

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Kunyit (*Curcuma domestica* Val.) merupakan salah satu jenis rempah yang telah terbukti mampu menyembuhkan penyakit liver, kolesterol, gangguan pencernaan, mencegah penggumpalan darah, memperkuat empedu dan mengobati penyakit kulit. Kunyit juga dapat berperan sebagai antiinflamasi, antimikrobia, antidiabetik, antikanker, antihepatotoksik dan antioksidan (Charles, 2013). Banyaknya manfaat dari kunyit tersebut, membuat masyarakat dan industri pangan memanfaatkan kunyit pada berbagai produk pangan. Kurkumin merupakan komponen pewarna yang terdapat pada kunyit. Kurkumin banyak digunakan pada produk buah dan sayur, produk susu, telur, lemak, minyak, emulsi lemak, roti, daging, ikan, sup, saos dan produk protein. Kadar kurkumin yang digunakan pada berbagai produk sangat bervariasi, yaitu berkisar antara 5-500 mg/kg (FAO, 2004).

Kunyit segar memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu sebesar 80% sampai dengan 82,5% (Pradeep *et al.*, 2016) yang menyebabkan kunyit segar cepat mengalami kerusakan. Kadar air yang tinggi pada suatu bahan pangan akan mendukung terjadinya perubahan secara kimia maupun biologi sehingga memiliki umur simpan yang pendek (Winarno, 1992). Pengeringan merupakan salah satu proses yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan dari kunyit. Proses pengeringan adalah proses penghilangan sebagian air bahan pangan dengan menggunakan energi panas (Winarno, 1995). Keuntungan penggunaan *solar tunnel dryer* (STD) adalah ramah lingkungan karena bebas dari polusi sehingga mengurangi emisi karbon di atmosfer (Chaudhari & Salve, 2014), akan tetapi beberapa komponen esensial akan hilang selama pengeringan. Salah satu solusi untuk mengatasi hilangnya komponen esensial tersebut adalah dengan mempercepat waktu pengeringan. Proses *blanching* dan larutan asam sitrat sebelum pengeringan diketahui dapat mempercepat waktu pengeringan. Metode *blanching* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *hot water blanching* dan *steam blanching*. Penelitian ini menggunakan metode *hot water blanching*. Panas yang dihasilkan selama proses *blanching* akan merusak membran sitoplasma yang menyebabkan membran menjadi

*permeable* sehingga air di dalam sel dapat keluar (Fellow, 2009). Asam sitrat dapat berperan sebagai *drying agent* dengan cara menghidrasi molekul struktural air sehingga menyebabkan air yang keluar dari bahan semakin banyak (Pangavhane *et al.*, 1999). Proses pengeringan yang cepat diharapkan dapat meminimalisir kerusakan senyawa esensial yang rusak oleh karena proses pengeringan. Pengaruh metode *hot water blanching* dan perendaman dengan larutan asam sitrat terhadap waktu pengeringan serta aktivitas antioksidan dan kadar kurkumin kunyit sebelum dan sesudah pengeringan akan diteliti lebih lanjut dalam penelitian ini.

Simplisia kering hasil pengeringan dapat dikonsumsi dengan berbagai cara, yaitu dalam bentuk kapsul, tablet dan minuman herbal (Charles, 2013). Proses pembuatan minuman herbal dapat dilakukan dengan cara perebusan ataupun penyeduhan. Pengaruh proses perebusan dan penyeduhan simplisia kunyit terhadap aktivitas antioksidan dan kadar kurkumin akan diteliti lebih lanjut dalam penelitian ini. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kadar air, aktivitas air, aktivitas antioksidan dan kadar kurkumin.

