

e-ISSN : 3031-0342
Diterima : 27 Agustus 2023
Disetujui : 28 Mei 2024
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

**KARAKTERISIK PENGERINGAN UMBI PORANG (*Amorpophallus oncophyllus*)
MENGUNAKAN ALAT PENGERING HYBRID TIPE RAK BERPUTAR**

*Porang Tubers (*Amorpophallus oncophyllus*) Drying Characteristics Using a Hybrid Dryer
Machine with Rotating Rack Type*

Eka Ariana¹, Sukmawaty^{1*}, Ansar¹, Ince Siti Wardatullatifah S¹

¹ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas
Mataram

Email^{*}: sukmawaty14@unram.ac.id

ABSTRACT

This research aims to study about characteristic of porang tubers drying using a hybrid dryer machine with rotating rack type. The drying carried out with three treatments in temperature 40 °C, 50°C, and 60°C and the slices thickness namely 0.7, 0.5, and 0.3 cm. The research result showed that the highest of temperature and the lower slices thickness, so the time to drying getting faster. The drying in temperature 40°C with slice thickness 0.7 cm takes the longest for 45 hours with an initial moisture content of 77.09% to the last moisture content of 17.66% and the faster treatment at 60°C with slice thickness 0.3 cm for 14 hours with initial moisture content 81.87% to the last moisture content of 14.84%. The highest rate of drying at 60°C is 1.8153 m/s. Constant in temperature at 40°C getting value of 0.0738, at 50°C getting value of 0.0969 and temperature at 60°C getting value of 0.1849.

Keywords: *drying rate; hybrid dryer; rotating rack type; porang tubers*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari karakteristik pengeringan umbi porang menggunakan alat pengering hybrid tipe rak berputar. Pengeringan dilakukan dengan tiga perlakuan suhu 40°C, 50°C dan 60°C dan ketebalan irisan bahan 0,7; 0,5; dan 0,3 cm. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan ketebalan irisan bahan rendah, maka waktu pengeringan semakin cepat. Pengeringan membutuhkan waktu paling lama pada suhu 40°C selama 45 jam dengan kadar air awal 77,09% sampai kadar air akhir 17,66% dan paling cepat pada perlakuan suhu 60°C ketebalan irisan 0,3 cm selama 14 jam dengan kadar air awal 81,87% sampai kadar air akhir 14,84%. Laju pengeringan tertinggi pada perlakuan suhu 60°C sebesar 1,8153 m/s. Nilai konstanta yang diperoleh pada suhu 40°C adalah 0,0738, suhu 50°C senilai 0.0969, dan suhu 60°C senilai 0,1849.

Kata kunci: laju pengeringan; pengering hybrid; tipe rak berputar; umbi porang

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia memiliki berbagai jenis sereal dan umbi-umbian. Salah satu jenis umbi-umbian yang cukup potensial untuk dikembangkan adalah umbi porang. Umbi porang merupakan umbi tunggal karena setiap satu pohon porang hanya menghasilkan satu umbi. Diameter umbi porang bisa mencapai 28 cm dengan berat 3 kg, permukaan luar umbi berwarna coklat tua dan bagian dalam berwarna kuning kecoklatan. Kandungan yang terdapat di dalam umbi porang sangat tinggi, diantaranya kandungan pati sebesar 76,5%, protein 9,20%, serat 25%, lemak sebesar 0,20%, dan mengandung senyawa glukomanan serta kristal asam oksalat yang cukup tinggi (Pratama et al., 2020; Saleh et al., 2015).

Umbi porang dapat diolah sebagai bahan baku produk makanan, kecantikan dan obat-obatan. Sebelum diolah lebih lanjut, umbi porang perlu dikeringkan terlebih dahulu agar mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan pada umbi dapat diminimalisir, memperpanjang masa simpan dan menghindari timbulnya jamur yang dapat menurunkan kualitas dan harga jual. Pengeringan dilakukan sampai kadar air mencapai kadar air keseimbangan. Umbi porang yang telah dikeringkan dengan ketebalan irisan tertentu disebut dengan chips porang.

Di Indonesia, pengeringan umum dilakukan dengan cara konvensional. Pengeringan dilakukan dengan cara menghamparkan produk pada lantai atau di pinggir jalan dengan menggunakan terpal atau bambu sebagai alasnya. Menurut para petani, pengeringan konvensional merupakan salah satu cara yang paling mudah dan praktis karena dari segi biaya operasional terbilang murah, tetapi memiliki beberapa kelemahan. Kelemahannya antara lain membutuhkan lahan yang luas, kontaminasi produk dari debu, suhu selama proses penjemuran berlangsung tidak konstan, kotoran dan polusi kendaraan pada produk yang biasa dikeringkan di pinggir jalan sehingga produk menjadi kurang higienis dan menurunkan mutu dari produk tersebut.

Selain itu, penjemuran juga sangat bergantung pada cuaca, jika musim hujan tiba, pengeringan tidak dapat dilakukan dan petani biasanya menumpuk produk pada suatu wadah ataupun plastik. Pada malam hari pengeringan tidak dapat dilakukan karena harus menunggu sinar matahari untuk mengeringkan produk. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengeringan menggunakan alat pengering buatan. Salah satu alat yang dapat digunakan adalah alat pengering *hybrid* tipe rak berputar. Alat ini juga dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengeringkan umbi porang tanpa dipengaruhi oleh faktor cuaca dan lingkungan. Keunggulan penggunaan pengeringan *hybrid* tipe rak berputar mampu memberikan pengeringan yang merata pada produk, dengan demikian kualitas kadar air yang diperoleh sama.

Berdasarkan pemaparan tersebut, tujuan kajian ini adalah mengetahui efektifitas penggunaan pengeringan *hybrid* tipe rak berputar pada pengeringan umbi porang dengan mengvariasikan ketebalan irisan umbi porang.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis karakteristik dari hasil pengeringan yang meliputi kadar air bahan, kadar air keseimbangan, suhu pengeringan, kelembaban relatif dan konstanta laju pengeringan umbi porang (*Amorophallus oncophyllus*) menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan antara lain; alat pengering *hybrid* tipe rak berputar, *blower*, termometer digital, timbangan digital, oven, loyang, nampan, penggaris, pisau, anemometer, kamera, termometer bola basah, termometer bola kering, termodigital, *stopwatch*, alat *slicer* dan *lux meter*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah umbi porang.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di lapangan dan di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian. Pengujian dilakukan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar dan metode pengeringan lapis tipis menggunakan oven dengan bahan umbi porang. Ketebalan irisan bahan adalah 0,3, 0,5 dan 0,7 cm yang dikeringkan pada suhu 40, 50 dan 60 °C dengan interval waktu pengambilan data 30 menit sampai berat bahan konstan.

