

KONDISI PROSES PENGERINGAN UNTUK MENGHASILKAN SIMPLISIA TEMUPUTIH STANDAR

Drying Process Conditions for Producing Simplisia Standard of Zedoary

Lamhot P. Manalu¹ dan Himawan Adinegoro²

¹Pusat Teknologi Agroindustri - BPPT

LAPTIAB Gd. 610 Kawasan Puspiptek Serpong, 15314, Banten, Indonesia

²BPPT Gd. 2 Lt. 10 Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta 10340, DKI Jakarta, Indonesia

Email: lpmanalu@yahoo.com

Diterima: 26 Januari 2016, Direvisi: 24 Maret 2016, Disetujui: 28 Maret 2016

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari proses pengeringan irisan temuputih (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Rosc.) serta untuk menentukan kondisi proses pengeringan yang optimal dalam menghasilkan simplisia temuputih yang memenuhi standar. Kriteria kondisi tersebut adalah yang dapat memenuhi kadar air standar 10%, memenuhi kriteria mutu yang ada, waktu pengeringan yang cepat, memiliki kadar kurkumin yang tinggi dan tampilan visual yang optimal. Hasil studi menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban udara pengering berpengaruh terhadap kadar air akhir yang dapat dicapai, dimana suhu 40 °C tidak dapat mencapai kadar air 10%. Laju udara pengeringan berpengaruh terhadap kadar air akhir dan kadar kurkumin. Terdapat kecenderungan semakin rendah laju udara pengeringan maka semakin tinggi kadar kurkumin simplisia temuputih. Kondisi suhu pengeringan berpengaruh terhadap tampilan warna temuputih kering. Kondisi proses pengeringan yang direkomendasikan untuk mendapatkan simplisia temuputih standar adalah pada suhu 50 °C dan RH 20% dengan laju udara pengeringan 0,2-0,3 m/detik.

Kata kunci: simplisia, temuputih, pengeringan, kadar air, kurkumin.

Abstract

The purpose of this research was to study the drying process of zedoary slices and to determine the best conditions to make standardized simplisia of zedoary (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Rosc.). There are some criteria for that conditions such as the standard moisture content of 10%, fit to quality criteria, drying time is relatively fast, the result of dried simplisia still contains high level of curcumin and have a good visual appearance. The results showed that temperature and humidity of drying air effect on the final moisture content were drying temperature of 40 °C can not reach the final moisture content of 10%. Lower drying air flow rate resulted higher quantity of curcumin of temuputih. Higher drying air temperature resulted worse visually performance of sample. The drying process condition that recommended by this research for producing simplisia standard of zedoary were at a temperature of 50 °C, 20% RH and air flow rate of 0.2-0.3 m/s.

Keywords: simplisia, zedoary, drying, moisture content, curcumin.

1. PENDAHULUAN

Temu putih merupakan tanaman semak dengan tinggi sekitar 2 m dan memiliki batang semu, batang di dalam tanah membentuk rimpang berwarna kuning-hijau. Rimpang temu putih mengandung zat warna kuning yaitu kurkuminoid (*diarylheptanoid*) dan senyawa kimia lain, seperti: minyak atsiri, zingiberen, sineol, polisakarida, dan golongan lain. Kurkuminoid yang telah diketahui meliputi kurkumin, demetoksikurkumin dan bisdemetoksikurkumin. Selain itu, bagian minyak temuputih yang mudah menguap (1-

1,5%) juga mengandung epikurzerenon, kurdion, dan zedoaron (BPOM, 2007). Chen, *et al.* (2011) menyatakan bahwa komponen yang dominan di dalam *Curcuma zedoaria* adalah minyak atsiri. Beberapa penelitian melaporkan bahan aktif temu putih bersifat anti kanker (Chen, *et al.*, 2011 dan Seo, *et al.*, 2005) dan sudah diuji menjadi anti oksidan (Mau, *et al.*, 2003).