## **1.2. Tinjauan Pustaka**

### **1.2.1. Kunyit (*Curcuma domestica* Val.)**

Kunyit (*Curcuma domestica* Val.) merupakan salah satu rempah yang tergolong dalam famili *Zingiberaceae* (Prathapan *et al.*, 2009). Beberapa senyawa yang dapat diisolasi dari *Curcuma domestica* Val. adalah bis-demetoksikurkumin, kurkumin, demetoksikurkumin, siklokurkumin, dihidrokurkumin,  $\alpha$ -curcumene,  $\beta$ -curcumene, asam sinamat, eugenol, *limonene*,  $\alpha$ -turmerone,  $\beta$ -turmerone, *vanillic acid* dan *zingiberene*. Mutu dari kunyit ditentukan berdasarkan kadar air, total abu, kelarutan abu dalam asam, kandungan kurkumin, jumlah pengotor, kandungan metal, mikrobiologi, jumlah komponen volatil serta sensori bau dan rasa (Ravindran *et al.*, 2007).

Kunyit sebagai sumber antioksidan dapat dikonsumsi dalam bentuk kapsul, tablet dan minuman herbal (Charles, 2013). Pemanfaatan kunyit dalam bentuk kapsul dan tablet telah banyak diteliti. Penelitian yang dilakukan oleh Cheng *et al.* (2001) dalam

Ravindran *et al.* (2007) menunjukkan dosis kurkumin yang diberikan pada manusia berkisar antara 1 sampai dengan 12 gram/ hari. Dosis tersebut digunakan untuk memerangi penyakit kanker. Pemberian kurkumin sebanyak 8 gram/ hari masih dapat ditoleransi hingga 3 bulan. Konsentrasi kurkumin tertinggi didalam darah adalah setelah 1 sampai dengan 2 jam dan akan mengalami penurunan pada 12 jam.

Pemanfaatan kunyit dalam bentuk minuman herbal dapat disebut dengan infusa yaitu larutan yang diseduh/direbus pada suhu tertentu. Pembuatan infusa menggunakan bubuk kurkumin sebanyak 0,5 gram sampai dengan 1 gram yang dapat dikonsumsi 3 kali per hari. Kelarutan ekstrak kurkumin dalam air tidak kurang dari 9% (WHO,1999). Dosis penggunaan kurkumin berkisar antara 5 ppm sampai dengan 200 ppm. Dosis maksimal penggunaan kurkumin pada minuman flavor tidak beralkohol dan minuman bersuplemen adalah sebesar 100 mg/l (Peter, 2001). Pembuatan jamu dengan menggunakan kunyit segar menghasilkan kadar kurkumin yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan kunyit kering. Konsentrasi kurkumin jamu dari kunyit segar adalah sebesar 30,35 mg, sedangkan konsentrasi kurkumin jamu dari kunyit kering adalah sebesar 25,5 mg (Panigoro & Dhianawaty, 2013). *Acceptable Daily Intake* (ADI) kurkumin yang ditetapkan oleh *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) adalah sebesar 0 sampai dengan 1,0 mg/kg berat badan/hari (Peter, 2001).

### **1.2.2. Blanching**

Metode *blanching* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *hot water blanching* dan *steam blanching*. *Hot water blanching* lebih menguntungkan dalam biaya kapital, produk hasil *blanching* lebih seragam dan tidak membutuhkan tempat yang luas, akan tetapi memiliki beberapa kekurangan seperti membutuhkan banyak air, menghasilkan banyak limbah, resiko kontaminasi terhadap bahan pangan lebih besar dan kerusakan fisik oleh karena turburensi dapat terjadi. Kombinasi suhu dan waktu *blanching* berkisar antara 70°C sampai dengan 100°C selama 1 menit sampai dengan 15 menit (Fellow, 2009).

Proses *blanching* bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan (Kurhekar *et al.*, 2015). Proses *blanching* akan membuat bahan pangan lebih mudah dihidrasi sehingga dapat mempercepat proses pengeringan (Blasco, 2006). Adanya panas akan merusak membran sitoplasma dan membran yang menyebabkan membran tersebut menjadi *permeable* sehingga air dan larutan keluar dari sel (Fellow, 2009). Proses *blanching* juga dapat mendistribusikan secara lebih merata komponen pewarna pada kunyit (Borah *et al.*, 2016). Beberapa faktor yang mempengaruhi proses *blanching* adalah ukuran dan bentuk, konduktivitas termal, suhu, metode dan koefisien perpindahan panas (Fellow, 2009).

