suhu 180 °C

akibat terjadinya degradasi dan polimerisasi pada shogaol karena suhu yang terlalu tinggi. Pada penelitian tersebut terdapat hasil pengujian aktivitas antioksidan pada jahe kering dengan metode pengeringan yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, metode pengeringan HAD (*Hot air drying*) menghasilkan aktivitas antioksidan jahe kering yang paling tinggi daripada 2 metode lainnya yaitu OSD (*Open sun drying*) dan STD (*Solar tunnel drying*). Hal tersebut dapat terjadi karena suhu pengeringan HAD yang tinggi menyebabkan pembentukan shogaol yang semakin tinggi juga daripada metode OSD dan STD. Walaupun semakin banyak gingerol yang terdegradasi, pembentukan shogaol yang meningkat menyebabkan aktivitas antioksidannya juga meningkat karena shogaol memiliki kemampuan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada gingerol. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Dugasani *et al* (2010); Lu *et al* (2014) yang menunjukkan aktivitas antioksidan 6-shogaol lebih tinggi daripada aktivitas antioksidan 6-gingerol dan 6-dehydrogingerdione. Menurut Lu *et al* (2014) & Dugasani *et al* (2010), aktivitas antioksidan shogaol lebih tinggi daripada gingerol karena adanya  $\alpha,\beta$ -unsaturated ketone (ikatan ganda pada C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub>) pada struktur shogaol seperti pada Gambar 17.

Selain suhu, faktor cahaya dan paparan oksigen juga diduga mempengaruhi aktivitas antioksidan pada jahe. Pada penelitian Suhendra (2016), pengeringan jahe dengan sinar matahari menghasilkan jahe kering yang aktivitas antioksidannya lebih rendah daripada jahe yang dikeringkan dengan oven. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin tinggi paparan oksigen, maka senyawa antioksidan akan bereaksi dengan oksigen yang bersifat reaktif (Madhavi *et al.*, 1996). Di sisi lain, terdapat penelitian yang memiliki hasil berkebalikan dengan penelitian Suhendra (2016) di mana pengeringan dengan sinar matahari menghasilkan aktivitas antioksidan jahe kering yang lebih tinggi daripada pengeringan dengan oven (Mustafa *et al.*, 2019). Hal tersebut diduga dapat terjadi karena adanya paparan sinar matahari atau UVB yang menyebabkan bahan mengalami stress dan memicu pembentukan senyawa baru yang memiliki aktivitas antioksidan sebagai bentuk pertahanan diri (Mustafa *et al.*, 2019).

Jahe juga mengandung berbagai macam jenis minyak esensial. Berdasarkan penelitian El-baky *et al* (2010), salah satu minyak esensial jahe yang memiliki aktivitas antioksidan

adalah *sesquiphellandrene*. Selain sebagai minyak esensial, *sesquiphellandrene* juga sering disebut sebagai *volatile oil* sehingga *sesquiphellandrene* termasuk minyak esensial yang memiliki sifat tidak tahan suhu tinggi. Hal tersebut selaras dengan hasil penelitian Huang *et al* (2012) yang menyatakan bahwa pengeringan jahe dengan oven menurunkan kadar *sesquiphellandrene* (10.2%) dibandingkan dengan kadar *sesquiphellandrene* pada jahe segar (10.4%) dan jahe kering hasil pengeringan dengan *silica gel* (12.2%).

### 3.1.2. Temulawak & Kunyit

Temulawak dan kunyit merupakan bahan herbal yang berasal dari famili *Zingiberaceae* (Widaryanto & Nur 2018). Keduanya memiliki senyawa kurkumin yang tinggi. Kurkumin termasuk ke dalam golongan kurkuminoid. Selain kurkumin, terdapat senyawa lain yang termasuk dalam golongan kurkuminoid. Terdapat 3 jenis senyawa utama yang termasuk ke dalam golongan kurkuminoid yaitu kurkumin, *monodemethoxycurcumin*, dan *bisdemethoxycurcumin* (Lechtenberg *et al.*, 2004). Menurut Kementerian Kesehatan RI (2017), salah satu syarat mutu simplisia temulawak kering adalah mengandung minyak atsiri tidak kurang dari 1,20% v/b dan mengandung kurkumin tidak kurang dari 2,30% sementara syarat mutu simplisia kunyit kering adalah mengandung minyak atsiri tidak kurang dari 1,85% v/b dan mengandung kurkumin tidak kurang dari 3,82%. Gambar simplisia temulawak dan kunyit kering dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Simplisia rimpang temulawak (A); simplisia rimpang kunyit (B)  
(Kementerian Kesehatan RI, 2017)

Pada Tabel 5 tercantum aktivitas antioksidan temulawak dan kunyit setelah pengeringan. Pada penelitian Otaviana *et al* (2011), metode pengeringan yang digunakan pada

pengeringan temulawak adalah *sun drying* atau sinar matahari langsung (tanpa penutup) dan *solar drying* (menggunakan *solar dryer*). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, aktivitas antioksidan pada temulawak kering hasil pengeringan dengan sinar matahari langsung memiliki nilai persen inhibisi yang lebih rendah daripada temulawak kering hasil pengeringan dengan *solar dryer*. Aktivitas antioksidan temulawak yang dikeringkan dengan sinar matahari langsung dan *solar dryer* secara berturut-turut adalah sebesar 20,190% dan 24,236 %, begitu juga dengan kadar kurkuminoidnya (Otaviana *et al.*, 2011). Kadar kurkuminoid temulawak yang dikeringkan dengan sinar matahari langsung lebih rendah (0,342%) daripada dengan *solar dryer* (0,422%) (Otaviana *et al.*, 2011). Menurut Otaviana *et al* (2011), penggunaan metode pengeringan sinar matahari langsung dengan suhu berkisar 28-45 °C memungkinkan terjadinya degradasi kurkuminoid. Dibandingkan dengan pengeringan *solar dryer*, suhu pengeringan pada metode sinar matahari langsung lebih tinggi, sehingga kadar kurkuminoidnya lebih rendah karena lebih banyak kurkuminoid yang terdegradasi. Perbedaan suhu tersebut terjadi karena sinar matahari pada pengeringan dengan *solar dryer* tidak langsung mengenai temulawak sehingga suhunya lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan menggunakan sinar matahari langsung.

Selain kurkuminoid, senyawa antioksidan lain seperti fenol juga mengalami degradasi selama pengeringan seiring meningkatnya suhu. Hasil penelitian Otaviana *et al* (2011) menunjukkan bahwa pengeringan dengan sinar matahari langsung memiliki total fenol yang lebih rendah (1,068%) daripada dengan *solar dryer* (2,321%). Hal tersebut dapat terjadi karena sinar matahari langsung menyebabkan senyawa fenol lebih mudah menguap dibandingkan dengan *solar dryer* yang penguapannya dapat lebih ditekan karena tingkat kelembaban pada solar dryer tinggi (Otaviana *et al.*, 2011). Pengaruh tingginya suhu terhadap degradasi kurkuminoid dan senyawa fenol ini juga selaras dengan hasil penelitian Hadi *et al* (2018) di mana metode pengeringan temulawak menggunakan *freeze drying* dapat mempertahankan kadar kurkuminoid temulawak lebih baik daripada pengeringan dengan oven. Selain suhu, paparan cahaya juga mempengaruhi aktivitas antioksidan temulawak. Paparan sinar UV yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi zat-zat yang terkandung pada temulawak seperti kurkuminoid dan fenol karena keduanya bersifat fotosensitif (Otaviana *et al.*, 2011). Hal tersebut selaras dengan hasil

penelitian Otaviana *et al* (2011) yang melaporkan kadar kurkuminoid dan fenol pada temulawak yang dikeringkan dengan sinar matahari dan *solar dryer* tanpa kain penutup memiliki nilai yang lebih rendah daripada pengeringan dengan kain penutup begitu juga dengan aktivitas antioksidannya.

Pada penelitian Otaviana *et al* (2011), metode pengeringan dengan sinar matahari langsung tanpa kain penutup dan metode *solar dryer* dengan kain penutup pada pengeringan temulawak membuktikan bahwa oksigen, sinar UV, dan suhu merupakan faktor-faktor yang dapat mendegradasi senyawa kurkuminoid dan fenol pada temulawak.

Pada penelitian Chumroenphat *et al* (2020), aktivitas antioksidan kunyit dinyatakan dalam mg TE/100 g (*Trolox Equivalent*) yang berarti sampel yang diuji (kunyit) memiliki aktivitas antioksidan setara dengan aktivitas antioksidan senyawa trolox pada konsentrasi tersebut (data terdapat pada Tabel 5). Pada penelitian Chumroenphat *et al* (2020), metode pengeringan yang digunakan untuk kunyit diantaranya adalah *freeze drying*, *hot air drying*, dan *sun drying*. Pengeringan dengan *hot air drying* dilakukan menggunakan oven dengan suhu 50 °C sedangkan rentang suhu *sun drying* adalah 35–45°C. Berbeda dengan hasil dan pembahasan sebelumnya tentang aktivitas antioksidan temulawak kering, berdasarkan hasil penelitian Chumroenphat *et al* (2020), aktivitas antioksidan kunyit yang dikeringkan dengan *hot air drying* memiliki nilai tertinggi daripada 2 metode lainnya. Pada penelitian Chumroenphat *et al* (2020) aktivitas antioksidan kunyit kering hasil *hot air drying* (HD) > *freeze drying* (FD) > *sun drying* (SD). Meski begitu, menurut hasil analisis Chumroenphat *et al* (2020), nilai aktivitas antioksidan kunyit hasil HD dan FD tidak berbeda jauh (tidak signifikan). Jika dilihat dari sisi jumlah TPC dan TFC (FD > HD > SD), maka terdapat kesenjangan pada hasil penelitian Chumroenphat *et al* (2020) mengingat sifat senyawa fenolik dan flavonoid yang sensitif terhadap suhu, cahaya, dan oksigen sehingga seharusnya penurunan kedua golongan senyawa antioksidan tersebut juga selaras dengan hasil pengujian aktivitas antioksidannya. Namun pada hasil penelitiannya, aktivitas antioksidan yang paling tinggi terdapat pada perlakuan HD dan bukan FD. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor.