Pemanfaatan temuputih sebagai obat tradisional atau jamu umumnya dimulai dari pembuatan simplisia. Simplisia adalah bahan alamiah yang dipergunakan sebagai obat yang belum mengalami pengolahan apapun juga dan

kecuali dinyatakan lain, berupa bahan yang telah dikeringkan (Depkes, 1979). Simplisia temuputih (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Rosc.) digolongkan sebagai simplisia nabati yaitu yang berasal dari tanaman atau bagian tanaman dalam hal ini umbi akarnya. Simplisia standar adalah simplisia yang telah memenuhi syarat mutu yang telah ditentukan (Depkes, 2008) diantaranya memenuhi kadar air standar yang ditetapkan. Menurut Farmakope Herbal Indonesia (Depkes, 2008) dan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 661/Menkes/SK/VII/1994 tentang Persyaratan Obat Tradisional, standar kadar air maksimum simplisia adalah 10%. Kadar air rimpang temuputih pada saat dipanen berkisar 80-90% sehingga perlu dikeringkan.

Proses pengeringan dengan menggunakan suhu dan laju udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan hilangnya kandungan bahan aktif simplisia. Oleh karena itu pengeringan harus dilakukan pada kondisi proses yang tepat. Pengeringan merupakan cara yang paling umum digunakan untuk meningkatkan stabilitas bahan dengan mengurangi kandungan air bahan sehingga aktivitas airnya menurun. Pengeringan juga mengurangi aktivitas mikroba serta meminimalkan perubahan fisik dan kimiawi selama bahan kering disimpan (Doymaz, 2008 dan Fatouh, *et. al.*, 2006). Perubahan kadar air selama pengeringan bahan-bahan yang mengandung air tinggi akan menyebabkan perubahan bentuk, densitas dan porositas bahan. Perubahan bentuk dan ukuran ini mempengaruhi sifat-sifat fisik dan akhirnya juga berdampak pada berubahnya tekstur dan sifat-sifat transpor (*transport properties*) produk yang dihasilkan (Rizvi, 2005 dan Yan, *et. al.*, 2008).

Salah satu perubahan fisik yang penting selama pengeringan adalah pengurangan volume bahan. Kehilangan air dan pemanasan menyebabkan struktur sel bahan mengalami tekanan diikuti dengan perubahan bentuk dan pengecilan ukuran. Penyusutan bahan yang dikeringkan mempunyai dampak negatif terhadap kualitas produk keringnya. Perubahan lain yang terjadi selama pengeringan adalah perubahan tampilan fisik produk seperti warna, tekstur dan aroma (Yadollahinia & Jahangiri, 2009). Hal yang paling kritis sehubungan dengan mutu simplisia adalah proses pengeringan juga mengakibatkan hilangnya kandungan zat aktif bahan. Oleh karena itu pengeringan harus dilakukan pada kondisi proses yang tepat karena penggunaan suhu yang terlalu tinggi akan mengakibatkan semakin banyaknya zat aktif bahan yang hilang. Sedangkan penggunaan suhu rendah dapat menyulitkan dalam mencapai

kadar air standarnya (Babalís & Belessiotis, 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti proses pengeringan irisan temuputih dan menentukan kondisi proses pengeringan yang optimal dalam menghasilkan simplisia temuputih yang memenuhi standar mutu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengeringan merupakan proses pengeluaran air dari dalam bahan secara termal untuk menghasilkan produk kering. Pengeringan sudah dikenal sejak dulu sebagai salah satu metode pengawetan produk bahan pertanian. Proses ini dipengaruhi oleh kondisi eksternal yaitu suhu, kelembaban, kecepatan dan tekanan udara pengering serta kondisi internal seperti kadar air, bentuk/geometri, luas permukaan dan keadaan fisik bahan. Setiap kondisi yang berpengaruh di atas dapat menjadi faktor pembatas laju pengeringan (Yadollahinia & Jahangiri, 2009).

Pengeringan merupakan metode pengawetan produk yang cukup kompleks terutama disebabkan oleh adanya perubahan yang tidak diinginkan atas kualitas produk keringnya. Tujuan dasar dalam pengeringan produk pertanian adalah pengurangan air dalam bahan sampai ke tingkat tertentu, di mana mikroba pembusuk dan kerusakan akibat reaksi kimia dapat diminimalisasi sehingga kualitas produk keringnya dapat dipertahankan (Rizvi, 2005).