Perlakuan pendahuluan berupa proses *blanching* dalam larutan asam sitrat diketahui dapat mempercepat perpindahan air sehingga proses pengeringan berlangsung dengan lebih cepat (Pangavhane *et al.*, 1999). Asam sitrat merupakan salah satu jenis zat yang berperan sebagai *drying agent* dan *chelating agent* (Kendall & Sofos., 2003). Asam sitrat dapat berperan sebagai *drying agent* dengan cara menghidrasi molekul struktural air sehingga menyebabkan air yang keluar dari bahan semakin banyak (Pangavhane *et al.*, 1999).

### 1.2.3. Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses penghilangan sebagian air bahan pangan dengan menggunakan energi panas (Winarno, 1995). Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi aktivitas air pada produk hingga level tertentu sehingga proses pembusukan tidak terjadi dalam rentang waktu tertentu (Borah *et al.*, 2016). *Solar Tunnel Dryer* (STD) merupakan salah satu alat pengering yang ramah lingkungan karena bebas dari polusi sehingga mengurangi emisi karbon di atmosfer (Chaudhari & Salve, 2014). Kelemahan dari STD adalah ketergantungan kinerja alat oleh intensitas cahaya matahari (Ravindran *et al.*, 2007). Komponen yang terdapat pada STD terbagi menjadi 3 jenis, yaitu bagian pengumpul panas, bagian ruang pengeringan dan sistem aliran udara (Weiss & Josef, 2009).

Beberapa faktor yang mempengaruhi laju pengeringan adalah lapisan permukaan bahan, kelembaban, koefisien pindah panas dan kecepatan aliran udara (Nurba, 2008), suhu, kadar air awal, luas permukaan dan tekanan parsial (Harrison & Andress, 1914). Suhu merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses pengeringan. Suhu pengeringan yang tinggi mampu menurunkan kadar air dengan cepat (Cai & Corke, 2000). Penelitian pengeringan pada kunyit yang dilakukan menggunakan alat pengering *solar tunnel dryer* menunjukkan suhu rata-rata yang terukur selama pengeringan adalah  $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$  dan suhu tertinggi yang dicapai adalah sebesar  $60^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $65^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran suhu selama pengeringan tersebut diukur menggunakan alat *thermocouple* dengan skala Celsius (Borah *et al.*, 2016). Beberapa penelitian mengungkapkan beberapa suhu yang baik digunakan dalam proses pengeringan. Untuk menghasilkan produk yang baik, suhu pengeringan sebaiknya tidak lebih dari  $60^{\circ}\text{C}$  (Ravindran *et al.*, 2007). Suhu pengeringan yang baik berkisar antara  $45^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $75^{\circ}\text{C}$  (Brooker *et al.*, 1992).

#### 1.2.4. Kadar Air

Kunyit segar memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu sebesar 80% sampai dengan 82,5% (Pradeep *et al.*, 2016) yang menyebabkan kunyit segar cepat mengalami kerusakan. Kadar air yang tinggi pada suatu bahan pangan akan mendukung terjadinya perubahan secara kimia maupun biologi sehingga bahan pangan memiliki umur simpan yang pendek (Winarno, 1992). Kadar air yang tinggi mendukung reaksi enzimatik dan pembusukan. Proses pengeringan dapat mengurangi sebagian besar air dalam suatu bahan pangan sehingga dapat terhindar dari kerusakan oleh karena mikroorganisme. Hasil kunyit kering berkisar antara 20% sampai dengan 30% dari produk awal. Kurkumin kering memiliki bau yang sedikit kurang sedap, rasa pahit yang sedikit tajam, memberikan kehangatan dimulut dan berwarna kuning (Ravindran *et al.*, 2007). Pertumbuhan mikroba dapat ditekan dengan menurunkan kadar air bahan pangan hingga mencapai dibawah 10 % (Winangsih *et al.*, 2013). Bahan pangan dengan kadar air dibawah 7 % dapat terhindar dari kerusakan oleh bakteri dan jamur selama penyimpanan (Katno, 2008). Bahan pangan akan mencapai kestabilan optimum pada kadar air 3% sampai dengan 7% (Winarno, 1992). Kadar air produk kering berkisar

antara 5% sampai dengan 10% (Ravindran *et al.*, 2007). Kadar air pada rimpang kering yang baik adalah dibawah 10% (Cahyono *et al.*, 2011).