Parameter yang digunakan dalam penentuan karakteristik pengeringan umbi porang antara lain: berat bahan, kadar air, *relative humidity*, rasio kadar air, kadar air kesetimbangan, konstanta pengeringan, dan laju pengeringan.

Adapun prosedur pengeringan lapis tipis umbi porang antara lain:

- a. Diatur suhu ruang pengering 1 jam sebelum bahan dimasukkan agar suhu di dalam ruang pengering konstan.
- b. Ditimbang bahan ketebalan 0,7 cm dengan berat awal 57-58 gram. Bahan yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam oven pada rak atas, rak tengah dan rak bawah.
- c. Dilakukan pengambilan data dengan rentang waktu 30 menit sekali sampai berat bahan konstan. Data yang diambil adalah berat bahan, suhu bola basah, suhu bola kering pada ruang pengering, suhu lingkungan, dan RH lingkungan.
- d. Diulangi perlakuan yang sama pada suhu 50 dan 60 °C.

Pengeringan umbi porang menggunakan alat pengering hybrid tipe rak berputar

Adapun prosedur pengeringan umbi porang antara lain:

- a. Diletakkan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar pada lapangan terbuka yang tidak terkena naungan sepanjang hari dengan posisi alat membujur timur ke barat sehingga lintasan matahari bergerak pada alat pengering dari satu sisi ke sisi lainnya.
- b. Diletakkan termometer bola basah dan termometer bola kering pada ruang

pengering, tungku biomassa, *heat exchanger* dan *exhaust fan*.

- c. Dipersiapkan bahan umbi porang yang telah dibersihkan, dikupas dan diiris dengan ketebalan 0,7 cm.
- d. Diletakkan umbi porang dengan ketebalan irisan 0,7 cm pada setiap rak dengan berat awal umbi porang 900 gram dan di setiap rak diletakkan satu sampel penimbangan berat bahan dengan berat awal 57-58 gram.
- e. Dikontrol suhu ruang pengering dengan suhu 80 °C pada 2 jam pertama selama proses pengeringan dan dilakukan pengambilan data dengan waktu 10 menit sekali. Selanjutnya digunakan suhu pengering 40 °C dan pengambilan data dilakukan dengan waktu 30 menit sekali.
- f. Ditimbang berat sampel menggunakan timbangan digital sampai berat bahan konstan.
- g. Diukur suhu menggunakan termodigital pada ruang pengering di beberapa titik yaitu: cerobong, tungku biomassa, *heat exchanger*, *exhaust fan*, dinding ruang pengering kiri dan kanan.
- h. Diukur intensitas cahaya matahari menggunakan *lux meter*. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada lingkungan terbuka yang terkena sinar matahari langsung.
- i. Diulangi perlakuan yang sama pada ketebalan irisan 0,7 cm dengan suhu 50 dan 60 °C. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada bahan dengan ketebalan irisan 0,5 dan 0,3 cm pada suhu 40, 50, dan 60 °C. Berat awal bahan ketebalan irisan 0,5 cm sebanyak 600 gram pada setiap rak dan ketebalan irisan bahan 0,3 cm dengan berat awal bahan 450 gram pada setiap rak.

Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Hubungan antara suhu pengering dan ketebalan irisan bahan dengan parameter penelitian dianalisis menggunakan analisis regresi dengan menggunakan *Mc.excel*. Apabila koefisien regresi (R²) mendekati angka 1, maka terdapat hubungan yang erat.

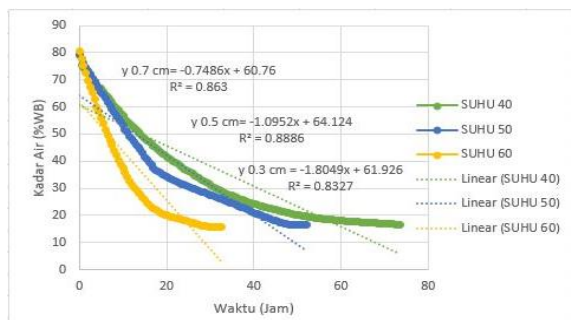
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pengeringan Lapis Tipis Umbi Porang

Pengeringan lapis tipis dimaksudkan mengeringkan produk sehingga pergerakan udara dapat melewati seluruh permukaan bahan yang dikeringkan agar terjadinya penurunan kadar air sesuai dengan prinsip pengeringan

Kadar Air Pengeringan Lapis Tipis Umbi Porang

Pengeringan umbi porang dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung di dalam bahan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi proses pengeringan adalah suhu pengeringan. Grafik penurunan kadar air selama proses pengeringan umbi porang dapat dilihat pada Gambar 1.



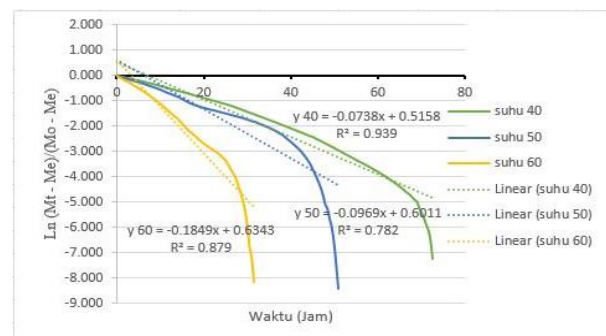
Gambar 1. Hubungan kadar air bahan (% WB) terhadap waktu pengeringan dengan perlakuan suhu menggunakan oven

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa penurunan kadar air paling cepat pada suhu 60 °C dari kadar air awal 81,82% sampai kadar air 15,56% selama 32,5 jam. Sedangkan pengeringan paling lama pada perlakuan suhu 40 °C dengan kadar air awal 78,79% sampai pada kadar air 16,70% selama 73,5 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan selama proses pengeringan menyebabkan uap air lebih cepat teruapkan sehingga waktu pengeringan semakin singkat. Udara panas yang terperangkap di dalam ruang pengering akan menguapkan kandungan air dari bahan hingga mencapai kadar air yang setimbang. Rahayuningtyas (2016), menyatakan bahwa semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan,

maka semakin cepat proses pindah panas berlangsung sehingga menyebabkan proses penguapan semakin cepat pula. Nilai R^2 pada semua perlakuan yaitu 0,83-0,86 yang artinya hubungan kadar air terhadap perlakuan suhu selama waktu pengeringan memiliki hubungan yang erat.

Rasio Kadar Air Pengeringan Lapis Tipis Umbi Porang.