Salah satu produk pertanian yang memerlukan proses pengeringan adalah tanaman obat. Pada umumnya petani dan pedagang pengumpul melakukan pengeringan dengan cara penjemuran yang rawan kontaminasi (Syukur, 2003). Selain itu tingkat suhu dan kelembaban penjemuran tidak cukup memadai sehingga sulit untuk mencapai standar kadar air yang disyaratkan. Untuk meningkatkan kualitas hasil pengeringan maka cara pengeringan dengan penjemuran alami harus diganti dengan teknik pengeringan yang lebih modern. Untuk itu informasi tentang karakteristik pengeringan dan sifat-sifat termofisik setiap produk secara spesifik harus diketahui, hal ini diperlukan dalam mendesain rancangan proses dan peralatan pengeringannya (Manalu, *et. al.*, 2009).

Studi tentang perilaku pengeringan tanaman obat telah menjadi topik yang menarik bagi berbagai peneliti, antara lain temulawak (Manalu, *et. al.*, 2009), jahe (Balladin, *et. al.*, 2006) dan bawang (Shaarma, *et. al.*, 2005).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah irisan rimpang temuputih (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Rosc.) (Gambar 1) dengan umur panen 9 bulan yang diperoleh dari Kebun Petak Pamer Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Cimanggung Bogor.

Alat yang digunakan antara lain: pengering laboratorium terkendali-terakuisisi, timbangan digital model AQT 200 (kapasitas 200 gram dan ketelitian 0,01 gram), oven Ikeda Scientific SS204D, desikator, anemometer Kanomax A541, seperangkat kamera dan pengolah data.



Gambar 1 Rimpang temuputih segar

3.2 Prosedur Percobaan

Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu persiapan bahan, persiapan peralatan, dan pengambilan data perubahan massa dan citra. Sebelum dikeringkan dengan alat pengering laboratorium terkendali, irisan temuputih direndam dahulu dalam air dengan suhu 95 °C (diblansir) selama 5 menit (Ertekin & Yaldiz, 2004). Sampel temuputih kemudian diletakkan pada wadah sedemikian rupa dalam bentuk lapisan tipis. Tebal irisan sampel sekitar 3-4 mm dan berat sampel setiap pengeringan berkisar 150 gram.

Kondisi percobaan pengeringan dikendalikan dengan sistim kontrol PID dengan akurasi suhu ± 1 °C dan kelembaban nisbi (RH) $\pm 2\%$ sesuai dengan standar (ASABE, 2005 & 2006). Sensor suhu dan RH menggunakan SHT15 Sensirion. Secara keseluruhan alat pengering dikontrol oleh mikroprosesor AVR Atmel. Alat ini dilengkapi juga dengan sistim humidifier 2000 W, sistim pemanas 2000 W,

kipas elektrik dan dehumidifier. Kecepatan udara pengering yang melalui ruang pengering (*drying chamber*) yang berdimensi 35 cm \times 35 cm \times 35 cm dikontrol secara manual dan diukur dengan menggunakan anemometer digital Kanomax dengan akurasi $\pm 0,1$ m/s. Laju aliran udara 0,8-0,9 m/detik.

Pada setiap percobaan, alat pengering dihidupkan sekitar satu jam sebelum pengukuran dimulai untuk menstabilkan ruangan pengering sesuai dengan kondisi percobaan yang diinginkan. Percobaan dihentikan setelah berat sampel konstan dan setiap percobaan dilakukan pengulangan. Berat dan suhu bahan serta suhu dan kelembaban udara pengering dimonitor secara kontinu, dan direkam datanya setiap 5 menit selama percobaan. Perubahan berat sampel diukur langsung secara otomatis dengan menggunakan timbangan GF-3000 A&D (akurasi 0,01 g). Demikian juga perekaman citra diukur dan dicatat hingga pengeringan berakhir. Semua data yang diambil langsung direkam oleh perangkat komputer. Analisis citra disimpan dalam format digital yang akan diolah kemudian.

Kondisi pengeringan simplisia temuputih yang dilakukan pada studi ini adalah pada rentang suhu 40-70 °C dengan rentang RH 20-60% sebagaimana tercantum pada Tabel 1, 2, dan pada laju udara pengeringan V_1 (0,8-0,9 m/detik) dan V_2 (0,2-0,3 m/detik). Kadar air akhir percobaan ditentukan dengan metode oven dengan mengeringkan sampel selama 24 jam pada suhu 103 ± 2 °C (Manalu, *et. al.*, 2009).

