

PENGARUH KONDISI PENGERINGAN DENGAN KELEMBABAN DAN SUHU RENDAH TERHADAP PENYUSUTAN TEMULAWAK

Akbar Sutarya Putra dan Heru Kuncoro

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

Email: akbarsutarya@gmail.com

ABSTRAK

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman obat yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan jamu atau obat tradisional. Pengawetan temulawak dibutuhkan untuk memperoleh umur simpan yang lama. Pengeringan adalah salah satu metode pengawetan temulawak. Suhu, kelembaban dan kecepatan udara pada proses pengeringan dapat mempengaruhi hasil pengeringan temulawak. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan zat aktif temulawak akan tetap tinggi apabila pengeringan dilakukan pada temperatur rendah sehingga akan lebih efektif apabila menggunakan mekanisme dehumidifikasi. Untuk meningkatkan kualitas hasil pengeringan, maka perlu dipelajari kondisi proses pengeringan yang dapat menjamin tercapainya kadar air yang dipersyaratkan. Maka pada proses pengeringan harus menghindari dari terjadinya penyusutan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi pengeringan dengan kelembaban dan suhu rendah terhadap penyusutan temulawak. Metode pengeringan menggunakan metode dehumidifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan dengan suhu dan kelembaban rendah tidak mengalami presentase penyusutan yang sangat besar pada awal pengeringan, yaitu pada menit ke 60 mengalami penyusutan dengan nilai presentase 6.55% sampai dengan 15.51%. Pada penelitian ini penyusutan terbesar terdapat pada temulawak kondisi 2 yaitu 29.30%. Ukuran temulawak mempengaruhi waktu proses pengeringan hingga mencapai standar kadar air yang ditentukan.

Kata kunci-penyusutan; pengeringan; temulawak

PENDAHULUAN

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) termasuk tanaman dalam suku Zingiberaceae, sudah dikenal dan banyak digunakan sebagai tanaman obat. Saat panen, kadar air pada rimpang temulawak sekitar 80-90%. Kadar air yang tinggi pada temulawak, menyebabkan daya simpannya tidak dapat lama, bila tidak dilakukan pengeringan. Biasanya penyimpanan bahan kering obat dilakukan dalam bentuk simplisia (Manalu dkk, 2012). Untuk mendapatkan simplisia temulawak yang berkualitas maka dilakukan proses pengeringan. Temulawak merupakan bahan alami yang digunakan sebagai obat dan belum mengalami pengolahan yang lain kecuali pengeringan. Temulawak berpeluang dikembangkan sebagai pangan fungsional karena selain budi dayanya mudah, juga mempunyai manfaat untuk kesehatan (Khamidah dkk, 2017). Temulawak banyak digunakan sebagai obat gangguan pencernaan, diare, cacingan, radang, ginjal dan sembelit. Selain itu, temulawak banyak dipakai untuk penambah nafsu makan, bahan pangan, minuman, pewarna dan kosmetika. Dengan mewabahnya Covid 19, temulawak kembali menjadi komoditas yang populer yang bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Ekstrak temulawak memiliki aktivitas antioksidan dan tergolong aktif sehingga berpotensi sebagai antioksidan alami yang baik (Rosidi, 2014).

Salah satu metode pengawetan bahan ialah dengan cara pengeringan. Pengeringan adalah salah satu proses pengolahan pascapanen hasil pertanian. Tujuan dasar pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air bahan secara termal sampai ke tingkat tertentu, dimana kerusakan akibat mikroba dan reaksi kimia dapat diminimalisasi, sehingga kualitas produk keringnya dapat dipertahankan. Agar mencapai kadar air sesuai yang dipersyaratkan yaitu di bawah 10%, mengacu pada standar mutu simplisia temulawak (Depkes, 2008), maka pada proses pengeringan harus menghindari dari terjadinya penyusutan. Penyusutan merupakan berkurangnya volume, perubahan bentuk, dan meningkatnya kekerasan bahan. Penyusutan dipengaruhi oleh suhu dan kadar air bahan selama pengeringan (Sagita, 2013). Semakin banyaknya air yang keluar dari dalam bahan maka penyusutan semakin meningkat. Rongga-rongga bahan yang sebelumnya berisi air menjadi saling terhubung dikarenakan proses pengeringan, sehingga permukaan luar bahan akan mengerut ke dalam

dan mengalami pengurangan luas permukaan. Pengeringan pada suhu tinggi menyebabkan permukaan terluar bahan mengering dan membentuk kulit yang keras. Semakin tinggi suhu pengeringan maka rasio pengerutan dan kadar air akhir semakin rendah (Widyasanti dkk, 2018). Semakin tinggi suhu dan lama waktu pengeringan menyebabkan penurunan kadar air seiring dengan peningkatan penguapan air dan penyusutan (Purwanti dkk, 2017). Secara umum berkurangnya kualitas dari bahan apabila terjadi perubahan bentuk, penurunan volumetrik dan peningkatan kekerasan produk.