Kadar air kunyit kering yang diteliti oleh Borah *et al.* (2016) adalah sebesar 6,68%. Beberapa standar mengenai kadar air kunyit kering dikeluarkan oleh organisasi internasional seperti BSI, WHO dan ISO. *British Standards Institute* (BSI) menetapkan kadar air maksimal pada kunyit kering adalah 12%, sedangkan WHO dan *International Organisation for Standardization* (ISO) menetapkan kadar air maksimal pada kunyit kering adalah 10%.

### 1.2.5. Aktivitas Air

Batasan nilai Aw minimum untuk pertumbuhan bakteri adalah 0,9; batasan nilai Aw untuk pertumbuhan khamir adalah 0,8-0,9; batasan nilai Aw untuk pertumbuhan kapang adalah 0,6-0,7 (Fellow, 2009). Beberapa penelitian mengelompokkan bahan pangan kering berdasarkan nilai aktivitas airnya. Bahan pangan yang diklasifikasikan sebagai makanan kering adalah yang memiliki Aw dibawah 0,6 (Labuza, 1980). Makanan kering memiliki nilai aktivitas air yang berkisar antara 0,1-0,4 (Gustavo *et al.*, 2007). Makanan kering memiliki aktivitas air yang berkisar antara 0-0,55, sedangkan rempah memiliki aktivitas air (Aw) sebesar 0,50 (Fellow, 2009).

### 1.2.6. Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa atau molekul yang berperan untuk mencegah kerusakan sel akibat gugus oksigen yang reaktif (superoksida, radikal peroksi dan hidroksi) yang diproduksi dengan mengoksidasi lemak didalam tubuh melalui aktivitas metabolisme (Fellow, 2009). Antioksidan melepaskan atom H kepada radikal bebas, sehingga elektron bebas yang terdapat pada radikal bebas akan berpasangan dan radikal bebas dapat dinetralsir (Pokorny *et al.*, 2001). Kemampuan senyawa antioksidan menghambat radikal bebas dinyatakan dalam persen inhibisi (Fukomoto & Mazza, 2000).



Aktivitas antioksidan pada ketiga jenis kurkumin dapat diketahui dengan menggunakan metode DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) (Charles, 2013). Metode ini banyak digunakan karena relatif cepat, akurat dan praktis. Kelemahan dari metode ini adalah sensitif terhadap oksigen dan cahaya. Panjang gelombang yang digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan adalah 515 nm (Espada *et al.*, 2004). Prinsip pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH ini adalah dengan mereaksikan senyawa DPPH dengan bahan pangan. Senyawa DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang berwarna ungu. Aktivitas antioksidan pada bahan pangan ditandai dengan perubahan senyawa DPPH yang berwarna ungu menjadi kuning (Nahak & Kanta, 2011). Semakin kuning larutan yang dihasilkan menunjukkan semakin tinggi konsentrasi senyawa antioksidan dalam bahan pangan.

Proses pengeringan menyebabkan sebagian antioksidan rusak (Wu *et al.*, 2004) oleh karena senyawa antioksidan sensitif terhadap panas (Suresh *et al.*, 2007). Penurunan aktivitas antioksidan disebabkan oleh karena waktu pemanasan yang terlalu lama meskipun suhu yang digunakan rendah/ tidak terlalu tinggi (Prathpan *et al.*, 2009). Antioksidan fenolik dan vitamin yang sensitif terhadap panas, dapat kehilangan aktivitas antioksidannya sebanyak 20% sampai dengan 30% (Fellow, 2009). Selain itu, senyawa antioksidan juga sensitif terhadap logam peroksida dan dapat langsung bereaksi dengan oksigen dan cahaya (Dumas *et al.*, 2003).