Hasil analisis $\ln MR$ pada proses pengeringan umbi porang dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai gradien (k) negatif yang artinya persamaan laju pengeringan memiliki pola menurun. Laju pengeringan menurun seiring dengan penurunan kadar air selama proses pengeringan. Berdasarkan analisa $\ln MR$ pada suhu 40 °C didapatkan bentuk persamaan $y = -0,0738x + 0,5518$ didapatkan nilai $k = 0,0738$ dan nilai $a = \exp(0,5518)$. Suhu 50 °C didapatkan persamaan linier $y = -0,0969x + 0,6011$ didapatkan nilai $k = 0,0969$ dan nilai $a = \exp(0,6011)$. Perlakuan pengeringan suhu 60 °C didapatkan bentuk persamaan linier $y = -0,1849x + 0,6343$ didapatkan nilai $k = 0,1849$ dan nilai $a = \exp(0,879)$.



Gambar 2. Hubungan $\ln MR$ terhadap waktu t (jam) dengan perlakuan suhu menggunakan oven

Pengeringan pada suhu yang lebih tinggi yaitu suhu 60 °C memiliki nilai konstanta sebesar 0,1849 yang artinya laju pengeringannya lebih cepat dibanding perlakuan lainnya. Menurut Supraptiah (2019), suhu yang tinggi menyebabkan kapasitas udara pengering menampung air menjadi lebih besar sehingga pengeringan menjadi lebih cepat. Suhu yang tinggi akan mendorong lebih banyak air yang dapat diuapkan pada bahan yang dikeringkan. Nilai konstanta paling kecil didapatkan pada perlakuan suhu 40 °C sebesar

0,0738. Nilai konstanta yang kecil menjelaskan bahwa kemampuan air untuk berdifusi meninggalkan bahan juga semakin sedikit sehingga waktu pengeringan menjadi lebih lama. Suhu yang rendah pada proses pengeringan menyebabkan kandungan air pada bahan tidak dapat teruapkan dalam jumlah yang banyak karena pada suhu yang rendah kelembaban udara di dalam ruang pengering cukup tinggi sehingga penguapan air menjadi lambat. Berdasarkan hasil analisa ln MR diperoleh persamaan MR yang dapat dilihat pada Tabel 1.

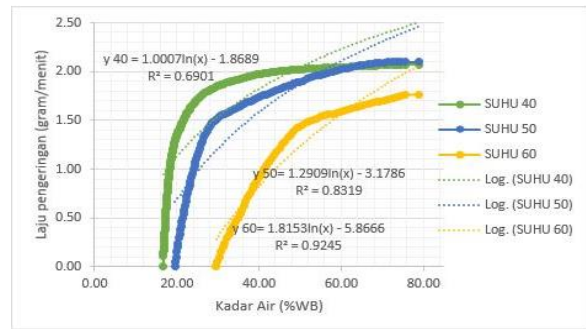
Tabel 1. Persamaan rasio kadar air pengeringan lapis tipis pada perlakuan suhu

Suhu ruang pengering (°C)	Persamaan MR	R ²
40 °C	Ln MR = -0,0738x	0,939
50 °C	Ln MR = -0,0969x	0,782
60 °C	Ln MR = -0,1849x	0,879

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada perlakuan suhu 40 °C didapatkan nilai Ln MR = -0,0738x yang artinya mengalami penurunan kadar air sebesar 0,0738% setiap 30 menit. Perlakuan pengeringan umbi porang suhu 50 °C cm didapatkan nilai Ln MR = -0,0969x mengalami penurunan kadar air sebesar 0,0969% setiap 30 menit dan perlakuan suhu 60 °C didapatkan nilai Ln MR = -0,1849x, artinya perlakuan ini mengalami penurunan kadar air sebesar 0,1849% setiap 30 menit sekali. Koefisin determinasi (R²) berada pada angka 0,7-0,9 yang mendekati angka 1 sehingga dapat dikatakan bahwa kecocokan data dapat digunakan pada pengeringan umbi porang. Berdasarkan data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi suhu, maka nilai ln MR akan semakin menurun. Suhu yang tinggi menyebabkan penurunan kadar air yang lebih tinggi dan menyebabkan nilai konstanta laju pengeringan semakin besar sehingga pengeringan berlangsung lebih cepat.

Laju Pengeringan Lapis Tipis Umbi Porang

Laju pengeringan dipengaruhi oleh kadar air suatu bahan dimana semakin rendah kadar air bahan, maka semakin rendah laju pengeringannya (Dessy, 2016).

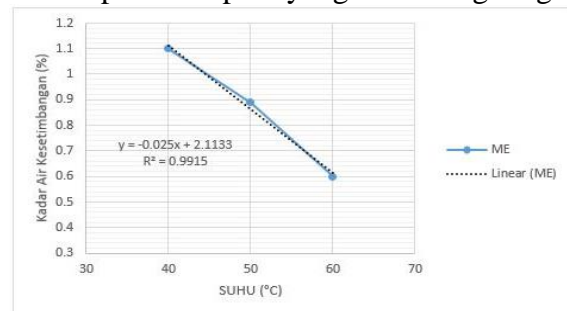


Gambar 3. Hubungan laju pengeringan dengan kadar air (% WB) terhadap perlakuan suhu pengeringan menggunakan oven

Gambar 3 dapat dilihat bahwa pengeringan umbi porang dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu pengeringan yang digunakan, maka laju pengeringan semakin meningkat. Suhu yang tinggi menyebabkan suhu bahan semakin meningkat sehingga tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi daripada tekanan uap air di udara yang menyebabkan terjadinya perpindahan uap air dari bahan ke udara. Hal serupa juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ramdani (2020) yaitu suhu pengeringan yang lebih tinggi akan meningkatkan massa panas dengan bahan sehingga air yang terkandung di dalam bahan berubah fase menjadi uap dan bahan menjadi lebih cepat mencapai kadar air keseimbangan. Nilai koefisien regresi (R²) pada semua perlakuan berkisar antara 0,61-0,92 mendekati angka 1 artinya laju pengeringan dengan kadar air memiliki hubungan yang erat

Kadar Air Kesetimbangan Pengeringan Lapis Tipis Umbi Porang (ME)

Moisture Equilibrium (ME) menunjukkan kadar air bahan pada saat tekanan uap air bahan setimbang dengan tekanan parsial uap air yang ada di lingkungan.



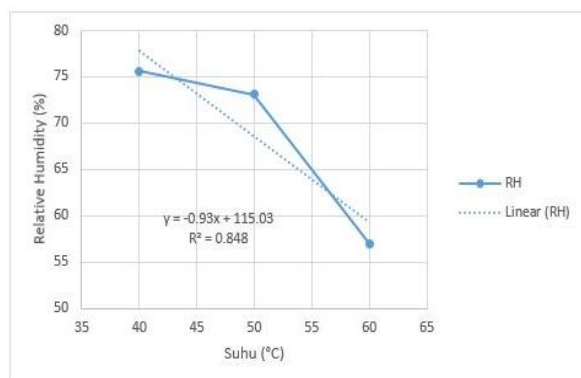
Gambar 4. Hubungan kadar air kesetimbangan (%) terhadap perlakuan suhu pengeringan menggunakan oven

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa suhu yang tinggi menyebabkan penurunan nilai ME. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dapat menguapkan air lebih banyak pada bahan yang dikeringkan. Ketika suhu udara pengering mengalami kenaikan, udara panas akan dihembuskan melewati seluruh permukaan bahan. Adanya perbedaan suhu dimana suhu udara pengering lebih tinggi dibandingkan dengan suhu dalam bahan, maka terjadilah proses perpindahan panas dari lingkungan ruang pengering ke dalam bahan.