Pada dasarnya, suhu pengeringan akan mempengaruhi kadar fenolik kunyit seperti pada hasil penelitian Chumroenphat *et al* (2020) di mana TPC dan TFC kunyit pada metode pengeringan FD memiliki jumlah yang tertinggi diikuti dengan HD dan SD. Walaupun TPC dan TFC pada kunyit hasil HD lebih rendah daripada kunyit hasil FD, namun aktivitas antioksidannya tetap lebih tinggi. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya senyawa antioksidan lain pada kunyit yaitu kurkuminoid.

Terdapat 3 jenis kurkuminoid yang banyak ditemui pada kunyit yaitu *bisdemethoxycurcumin*, *demethoxycurcumin*, dan *curcumin* (Monton *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian Cahyono *et al* (2011), jumlah *bisdemethoxycurcumin* pada temulawak sangat rendah. Secara keseluruhan, kunyit mengandung kurkuminoid lebih banyak daripada temulawak dalam bentuk kurkumin, demetoksikurkumin, maupun *bisdemethoxycurcumin* (Lechtesnberg *et al.*, 2004). Pada penelitian Chumroenphat *et al* (2020) kadar kurkuminoid pada kunyit mengalami penurunan mulai dari kunyit segar hingga kunyit kering dengan perlakuan metode pengeringan secara berurutan mulai dari FD (1742 µg/g), HD, dan SD (1165 µg/g).

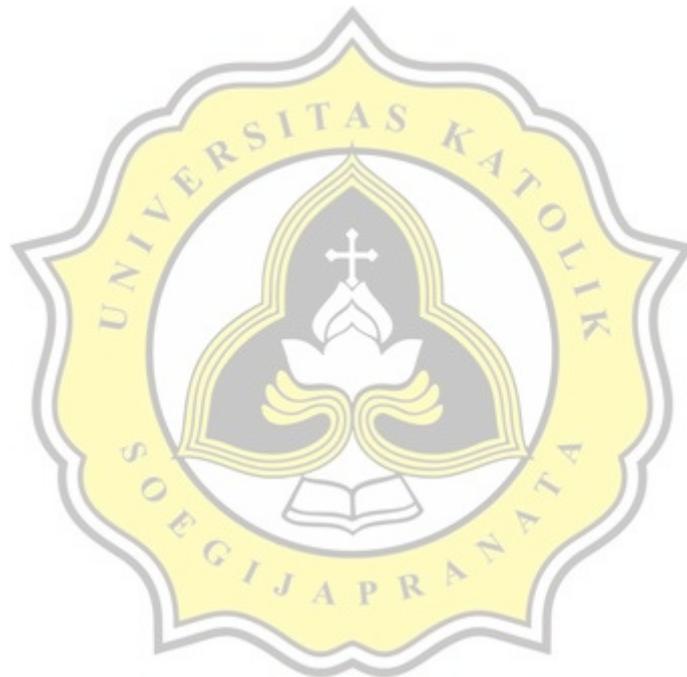
Berdasarkan penelitian Lechtenberg *et al* (2004), diantara ketiga jenis kurkuminoid, kurkumin merupakan senyawa kurkuminoid yang paling banyak pada kunyit dibandingkan dengan 2 jenis kurkuminoid lainnya. Berdasarkan sensitifitasnya terhadap panas, kurkumin merupakan senyawa yang paling sensitif terhadap panas diikuti dengan demetoksikurkumin dan *bisdemethoxycurcumin* (Chumroenphat *et al.*, 2020). Kurkumin juga tergolong senyawa fenolik. Oleh karena itu, terdapat penurunan kurkumin yang drastis pada kunyit yang dikeringkan dengan metode HD dan SD mengingat kondisi pengeringan yang terpapar suhu tinggi, sinar UV dan udara. Saat kurkumin terdegradasi, kurkumin mengalami perubahan menjadi senyawa asam fenolat seperti vanillin, *ferulic acid* dan *vanillic acid* (Chumroenphat *et al.*, 2020). Selain senyawa-senyawa tersebut, terdapat senyawa asam fenolat lain yang terdapat pada kunyit. Berdasarkan penelitian Chumroenphat *et al* (2020), terdapat 2 jenis senyawa asam fenolat pada kunyit yaitu *hydroxybenzoic acids* (*gallic*, *protocatechuic* dan *p-hydroxybenzoic acids*) dan *hydroxycinnamic acids* (*chlorogenic*, *caffeic*, *p-coumaric*, *ferulic* dan *sinapic acids*). Kedua jenis asam tersebut adalah turunan dari asam amino *phenylalanine* (Chumroenphat

*et al.*, 2020). Pada penelitian Chumroenphat *et al* (2020), kadar asam amino *phenylalanine* pada kunyit segar menurun seiring meningkatnya suhu pengeringan mulai dari metode FD, HD, dan SD. Pengeringan SD memiliki suhu pengeringan yang lebih rendah dari HD, pengeringan dengan SD dilakukan dengan waktu yang jauh lebih lama daripada pengeringan dengan HD yaitu 3-5 hari sehingga kunyit lebih lama terpapar panas, sinar UV dan udara (Chumroenphat *et al.*, 2020). Sementara itu, kadar total senyawa asam fenolat meningkat mulai dari kunyit segar, kunyit kering hasil metode FD, HD, dan SD. Meski begitu, TPC, TFC, dan kadar kurkuminoid total pada kunyit hasil pengeringan SD tetap jauh lebih rendah daripada kunyit hasil HD dan FD sehingga aktivitas antioksidannya terendah. Terbentuknya senyawa baru yang memiliki aktivitas antioksidan (asam fenolat) akibat pemanasan menjadi salah satu faktor tingginya aktivitas antioksidan kunyit hasil HD (lebih tinggi daripada kunyit hasil FD) (Chumroenphat *et al.*, 2020).

Temulawak dan kunyit juga memiliki berbagai macam minyak esensial yang dapat berperan sebagai antioksidan. Pada penelitian Gounder & Lingamallu (2012) dan Singh *et al* (2010), *ar-turmerone* merupakan minyak esensial yang paling banyak dibandingkan dengan minyak esensial lainnya yang terdapat pada kunyit. Berbeda dengan kunyit, senyawa minyak esensial yang paling banyak pada temulawak adalah xanthorrhizol (Jantan *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian Jantan *et al* (2012), *ar-turmerone* dan xanthorrhizol memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Aktivitas antioksidan xanthorrhizol lebih tinggi daripada *ar-turmerone* karena xanthorrhizol memiliki gugus hidroksil (fenolik).

Pada penelitian Singh *et al* (2010), aktivitas antioksidan kunyit yang dikeringkan lebih rendah dari aktivitas antioksidan kunyit segar sesuai dengan kadar *ar-turmerone* yang dianalisa. Kadar minyak esensial *ar-turmerone* pada kunyit segar lebih tinggi daripada kunyit kering sehingga hal ini mengindikasikan penurunan *ar-turmerone* akibat pengeringan juga menurunkan aktivitas antioksidannya (Singh *et al.*, 2010). Xanthorrhizol juga memiliki sifat yang tidak stabil terhadap panas seperti pada penelitian Anggarani *et al* (2018) di mana kadar xanthorrhizol pada temulawak menurun seiring

meningkatnya suhu pengeringan mulai dari suhu 70 °C (67.40% xanthorrhizol), 80 °C (67.32% xanthorrhizol), dan 90 °C (60.05% xanthorrhizol).



