

## Technical Paper

## Analisis Pengeringan Sawut Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Menggunakan Pengering Efek Rumah Kaca (ERK)

*Drying Analysis of Chopped Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* L.)  
by Using the Greenhouse Effect Hybrid Dryer*

Dyah Wulandani, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,  
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16690. Email: dwulandani@yahoo.com  
Stephani Utari, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,  
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16690. Email: stephani.utari@yahoo.com

### Abstract

*Sweet potatoes processing in to starch need a drying process. Green-house effect solar dryer – rotating rack type is one of the alternative for drying of sweet potatoes due to its higienis and its availability to be used anytime. The objective of the study was to analysis chopped sweet potatoes drying by using rotating rack greenhouse effect solar dryer. The capacity of the drying chamber is 48 kg of chopped sweet potatoes. Three experiments of drying have been conducted: the first drying is without products, the second is drying of products without rotating of rack and and the third is drying of products byimplement the rotating of rack of 45° every 60 minutes. The results of chopped sweet potatoes drying show that drying temperature on the dryer chamber ranged between 31.6°C to 61°C. Drying of product by implement the rotating of rack of 45° every 60 minutes yields the best temperature uniformity. To reduce moisture content from 72.76 %wb to 9.5 %wb it's needed 13.5 hours, or drying rate of 22.4 %bk/h. The energy consumption of the experiment 3 was 35.15 MJ/kg of moisture evaporated and the drying efficiency was 7.47 %*

**Keywords:** *greenhouse effect solar dryer, chopped sweet potatoes drying*

### Abstrak

Pengolahan ubi jalar menjadi tepung ubi memerlukan proses pengeringan. Pengering efek rumah kaca hibrid tipe rak berputar merupakan alternative untuk mengeringakan ubi jalar sawut karena higienis dan dapat digunakan sepanjang waktu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengeringan ubi jalar menggunakan pengering efek rumah kaca hibrid tipe rak berputar. Kapasitas pengeringan alat pengering ini adalah 48 kg sawut ubi jalar. Pada penelitian ini dilakukan 3 macam perlakuan pengeringan; percobaan 1, pengujian tanpa beban; percobaan 2, pengujian pengering dengan beban tanpa pemutaran rak; dan percobaan 3, pengujian pengering dengan beban dan rak diputar 450 setiap 60 menit. Hasil pengeringan sawut ubi jalar menunjukkan suhu ruang pada pengering berkisar antara 31.6°C-61.5°C. Perlakuan pemutaran rak sebesar 450 setiap 60 menit (percobaan 3) menghasilkan tingkat keseragaman yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Untuk menurunkan kadar air sawut ubi jalar dari kadar air 72,8 %bb menjadi 9.5 %bb dibutuhkan waktu 13.5 jam, atau laju pengeringan rata-rata 22.4 %bk/jam. Konsumsi energi untuk menguapkan 1 kg air dari produk adalah 35.15 MJ/kg dengan efisiensi pengeringan sebesar 7.47%.

**Kata kunci:** *pengering efek rumah kaca, pengeringan sawut ubi jalar*

*Diterima: 04 Juni 2013; Disetujui: 03 September 2013*

### Pendahuluan

Ubi jalar merupakan salah satu produk pangan lokal yang potensial dan prospektif untuk dikembangkan sebagai produk diversifikasi pangan. Di Indonesia ubi jalar termasuk palawija terpenting ke-3 setelah jagung dan singkong (Widowati *et al* 2002) dengan produktivitas 10-30 ton/hektar. Ubi

jalar juga dapat diolah menjadi beranekaragam produk dan bahan baku industri seperti pati, tepung, saos dan alkohol. Menurut Sarwono (2005), substitusi terigu dengan tepung ubi jalar pada industri makanan olahan akan mengurangi penggunaan terigu 1.4 juta ton per tahun dan dapat menghemat penggunaan gula hingga 20%.

Pengolahan ubi jalar menjadi tepung ubi melewati beberapa tahap, salah satunya adalah melalui pengeringan. Proses pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada ubi jalar sehingga dapat memudahkan dalam pengolahan menjadi tepung serta dapat meningkatkan kualitas dari tepung ubi jalar, karena umur simpan lebih lama dan memberikan tekstur yang lebih baik.

Proses pengeringan ubi jalar selama ini dilakukan dengan cara tradisional yaitu pengeringan menggunakan penjemuran langsung dengan menghamparkan sawut ubi jalar di atas nampan yang diletakkan diatas lantai jemur. Dengan cara demikian, produk kurang higienis dan berpotensi untuk terkontaminasi oleh kotoran. Untuk meningkatkan produktivitas, factor higienis dan keberlanjutan produksi tepung ubi jalar, maka diperlukan pengering mekanis untuk mengatasi pasokan produksi terutama saat musim penghujan. Penggunaan alat pengering efek rumah kaca (ERK)-*hybrid* tipe rak berputar untuk ubi jalar dapat menjadi alternative untuk mengeringkan ubi jalar. Bangunan pengering transparan dapat melindungi produk dari kontaminan dan hujan. Energi surya dan biomassa digunakan sebagai sumber energi pada system pengering ini, sehingga dapat digunakan saat tersedia sinar surya maupun saat mendung atau pada malam hari.