Perpindahan panas tersebut menyebabkan terjadinya perpindahan massa air yang ada di dalam bahan menuju ke permukaan dan menguap ke udara. Semakin lama proses pengeringan berjalan dan suhu yang digunakan tinggi, panas akan terperangkap di dalam ruang pengering sehingga dapat lebih banyak menguapkan air dan mempercepat proses pengeringan. Nilai R^2 sebesar 0,991 mendekati angka 1 yang artinya bahwa kadar air kesetimbangan terhadap perlakuan suhu memiliki hubungan yang erat.

Kelembaban Relatif Pengeringan Lapis Tipis Umbi Porang

RH mempengaruhi kemampuan alat pengering untuk mengeringkan bahan. Udara dikatakan memiliki kelembaban yang tinggi ketika uap air yang dikandungnya tinggi. Jika kelembaban udara tinggi pada ruang pengering, maka kemampuan udara pengering untuk menyerap uap air dari bahan menjadi lebih kecil.



Gambar 5. Hubungan kelembaban relatif (%) pada pengeringan umbi porang terhadap perlakuan suhu (°C) menggunakan oven

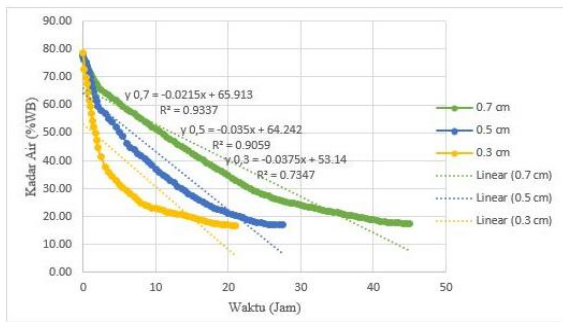
Hubungan antara RH terhadap perlakuan suhu terlihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa RH yang diperoleh dari pada suhu 40 °C sebesar 75,56%. Suhu 50 °C sebesar 73,08% dan suhu 60 °C sebesar 56,96%. Berdasarkan data tersebut, RH mengalami penurunan pada suhu yang lebih tinggi. McCabe (2002) menyatakan bila suatu padatan basah dikontakkan dengan udara yang memiliki kelembaban rendah dibanding padatan basah, maka padatan tersebut akan melepaskan sebagian kebasahannya dan mengering sampai seimbang dengan udara. Semakin lama waktu pengeringan berlangsung, udara panas akan semakin banyak terperangkap di dalam ruang pengering sehingga menyebabkan RH menjadi lebih rendah. Selain itu laju penguapan air pada bahan semakin lama semakin berkurang ketika bahan akan mencapai kadar air kesetimbangan. Nilai R^2 sebesar 0,84 mendekati angka 1 yang artinya suhu dan kelembaban relatif memiliki hubungan yang erat.

Karakteristik Pengeringan Umbi Porang pada Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Berputar

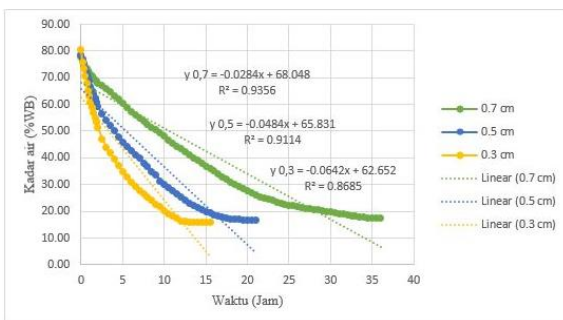
Proses pengeringan pada penelitian ini terjadi secara konveksi dan konduksi. Perpindahan panas secara konveksi terjadi dari udara panas yang dihembuskan dari *heater* menggunakan *blower* ke dalam ruang pengering. Sedangkan perpindahan panas secara konduksi terjadi pada rak di dalam ruang pengering yang bersentuhan langsung dengan bahan yang dikeringkan. Sumber panas selain menggunakan energi tambahan yang berasal dari tungku biomassa dengan bahan bakar cangkang kemiri juga didapatkan sumber panas yang berasal dari cahaya matahari.

Kadar Air Pengeringan Umbi Porang Menggunakan Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Berputar

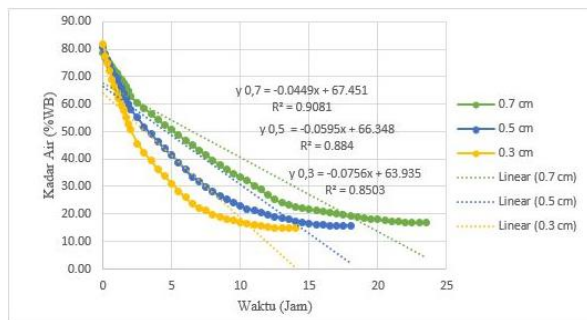
Hasil analisa kadar air selama proses pengeringan dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 berikut:



Gambar 6. Hubungan kadar air bahan (% WB) terhadap waktu pengeringan dengan tiga perlakuan ketebalan irisan bahan pada suhu 40 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar



Gambar 7. Hubungan kadar air bahan (% WB) terhadap waktu pengeringan dengan tiga perlakuan ketebalan irisan bahan pada suhu 50 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar



Gambar 8. Hubungan kadar air bahan (% WB) terhadap waktu pengeringan dengan tiga perlakuan ketebalan irisan bahan pada suhu 60 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

Berdasarkan data pada Gambar 6-8 penurunan kadar air umbi porang pada suhu 40 °C dengan ketebalan irisan 0,7 cm membutuhkan waktu yang paling lama yaitu selama 45 jam dengan kadar air awal sebesar 77,09% hingga konstan dengan kadar air akhir 17,66% dibandingkan dengan ketebalan irisan 0,5 cm yang membutuhkan waktu selama 27,5

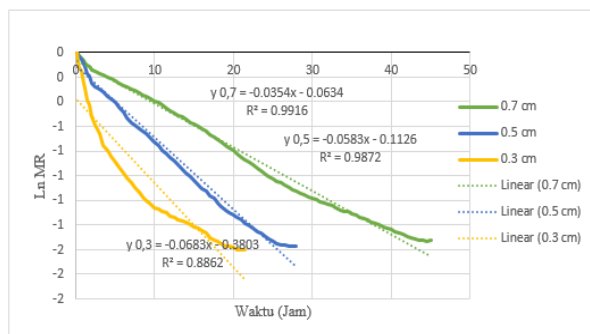
jam dengan kadar air awal 78,04% hingga konstan pada kadar air 17,14% dan ketebalan irisan 0,3 cm dengan waktu pengeringan selama 21 jam dengan kadar air awal 78,61% hingga konstan pada kadar air 16,82%. Untuk mengetahui pada waktu beberapa kadar air mencapai kadar air 16%, maka dilakukan ekstrapolasi pada ketebalan irisan 0,7 dan 0,5 cm. Dari hasil ekstrapolasi diketahui bahwa bahan dengan ketebalan irisan 0,7 cm mencapai kadar air 16,62% pada waktu ke 60,5 jam dan pada ketebalan irisan 0,5 mencapai kadar air 16,83 pada waktu ke 36,5 jam.