**Tabel 6. Pengaruh Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bahan Herbal Berbasis Bunga.**

No.	Bahan Herbal	Metode/Alat Pengeringan	Suhu (°C)	Kadar air (%)	Rata-rata Aktivitas Antioksidan (DPPH)				Sumber
					% inhibisi	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	IC <sub>50</sub> (ppm)	IC <sub>50</sub> (µg/mL)	
1.	Bunga Rosela ( <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	<i>Hot air drying</i> (Oven)	60	<8	54,804	-	-	-	(Nguyen & Chuyen, 2020)
		<i>Hot air drying</i> (Oven)	80	<8	59,334	-	-	-	
		<i>Hot air drying</i> (Oven)	100	<8	45,389	-	-	-	
		<i>Hot air drying</i> (Oven)	120	<8	46,654	-	-	-	
2.	Bunga Rosela ( <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	<i>Cabinet dryer</i>	60	-	-	-	-	46,35 (AEAC)	(Mardiah <i>et al.</i> , 2015)
		<i>Fluidized bed dryer</i>	70	-	-	-	-	39,68 (AEAC)	
3.	Bunga Krisan ( <i>Crhysantehmum</i> sp)	<i>Oven drying</i>	50	8,07	-	-	139,19	-	(Yulianti <i>et al.</i> , 2019)
		<i>Oven drying</i>	55	6,39	-	-	348,49	-	
		<i>Oven drying</i>	60	5,65	-	-	740,05	-	
4.	Bunga Telang ( <i>Clitoria ternatea</i> L.)	<i>Oven drying</i>	50	-	-	-	128,25	-	(Martini <i>et al.</i> , 2020)
		<i>Oven drying</i>	60	-	-	-	160,21	-	
		<i>Oven drying</i>	70	-	-	-	174,38	-	

Keterangan :

AEAC = Ascorbic Acid Equivalent Antioxidant Capacity

### 3.2. Bunga

Menurut Widaryanto & Nur (2018), bunga merupakan salah satu kelompok tumbuhan herbal yang mulai sering dimanfaatkan khasiatnya. Umumnya, bunga suatu tumbuhan diambil dan diolah menjadi teh herbal dalam bentuk teh celup maupun seduh. Bunga rosela, krisan, dan telang adalah beberapa macam bunga yang telah diteliti untuk mengetahui senyawa fungsional didalamnya serta pengaruh pengeringan terhadap aktivitas antioksidan pada bahan herbal tersebut. Pada Tabel 6., terdapat data aktivitas antioksidan pada bunga rosela, krisan, dan telang yang telah dikeringkan dengan berbagai macam metode pengeringan.

Berdasarkan tabel 6., terdapat data hasil penelitian Yulianti *et al* (2019) mengenai perubahan aktivitas antioksidan bunga krisan yang dikeringkan dengan oven pada perlakuan suhu yang berbeda yaitu 50 °C, 55 °C, dan 60 °C. Aktivitas antioksidan bunga krisan kering dinyatakan dalam IC<sub>50</sub>. Nilai IC<sub>50</sub> yang paling rendah terdapat pada perlakuan pengeringan dengan suhu 50 °C yaitu sebesar 139,19 ppm (aktivitas antioksidan sedang) (Yulianti *et al.*, 2019). Hal tersebut menyatakan bahwa pada suhu pengeringan 50 °C, aktivitas antioksidan bunga krisan kering mengalami penurunan yang paling rendah daripada pengeringan dengan suhu 55 °C dan 60 °C yang memiliki nilai IC<sub>50</sub> sebesar 348,49 ppm (aktivitas antioksidan sangat lemah) dan 740,05 ppm (aktivitas antioksidan sangat lemah) sehingga dapat disimpulkan bahwa pengeringan bunga krisan dengan oven suhu 50 °C dapat menghasilkan bunga krisan kering dengan aktivitas antioksidan yang paling tinggi (aktivitas antioksidan tergolong sedang) dan pengeringan dengan oven suhu 60 °C menghasilkan bunga krisan kering dengan aktivitas antioksidan yang paling rendah (tergolong sangat lemah) sesuai dengan penelitian Ozola *et al* (2019) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, maka senyawa antioksidan pada bahan semakin tidak stabil dan dapat mengalami kerusakan. Menurut Lin & Harnly (2010), salah satu senyawa antioksidan yang terdapat pada bunga krisan adalah flavonoid. Jenis flavonoid yang terdapat pada bunga krisan adalah flavon, flavanon, dan flavonol. Penurunan aktivitas antioksidan seiring meningkatnya suhu pengeringan bunga krisan disebabkan oleh kerusakan flavonoid pada bunga krisan. Flavonoid memiliki sifat yang sensitif terhadap panas (Syafriada *et al.*, 2018). Selama pengeringan, flavonoid mengalami degradasi dengan adanya pemutusan rantai molekul serta adanya reaksi oksidasi yang

menyebabkan gugus hidroksil teroksidasi (Rifkia & Prabowo, 2020). Berdasarkan syarat mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI (2017), simplisia bunga krisan kering harus mengandung flavonoid total tidak kurang dari 0,33% dihitung sebagai mirisetin. Pada Gambar 19, terdapat gambar simplisia bunga krisan kering.



Gambar 19. Simplisia bunga krisan (Kementerian Kesehatan RI, 2017)

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2017), adapun syarat mutu simplisia bunga rosella kering adalah mengandung abu total tidak lebih dari 5,6%, abu tidak larut asam tidak lebih dari 0,2%, kadar antosianin total tidak kurang dari 0,02% dihitung sebagai sianidin-3-O-glukosida. Gambar simplisia bunga rosella kering dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Simplisia kelopak bunga rosella (Kementerian Kesehatan RI, 2017)

Pada penelitian Nguyen & Chuyen (2020), terdapat hasil pengujian aktivitas antioksidan pada bunga rosella yang dikeringkan dengan metode *hot air drying* pada 4 perlakuan suhu yang berbeda-beda yaitu 60 °C, 80 °C, 100 °C, dan 120 °C. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa pada suhu 120 °C aktivitas antioksidan pada bunga rosella menurun secara drastis bila dibandingkan dengan aktivitas antioksidan bunga rosella yang

dikeringkan pada suhu 80 °C yaitu dari 59,334% (suhu 80 °C) menjadi 46,654% (suhu 120 °C) (Nguyen & Chuyen, 2020). Penurunan aktivitas antioksidan tersebut disebabkan karena peningkatan suhu pengeringan yang dapat mendegradasi senyawa antioksidan.

Pada penelitian Nguyen & Chuyen (2020), pengeringan pada suhu 60 °C menghasilkan aktivitas antioksidan bunga rosela kering sebesar 54,804%. Nilai persen inhibisi tersebut lebih rendah dari nilai persen inhibisi bunga rosela yang dikeringkan pada suhu 80 °C. Hal tersebut dapat terjadi karena pada suhu 60 °C proses pengeringan berlangsung dengan waktu yang lebih lama yaitu 22 jam sehingga senyawa antoksidan pada bunga rosela mengalami degradasi yang lebih besar akibat paparan panas, oksigen, dan cahaya dalam waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pengeringan pada suhu 80 °C yang hanya berlangsung selama 9 jam (Nguyen & Chuyen, 2020). Pada penelitian tersebut, pengeringan dengan suhu 80 °C menghasilkan TPC yang paling tinggi daripada pengeringan dengan suhu 60 °C, 100 °C, dan 120 °C. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian aktivitas antioksidan yang dinyatakan dalam satuan nilai persen inhibisi maupun IC<sub>50</sub> (mg/ml) di mana bunga rosela yang dikeringkan pada suhu 80 °C memiliki aktivitas antioksidan yang tertinggi (Nguyen & Chuyen, 2020). Hal tersebut mendukung hasil penelitian Nguyen & Chuyen (2020) yang menyatakan bahwa paparan cahaya dan oksigen yang terlalu lama dapat mendegradasi senyawa antioksidan pada bunga rosela dalam jumlah yang banyak. Penelitian Mardiah *et al* (2015) juga menyatakan bahwa pengeringan dengan suhu yang tinggi pada *fluidized bed dryer* (70 °C) menghasilkan rosela kering dengan aktivitas antioksidan yang rendah jika dibandingkan dengan rosela hasil pengeringan *cabiner dryer* (60 °C) (aktivitas antioksidan dinyatakan sebagai mg AEAC/ 100 g yang berarti bahwa aktivitas antioksidan sampel yang diuji setara dengan aktivitas antioksidan vitamin C pada konsentrasi tersebut).

Selain akibat terdegradasinya senyawa fenol pada bunga rosela, penurunan aktivitas antioksidan akibat pengeringan pada bunga rosela juga disebabkan karena adanya degradasi senyawa antioksidan lain seperti vitamin C. Vitamin C yang disebut juga dengan asam askorbat memiliki sifat yang sensitif terhadap panas, cahaya, dan oksigen. Pada penelitian Mardiah *et al* (2015), vitamin C pada rosela mengalami penurunan setelah dikeringkan yaitu dari 21,81 mg/100 g (rosela segar) menjadi 1,97 mg/100 g (rosela

kering hasil *cabinet drying*) begitu juga dengan kapasitas antioksidannya. Hal tersebut membuktikan bahwa vitamin C memiliki sifat yang sangat tidak stabil terhadap panas. Penurunan vitamin C terjadi akibat adanya reaksi oksidasi pada vitamin C. Oksidasi vitamin C akan mengubah struktur vitamin C dari asam askorbat menjadi asam L-dehidroaskorbat (Amanto *et al.*, 2016). Asam dehidro-L-askorbat mudah terhidrolisis menjadi 2,3 diketogulonat yang tidak memiliki aktivitas antioksidan seperti asam askorbat (Amanto *et al.*, 2016).

Pada penelitian Martini *et al* (2020), aktivitas antioksidan pada bunga telang yang dikeringkan dengan 3 suhu pengeringan yang berbeda memiliki nilai  $IC_{50}$  yang berbeda juga. Adapun aktivitas antioksidan ( $IC_{50}$ ) bunga telang kering yang dikeringkan pada suhu 50 °C, 60 °C, dan 70 °C secara berturut-turut adalah sebesar 128,25 ppm; 160,21 ppm; 174,38 ppm (Martini *et al.*, 2020). Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya penurunan aktivitas antioksidan seiring meningkatnya suhu pengeringan. Semakin tinggi nilai  $IC_{50}$  maka semakin rendah aktivitas antioksidannya (Mustafa *et al.*, 2019). Berdasarkan nilai  $IC_{50}$ , bunga telang yang dikeringkan pada suhu 50 °C memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong sedang, sedangkan bunga telang yang dikeringkan pada suhu 60 °C dan 70 °C memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong lemah (Martini *et al.*, 2020). Penurunan aktivitas antioksidan tersebut juga sesuai dengan hasil pengujian kadar total fenol bunga telang kering di mana pada kadar total fenol mengalami penurunan saat suhu pengeringan meningkat yaitu 515,48 mg/100g (suhu pengeringan 50 °C), 440,81 mg/100g (suhu pengeringan 60 °C), dan 263,75 mg/100g (suhu pengeringan 70 °C) (Martini *et al.*, 2020).