Aktivitas antioksidan pada kunyit disebabkan oleh karena adanya senyawa hidroksil, karbonil dan parahidroksi (FAO, 2004). Komponen pada kunyit yang berperan sebagai antioksidan adalah kurkumin, *4-hydroxy cinnamoyl methane* dan *bis (4-hydroxy cinnamoyl) methane* (Nahak & Kanta, 2011). Aktivitas antioksidan pada kurkumin dapat meningkat ketika gugus fenil dengan gugus metoksi berada pada posisi orto. Aktivitas antioksidan kurkumin 10 kali lebih besar dari vitamin E (Ravindran *et al.*, 2007). Selain itu, kurkumin lebih mampu menghambat peroksidasi lemak dibandingkan dengan BHT, alfa tokoferol dan ekstrak biji anggur (Nahak & Kanta, 2011). Kurkumin diketahui mampu menghambat peroksidasi lemak menggunakan senyawa linoleat yaitu senyawa asam lemak tidak jenuh yang mudah dioksidasi dan membentuk radikal asam lemak. Kurkumin juga diketahui mampu mengurangi pembentukan NO dan melindungi

sel saraf dari stres oksidasi (Charles, 2013). Kurkumin juga dapat berperan sebagai *photo sensitizers* dari oksigen singlet, superoksida dan radikal bebas (FAO, 2004).

Kunyit diketahui dapat menghambat ketengikan yang disebabkan oleh oksidasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bawang merah dan bawang putih (Ravindran *et al.*, 2007). Ekstrak temulawak dan kunyit memiliki aktivitas penghambatan pembentukan peroksida dan malonaldehid lebih tinggi dibandingkan dengan jahe (Tri *et al.*, 2006). Aktivitas antioksidan *Curcuma longa* pada konsentrasi antara 40 ppm sampai dengan 200 ppm berkisar diantara 67,69% sampai dengan 74,61%. Semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi pula aktivitas antioksidan yang dihasilkan (Nahak & Kanta, 2011). Beberapa faktor yang mempengaruhi aktivitas antioksidan adalah pH, cahaya, aktivitas air, suhu selama proses dan penyimpanan serta pengemasan (Hendry & Houghton, 1996).

### 1.2.7. Kurkumin

Kunyit segar memiliki warna orange cerah, sedangkan simplisia kunyit memiliki warna kuning seperti lemon hingga orange kekuning-kuningan (Charles, 2013). Komponen penyusun warna pada kunyit adalah komponen volatil (6%), kurkuminoid (5%) dan campuran kurkumin, demetoksikurkumin dan bisdemetoksikurkumin (50-60%). Komponen volatil yang memberikan warna kuning pucat sampai dengan kuning orange adalah senyawa monoterpenes dan sesquiterpenes termasuk didalamnya *zingiberene*, *curcumene*, *alpha* dan *beta turmerone*. Ketiga komponen terbesar penyusun warna pada kunyit (kurkumin, demetoksikurkumin dan bisdemetoksikurkumin) tergolong dalam kelompok *dicinnamoylmethane* (FAO, 2004).

Kurkumin (C) yang memiliki 2 gugus metoksi menghasilkan warna orange yang kemerah-merahan. Demetoksikurkumin (DMC) yang memiliki 1 gugus metoksi menghasilkan warna orange kuning. Bisdemetoksikurkumin (BDMC) yang tidak memiliki gugus metoksi menghasilkan warna kuning. Komponen kurkumin merupakan komponen yang paling besar memberikan kontribusi terhadap warna dari kunyit. Kurkumin diketahui menyumbangkan sebesar 70% sampai dengan 80%, sedangkan



demetoksikurkumin memberikan kontribusi sebesar 15% sampai dengan 25% dan bisdemetoksikurkumin memberikan kontribusi sebesar 2,5% sampai dengan 6,5% (Ravindran *et al.*, 2007).

Pembentukan kurkumin dimulai ketika 120 hari setelah penanaman dan mencapai keadaan optimum pada hari ke 180 sampai dengan 190 setelah berbunga. Kadar kurkumin yang terdapat pada kunyit dipengaruhi oleh lokasi, cuaca dan sifat genetik. Penelitian yang dilakukan di Calicut dan Keala menunjukkan bahwa kunyit yang ditanam pada bulan Juni dan dipanen pada bulan November memiliki kadar kurkumin 30%/kg lebih banyak dibandingkan dengan kunyit yang dipanen saat keadaan matang sepenuhnya (Ravindran *et al.*, 2007).