Pengeringan umbi porang pada suhu 50 °C ketebalan irisan bahan 0,7 cm dengan kadar air awal sebesar 77,73% membutuhkan waktu pengeringan selama 36 jam hingga kadar air akhir sebesar 17,31%. Sedangkan pada ketebalan irisan 0,5 cm kadar air awal 78,63 membutuhkan waktu selama 21 jam dengan kadar air akhir 16,80%. Kemudian bahan ketebalan irisan bahan 0,3 cm kadar air awal 80,51% membutuhkan waktu selama 15,5 jam hingga kadar air akhir sebesar 15,69%. Pada suhu 50 °C dilakukan ekstrapolasi pada ketebalan irisan 0,7 cm sehingga diketahui kadar air sebesar 16,88% pada waktu ke 54 jam. Suhu pengeringan 60 °C dengan ketebalan irisan 0,7 cm kadar air awal 78,55% membutuhkan waktu selama 23,5 jam hingga kadar air akhir sebesar 16,85%. Ketebalan irisan 0,5 cm kadar air awal 80,54% membutuhkan waktu selama 18 jam sampai kadar air akhir sebesar 15,67%. Kemudian pada bahan ketebalan irisan 0,3 cm kadar air awal 81,87% membutuhkan waktu selama 14 jam untuk mencapai kadar air konstan sebesar 14,84%.

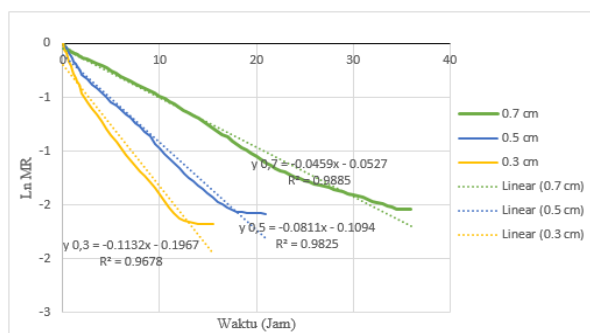
Penurunan kadar air bahan selama proses pengeringan pada suhu 40 °C dengan ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm dibandingkan dengan pengeringan suhu 50 dan 60 °C membutuhkan waktu paling lama dikarenakan cepat atau lambatnya proses pengeringan dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suhu yang digunakan. Hal ini sesuai dengan Rahayuningtyas *et al* (2016) yang menyatakan semakin tinggi suhu yang digunakan, maka proses pengeringan menjadi semakin cepat. Semakin tinggi suhu udara pengering, maka semakin besar energi

panas yang dibawa udara sehingga semakin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari bahan.

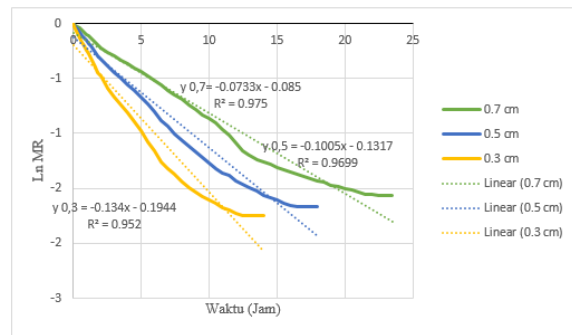
Semakin tebal irisan bahan, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan menjadi lebih lama. Menurut Muchtadi (2013), hal ini disebabkan karena pengirisan dapat memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas akan memberikan lebih banyak permukaan air yang dapat keluar. Irisan yang tipis memudahkan air untuk berpindah karena jarak yang ditempuh semakin dekat untuk menguapkan air di dalam bahan. Nilai R^2 pada perlakuan suhu dan ketebalan irisan antara 0,73-0,93 yang artinya kadar air terhadap waktu pengeringan dengan perlakuan suhu dan ketebalan irisan memiliki hubungan yang erat. Adapun kurva $\ln MR$ dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Hubungan $\ln MR$ terhadap waktu (menit) pada tiga perlakuan ketebalan irisan dengan suhu pengering 40 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar.



Gambar 10. Hubungan $\ln MR$ terhadap waktu (menit) pada tiga perlakuan ketebalan irisan dengan suhu pengering 50 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

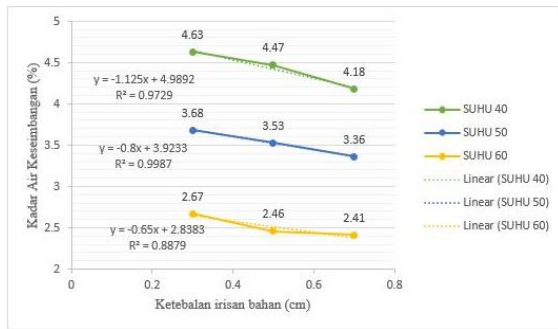


Gambar 11. Hubungan $\ln MR$ terhadap waktu (menit) pada tiga perlakuan ketebalan irisan dengan suhu pengering 60 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

$\ln MR$ digunakan untuk mengetahui penurunan kadar air selama proses pengeringan. Gradien (k) menunjukkan nilai negatif yang artinya laju pengeringan memiliki pola menurun seiring dengan penurunan kadar air pada bahan selama proses pengeringan. Berdasarkan Gambar 11, konstanta pengeringan tertinggi pada suhu 60 °C ketebalan irisan 0,3 cm sebesar 0,0022 dan terendah pada perlakuan suhu 40 °C ketebalan irisan 0,7 cm sebesar 0,0006. Suhu yang tinggi akan mendorong lebih banyak air yang dapat diuapkan pada bahan yang dikeringkan (Rahayuningtyas *et al*, 2016). Hal ini juga berkaitan dengan ketebalan bahan, semakin tebal bahan yang dikeringkan, maka partikel bahan menjadi semakin rapat yang menyebabkan penguapan air menjadi lebih lambat. Artinya semakin tinggi suhu yang digunakan dan ketebalan bahan semakin tipis, maka proses pengeringan akan berjalan semakin cepat, begitu juga sebaliknya.