Pengeringan dengan dehumidifikasi adalah proses berpindahnya kandungan air pada suatu bahan padat dengan kalor sebagai sumber energi, udara pengering memiliki kelembaban relatif yang rendah sehingga proses pengeringan dapat lebih mudah terjadi. Pengeringan dengan dehumidifikasi menggabungkan AC sebagai pengering/pemanas (Minea, 2013). Kelembaban relatif udara yang rendah pada akhirnya membantu perpindahan air dari material yang dikeringkan. Keunggulan dari pengering dehumidifikasi dibandingkan pengering konvensional ialah lebih higienis, kontrol temperatur dan kelembaban udara pengering lebih mudah sehingga dapat digunakan pada kisaran temperatur yang luas. Kualitas produk yang dikeringkan dengan pengering dehumidifikasi lebih baik, dan tidak bergantung pada kondisi lingkungan serta tidak menghasilkan asap yang mengotori atmosfer. Produk yang dikeringkan dengan pengering dehumidifikasi menghasilkan warna dan aroma yang lebih baik dibandingkan dengan pengering temperatur tinggi. Menurut Amanto dkk (2015) dan (Rifdah, 2017), semakin tinggi suhu mengakibatkan semakin rendahnya kadar air yang juga mengakibatkan semakin rendah kadar kurkumin, begitu pula sebaliknya. Pengeringan dengan oven atau dehumidifikasi lebih disarankan dibandingkan pengeringan dengan sinar matahari, karena tampilan fisik hasil pengeringan lebih cerah. Sampai saat ini belum pernah dilaporkan, penelitian yang mencoba membandingkan kualitas kurkuminoid dari rimpang temulawak akibat perbedaan metode pengeringan (Cahyono dkk, 2011).

Beberapa studi mengenai pengeringan temulawak yang telah dilakukan. Manalu & Tambunan (2016) melakukan analisis eksergi pengeringan irisan temulawak dengan menggunakan oven, dan terdapat kecenderungan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin rendah kelembaban pengeringan maka semakin rendah kadar kurkumin simplisia. Yahya (2014) membuat alat pengering dehumidifikasi terintegrasi dengan pemanas udara surya sesuai untuk mengeringkan temulawak, karna temulawak sensitive terhadap panas, temperatur yang digunakan dalam proses pengeringan tidak melebihi dari batas yang diizinkan, dan waktu pengeringan singkat karena udara yang digunakan udara kering. Pane (2018) membuat alat pengeringan temulawak menggunakan pengering kombinasi surya + tapis molekuler, dan pada pengeringan kombinasi surya + tapis molekuler semakin tebal rimpang temulawak yang dikeringkan maka semakin besar kadar kurkumin yang diperoleh. Sibarani (2018) membuat alat pengering temulawak dengan memanfaatkan panas kondesor kulkas komersial, dan mendapatkan kadar air sesuai yang dipersyaratkan yaitu di bawah 10% selama 24 jam pengeringan, mengacu pada standar mutu simplisia temulawak (Depkes, 2008).

Hubungan kelembaban udara pada pengeringan ialah pada suhu yang rendah terdapat kelembaban udara yang tinggi dan sebaliknya pada suhu tinggi maka kelembaban akan rendah. Namun pada pengeringan bahan herbal, pengeringan dengan suhu tinggi tidak diharapkan karena akan menyebabkan kerusakan bahan aktif yang terkandung dalam bahan herbal. Sedangkan pengeringan pada suhu rendah dan kelembaban udara tinggi akan memerlukan waktu pengeringan yang sangat lama sehingga bahan herbal yang dikeringkan akan menjadi busuk. Sehingga diperlukan kondisi suhu yang rendah dengan kelembaban udara yang rendah, salah satu jenis pengering buatan yang dapat dipilih ialah pengering dengan metode dehumidifikasi. Proses pengeringan secara umum akan terjadi dengan cepat bila terjadi perbedaan tekanan parsial air antara permukaan yang dikeringkan dengan lingkungannya. Dalam hal ini dapat diindikasikan sebagai kelembaban relatif udara sekelilingnya. Namun perlu diperhatikan adanya potensi peningkatan aktivitas mikroorganisme yang akan merusak komoditas yang akan dikeringkan. Untuk mendapatkan kondisi pengeringan simplisia temulawak yang sesuai perlu dilakukan serangkaian pengujian dengan metode perlakuan pengkondisian udara baik suhu maupun kelembabannya sebagai media pengeringnya. Selain suhu dan kelembaban, kecepatan aliran pun sangat memengaruhi waktu pengeringan, hasil penelitian dari S, Syahrul (2016) menunjukkan semakin tinggi kecepatan udara, waktu pengeringan bahan akan semakin cepat. Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi pengeringan dengan kelembaban dan suhu rendah terhadap penyusutan temulawak.