Salah satu senyawa antioksidan yang terdapat pada bunga rosela dan telang adalah antosianin (Piovesana *et al.*, 2019; Jaafar *et al.*, 2020). Seperti sifat senyawa antioksidan lainnya, antosianin juga sensitif terhadap panas dan oksigen sehingga mudah teroksidasi selama proses pengeringan.

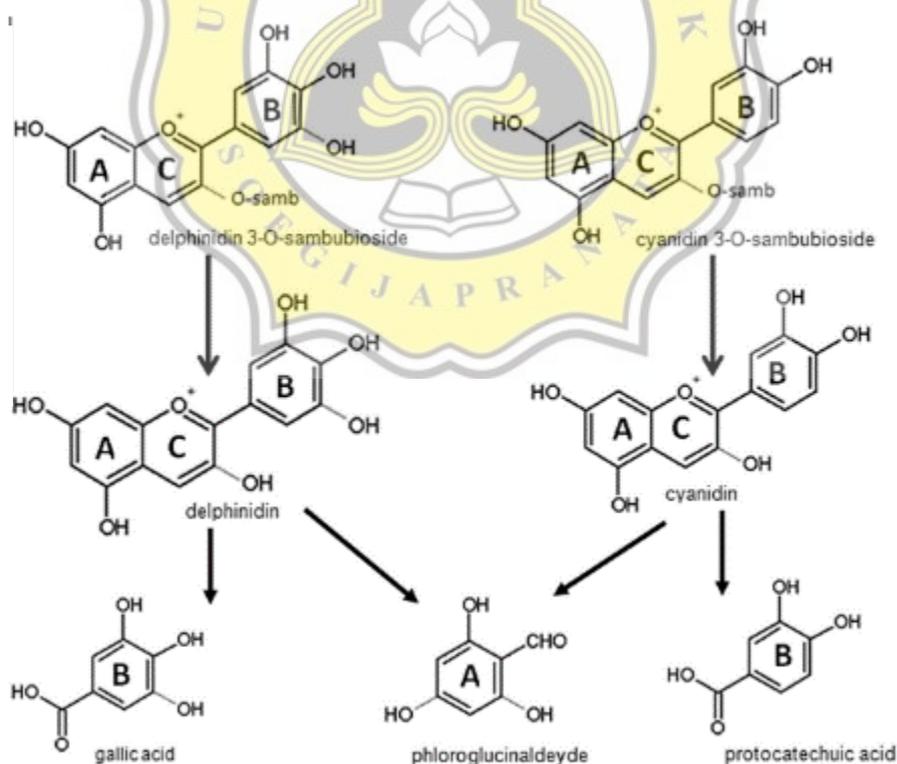
Pada penelitian Mardiah *et al* (2015) terdapat hasil penelitian mengenai pengaruh pengeringan terhadap antosianin pada bunga rosela. Kadar antosianin yang dikeringkan mengalami penurunan drastis yaitu dari 255,83 ppm (rosela segar) menjadi 71,65 ppm

(rosela kering hasil *cabinet drying*). Penurunan antiosianin akibat tingginya suhu selama pengeringan juga terbukti pada penelitian Martini *et al* (2020) yang menyatakan antiosianin pada bunga rosela yang dikeringkan dengan oven pada suhu 50 °C memiliki kadar antiosianin yang lebih tinggi daripada pengeringan dengan suhu 60 °C.

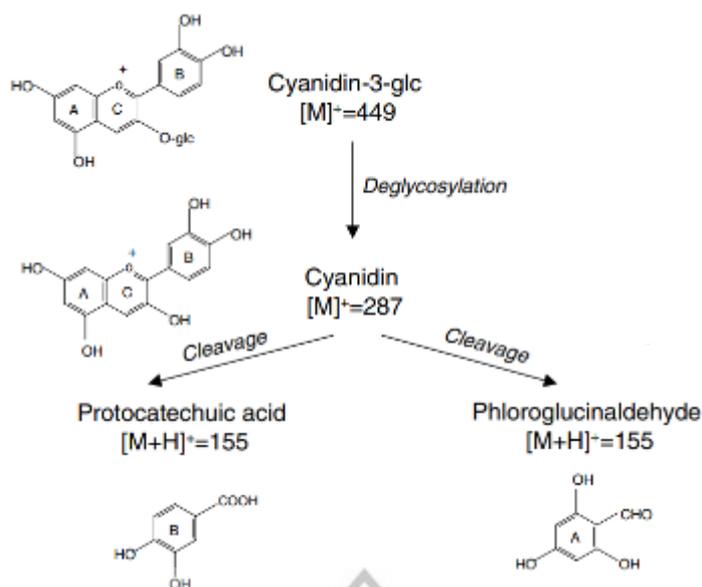
Penurunan antiosianin juga dipengaruhi oleh metode pengeringan seperti pada hasil penelitian Mardiah *et al* (2012) dan Mardiah *et al* (2015) yang menggunakan 2 metode pengeringan yaitu *cabinet dryer* dan *fluidized bed dryer*. Pada kedua penelitian tersebut, pengeringan dengan *cabinet dryer* menghasilkan kadar antiosianin yang lebih tinggi daripada pengeringan dengan *fluidized bed dryer* yaitu sebesar 71,65 ppm (*cabinet dryer*) dan 52,89 ppm (*fluidized bed dryer*) (Mardiah *et al.*, 2015). Hal tersebut dapat terjadi karena ukuran rosela yang berbeda pada kedua metode pengeringan. Pada pengeringan *fluidized bed drying*, ukuran potongan rosela lebih kecil daripada ukuran potongan rosela pada *cabinet drying*. Semakin kecil ukuran potongan rosela, semakin besar luas permukaan rosela. Semakin besar luas permukaannya, semakin merata persebaran panas pada rosela (Mardiah *et al.*, 2012). Tiupan udara panas dari *blower* terhadap sampel pada metode *fluidized bed drying* mengakibatkan teraduknya sampel secara sempurna sehingga penyebaran panas merata dan proses pengeringan berlangsung dengan cepat. Semakin luas permukaannya, semakin cepat persebaran panas pada sampel sehingga sampel semakin cepat terpapar suhu tinggi dan menyebabkan laju reaksi oksidasi antiosianin yang juga semakin cepat (Mardiah *et al.*, 2015). Selain suhu, stabilitas antiosianin juga dipengaruhi oleh paparan cahaya seperti pada senyawa antioksidan lainnya. Kerusakan antiosianin pada rosella dapat mengubah aktivitas antioksidannya seperti pada penelitian Mardiah *et al* (2015) yang menyatakan aktivitas antioksidan rosella yang dikeringkan dengan suhu lebih tinggi memiliki nilai yang lebih rendah.

Turunan senyawa antiosianin yang sering ditemukan pada berbagai macam tumbuhan seperti bunga rosela dan telang adalah *cyanidin* dan *delphinidin* (Sinela *et al.*, 2017; Wiyantoko & Astuti, 2020). Berdasarkan penelitian Sinela *et al* (2017), jenis *cyanidin* dan *delphinidin* yang terdapat pada bunga rosela adalah *cyanidin-3-O-sambubioside* dan *delphinidin-3-O-sambubioside*. Sementara jenis *cyanidin* yang terdapat pada bunga telang adalah *cyanidin-3-glucoside* (Wiyantoko & Astuti, 2020). Berdasarkan penelitian

Sinela *et al* (2017), *cyanidin-3-O-sambubioside* dan *delphinidin-3-O-sambubioside* mengalami penurunan seiring meningkatnya suhu penyimpanan bunga rosela. Kedua senyawa tersebut akan terdegradasi akibat panas dan menghasilkan produk degradasi berupa asam fenolat (*gallic acid* dan *protocatechuic acid*) dan *phloroglucinaldehyde* (Fleschhut *et al.*, 2006; Sinela *et al.*, 2017). *Cyanidin-3-glucoside* juga akan terdegradasi akibat panas dan menghasilkan produk degradasi yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu *protocatechuic acid* (Sadilova *et al.*, 2007). Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin tinggi degradasi *cyanidin-3-glucoside*. Degradasi akibat panas menyebabkan adanya perubahan struktur antosianin. Menurut Suzery *et al* (2020), perubahan tersebut terjadi dengan adanya molekul gula yang terlepas dari struktur antosianin dan berubah menjadi *aglycon* yang disebut dengan antosianidin. Setelah molekul gula terlepas dari strukturnya, cincin C akan terlepas juga dari struktur antosianin sehingga ikatan antara cincin A dan B juga akan terlepas dan terpisah yang kemudian akan memicu pembentukan senyawa baru (Suzery *et al.*, 2020). Mekanisme degradasi *cyanidin-3-O-sambubioside*, *delphinidin-3-O-sambubioside* dan *cyanidin-3-glucoside* dapat dilihat pada Gambar 21 dan 22.