Kadar Air Kesetimbangan

Kadar air kesetimbangan menentukan air minimum dimana bahan dapat dikeringkan pada kondisi pengeringan tertentu. Terdapat dua cara dalam penentuan kadar air kesetimbangan yaitu kadar air kesetimbangan statis dan kadar air kesetimbangan dinamis. Metode statis biasanya digunakan pada analisis penyimpanan, sedangkan metode dinamis digunakan pada analisis pengeringan. Grafik kadar air kesetimbangan pada proses pengeringan umbi porang dapat dilihat pada Gambar 12.



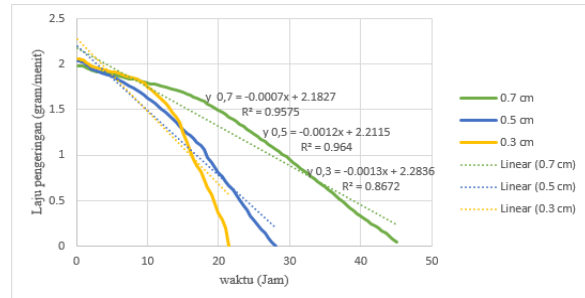
Gambar 12. Hubungan kadar air kesetimbangan terhadap perlakuan suhu dan ketebalan irisan bahan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

Gambar 12 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan ketebalan irisan bahan, maka nilai ME akan semakin turun. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pengeringan, maka panas yang terperangkap di dalam ruang pengering menjadi semakin banyak yang menyebabkan tingginya penguapan air dari bahan. Selain itu, RH juga mengalami penurunan seiring dengan peningkatan suhu dan ketebalan irisan yang rendah.

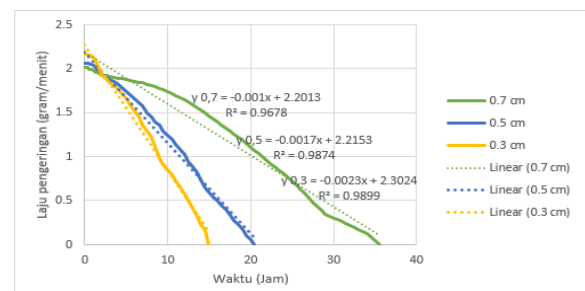
RH tertinggi didapat pada suhu 40 °C ketebalan irisan 0,7 cm sebesar 64,20% dan RH terendah didapat pada suhu 60°C ketebalan irisan 0,3 cm sebesar 43,37%. Aisyah (2020) menyatakan bahwa lebih banyak kandungan air yang dapat dilepaskan pada suhu yang tinggi, begitu juga sebaliknya. Selain itu, Maniah (2013) menyatakan bahwa semakin rendah kelembaban relatif udara pengering, maka kemampuannya dalam menyerap uap air semakin besar. Sebaliknya jika kelembaban relatif udara semakin tinggi, maka kemampuan dalam menyerap uap air semakin kecil. Hal ini yang menyebabkan bahan lebih cepat mencapai kadar air kesetimbangan, sebab semakin rendah suhu pengering yang digunakan dan tingkat ketebalan bahan semakin tinggi, maka nilai kelembaban relatif akan semakin tinggi yang menyebabkan bahan menjadi lebih lama mencapai kadar air kesetimbangan karena sedikitnya kemampuan bahan dalam menguapkan kandungan air. Nilai R² dari semua perlakuan antar 0,88-0,99 yang artinya memiliki hubungan yang erat.

Laju Pengeringan

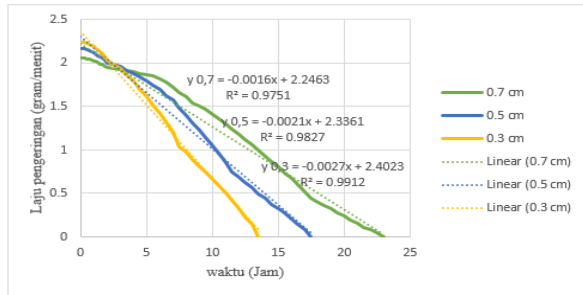
Proses pengeringan dibagi menjadi dua periode yaitu periode laju pengeringan tetap dan periode laju pengeringan menurun. Periode laju pengeringan tetap akan terjadi pada sejumlah massa bahan yang mengandung banyak air sehingga membentuk lapisan air yang selanjutnya akan mengering di permukaannya. Laju pengeringan tetap akan berhenti pada saat air bebas dipermukaan habis dan laju pengurangan kadar air akan berkurang secara terus-menerus. Kadar air pada saat laju pengeringan periode tetap berhenti disebut kadar air kritis. Pada periode laju pengeringan menurun, air yang diuapkan dari permukaan bahan lebih besar daripada perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan bahan. Proses pengeringan pada laju pengeringan menurun terjadi dua proses yaitu pergerakan kadar air dari dalam bahan ke permukaan bahan secara difusi dan perpindahan kadar air dari permukaan bahan ke udara bebas. Laju pengeringan selama proses pengeringan pada umbi porang dapat dilihat pada Gambar 13 berikut:



Gambar 13. Hubungan laju pengeringan terhadap waktu dengan ketebalan irisan bahan pada suhu 40 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar



Gambar 14. Hubungan laju pengeringan terhadap waktu dengan ketebalan irisan bahan pada suhu 50 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar



Gambar 15. Hubungan laju pengeringan terhadap waktu dengan ketebalan irisan bahan pada suhu 60 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

Gambar 13-15 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengeringan, maka laju pengeringan semakin kecil dan mendekati nol. Laju pengeringan akan semakin menurun seiring dengan penurunan kadar air selama proses pengeringan berlangsung. Pada Gambar 15 dapat dilihat juga pada 2 jam pertama selama proses pengeringan pada suhu 80 °C, laju pengeringan paling tinggi pada bahan dengan ketebalan irisan bahan 0,3 cm. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Taufiq (2014), semakin tinggi suhu pengeringan, maka laju pengeringan akan semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena makin tinggi suhu udara pengering, maka semakin tinggi energi panas yang dibawa udara sehingga semakin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan. Ketika proses pengeringan berlangsung, di dalam bahan terjadi proses penguapan air dari bahan ke udara sekitar setiap satuan waktu. R² yang dihasilkan pada setiap Gambar 13 - 15 antara 0,88-0,99 yang artinya laju pengeringan terhadap waktu memiliki hubungan yang erat.

Rasio Kadar Air

Rasio kadar air digunakan untuk mengetahui penurunan kadar air selama proses pengeringan. Berdasarkan Gambar 13-15 bahwa pengeringan dipengaruhi oleh suhu dan ketebalan irisan bahan. Untuk menghitung rasio kadar air pengeringan umbi porang digunakan persamaan yang terjabar pada Tabel 2 .