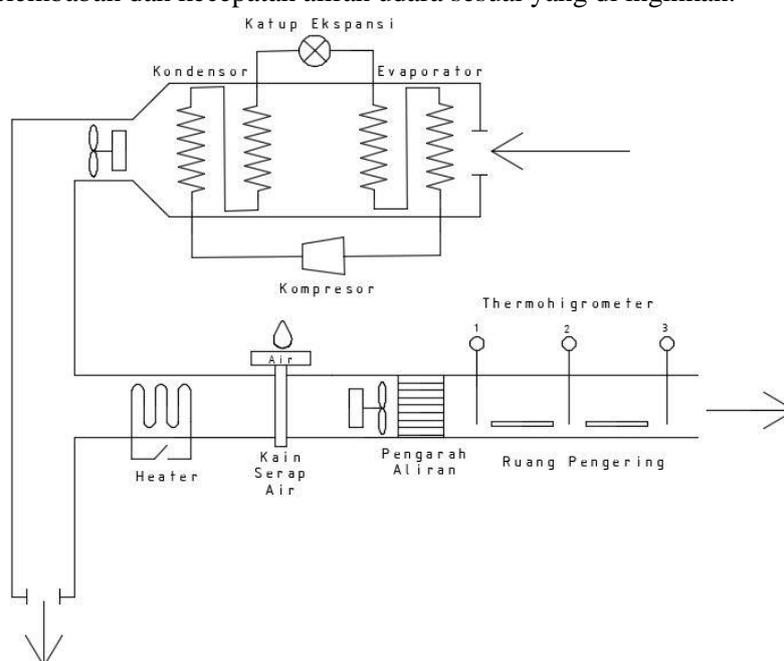
METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Menengah, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, pada bulan Desember 2019 hingga September 2020.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang uji dalam penelitian ini adalah temulawak yang diperoleh dari pasar. Penelitian pengeringan dilakukan dengan menggunakan alat pengering Dehumidifikasi. Alat pengering ini dapat diatur pada kondisi suhu dan kelembaban yang diinginkan yaitu pada suhu 29-50°C dan kelembaban 11-32%. Sensor suhu dan kelembaban menggunakan sensor merk Lutron model HT-3027SD (Precision Hygrometer type K/J temp Datalogger) dengan akurasi suhu $\pm 0.5^\circ\text{C}$ dan akurasi kelembaban $\pm 2\%$. Kecepatan udara pengering yang melalui ruang pengering di kontrol secara manual dan diukur dengan menggunakan anemometer digital Benetech model GM8902 USB dengan akurasi $\pm 3\% \pm 0.1$. Gambar 1 merupakan skema pengeringan dengan metode dehumidifikasi. Dibuat agar bisa mencapai suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara sesuai yang di inginkan.



Gambar 1. Skema Pengeringan

C. Prosedur Percobaan

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu persiapan bahan, Persiapan peralatan, dan pengambilan data.

1. Persiapan Bahan

Temulawak didapat dari pasar tradisional, dengan kondisi yang baik. Temulawak dibersihkan dengan air biasa, temulawak di masukan ke dalam air pada suhu 95°C dan dibiarkan sekitar 1 menit, untuk membunuh kuman dan lain-lain dikulit luar yg berasal dari pupuk, lalu di kupas kulit luar dan di iris dengan ketebalan ± 3 mm. Hasil irisan temulawak di remdam dalam air pada suhu 95°C dan dibiarkan selama 5 menit sebelum dikeringkan dengan alat pengering. Jumlah temulawak yang di keringkan hanya 2 iris temulawak dari 1 temulawak yang sama.

2. Persiapan Alat

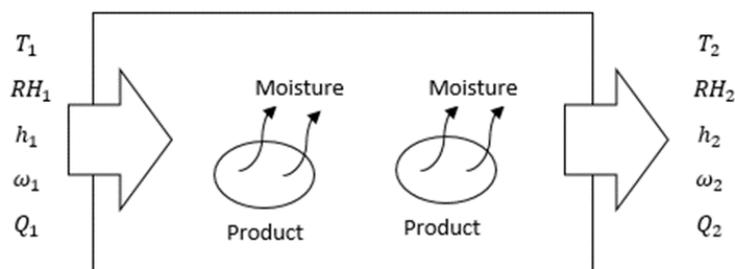
Sebelum percobaan dimulai, alat pengering sudah dihidupkan satu jam sebelumnya untuk menstabilkan suhu dan kelembaban di ruang pengering sesuai dengan kondisi percobaan yang diinginkan. Kecepatan aliran udara pengeringan sekitar 1.5 m/detik. Selama proses pengeringan ini suhu dan kelembaban tidak di atur agar konsisten melainkan mengikuti gejala alam. Proses pengeringan dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu suhu 34.5°C dan kelembaban 21%; suhu 35.5°C dan kelembaban 21%; dan suhu 35.7°C dan kelembaban 22%.