Gambar 21. Degradasi *Cyanidin-3-O-sambubioside* dan *Delphinidin-3-O-sambubioside* (Sinela *et al.*, 2017)



Gambar 22. Degradasi *Cyanidin-3-glucoside* (Sadilova et al., 2006)

Produk degradasi *cyanidin-3-O-sambubioside*, *delphinidin-3-O-sambubioside* dan *cyanidin-3-glucoside* yang termasuk senyawa asam fenolat seperti *gallic acid* dan *protocatechuic acid* memiliki aktivitas antioksidan (Maesaroh *et al.*, 2018; Seeram *et al.*, 2001). Meski begitu, hasil penelitian-penelitian yang telah diulas sebelumnya menyatakan bahwa aktivitas antioksidan pada bunga rosela dan telang kering tetap menurun secara drastis seiring menurunnya kadar antosianin dan total fenol akibat peningkatan suhu pengeringan. Diduga perlakuan suhu pengeringan yang tinggi dan faktor-faktor pendukung kerusakan antioksidan lainnya (paparan oksigen dan lama pengeringan) pada penelitian-penelitian tersebut juga merusak produk degradasi antosianin sehingga adanya pembentukan senyawa antioksidan baru tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas antioksidan produk akhir. Pada dasarnya, *gallic acid* atau asam galat memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dari *protocatechuic acid*, namun keduanya tidak stabil terhadap panas (Réblová, 2012). Berdasarkan penelitian Réblová (2012), semakin tinggi suhu pemanasan, maka semakin tinggi penurunan aktivitas antioksidan kedua asam fenolat tersebut karena mengalami kerusakan.

**Tabel 7. Pengaruh Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bahan Herbal Berbasis Daun.**

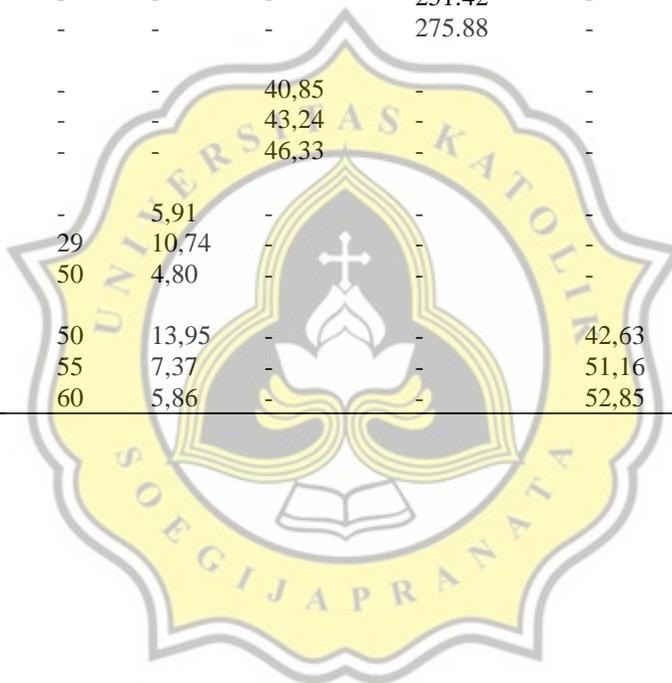
No.	Bahan Herbal	Metode/Alat Pengeringan	Suhu (°C)	Kadar air (%)	Rata-rata Aktivitas Antioksidan (DPPH)				Sumber
					% inhibisi	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	IC <sub>50</sub> (ppm)	IC <sub>50</sub> (µg/mL)	
1.	Daun Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> )	Tray drying	40	<6.16	14.63	-	-	-	(Tummanichanont <i>et al.</i> , 2017)
		Tray drying	50	<6.16	21.21	-	-	-	
		Tray drying	60	<6.16	24.06	-	-	-	
		Freeze drying	-	<6.16	43.26	-	-	-	
		Microwave drying (270 W)	-	<6.16	21.21	-	-	-	
		Microwave drying (450 W)	-	<6.16	23.31	-	-	-	
		Microwave drying (720 W)	-	<6.16	25.87	-	-	-	
2.	Daun Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> )	Oven drying	50	10,70	83,76	-	-	-	(Patin <i>et al.</i> , 2018)
		Oven drying	55	9,18	81,97	-	-	-	
		Oven drying	60	8,16	78,29	-	-	-	
		Oven drying	65	7,08	78,24	-	-	-	
		Oven drying	70	5,27	63,82	-	-	-	
3.	Daun Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> )	Sun drying	-	-	24,11	-	-	-	(Puranik <i>et al.</i> , 2012)
		Hot air drying (oven)	50	-	59,14	-	-	-	
		Vacuum drying	60	-	68,66	-	-	-	
		Freeze drying	-	-	74,33	-	-	-	
4.	Daun Senggani ( <i>Melastoma malabathricum</i> L.)	Sinar matahari langsung	-	5,94	38,06	-	-	-	(Luliana <i>et al.</i> , 2016)
		Sinar matahari tidak langsung	-	8,58	49,19	-	-	-	
		Oven drying	±40	5,28	52,76	-	-	-	
		Air drying	±25	8,96	54,60	-	-	-	
5.	Daun Rambusa ( <i>Passiflora Foetida</i> L.)	Oven drying	40	8,80	44,45	-	-	-	(Nathaniel <i>et al.</i> , 2020)
		Oven drying	50	8,52	53,13	-	-	-	
		Oven drying	60	7,94	41,49	-	-	-	

Lanjutan Tabel 7. Pengaruh Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bahan Herbal Berbasis Daun.

No.	Bahan Herbal	Metode/Alat Pengeringan	Suhu (°C)	Kadar air (%)	Rata-rata Aktivitas Antioksidan (DPPH)				Sumber	
					% inhibisi	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	IC <sub>50</sub> (ppm)	IC <sub>50</sub> (µg/mL)		(mg/100 g)
6.	Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> )	<i>Sun drying</i>	-	-	-	337,91	-	-	-	(Ademiluyi <i>et al.</i> , 2018)
		<i>Oven drying</i>	40	-	-	310,56	-	-	-	
		<i>Freeze drying</i>	-	-	-	251,42	-	-	-	
		<i>Air drying</i>	-	-	-	275,88	-	-	-	
7.	Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> )	<i>Microwave drying</i> (150 W)	-	-	40,85	-	-	-	-	(Potisate & Phoungchandang, 2015)
		<i>Microwave drying</i> (450 W)	-	-	43,24	-	-	-	-	
		<i>Microwave drying</i> (900 W)	-	-	46,33	-	-	-	-	
8.	Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> )	<i>Sun drying</i>	-	5,91	-	-	-	-	268,87 (AAE)	(Setiaboma <i>et al.</i> , 2019)
		<i>Shade drying</i>	29	10,74	-	-	-	-	260,37 (AAE)	
		<i>Cabinet drying</i>	50	4,80	-	-	-	-	218,92 (AAE)	
9.	Daun Pegagan ( <i>Centella asiatica</i> )	<i>Food dehydrator</i>	50	13,95	-	-	42,63	-	-	(Yulianti <i>et al.</i> , 2019)
		<i>Food dehydrator</i>	55	7,37	-	-	51,16	-	-	
		<i>Food dehydrator</i>	60	5,86	-	-	52,85	-	-	

Keterangan :

AAE = Ascorbic Acid Equivalent



### 3.3. Daun

Daun merupakan salah satu bagian tanaman yang banyak dimanfaatkan di Indonesia sebagai bahan herbal. Salah satu pemanfaatannya adalah pembuatan teh herbal dari daun. Teh herbal itu sendiri memiliki pengertian teh yang terbuat dari berbagai macam bagian tumbuhan seperti daun dan biji/akar (Widarta *et al.*, 2018). Terdapat berbagai macam jenis daun yang sering dimanfaatkan di Indonesia seperti daun sambiloto, daun senggani, daun rambusa, daun pegagan, dan daun kelor. Beberapa jenis daun tersebut mengandung senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan. Selama pengeringan, terdapat perubahan aktivitas antioksidan pada beberapa jenis daun tersebut. Perubahan aktivitas antioksidan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