Tabel 2. Persamaan rasio kadar air pada perlakuan suhu dan ketebalan

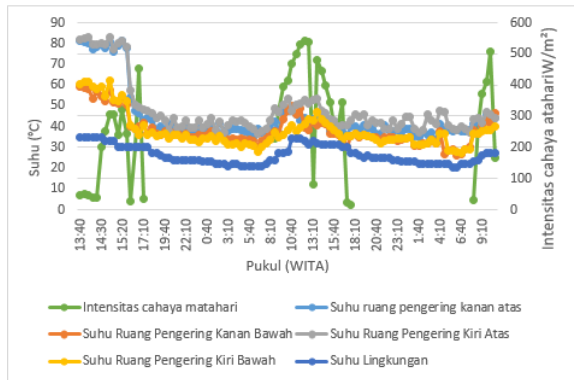
Suhu ruang pengering (°C)	Ketebalan irisan bahan (cm)	Persamaan MR	R ²
Suhu 40 °C	0,7	Ln MR = -0,0006x	0,9916
	0,5	Ln MR = -0,001x	0,9872
	0,3	Ln MR = -0,0011x	0,8861
Suhu 50 °C	0,7	Ln MR = -0,0008x	0,9885
	0,5	Ln MR = -0,0014x	0,9825
	0,3	Ln MR = -0,0019x	0,9677
Suhu 60 °C	0,7	Ln MR = -0,0012x	0,9749
	0,5	Ln MR = -0,0017x	0,9698
	0,3	Ln MR = -0,0022x	0,9519

Tabel 2 menunjukkan bahwa penurunan kadar air terendah pada perlakuan suhu 40 °C ketebalan irisan 0,7 cm sebesar 0,0006% setiap 30 menit sekali dan penurunan kadar air tertinggi pada perlakuan suhu 60 °C ketebalan irisan 0,3 cm sebesar 0,0022% setiap 30 menit sekali. Tingginya penguapan air pada bahan dipengaruhi oleh suhu dan ketebalan irisan yang digunakan. Semakin tinggi tingkat ketebalan irisan bahan, maka diikuti dengan penurunan nilai ln MR. Semakin tinggi suhu, nilai ln MR juga ikut menurun. Maniah (2013), menyatakan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan, maka semakin kecil nilai MR yang dihasilkan sehingga waktu pengeringan yang dibutuhkan semakin cepat dan menyebabkan nilai konstanta laju pengeringan semakin besar. Semakin tipis irisan bahan, semakin cepat bahan menguap ke permukaan bahan dan bahan semakin cepat mencapai kadar air kesetimbangan. Koefisien determinasi (R²) dari perlakuan suhu dan ketebalan irisan berkisar antara 0,8-0,9 yang mana semakin mendekati angka 1 artinya kecocokan data dapat digunakan. Hal ini sesuai dengan (Taufiq ,2014) yang menyatakan bahwa lamanya proses pengeringan dipengaruhi oleh perlakuan ketebalan irisan bahan pada perlakuan suhu.

Suhu Ruang Pengering

Pada tulisannya Taufiq (2014) menyatakan bahwa suhu merupakan salah satu faktor penting dalam proses pengeringan. Semakin tinggi suhu yang digunakan, maka waktu pengeringan akan semakin singkat. Selama proses pengeringan umbi porang

menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar, pengamatan suhu dilakukan pada dua titik yaitu di titik atas dan titik bawah ruang pengering kiri dan ruang pengering kanan. Hasil pengamatan suhu selama proses pengeringan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hubungan antara suhu ruang pengering dan intensitas cahaya matahari terhadap waktu pengeringan umbi porang menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

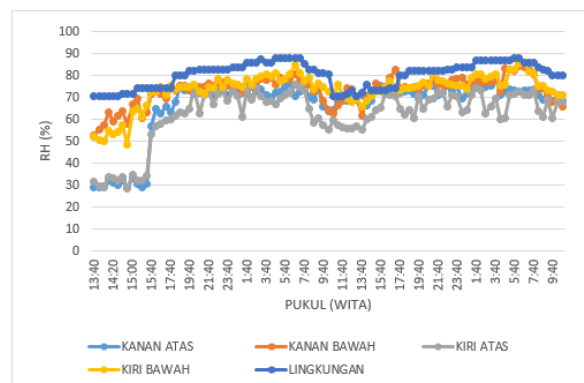
Berdasarkan Gambar 16 dapat dilihat bahwa pada proses pengeringan umbi porang mengalami kenaikan dan penurunan suhu pada ruang pengering. Hal tersebut disebabkan karena pada ruang pengering harus dikontrol secara manual yaitu dengan menakar jumlah bahan bakar yang digunakan selama pengeringan berlangsung. Pada siang hari suhu di dalam ruang pengering kurang dapat dikontrol dikarenakan intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah karena posisi awan yang tidak menentu. Intensitas cahaya matahari yang berfluktuasi menyebabkan penurunan dan peningkatan suhu sehingga berpengaruh juga terhadap nilai kelembaban relatif.

Penurunan intensitas cahaya matahari di hari pertama pada pukul 13.40-14.20 WITA disebabkan karena adanya awan yang menghalangi cahaya matahari sampai ke alat pengering. Begitu juga pada hari kedua pada pukul 13.10 WITA dan pada pukul 17.10-17.40 WITA intensitas cahaya matahari yang rendah disebabkan karena matahari berada pada posisi barat dan cahaya matahari terhalang oleh gedung di sekitar lokasi pengeringan. Selanjutnya pada pukul 8.40-10.10 WITA mengalami peningkatan

intensitas cahaya matahari karena tidak adanya naungan (awan) yang menghalangi cahaya matahari sampai ke alat pengering.

Kelembaban Relatif Pengeringan Umbi Porang

Relative Humidity (RH) didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama (Stefanus, 2014). RH dalam suatu ruang pengering mempengaruhi kemampuan alat dalam penurunan kadar air pada bahan yang dikeringkan. Pada proses pengeringan umbi porang menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar, nilai RH didapatkan dari tabel *psychrometric chart* dengan menggunakan data suhu bola kering dan suhu bola basah. RH selama proses pengeringan umbi porang dapat dilihat pada Gambar 17:



Gambar 17. Hubungan RH (%) dengan waktu (menit) selama proses pengeringan umbi porang pada suhu 40 °C menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar

RH menunjukkan kemampuan udara untuk menyerap uap air. Udara panas di dalam ruang pengering akan memanaskan dan menguapkan uap air yang ada di dalam bahan. Pada dua jam pertama selama proses pengeringan digunakan suhu 80 °C yang menyebabkan nilai RH di dalam ruang pengering berkisar antara 25-40%. Novrinaldi (2019) menyatakan bahwa menaikkan suhu pengeringan dimaksudkan untuk memperkecil kandungan massa air pada udara yang mengalir sehingga udara mampu lebih banyak menampung uap air dari bahan yang menyebabkan laju pengeringan akan lebih cepat. Suhu yang tinggi menyebabkan pori-

pori pada bahan lebih terbuka sehingga penguapan air menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Murad dkk. (2015), yaitu semakin rendah nilai kelembaban relatif, maka kemampuan menyerap uap air akan semakin tinggi.