Tabel 1 Kondisi pengeringan untuk pengujian kadar air.

Suhu (°C)	RH				
	20%	30%	40%	50%	60%
40	√	√	√	√	√
50	√	√	√	√	√
60	√	√	√	√	√
70	√	√	√	x	x

Tabel 2 Kondisi percobaan pengeringan untuk pengukuran kadar kurkumin.

Suhu (°C)	RH		
	20%	40%	60%
40	x	√	√
50	√	√	√
60	√	√	√
70	√	√	x

Pada Tabel 3 ditampilkan standar mutu beberapa genus *Curcuma* yaitu kunyit (*C. domestica*), temumangga (*C. mangga*) dan temulawak (*C. xanthorrhiza*).

3.3 Standar Mutu Simplisia

Analisis mutu simplisia temuputih dilakukan untuk melihat kadar proksimat dan bahan aktifnya dalam hal ini kadar kurkuminoid. Penentuan kadar kurkumin dilakukan dengan spektrofotometer pada λ 530 μm . Analisis sampel dilakukan di laboratorium yang telah diakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) yaitu Laboratorium Analisis Mutu Balitro Bogor dan Pusat Studi Biofarmaka Bogor. Hasil analisis dibandingkan dengan standar mutu simplisia yang berlaku.

Standar mutu simplisia didasarkan pada Farmakope Herbal Indonesia (FHI) dan Materia Medika Indonesia (MMI) (Depkes, 2008 & 1979). Standar simplisia temuputih masih belum tercantum dalam FHI dan MMI sehingga didekati dengan spesies lain dari genus yang sama.

Tabel 3 Standar mutu beberapa simplisia genus *Curcuma*.

	Kunyit (<i>C. domestica</i>)	Temumangga (<i>C. mangga</i>)	Temulawak (<i>C. xanthorrhiza</i>)
Kadar air	< 10%	< 10%	< 10%
Kadar abu	< 8.2%	< 6.1%	< 4.8%
Kadar abu tidak larut dalam asam	< 0.9%	< 2.4%	< 0.7%
Kadar sari larut dalam air	> 11.5%	> 19.6%	> 9.1%
Kadar sari larut dalam alkohol	> 11.4%	> 2.4%	< 3.6%
Kadar kurkumin	> 6.6%	-	> 4.0%
Bahan organik asing	< 2%	< 2%	< 2%

Sumber : Depkes (2008)

4.2 Kadar Air Pengerinan

Berdasarkan data kinetika pengerinan (Gambar 2 dan 3) maka kadar air akhir setiap percobaan dapat ditentukan secara akurat dengan metode regresi non-linier dan *Taylor Series Expand Method*. Pada Tabel 4 tercantum nilai kadar air akhir (keseimbangan) temuputih pada berbagai suhu dan kelembaban nisbi udara pengerinan. Kadar air keseimbangan merupakan nilai kadar air minimum yang dapat dicapai pada satu kondisi pengerinan tertentu. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu pengerinan maka kadar air keseimbangan semakin rendah dan sebaliknya. Berlawanan dengan suhu, semakin tinggi kelembaban nisbi (RH) udara pengering maka kadar air keseimbangan akan semakin tinggi pula dan

Dari gambar kurva pengerinan tersebut terlihat bahwa proses pengerinan temuputih berjalan cepat pada saat awal pengerinan yang ditandai dengan menurunnya kurva secara tajam dan kemudian semakin melambat diakhir pengerinan.

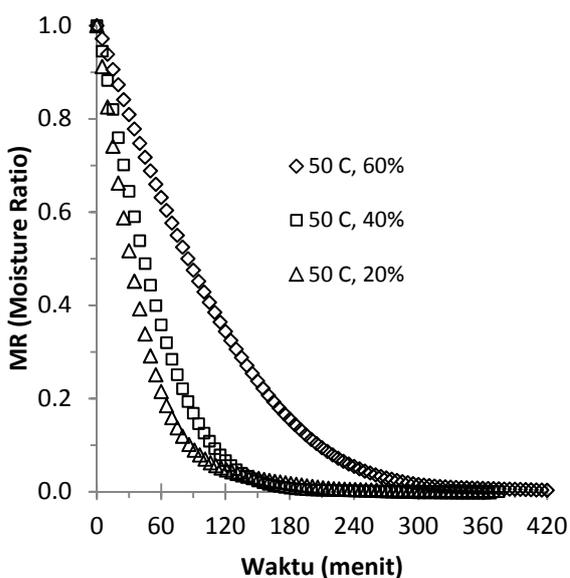
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengerinan Simplisia Temuputih