Kurkumin memiliki berat molekul sebesar 368,37 g/mol dan titik lebur 183°C (Ravindran *et al.*, 2007). Karakteristik dari kurkumin adalah larut dalam minyak, tidak larut dalam air akan tetapi dapat terdispersi didalamnya. Kurkumin stabil pada suhu tinggi sehingga dapat diaplikasikan pada produk-produk yang mengalami proses pemanasan. Kurkumin juga stabil dalam keadaan asam, akan tetapi tidak stabil terhadap cahaya dan kondisi basa. Kurkumin lebih stabil di dalam produk kering dibandingkan dalam bentuk larutan. Salah satu senyawa pewarna pada kunyit (diferuloylmethane) dapat terdegradasi menjadi *ferulic acid* dan *feruloylmethane*. Senyawa *feruloylmethane* tersebut akan membentuk warna kuning yang kecoklat-coklatan. Beberapa pelarut yang dapat mengekstrak kurkumin adalah isopropanol, etil asetat, aseton, karbondioksida, metanol, etanol dan hexan. Pelarut metanol biasa digunakan dalam proses pemurnian (FAO, 2004). Faktor yang mempengaruhi kelarutan senyawa fenolik adalah polaritas pelarut, tingkat polimerasi senyawa fenolik dan interaksi senyawa fenolik dengan komponen lain (Tri *et al.*, 2006).

Penelitian yang dilakukan pada 120 lokasi berbeda menunjukkan bahwa kadar kurkumin pada kunyit berkisar antara 2,7% sampai dengan 10,9% (Ravindran *et al.*, 2007). Salah satu standar mutu dari kunyit dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar kurkuminoidnya. Kunyit yang tergolong dalam kelompok I adalah yang memiliki kadar kurkuminoid lebih dari 1,1 %. Kunyit yang tergolong dalam kelompok II adalah yang

memiliki kadar kurkuminoid antara 0,8% sampai dengan 1,1 %. Kunyit yang tergolong dalam kelompok III adalah yang memiliki kadar kurkuminoid antara 0,5% sampai dengan 0,8% (SNI, 2014). Kadar kurkuminoid tidak kurang dari 3%, kadar volatile oil tidak kurang dari 4%. Kelarutan ekstrak kurkumin dalam pelarut alkohol tidak kurang dari 10% (WHO, 1999).

Absorbansi dari kurkumin terbaca pada panjang gelombang antara 420-430 nm pada pelarut organik. Nilai warna komponen bisdemetoksikurkumin terbaca maksimal pada panjang gelombang 420 nm, sedangkan pada komponen demetoksikurkumin terbaca maksimal pada panjang gelombang 425 nm dan kurkumin terbaca maksimal pada panjang gelombang 430 nm (Ravindran *et al.*, 2007). Pengukuran kadar kurkumin menggunakan pelarut metanol dilakukan pada panjang gelombang 421 nm (Sharma *et al.*, 2012; Hazra *et al.*, 2015; Vasant *et al.*, 2015). Kurkumin dalam pelarut metanol memiliki kestabilan yang baik (92,7 jam) (Ravindran *et al.*, 2007). Kadar kurkumin pada kunyit segar lebih tinggi dibandingkan dengan kunyit kering, akan tetapi tidak berbeda secara nyata. Perhitungan kadar kurkumin dihitung dalam bentuk *drybasis* agar dapat dibandingkan dengan tepat (Borah *et al.*, 2016). Kurkuminoid sampel kunyit segar berada bersama dengan minyak atsiri di dalam oleoresin sehingga penyebarannya tidak merata dan terpusat. Proses pemanasan akan menyebabkan kurkuminoid lebih merata (Cahyono *et al.*, 2011).

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *hot water blanching* dan larutan asam sitrat terhadap waktu pengeringan serta aktivitas antioksidan dan kadar kurkumin kunyit yang dikeringkan dengan *solar tunnel dryer*.