#### 3.3.1. Daun Sambiloto (*Andrographis paniculata*)

Berdasarkan syarat mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI (2017), simplisia herba sambiloto wajib mengandung abu total tidak lebih dari 10,2%, kadar andrografolid tidak kurang dari 0,50% dan susut pengeringan tidak lebih dari 10%. Pada penelitian Tummanichanont *et al* (2017), pengujian pengaruh pengeringan terhadap aktivitas antioksidan daun sambiloto dilakukan dengan memberi perlakuan yang berbeda berdasarkan metode dan suhu pengeringan. Metode tersebut adalah *tray drying*, *freeze drying*, dan *microwave drying*. Pengeringan dengan *tray drying* dilakukan dengan suhu yang berbeda-beda yaitu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C, sedangkan pengeringan dengan *microwave* dilakukan dengan *power* yang berbeda-beda yaitu 270 W, 450 W, dan 720 W. Pada ketiga metode tersebut, aktivitas antioksidan daun sambiloto mengalami peningkatan seiring meningkatnya suhu dan *power level* (Watt) pengeringan. Dibandingkan dengan *tray drying* dan *microwave drying*, metode pengeringan daun sambiloto dengan *freeze drying* dapat mempertahankan senyawa antioksidan lebih baik karena suhu pengeringan *freeze drying* jauh lebih rendah (Tummanichanont *et al.*, 2017). Sebaliknya, metode *tray drying* adalah metode pengeringan yang dapat mendegradasi senyawa antioksidan pada daun sambiloto paling banyak dibandingkan dengan metode lainnya. Aktivitas antioksidan daun sambiloto kering pada metode *tray drying* pada suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C secara berturut-turut adalah sebesar 14,63%; 21,21%; 24,06% (Tummanichanont *et al.*, 2017). Sementara aktivitas antioksidan daun sambiloto hasil *freeze drying* adalah sebesar 43,26%. Aktivitas antioksidan tersebut selaras dengan kadar TPC daun sambiloto

yang meningkat seiring meningkatnya suhu pengeringan (*tray drying*) yaitu 3,49 mg GAE/g; 5,86 mg GAE/g; 6,45 mg GAE/g (Tummanichanont *et al.*, 2017). Begitu juga dengan kadar TPC daun sambiloto pada metode *freeze drying* yang memiliki nilai tertinggi diantara ketiga metode yaitu sebesar 16,08 mg GAE/g. Peningkatan aktivitas antioksidan dan TPC seiring meningkatnya suhu pengeringan dan *microwave power* disebabkan oleh penurunan lama waktu pengeringan karena laju pengeringan pada suhu tinggi lebih cepat sehingga paparan panas terhadap senyawa antioksidan lebih singkat (Tummanichanont *et al.*, 2017).

Selain senyawa fenolik seperti flavonoid dan tanin, daun sambiloto (*Andrographis paniculata*) juga mengandung senyawa antioksidan lainnya yaitu *andrographolide* (*diterpene lacton*) (Malahubban *et al.*, 2013; Tummanichanont *et al.*, 2017; Vasu *et al.*, 2010). Pada penelitian Tummanichanont *et al* (2017) kadar *andrographolide* juga mengalami perubahan seperti perubahan TPC di mana kadar *andrographolide* dan *neoandrographolide* yang terendah terdapat pada daun sambiloto yang dikeringkan pada suhu 40 °C (11,20 mg/100 g dan 4,35 mg/100 g) sementara yang tertinggi terdapat pada metode *freeze drying* (55,00 mg/100 g dan 32,50 mg/100 g) dan *microwave drying* pada *power* 720 W (34,55 mg/100 g dan 18,10 mg/100 g). Peningkatan kadar TPC, *andrographolide*, and *neoandrographolide* seiring meningkatnya suhu pengeringan dan *microwave power* disebabkan oleh waktu pengeringan yang berbeda. Pada penelitian Tummanichanont *et al* (2017), pengeringan dilakukan hingga daun sambiloto mencapai kadar air <6,16% (db). Hal tersebut menyebabkan perbedaan waktu pengeringan pada masing-masing metode pengeringan. Semakin tinggi suhu atau *microwave power* selama pengeringan, semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan daun sambiloto sehingga semakin singkat juga durasi kontak antara panas dengan senyawa antioksidan daun sambiloto. Oleh karena itu, penurunan kadar antioksidan dan aktivitas antioksidan daun sambiloto pada pengeringan dengan suhu 60 °C lebih rendah daripada pengeringan dengan suhu 40 °C dan 50 °C (Tummanichanont *et al.*, 2017).

Berbeda dengan hasil penelitian Tummanichanont *et al* (2017), hasil penelitian Patin *et al* (2018) menyatakan adanya penurunan aktivitas antioksidan seiring meningkatnya suhu pengeringan. Terdapat 5 perlakuan suhu pengeringan yang berbeda-beda yaitu 50 °C, 55

°C, 60 °C, 65 °C, dan 70 °C. Aktivitas antioksidan daun sambiloto kering pada kelima perlakuan suhu tersebut secara berturut-turut sebesar; 83,76%; 81,97%; 78,29%; 78,24%; 63,82% (Patin *et al.*, 2018). Penurunan aktivitas antioksidan tersebut berkebalikan dengan hasil penelitian Tummanichanont *et al* (2017). Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan metode penelitian. Pada penelitian Patin *et al* (2018) pengeringan dilakukan selama 60 menit pada tiap perlakuan suhu sehingga semakin tinggi suhu, semakin banyak senyawa antioksidan yang rusak selama proses pengeringan berlangsung (60 menit).

Pada penelitian Puranik *et al* (2012), pengeringan daun sambiloto dilakukan dengan 4 metode yaitu *sun drying*, *hot air drying*, *vacuum drying*, dan *freeze drying*. Seperti penelitian-penelitian sebelumnya, *freeze drying* juga menjadi metode pengeringan yang paling baik dalam mempertahankan senyawa antioksidan pada daun sambiloto. Pada penelitian Puranik *et al* (2012), kadar TPC daun sambiloto menurun berturut-turut dari perlakuan *freeze drying* (18,31%); *vacuum drying* (13,67%); *hot air drying* (7,14%), dan *sun drying* (2,33%). Kadar vitamin C daun sambiloto juga menurun seiring meningkatnya paparan suhu dan oksigen pada pengeringan. Kadar vitamin C pada daun sambiloto yang dikeringkan dengan keempat metode berturut-turut sebesar 36,42 mg/100 g (*freeze drying*); 29,66 mg/100 g (*vacuum drying*); 15,21 mg/100 g (*hot air drying*); 7,4 mg/100 g (*sun drying*) (Puranik *et al.*, 2012). Hasil pengujian aktivitas antioksidan daun sambiloto pada masing-masing perlakuan metode pengeringan selaras dengan hasil pengujian kadar TPC dan vitamin C. Semakin tinggi kadar TPC dan vitamin C, semakin tinggi aktivitas antioksidannya. Berdasarkan penelitian tersebut, *sun drying* merupakan metode pengeringan yang dapat mendegradasi senyawa antioksidan paling tinggi pada daun sambiloto (Puranik *et al.*, 2012). Selain *freeze drying*, metode *vacuum drying* juga dapat mempertahankan senyawa antioksidan lebih baik daripada *hot air drying* dan *sun drying* karena waktu pengeringan dan tekanan pada *vacuum dryer* lebih rendah sehingga tidak banyak senyawa antioksidan yang rusak akibat suhu maupun enzim oksidatif (Puranik *et al.*, 2012).

### 3.3.2. Daun Senggani (*Melastoma malabathricum* L.)

Pada penelitian Luliana *et al* (2016), daun senggani dikeringkan dengan 5 metode pengeringan yang berbeda yaitu SML (sinar matahari langsung), SMTL (sinar matahari

tidak langsung), *oven drying* (40 °C), dan dikering-anginkan atau *air drying* ( $\pm 25$  °C). Aktivitas antioksidan daun senggani yang dikeringkan dengan sinar matahari langsung lebih rendah daripada daun senggani yang dikeringkan dengan sinar matahari tidak langsung. Hal tersebut dapat terjadi karena pengeringan dengan sinar matahari langsung menyebabkan kerusakan senyawa antioksidan lebih tinggi daripada pengeringan dengan metode sinar matahari tidak langsung akibat paparan panas, cahaya, dan oksigen yang lebih tinggi. Kondisi pengeringan sinar matahari langsung yang memungkinkan daun senggani terpapar oksigen mendukung terjadinya reaksi enzimatik oleh enzim PPO sehingga senyawa fenolik pada daun senggani dapat mengalami penurunan seperti pada penelitian Prathapan *et al* (2009) di mana senyawa fenolik kunyit mengalami penurunan seiring meningkatnya aktivitas enzim PPO.

Senyawa antioksidan yang terdapat pada daun senggani adalah flavonoid, tanin, kuinon, saponin dan terpenoid (Giri & Rajbhandari, 2018). Senyawa antioksidan umumnya tidak tahan terhadap panas, cahaya, dan oksigen, salah satunya flavonoid. 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). Tingginya suhu pada metode *oven drying* juga merupakan salah satu penyebab kerusakan senyawa antioksidan pada daun senggani. Jika dibandingkan dengan metode *air drying*, suhu *oven drying* (40 °C) jauh lebih tinggi daripada suhu *air drying* ( $\pm 25$  °C) sehingga aktivitas antioksidan daun senggani yang dikeringkan dengan oven memiliki nilai persen inhibisi yang lebih rendah yaitu sebesar 52,76%, sedangkan aktivitas antioksidan daun senggani hasil *air drying* adalah sebesar 54,60% (Luliana *et al.*, 2016).