3. Pengambilan Data

Suhu dan kelembaban udara pengering di monitor secara kontinu dan di rekam datanya setiap 2 detik selama percobaan. Lama waktu pengeringan sekitar 6 jam. Pengambilan data suhu dan kelembaban di 3 titik pada ruang pengering tanpa dan adanya bahan uji. Perubahan berat sampel diukur dengan menggunakan timbangan Pocket Scale tipe MH (kapasitas 0-200 g dan akurasi otomatis). Pengambilan data berat bahan uji dilakukan sebelum dan sesudah pengeringan. Pengambilan foto temulawak menggunakan kamera Canon 1200D, dengan jarak pengambilan foto tetap dari awal hingga akhir pengeringan.

4. Metode Analisis

Gambar 2 merupakan skema sistem termodinamika percobaan pengeringan yang dilakukan. Data yang di ambil sebelum dan sesudah melewati temulawak berupa suhu, kelembaban, enthalpy, humidity ratio dan debit.



Gambar 2. Skema Termodinamika Pengeringan

Sistem termodinamika pengeringan pada gambar di atas berhubungan dengan masukan (input) udara pengeringan ke dalam sistem untuk mengeringkan rimpang temulawak/produk, keluaran (output) udara lembab yang keluar dari sistem, dan berhubungan dengan produk yang dikeringkan baik pada kondisi awal dan pada kondisi akhir.

Proses pengeringan berlangsung secara psikrometrik volume kontrol (Burghardt, 1993), maka persamaan-persamaan psikrometrik juga digunakan dalam perhitungan sifat-sifat udara (pengeringan). Persamaan keseimbangan massa dalam ruang pegering sebagai suatu sistem volume terkontrol (control volume system) mencakup tiga komponen berikut yaitu produk yang di keringkan, udara dan air/uap yang ada di dalam fluida pengering dan produk. Selanjutnya, neraca massa pada kondisi steady-state dari tiga komponen tersebut adalah (Dincer, 2004):

$$\text{Produk} : (\dot{m}_p)_1 = (\dot{m}_p)_2 = \dot{m}_p \quad (1)$$

$$\text{Udara} : (\dot{m}_a)_1 = (\dot{m}_a)_2 = \dot{m}_a \quad (2)$$

$$\text{Air} : \omega_1 \dot{m}_a + (\dot{m}_w)_1 = \omega_2 \dot{m}_a + (\dot{m}_w)_2 \quad (3)$$

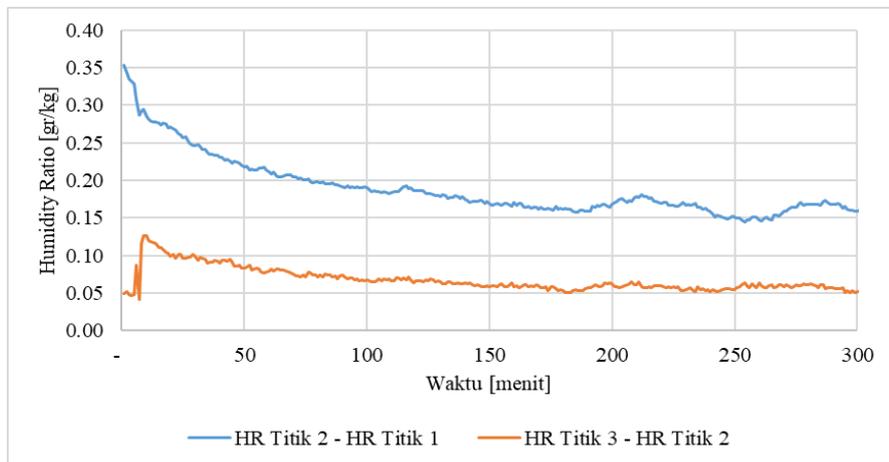
keterangan: ω = Humidity ratio
 \dot{m}_a = Massa aliran udara
 \dot{m}_w = Massa aliran Air
 \dot{m}_p = Massa aliran produk