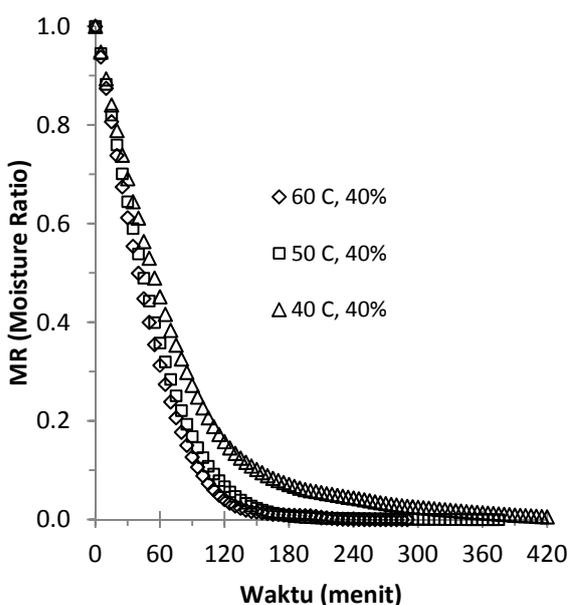
Plot data pengerinan irisan temuputih terlihat pada Gambar 2 yang menunjukkan pengaruh kelembaban udara pengerinan terhadap rasio kadar air (*moisture ratio*) pada suhu tetap, sedangkan Gambar 3 menunjukkan pengaruh suhu pengerinan pada RH tetap. Gambar 4 memperlihatkan waktu pengerinan yang dibutuhkan untuk mencapai bobot konstan (keseimbangan) pada berbagai suhu dan RH. Baik suhu dan RH berpengaruh terhadap waktu pengerinan, semakin tinggi suhu dan semakin rendah RH, maka waktu pengerinan semakin cepat.

sebaliknya. Dengan kata lain untuk mendapatkan kadar air keseimbangan yang rendah diperlukan suhu udara pengerinan yang tinggi dan RH udara pengerinan yang rendah.

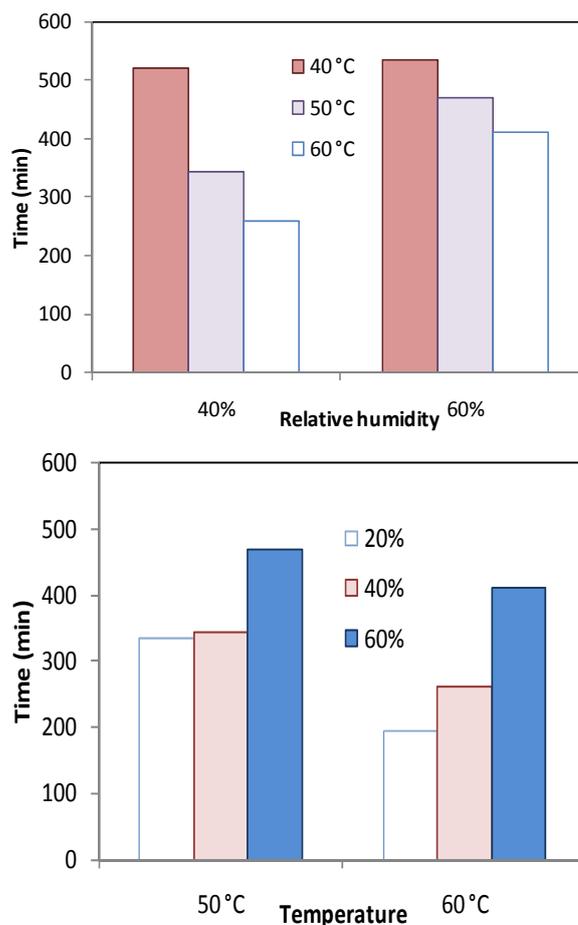
Dari tabel tersebut diketahui bahwa kadar air standar 10% tidak dapat dicapai pada kondisi suhu pengerinan dibawah 40 °C (semua RH), dan pada kondisi suhu 50 °C dengan RH di atas 40% (Gambar 4). Hal ini dapat menjelaskan mengapa pengerinan temuputih dengan penjemuran membutuhkan waktu yang sangat panjang dan seringkali tidak dapat mencapai kadar air standar 10%.