### 3.3.3. Daun Rambusa (*Passiflora Foetida* L.)

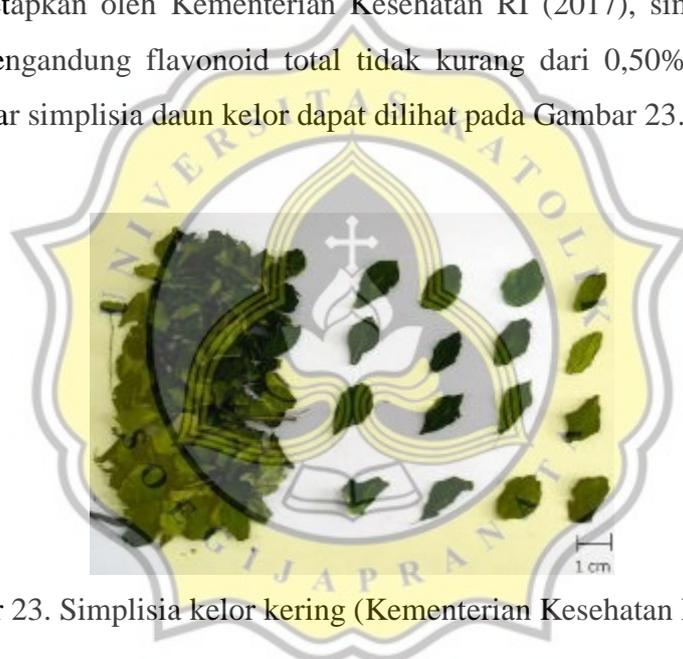
Pada penelitian Nathaniel *et al* (2020), daun rambusa dikeringkan dengan oven selama 4 jam pada 3 perlakuan suhu yang berbeda yaitu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, daun rambusa yang dikeringkan dengan suhu 60 °C memiliki aktivitas antioksidan yang paling rendah dibandingkan dengan pengeringan suhu 40 °C dan 50 °C yaitu sebesar 41,49% (Nathaniel *et al.*, 2020). Sementara itu, aktivitas antioksidan daun rambusa yang dikeringkan pada suhu 40 °C lebih rendah daripada daun rambusa yang

dikeringkan pada suhu 50 °C. Hal tersebut selaras dengan kadar total fenol, flavonoid, dan tanin daun rambusa hasil pengeringan pada tiap perlakuan. Nilai rata-rata kadar total fenol, flavonoid, dan tanin pada suhu 40 °C secara berturut-turut adalah 3,83 mg GAE/g; 24,54 mg QE/g; 5,82 mg TAE/g. Sementara nilai rata-rata kadar total fenol, flavonoid, dan tanin pada suhu 50 °C secara berturut-turut adalah 4,30 mg GAE/g; 27,69 mg QE/g; 6,47 mg TAE/g (Nathaniel *et al.*, 2020). Terdapat peningkatan kadar fenol, flavonoid, dan tanin seiring meningkatnya suhu pengeringan. Namun jika dibandingkan dengan daun rambusa yang dikeringkan dengan suhu 60 °C, nilai kadar total fenol, flavonoid, dan tanin mengalami penurunan (lebih rendah daripada pengeringan dengan suhu 50 °C). Hal tersebut menunjukkan bahwa pengeringan daun rambusa selama 4 jam pada suhu 50 °C menghasilkan hasil akhir kadar senyawa antioksidan yang optimum dan mengalami penurunan setelah suhu pengeringan melewati suhu optimumnya (Nathaniel *et al.*, 2020). Semakin tinggi suhu, semakin tinggi total fenol, flavonoid dan tanin yang terlepas dari sel daun sehingga semakin tinggi kerusakannya (Ismanto *et al.*, 2020; Julkunen-Tiitto & Sorsa, 2001).

#### **3.3.4. Daun Kelor (*Moringa oleifera*)**

Pada penelitian Ademiluyi *et al* (2018), daun kelor yang dikeringkan dengan metode *freeze drying* memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya. Penurunan aktivitas antioksidan akibat peningkatan suhu diakibatkan adanya kerusakan senyawa-senyawa antioksidan yang terdapat pada daun kelor seperti pada penelitian Ademiluyi *et al* (2018) yang menyatakan bahwa senyawa flavonoid, vitamin C, tanin, dan saponin pada daun kelor menurun seiring meningkatnya suhu berturut-turut dari *freeze drying*, *air drying* (suhu ruang), *sun drying*, dan *oven drying* (40 °C). Diantara keempat jenis antioksidan tersebut, vitamin C memiliki tingkat penurunan yang paling tinggi/drastis. Hal tersebut menunjukkan bahwa vitamin C merupakan senyawa antioksidan yang paling tidak tahan terhadap paparan panas dan udara/oksigen. Hal tersebut selaras dengan hasil penelitian Ademiluyi *et al* (2018) yang menunjukkan adanya penurunan vitamin C seiring meningkatnya suhu pengeringan pada keempat metode pengeringan.

Berdasarkan penelitian Ademiluyi *et al* (2018), diantara keempat jenis senyawa antioksidan (flavonoid, vitamin C, tanin, dan saponin), tanin merupakan antioksidan daun kelor yang paling sedikit penurunannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa diantara senyawa antioksidan lainnya, tanin merupakan senyawa antioksidan yang paling stabil terhadap panas dan oksigen. Penurunan senyawa-senyawa antioksidan tersebut selaras dengan hasil pengujian aktivitas antioksidan daun kelor hasil pengeringan tiap metode pengeringan pada penelitian tersebut di mana semakin tinggi penurunan kadar senyawa antioksidan, maka semakin rendah aktivitas antioksidannya (Ademiluyi *et al.*, 2018). Pada penelitian tersebut, terdapat hasil penghitungan kadar senyawa fenolik pada daun kelor hasil pengeringan dengan 4 metode pengeringan. Menurut syarat mutu daun kelor kering yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI (2017), simplisia daun kelor kering wajib mengandung flavonoid total tidak kurang dari 0,50% dihitung sebagai kuersetin. Gambar simplisia daun kelor dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Simplisia kelor kering (Kementerian Kesehatan RI, 2017)

Berdasarkan penelitian Ademiluyi *et al* (2018), pengeringan dengan *freeze drying* dapat mempertahankan kadar total flavonoid daun kelor tertinggi dibandingkan dengan metode lain yaitu dengan kadar total flavonoid sebesar 62,50 mg/g dihitung sebagai kuersetin. Pada penelitian tersebut, dari 9 senyawa fenolik yang diuji, 5 diantaranya memiliki kadar yang paling tinggi pada daun kelor hasil *freeze drying*. 5 senyawa tersebut adalah asam klorogenat, asam kafeat, epikatekin, rutin, dan kaempferol. Dibandingkan dengan asam vanilat dan ferulat, asam kafeat memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi (Réblová, 2012). Menurut Ademiluyi *et al* (2018), diduga asam klorogenat, asam kafeat dan rutin merupakan salah satu faktor yang berkontribusi dalam tingginya aktivitas antioksidan daun kelor kering hasil *freeze drying* sehingga aktivitas antioksidan daun kelor yang

dikeringkan dengan *freeze drying* memiliki nilai yang tertinggi. Hal tersebut selaras dengan hasil penelitian Mphahlele *et al* (2016) di mana senyawa rutin dan epikatekin pada kulit *pomegranate* kering hasil *freeze drying* lebih tinggi daripada hasil pengeringan kulit *pomegranate* dengan oven pada suhu 40 °C.

Selain flavonoid, saponin, tanin, dan vitamin C, daun kelor juga mengandung senyawa antioksidan lain seperti *α-Tocopherol* dan karotenoid (Saini *et al.*, 2014). Pada penelitian Saini *et al* (2014), pengeringan daun kelor dengan *freeze drying* dapat mempertahankan kadar *α-Tocopherol*, karotenoid, dan vitamin A dengan sangat baik dibandingkan dengan metode *cabinet drying*, *oven drying*, dan *sun drying*. Hal tersebut ditandai dengan kadar *α-Tocopherol*, karotenoid, dan vitamin A yang paling tinggi pada daun kelor hasil *freeze drying*. Sebaliknya, metode pengeringan *sun drying* menyebabkan penurunan kadar *α-Tocopherol*, karotenoid, dan vitamin A paling banyak pada daun kelor (Saini *et al.*, 2014). Hal tersebut disebabkan karena paparan cahaya, panas, dan oksigen yang tinggi terhadap daun kelor sehingga ketiga senyawa tersebut mengalami degradasi yang tinggi selama *sun drying*.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian Setiaboma *et al* (2019) melaporkan bahwa pengeringan daun kelor dengan *sun drying* dan *shade drying* menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada daun kelor kering hasil *cabinet drying* (aktivitas antioksidan dinyatakan dalam mg AAE/100 g yang berarti bahwa aktivitas antioksidan daun kelor yang diuji setara dengan aktivitas antioksidan vitamin C pada konsentrasi tersebut). Hal tersebut dapat terjadi karena *sun drying* dan *cabinet drying* pada penelitian tersebut dilakukan selama 6 jam dengan suhu yang berbeda. Suhu *cabinet drying* lebih tinggi daripada *sun drying* yaitu 50 °C sehingga dalam waktu 6 jam, kerusakan senyawa antioksidan pada daun kelor yang dikeringkan dengan *cabinet drying* jauh lebih tinggi daripada daun kelor yang dikeringkan dengan *sun drying*. Suhu *shade drying* juga jauh lebih rendah daripada *cabinet drying* yaitu 29 °C sehingga kerusakan senyawa antioksidan daun kelor lebih rendah. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian kadar flavonoid daun kelor kering hasil *sun drying*, *shade drying*, dan *cabinet drying* yaitu sebesar 1312,03 mg QE/100 g; 1119,50 mg QE/100 g; 585,13 mg QE/100 g (Setiaboma *et al.*, 2019)

Pada penelitian Potisate & Phoungchandang (2015), pengeringan daun kelor dilakukan dengan *microwave*. Terdapat 3 perlakuan berdasarkan *microwave power* yang digunakan yaitu 150 W, 450 W, dan 900 W. Berdasarkan hasil pengujian, aktivitas antioksidan daun kelor hasil *microwave drying* 900 W memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 46,33% sementara *microwave drying* 150 W menghasilkan aktivitas antioksidan daun kelor dengan nilai yang paling rendah yaitu 40,85% (Potisate & Phoungchandang, 2015). Hal tersebut sesuai dengan kadar TPC dan kuersetin yang mengalami peningkatan seiring meningkatnya *microwave power* pada penelitian tersebut. Menurut Potisate & Phoungchandang (2015), peningkatan tersebut disebabkan oleh adanya pelepasan ikatan senyawa fitokimia pada matriks daun kelor selama pengeringan. Penurunan TPC dan aktivitas antioksidan seiring menurunnya *microwave power* disebabkan oleh peningkatan suhu atau *heat generation* yang lebih lambat sehingga sampel terpapar radiasi *microwave* lebih lama dan merusak senyawa antioksidan lebih tinggi (Kubra & Jagan, 2012). Pengeringan pada penelitian Potisate & Phoungchandang (2015) dilakukan hingga  $a_w$  daun kelor mencapai kurang dari 0,6. Oleh karena itu, *microwave drying* 150 W menyebabkan daun kelor terpapar radiasi dan suhu lebih lama sehingga penurunan TPC lebih tinggi daripada perlakuan lainnya.