Dalam penyusutan bahan terjadi pengecilan ukuran volume, luas permukaan, dan ketebalan bahan yang dikeringkan. Data penyusutan diambil dari foto dengan menggunakan kamera Canon 1200D, dengan jarak pengambilan foto tetap dari awal hingga akhir pengeringan. Pengambilan foto diatur dengan timer dan autofocus, agar tidak ada pengaruh getaran dari tangan. Hasil foto dengan format jpg diubah formatnya menjadi dxf menggunakan aplikasi Inkscape. Agar bisa dihitung luas permukaan temulawak melalui aplikasi AutoCad. Dalam analisis ini tidak melakukan perhitungan dengan rumus, melainkan memanfaatkan aplikasi AutoCad, dikarenakan permukaan temulawak yang tidak teratur.

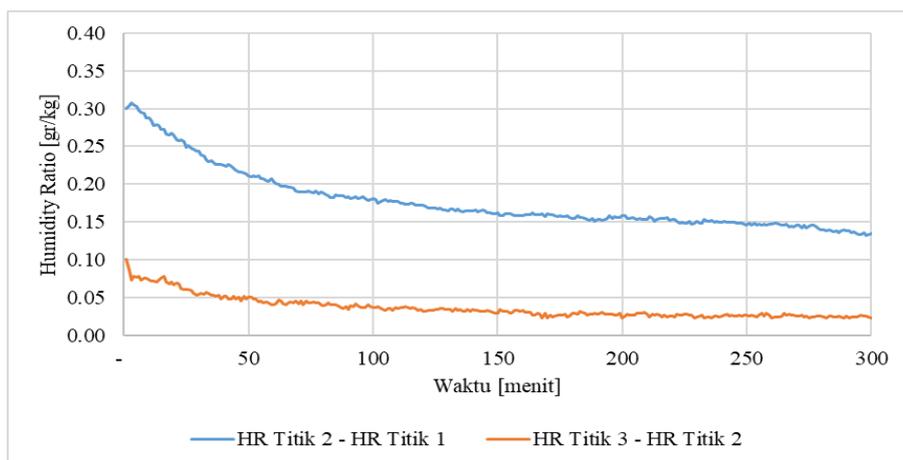
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air Temulawak yang Menguap

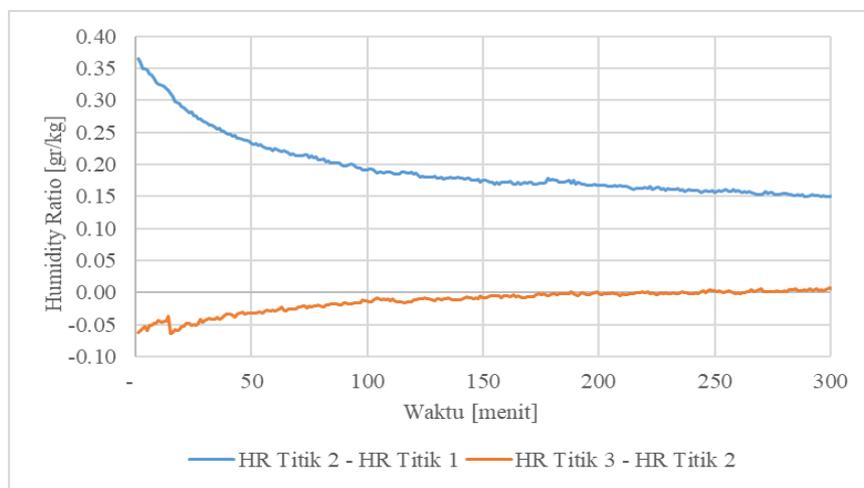
Suhu dan kelembaban udara didalam ruang pengering diukur menggunakan sensor thermohigrometer yang dimasukan melalui lubang yang terdapat pada bagian samping ruang pengering, seperti pada Gambar 1. Hasil pengujian pada masing-masing temulawak pada setiap titik digambarkan pada Gambar 3, 4, dan 5 dibawah ini.