Gambar 2 Kurva pengeringan simplisia temuputih pada suhu (tetap) 50 °C.



Gambar 3 Kurva pengeringan simplisia.



Gambar 4. Pengaruh kondisi pengeringan terhadap waktu untuk mencapai bobot konstan (kadar air keseimbangan).

4.3 Analisis Mutu Simplisia

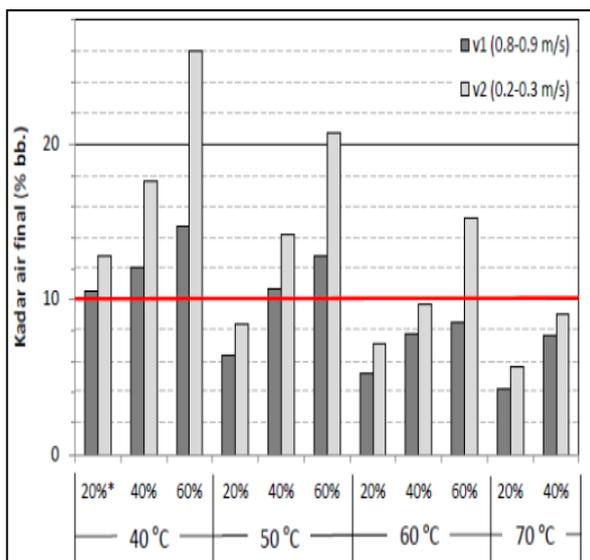
Tabel 5 memperlihatkan hasil analisis proksimat simplisia temuputih pada berbagai suhu. Nilai kadar proksimat semua parameter pada seluruh kondisi suhu pengeringan telah memenuhi standar untuk simplisia curcuma.

Kadar kurkumin simplisia temuputih ditampilkan pada Tabel 6 dan 7 yang berkisar antara 0,05-0,16%. Dari tabel tersebut nilai-nilai kadar akhir kurkumin tidak memiliki pola yang signifikan berdasarkan suhu dan RH (Gambar 5). Akan tetapi bila berdasarkan laju udara pengeringan terlihat bahwa kadar kurkumin pada kecepatan rendah lebih tinggi daripada kecepatan tinggi (Gambar 6), angkanya 0,08% ($\pm 0,02\%$) berbanding 0,13% ($\pm 0,02\%$). Nilai kadar kurkumin yang terdeteksi sangat kecil dibandingkan dengan kadar kurkumin dari spesies *Curcuma* lainnya, karena memang temuputih yang lebih banyak mengandung bahan aktif zingiberen dan zederon (BPOM, 2007).

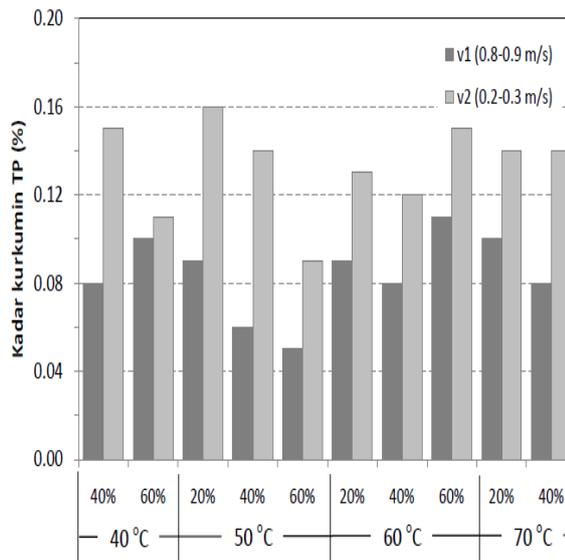
Tabel 4 Kadar air keseimbangan temuputih.