### 3.3.5. Daun Pegagan (*Centella asiatica*)

Pada penelitian Yulianti *et al* (2019), daun pegagan dikeringkan dengan *food dehydrator* pada 3 suhu yang berbeda yaitu 50 °C, 55 °C dan 60 °C. Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi suhu pengeringan, semakin tinggi nilai IC<sub>50</sub> daun pegagan. Berdasarkan aktivitas antioksidannya, daun pegagan yang dikeringkan pada suhu 50 °C memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong sangat kuat (<50 ppm), sedangkan daun pegagan yang dikeringkan pada suhu 55 °C dan 60 °C memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong kuat (50-100 ppm) (Yulianti *et al.*, 2019). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan, semakin tinggi kerusakan senyawa antioksidan pada daun pegagan ditandai dengan menurunnya aktivitas antioksidan daun pegagan. Penurunan aktivitas antioksidan daun pegagan akibat tingginya suhu pengeringan juga telah diteliti oleh Niamnuy *et al* (2013). Pada penelitian Niamnuy *et al* (2013), aktivitas antioksidan daun pegagan diuji dengan menggunakan metode FRAP dan ABTS.

Berdasarkan hasil pengujian, kedua metode tersebut menunjukkan pengeringan dengan *hot air drying* pada suhu 50 °C, 60 °C dan 70 °C menurunkan kemampuan antioksidan dalam mereduksi ion logam (Niamnuy *et al.*, 2013).

Senyawa antioksidan yang terdapat pada daun pegagan adalah flavonoid, tanin, karotenoid, vitamin C, dan asam fenolat (*caffeic acid*, *sinapic acid*, *ellegic acid*) (Singh *et al.*, 2014; Hashim *et al.*, 2011). Senyawa fenolik seperti flavonoid memiliki sifat yang tidak stabil terhadap panas seperti pada hasil penelitian Niamnuy *et al* (2013) di mana total fenolik pada daun pegagan menurun seiring meningkatnya suhu pengeringan 50 °C, 60 °C dan 70 °C yaitu secara berturut-turut sebesar 40,78 µmol GAE/g; 30,22 µmol GAE/g; 28,15 µmol GAE. Berdasarkan penelitian Zainol *et al* (2009), senyawa flavonoid yang terdapat pada daun pegagan adalah naringin, rutin, kuersetin, katekin, luteolin, kaempferol, dan apigenin. Pada penelitian tersebut terdapat hasil penelitian pengaruh pengeringan terhadap kadar ketujuh jenis flavonoid tersebut. Berdasarkan hasil penelitiannya, TFC (*Total Flavonoid Content*) daun pegagan yang dikeringkan dengan *freeze drying* jauh lebih tinggi daripada daun pegagan yang dikeringkan dengan metode *vacuum drying* dan *air-oven drying* (Zainol *et al.*, 2009). Jika dibandingkan dengan *air-oven drying*, *vacuum drying* menghasilkan daun pegagan kering dengan senyawa flavonoid yang lebih banyak. Berdasarkan hasil pengujian senyawa flavonoid daun pegagan hasil *air-oven drying*, apigenin dan kaempferol tidak terdeteksi. Hal tersebut menunjukkan bahwa keduanya merupakan senyawa yang paling tidak stabil terhadap panas dibandingkan dengan senyawa flavonoid lainnya (Zainol *et al.*, 2009). Dibandingkan dengan *freeze drying*, %degradasi senyawa naringin, rutin, kuersetin, dan katekin pada daun pegagan hasil pengeringan metode *air-oven drying* jauh lebih tinggi yaitu 76,7% (naringin), 76,8% (rutin), 97% (kuersetin), dan 78,1% (katekin) sementara pada *freeze drying* %degradasi senyawa-senyawa tersebut adalah 43,4% (naringin), 31,4% (rutin), 73,5% (kuersetin) dan 34,9% (katekin) (Zainol *et al.*, 2009). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, naringin dan rutin termasuk senyawa flavonoid yang paling stabil diantara senyawa flavonoid lain ditandai dengan %degradasinya yang lebih rendah daripada senyawa flavonoid lain pada daun pegagan kering. Selain flavonoid, senyawa fenolik yang terdapat pada daun pegagan adalah *caffeic acid*, *sinapic acid*, *ellagic acid* (Singh *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian Réblová (2012), pada suhu 90 °C *caffeic acid*

memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada *sinapic acid*. Hal tersebut menunjukkan sifat *caffeic acid* yang lebih stabil terhadap panas daripada *sinapic acid*.

Daun pegagan juga mengandung senyawa lain yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu senyawa triterpen. Terdapat 4 jenis senyawa triterpen yang dapat ditemui pada daun pegagan yaitu *asiaticoside*, *asiatic acid*, *madecassoside*, dan *madecassic acid* (Hashim *et al.*, 2011). Keempatnya mengalami degradasi selama pengeringan seperti pada penelitian Niamnuy *et al* (2013) yang menguji pengaruh pengeringan terhadap kandungan triterpen pada daun pegagan. Berdasarkan penelitian Niamnuy *et al* (2013), daun pegagan yang dikeringkan dengan *hot air drying* pada suhu 50 °C memiliki total triterpen yang tertinggi daripada pengeringan dengan suhu 60 °C dan 70 °C. Pada tiap jenis triterpen, masing-masing senyawa mengalami penurunan berturut-turut dari pengeringan pada suhu 50 °C, 60 °C hingga 70 °C. Diantara keempat jenis triterpen tersebut, *madecassoside* dan *asiaticoside* merupakan senyawa yang paling banyak pada daun pegagan jika dibandingkan dengan 2 senyawa *acid* triterpen lainnya (Hashim *et al.*, 2011; Puttarak & Panichayupakaranant, 2012). Berdasarkan penelitian Niamnuy *et al* (2013), *madecassoside* mengalami penurunan drastis akibat pengeringan yaitu dari 20,35 mmol/g menjadi 1,50 mmol/g setelah dikeringkan dengan *hot air drying* pada suhu 50 °C. Sama halnya dengan *madecassoside*, *asiaticoside* juga mengalami penurunan yang signifikan setelah daun pegagan dikeringkan yaitu dari 10,96 mmol/g menjadi 2,85 mmol/g (Niamnuy *et al.*, 2013). Sementara itu, penurunan kadar *asiatic acid* dan *madecassic acid* pada daun pegagan yang dikeringkan lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa *asiatic acid* dan *madecassic acid* lebih stabil terhadap panas daripada *madecassoside* dan *asiaticoside*. Meski begitu, *madecassoside* dan *asiaticoside* memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada *asiatic acid* dan *madecassic acid* sehingga penurunan *madecassoside* dan *asiaticoside* yang cukup signifikan setelah pengeringan juga sangat mempengaruhi perubahan aktivitas antioksidan (Niamnuy *et al.*, 2013). Hal tersebut merupakan salah satu faktor terjadinya penurunan aktivitas antioksidan yang tinggi setelah daun pegagan dikeringkan.

Pada penelitian Safrina *et al* (2019), pengeringan dengan sinar matahari mendegradasi senyawa *asiaticoside* lebih banyak daripada pengeringan dengan oven. Berdasarkan

pengujian Safrina *et al* (2019), daun pegagan yang dikeringkan dengan sinar matahari memiliki kadar *asiaticoside* sebesar 0,35% sementara daun pegagan yang dikeringkan dengan oven memiliki kadar *asiaticoside* sebesar 0,77%. Hal tersebut dapat terjadi karena suhu pengeringan dengan sinar matahari tidak stabil dan daun pegagan terpapar cahaya serta oksigen lebih banyak daripada pengeringan dengan oven sehingga *asiaticoside* lebih banyak mengalami degradasi. Berdasarkan syarat mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI (2017), salah satu standar mutu simplisia herba pegagan adalah mengandung asiatikosida tidak kurang dari 0,07% sehingga pengeringan daun pegagan dengan sinar matahari dan oven seperti pada penelitian Safrina *et al* (2019) menghasilkan daun pegagan kering yang sesuai dengan syarat mutu kadar asiatikosida pada simplisia pegagan. Gambar simplisia pegagan dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Simplisia daun pegagan (Kementerian Kesehatan RI, 2017)