Gambar 3. Humidity Ratio pada Kondisi 1



Gambar 4. Humidity Ratio pada Kondisi 2



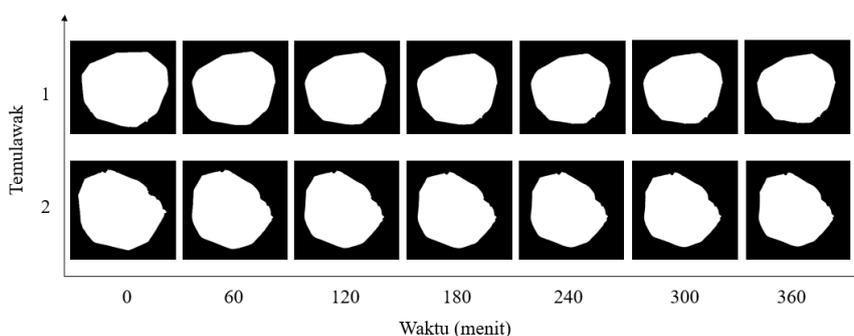
Gambar 5. Humidity Ratio pada Kondisi 3

Kondisi awal bahan sebelum pengeringan ialah sama, dikarenakan dari temulawak yang sama, namun hasil pengujian pada temulawak 1 pada semua kondisi menunjukkan terjadinya penurunan penguapan kadar air yang lebih banyak dibandingkan temulawak 2 pada awal pengeringan. Ini dikarenakan kadar air yang menguap pada temulawak 1 melewati temulawak 2, sehingga kelembaban dan humidity ratio yang di terima pada temulawak 1 dan 2 berbeda, dan setelah itu terjadi penurunan kadar air yang relatif konstan sampai dengan jam ke 6. Menurut Handayani dkk (2014), adanya distribusi aliran yang merata akan menyeragamkan tingkat kekeringan pada setiap titik pengukuran.

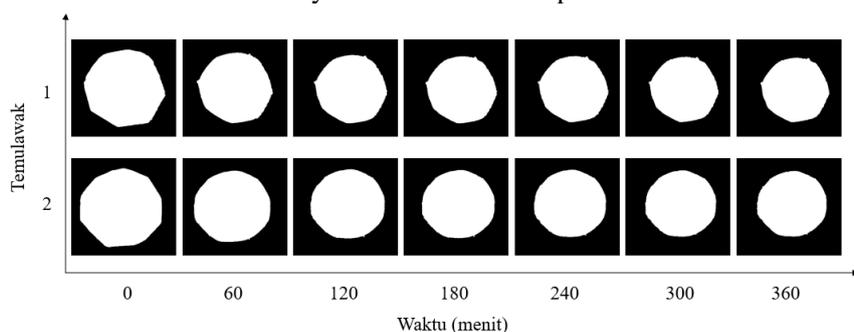
Lamanya pengeringan bervariasi tergantung pada perlakuan suhu dan kelembaban pada saat awal pengeringan (Tulliza dkk, 2010). Kadar air temulawak setelah pengujian masih di atas 10%, yaitu 16% sampai 25%, bila mengacu pada standar mutu simplisia temulawak sebesar maksimum 10% (Depkes, 2008), maka waktu yang diperlukan untuk proses pengeringan akan lebih dari 6 jam.

B. Penyusutan

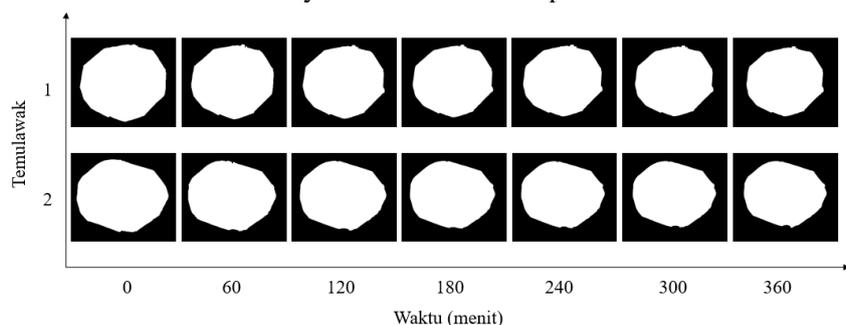
Pada Gambar 6, 7, dan 8 dapat dilihat bahwa terjadi penyusutan bahan selama pengeringan. Dari gambar tersebut terlihat penyusutan lebih cepat pada awal proses pengeringan kemudian perlahan dan stabil hingga akhir pengeringan. Suhu memiliki pengaruh terhadap penyusutan di mana semakin tinggi suhu maka penyusutan yang terjadi semakin besar. Namun pada proses pengeringan dengan suhu rendah ini penyusutan tidak terjadi begitu cepat, bertujuan untuk menghindari penyusutan di awal pengeringan. Karena apabila terjadi penyusutan di awal pengeringan maka kandungan air pada temulawak susah untuk menguap karna pori-pori pada permukaan temulawak akan semakin mengecil.