Kondisi pengeringan*	RH				
	20%	30%	40%	50%	60%
40 °C	11.4%	11.5%	12.1%	13.0%	14.7%
50 °C	6.8%	8.4%	10.7%	12.6%	12.8%
60 °C	5.5%	6.5%	8.3%	8.4%	8.5%
70 °C	4.4%	6.4%	8.2%	-	-

* Pada laju udara pengeringan V₁ ** Angka merah berarti tidak mencapai standar 10%



Gambar 5 Kadar air keseimbangan temuputih pada berbagai kondisi pengeringan.



Gambar 6 Pengaruh kondisi pengeringan terhadap kadar kurkumin temuputih.

Tabel 5 Kadar proksimat simplisia temuputih.

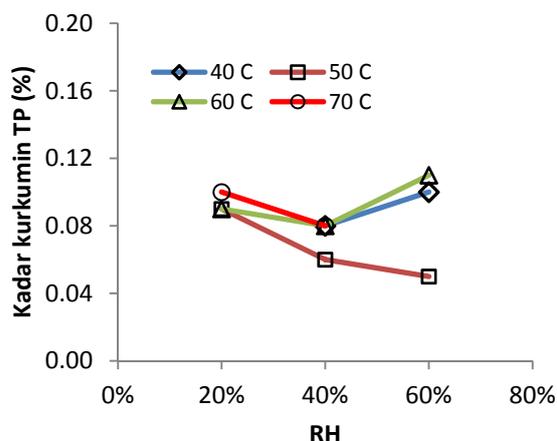
Parameter	Suhu			
	40°C	50°C	60°C	70°C
Kadar abu (%)	6.75	6.42	7.48	5.53
Kadar abu tidak larut dalam asam (%)	0.07	0.31	0	0.11
Kadar sari larut dalam air (%)	25.17	26.38	23.25	23.13
Kadar sari larut dalam alkohol (%)	16.21	15.59	13.83	14.07

Tabel 6 Kadar kurkumin simplisia temuputih (laju udara pengeringan V₁).

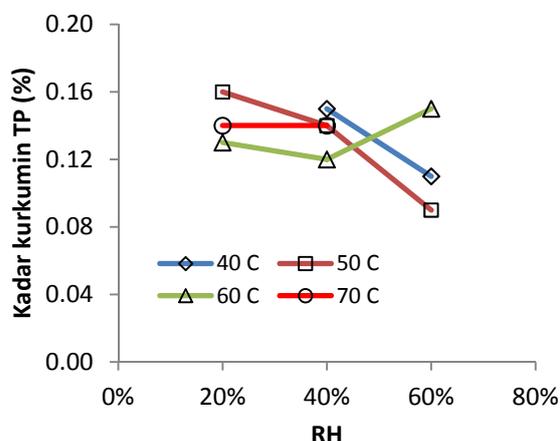
Suhu	RH		
	20%	40%	60%
40 °C	-	0.08	0.10
50 °C	0.09	0.06	0.05
60 °C	0.09	0.08	0.11
70 °C	0.10	0.08	-

Tabel 7 Kadar kurkumin simplisia temuputih (laju udara pengeringan V₂).

Suhu	RH		
	20%	40%	60%
40 °C	-	0.15	0.11
50 °C	0.16	0.14	0.09
60 °C	0.13	0.12	0.15
70 °C	0.14	0.14	-



Gambar 7. Kadar kurkumin temu putih menurut RH pada suhu tetap dan laju udara V_1 .



Gambar 8 Kadar kurkumin temu putih menurut RH pada suhu tetap dan laju udara V_2 .

Hasil pengamatan secara visual terhadap warna simplisia yang sudah dikeringkan dengan oven, ditemukan adanya gradasi warna temuputih kering baik berdasarkan suhu, semakin tinggi suhu pengeringan maka warna simplisia yang dihasilkan semakin gelap atau semakin tidak menarik (Gambar 9). Walaupun warna tidak termasuk dalam standar mutu simplisia tetapi pemilihan tingkat suhu pengeringan tetap penting karena akan mempengaruhi penampilan simplisia.

4.4 Kondisi Proses Pengeringan Temuputih

Kondisi proses pengeringan yang direkomendasikan adalah kondisi yang dapat menghasilkan simplisia yang memenuhi kriteria standar mutu. Kriteria tersebut sudah disebutkan pada awal tulisan ini antara lain adalah kadar air akhir di bawah 10%.