Pengeringan dengan suhu 40 °C pada ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm secara berturut didapati nilai RH 64,20%, 62,77%, 59,91%. Suhu pengeringan 50 °C ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm didapati RH sebesar 58,14%, 56,09% dan 53,06%. Selanjutnya pada suhu 60 °C dengan ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm didapati RH sebesar 46,79%, 45,96% dan 43,47%. Untuk RH lingkungan lebih tinggi daripada RH di dalam alat pengering dikarenakan suhu lingkungan cenderung stabil dan lebih rendah daripada suhu di dalam ruang pengering.

Berdasarkan Gambar 17 tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu di dalam ruang pengering, nilai RH semakin menurun. Hal ini diikuti dengan tingkat ketebalan bahan yang dikeringkan. Semakin tipis irisan pada bahan, maka proses pengeringan berlangsung lebih cepat. Martiani (2017) menyatakan hubungan RH dengan suhu adalah berbanding terbalik. Jika suhu tinggi akan menyebabkan penurunan nilai RH, begitu juga sebaliknya. Semakin kecil nilai RH, maka semakin baik untuk proses pengeringan karena kemampuan udara untuk menampung uap air dari bahan yang dikeringkan semakin banyak. Sedangkan semakin besar nilai RH kurang baik untuk proses pengeringan karena kemampuan udara pengering untuk menarik uap air dari bahan yang dikeringkan menjadi lebih kecil. Hal tersebut lebih diperkuat lagi dengan pernyataan Stefanus dan Kosasih (2014) bahwa kelembaban udara mempengaruhi tekanan uap air pada bahan. Kelembaban yang tinggi mengakibatkan perbedaan tekanan uap air di dalam bahan dan di luar bahan menjadi kecil sehingga menghambat perpindahan uap air dari dalam bahan ke luar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa cepat atau lambatnya proses pengeringan dipengaruhi

oleh suhu dan ketebalan irisan bahan. Semakin tinggi suhu dan ketebalan irisan tipis, maka semakin cepat proses pengeringan berlangsung, begitu juga sebaliknya. Pengeringan paling cepat pada suhu 60 °C ketebalan irisan bahan 0,3 cm dan pengeringan paling lama pada suhu 40 °C ketebalan irisan 0,7 cm.

Kadar air akhir bahan pada alat pengering *hybrid* tipe rak berputar suhu 40 °C ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm secara berturut-turut adalah 17,66%, 17,36% dan 16,82%. Suhu 50 °C ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm sebesar 17,31%, 16,80% dan 15,69%. Pada suhu 60°C ketebalan irisan 0,7, 0,5 dan 0,3 cm sebesar 16,85%, 16,57% dan 14,84%. Pengeringan umbi porang menggunakan lapis tipis membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pengeringan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar. Kadar air kesetimbangan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan suhu dan ketebalan irisan yang rendah.

Saran

Disarankan kedepannya dilakukan penelitian yang berkaitan dengan analisis fisikokimia umbi porang menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak berputar. Selain itu perlu dilakukan penelitian lanjutan dari hasil penelitian ini yaitu tentang kualitas pembuatan tepung porang dari berbagai perlakuan suhu dan ketebalan irisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, F. (2020). Karakteristik Pengeringan Gabah (*oryza sativa*) pada Alat Pengering *vertical dryer*. Skripsi Fakultas Teknologi Pangan Dan Agroindustry Universitas Mataram.
- Dessy, M.P.T. (2016). Pengaruh Ketebalan Terhadap Kinetika Pengeringan Ubi Kayu (*Manihot Utilisima*) Menggunakan Pengering Surya Secara Tidak Langsung (*Indirect Solar Dryer*) Dan Penjemuran Langsung (*Open Sun Drying*). Skripsi Universitas Sumatera Utara.

- Maniah, S. (2013). *Karakteristik Pengeringan Biji Kakao (Theobroma Cacao) Pada Alat Pengering Hybrid Tenaga Surya (Surya-Listrik) Tipe Rak*. Skripsi Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram.
- Martiani, E., Murad., & Guyup, M.D.P. (2017). *Modifikasi dan Uji Performansi Alat Pengering Hybrid (Surya-Biomassa) Tipe Rak*. Skripsi Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram.
- Mc.Cabe & Warren L. (2002). *Unit operation of chemical engineering (4th edition)*. Singapura; McGraw Hill International Book C.
- Muchtadi, T.R. & Sugiyono. (2013). *Prinsip proses dan teknologi pangan*. Alfabeta. Bandung.
- Murad., Sukmawaty., Rahmat, S. & Guyup, M.D.P. (2015). *Pengeringan Biji Kemiri Pada Alat Pengering Type Batch Model Tungku Berbasis Bahan Bakar Cangkang Kemiri*. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* 3 (1). 122-127.
- Novrinaldi & Satya A.P.(2019). *Pengaruh Kapasitas Pengeringan Terhadap Karakteristik Gabah Menggunakan Swirling Fluidized Bed Dryer (SFBD)*. *Jurnal riset teknologi industry*. 13 (2). 111-124.
- Pratama, M.Z., Raida, A., Agus, A.P. (2020). *Kajian Pengeringan Porang (Amorphophallus oncophyllus) Berdasarkan Variasi Ketebalan Lapisan Menggunakan Tray Dryer*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(1). 351-360.
- Rahayuningtyas, A. & Seri, I.K. (2016). *Pengaruh Suhu dan Kelembaban Udara Pada Proses Pengeringan Singkong (Studi Kasus : Pengering Tipe Rak)*. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. 4 (1). 99-104.
- Ramdani, F. (2020). *Karakteristik Pengeringan Daun Kelor (Moringa oleifera L) Pada Alat Pengering Fluidized Beds*. Skripsi Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustry Universitas Mataram.
- Stefanus, M. & Kosasih, E.A. (2014). *Pengaruh Kelembaban, Laju Aliran dan Temperatur Udara Pengering Terhadap Laju Pengeringan Gula Aren*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Supraptiah, E., Aisyah S.N., & Zurohaina. (2019). *Optimasi Temperature Dan Waktu Pengeringan Mi Kering yang Berbahan Baku Tepung Jagung dan Tepung Terigu*. *Jurnal Kinetika*, 10 (02). 42-47.