Gambar 6. Penyusutan Temulawak pada Kondisi 1



Gambar 7. Penyusutan Temulawak pada Kondisi 2



Gambar 8. Penyusutan Temulawak pada Kondisi 3

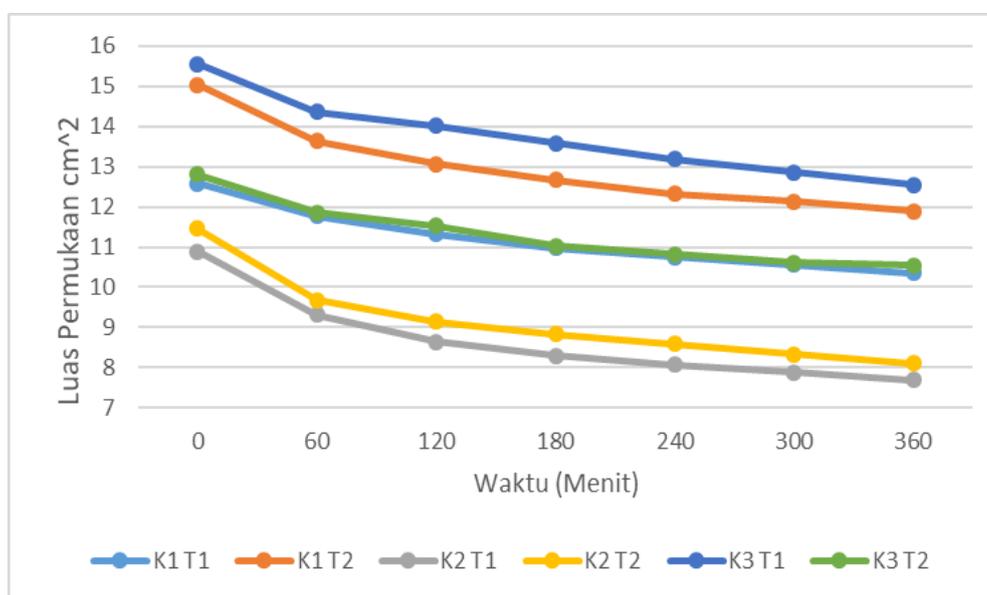
Tabel 1. Penyusutan temulawak selama pengeringan

Perlakuan	Luas Permukaan (cm ²)						
	Berdasarkan waktu (menit)						
	0	60	120	180	240	300	360
K1 T1	12.59	11.77	11.32	10.98	10.76	10.57	10.36
K1 T2	15.03	13.65	13.07	12.67	12.32	12.13	11.89
K2 T1	10.89	9.309	8.645	8.292	8.07	7.891	7.699
K2 T2	11.46	9.682	9.151	8.833	8.595	8.332	8.112
K3 T1	15.55	14.36	14.01	13.58	13.2	12.86	12.54
K3 T2	12.8	11.86	11.53	11.03	10.81	10.62	10.54

Tabel 2. Presentase penyusutan temulawak selama pengeringan

Perlakuan	Presentase Penyusutan					
	Berdasarkan waktu (menit)					
	60	120	180	240	300	360
K1 T1	6.55%	10.12%	12.76%	14.54%	16.07%	17.74%
K1 T2	9.21%	13.02%	15.72%	18.00%	19.26%	20.90%
K2 T1	14.51%	20.62%	23.86%	25.89%	27.54%	29.30%
K2 T2	15.51%	20.15%	22.92%	25.00%	27.29%	29.21%
K3 T1	7.66%	9.88%	12.66%	15.14%	17.31%	19.34%
K3 T2	7.32%	9.91%	13.82%	15.53%	17.07%	17.64%

Tabel 1 menunjukkan penyusutan temulawak yang dilihat dari luas permukaan temulawak dan Tabel 2 menunjukkan presentase penyusutan temulawak. Terlihat adanya penurunan luas permukaan bahan seiring dengan berjalannya waktu pengeringan.



Gambar 9. Penyusutan Temulawak

Penyusutan terjadi lebih cepat pada awal proses pengeringan kemudian perlahan dan stabil hingga akhir pengeringan. Tabel 1 menunjukkan bahwa temulawak pada kondisi 2 mengalami penyusutan yang lebih besar, hal ini terjadi dikarenakan luas permukaan temulawak pada kondisi 2 lebih kecil dibandingkan kondisi 1 & 3. Presentase penyusutan pada temulawak 2 tidak berbanding lurus dengan kadar air yang menguap pada temulawak 2, ini karena distribusi aliran udara yang tidak merata setelah melewati temulawak 1. Pada penelitian ini sensor thermohigrometer diletakan sejajar

secara horizontal sebelum dan setelah melewati temulawak. Peletakan sensor secara horizontal bertujuan untuk mendapatkan data suhu dan kelembaban sebelum dan setelah temulawak, seperti terlihat pada gambar 1.