Gambar 9 Gradasi warna simplisia temuputih.

Dari hasil penelitian, secara praktis kriteria yang sudah ada tersebut dapat ditambahkan dengan kriteria berikut, waktu pengeringan relatif cepat, simplisia hasil pengeringan masih mengandung kurkumin yang tinggi atau tertinggi dan penyusutan serta tampilan visual yang optimal. Merujuk hasil percobaan diatas maka kondisi proses tersebut adalah pada suhu 50 °C dan RH 20% dengan laju udara pengeringan 0,2-0,3 m/detik atau bila dibuat pada suatu interval yaitu pada rentang suhu 50-60 °C dan RH 20-30%.

5. KESIMPULAN

Kondisi proses pengeringan yang direkomendasikan adalah kondisi yang dapat menghasilkan simplisia yang memenuhi kriteria standar mutu yaitu antara lain adalah kadar air akhir di bawah 10%. Dari hasil penelitian, secara praktis kriteria yang sudah ada tersebut dapat ditambahkan dengan kriteria berikut, waktu pengeringan relatif cepat, simplisia hasil pengeringan masih mengandung kurkumin yang tinggi atau tertinggi dan penyusutan serta tampilan visual yang optimal.

Merujuk pada hasil penelitian ini maka kondisi proses tersebut adalah pada suhu 50 °C dan RH 20% dengan laju udara pengeringan 0,2-0,3 m/detik atau bila dibuat pada suatu interval yaitu pada rentang suhu 50-60 °C dan RH 20-30%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi dan Riset Hibah Kompetensi Kementerian Pendidikan Nasional Indonesia atas dukungan dana serta kepada Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Analisis Mutu Balitro Bogor dan

Pusat Studi Biofarmaka Bogor atas dukungan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASABE. (2005). ASABE Standard: psychrometric data. Michigan: St. Joseph.
- (2006). ASABE Standard: thin-layer drying of agricultural crops. Michigan: St. Joseph.
- Babalis, S.J. & Belessiotis, V.G. (2004). Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, 65, 449-458.
- Balladin, D. A., Yen, I. C., McGaw, D. R., & Headley, O. (2006). Solar drying of West Indian ginger rhizome using a wire basket dryer. *Renewable Energy*, 7, 4, 409-418.
- BPOM. (2007). Temu Putih. Jakarta: BPOM.
- Chen, W. *et al.* (2011). Anti-angiogenesis effect of essential oil from Curcuma zedoaria in vitro and in vivo. *Journal of Ethnopharmacology*, 133, 1, 220-226.
- Depkes. (1979). *Materia Medika Indonesia*. Jilid III. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- (2008). *Farmakope Herbal Indonesia*. Edisi I. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Doymaz, I. (2008). Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing*, 47, 914-919.
- Ertekin, C. & Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63, 349-359.
- Fatouh, M., Metwally, M. N., Helali, A. B., & Shedid, M. H. (2006). Herbs drying using a heat pump dryer. *Energy Conversion and Management*, 47, 2629-2643.
- Manalu, L. P., Tambunan, A. H., Nelwan, L. O., Hoetman, A. R. (2009). The thin layer drying of temu putih herb. *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Drying Conference*.
- Mau, J. L. *et al.* (2003). Composition and antioxidant activity of the essential oil from Curcuma zedoaria. *Food Chemistry*, 82, 583-591.
- Rizvi, S. S. H. (2005). *Thermodynamic properties of foods in dehydration*. Singapore: CRC Press.
- Seo, W. G. *et al.* (2005). Suppressive effect of zedoariae rhizoma on pulmonary metastasis of B16 melanoma cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 101, 249-257.
- Sharma, G. P., Verma, R. C. & Pathare, P. B. (2005). Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*, 67, 361-366.
- Syukur, C. (2003). *Temu Putih. Tanaman Obat Anti Kanker*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Yadollahinia, A. & Jahangiri, M. (2009). Shrinkage of potato slice during drying. *Journal of Food Engineering*, 94, 52-58.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, M. J. & Oliveira, F. A. R. (2008). Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. *Journal of Food Engineering*, 84, 430-440.