KESIMPULAN

Pengeringan dengan suhu dan kelembaban rendah tidak mengalami presentase penyusutan yang sangat besar pada awal pengeringan, yaitu pada menit ke 60 mengalami penyusutan dengan nilai presentase 6.55% sampai dengan 15.51%. Pada penelitian ini penyusutan terbesar terdapat pada temulawak kondisi 2 yaitu 29.30%. Ukuran temulawak mempengaruhi waktu proses pengeringan hingga mencapai standar kadar air yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, B. S., Siswanti, & Atmaja, A. 2015. Kinetika Pengeringan Temu Giring (*Curcuma Heyneana* Valetton & Van Zijp) Menggunakan Cabinet Dryer dengan Perlakuan Pendahuluan Blanching. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(2). doi:10.20961/jthp.v0i0.12900
- Burghardt, M. D. (1993). *Engineering Thermodynamics*. In *Choice Reviews Online*, 31(03). doi:10.5860/choice.31-1530
- Cahyono, B., Huda, M. D. K., & Limantara, L. 2011. Pengaruh Proses Pengeringan Rimpang Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb*) terhadap Kandungan dan Komposisi Kurkuminoid. *Reaktor*, 13(3), 165–171. doi:10.14710/reaktor.13.3.165-171
- Depkes. 2008. *Farmakope-Herbal-Indonesia-Edisi-I-2008* (1st ed.).
- Handayani, S. U., Rahmat, & Darmanto, S. 2014. Uji Unjuk Kerja Sistem Pengering Dehumidifier untuk Pengeringan Jahe. *Agritech*, 34(02), 232–238. doi:10.22146/agritech.9514
- I, Dincer, & A, Z, Sahin. 2004. A New Model for Thermodynamic Analysis of a Drying Process. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(4), 645–652. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2003.08.013
- Khamidah, A., Antarlina, S. S., & Sudaryono, T. 2017. Ragam Produk Olahan Temulawak Untuk Mendukung Keanekaragaman Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 36(1), 1–12. doi:10.21082/jp3.v36n1.2017.p1-12
- Lamhot P, M., Tambunan, A. H., & Leopold O, N. 2012. Penentuan Kondisi Proses Pengeringan Temu Lawak Untuk Menghasilkan Simplisia Standar. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 23(2), 99–106.
- Manalu, L. P., & Tambunan, A. H. 2016. Analisis Eksergi Pengeringan Irisan Temulawak. *Jurnal Agritech*, 36(01), 96. doi:10.22146/agritech.10689
- Minea, V. 2013. Drying heat pumps-Part I: System integration. *International Journal of Refrigeration*, 36(3), 643–658. doi:10.1016/j.ijrefrig.2012.11.025
- Pane, Y. M. 2018. *Karakteristik Pengeringan Temulawak (Curcuma Zanthorrhiza) Menggunakan Pengering Kombinasi Surya Tapis Molekuler [skripsi]*. Medan (ID): Universitas Sumatra Utara.
- Purwanti, M., P, J., & Kadirman. 2017. Penguapan Air dan Penyusutan Irisan Ubi Kayu Selama Proses Pengeringan Menggunakan Mesin Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3, 127–136.
- Rifdah, S. 2017. *Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Serta Analisis Finansial dalam Pembuatan Simplisia Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb) [skripsi]*. Malang (ID): Universitas Brawijaya.
- Rosidi, A., Khomsan, A., Setiawan, B., Riyadi, H., & Briawan, D. 2014. Potensi Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb*) sebagai Antioksidan (Issue 1995). In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*.
- S, Syahrul., R, Romdhani., & M, Mirmanto. 2016. Pengaruh Variasi Kecepatan Udara dan Massa Bahan terhadap Waktu Pengeringan Jagung pada Alat Fluidized bed. *Dinamika Teknik Mesin*, 6(2), 119–126. doi:10.29303/d.v6i2.15
- Sagita, A. 2013. *Hubungan Penyusutan dengan Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Simplisia Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sibarani, D. M. (2018). *Rancang Bangun Alat Pengering Chips Temulawak dengan Memanfaatkan Panas Kondesor Kulkas Komersial [skripsi]*. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.

- Tulliza, I. S., H.Tambunan, A., & Ahmad, U. 2010. Pengaruh Penyusutan Temu Putih (*Curcuma zedoaria* (Berg) Roscoe) terhadap Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 24(2).
- Widyasanti, A., Sudaryanto, Arini, R., & Asgar, A. 2018. Pengaruh Suhu terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Optik Brokoli Selama Proses Pengeringan Vakum dengan Tekanan 15 cmHg. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(1), 44. doi:10.25077/jtpa.22.1.44-51.2018
- Yahya, M. 2014. Kaji Eksperimental Unjuk Kerja Pengering Dehumidifikasi Terintegrasi dengan Pemanas Udara Surya untuk Mengeringkan Temulawak. *Jurnal Teknik Mesin*, 4, 68–74.