Pada pengering tipe rak, waktu pengeringan sangat ditentukan oleh rak dengan kadar air produk tertinggi (Mujumdar, 2006). Kadar air yang tinggi pada salah satu bagian pengering menjadi potensi bagi tumbuhnya jamur atau mikroorganisme patogen yang tidak diinginkan. Dalam rangka untuk meningkatkan efisiensi pengeringan dan mutu produk kering, maka keseragaman kadar air di seluruh posisi rak produk sangat penting. Pengering ERK yang ada selama ini (Janjai, 2005; Prasad, 2005; Othman, 2006; El-Beltagy, 2007; Smitabhindu, 2008; Kituu, 2010) pada umumnya menggunakan rak tipe statis, sehingga memerlukan pemindahan rak setiap waktu tertentu untuk menyeragamkan aliran udara panas. Rak pada pengering ERK tipe

rak berputar dapat diputar secara vertical secara manual agar produk mendapatkan aliran udara yang merata, sehingga produk kering sawut ubi jalar memiliki kadar air yang seragam. Kemerataan kadar air akhir pengeringan sangat menentukan kualitas akhir produk kering. Pemutaran rak dilakukan di luar ruang pengering, untuk memudahkan operator dan mengurangi energi hilang akibat buka tutup pintu pengering.

Atas dasar kebutuhan tersebut di atas, maka tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengeringan sawut ubi jalar menggunakan alat pengering efek rumah kaca (ERK)-*hybrid* tipe rak berputar berdasarkan penentuan pola operasi putaran rak.

## Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Siswadi Supardjo Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret 2013 hingga Juni 2013.

## Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi jalar segar yang dipanen pada umur 130 hari, yang diperoleh dari Kelompok Tani Hurip di Desa Cikarawang, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor. Ubi jalar disawut dengan ukuran kurang lebih 0.5 cm x 0.5 cm x 5 cm.

Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah pengering efek rumah kaca-*hybrid* tipe rak berputar merupakan rancangan Wulandani *et al* (2009). Pengering rumah kaca tipe rak berputar ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu bangunan rumah kaca, silinder dengan rak pengering dan system pemanas. Bangunan pengering berukuran 2.15 m x 1.75 m x 1.9 m. Rak dapat diputar secara manual. Air dipanaskan di dalam tangki menggunakan tungku biomassa. Pompa air digunakan untuk mensirkulasikan air panas dari tangki menuju ke



Gambar 1. Alat pengering Efek Rumah Kaca-*hybrid* tipe rak berputar

radiator. Radiator digunakan sebagai penukar panas. Pengering menggunakan sembilan buah buah kipas, yaitu 3 buah kipas masing-masing dengan daya 60 W digunakan untuk memindahkan panas dari penukar panas ke ruang pengering, tiga buah kipas masing-masing dengan daya 20 W dipasang di bagian outlet pengering dan tiga buah kipas masing-masing dengan daya 20 W dipasang di dalam ruang pengering sebagai penyeragam aliran udara panas. Gambar 1 memperlihatkan pengering efek rumah kaca tipe rak berputar yang dipergunakan.

Peralatan untuk uji performansi alat pengering tipe rak berputar adalah termokopel tipe CC, termokopel tipe CA, timbangan digital, drying oven, *hybrid recorder*, termometer alkohol, anemometer, digital multimeter, *pyranometer*, *chromameter* dan *stopwatch*.

### Perlakuan Percobaan

Percobaan pengeringan dilakukan dalam 3 perlakuan: yaitu: a) Percobaan 1, yaitu percobaan pengeringan tanpa beban selama 24 jam pada siang dan malam hari; b) Percobaan 2, yaitu percobaan pengeringan sawut ubi jalar tanpa melakukan pemutaran, c) Percobaan 3, yaitu percobaan pengeringan sawut ubi jalar dengan memutar rak pada posisi 45° setiap 60 menit. Sudut pergeseran ini didasarkan pada hasil terbaik dalam penelitian Triwahyudi (2010).

Pengulangan percobaan pengeringan produk dengan menggunakan pengering ERK berenergi surya tidak dapat dilakukan, karena energi surya berubah seiring perubahan waktu. Pergeseran/pemutaran rak pada percobaan 3 dilakukan setelah melihat hasil dari percobaan 2, ini dimaksudkan untuk menyeragamkan kadar air produk di seluruh rak.

### Parameter Analisis Pengeringan Sawut Ubi Jalar

Parameter yang dianalisis adalah mutu produk berupa kadar air produk kering dan warna produk kering, laju pengeringan,  $(dM/dt)$  ditunjukkan pada persamaan (1), efisiensi pengeringan ( $\eta$ ) ditunjukkan pada persamaan (2) dan konsumsi energi untuk menguapkan setiap kg air dari produk (CE) ditunjukkan pada persamaan (3). Kadar air akhir produk ditentukan dengan metode oven, sedang warna sawut ubi jalar kering ditentukan dengan menentukan nilai L, a dan b. Berdasarkan nilai tersebut selanjutnya dihitung derajat putih.

$$dM/dt = \frac{M_f - M_i}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{m_v Hfg + m_p C_p \Delta T_p}{Q_b + Q_s + Q_e} \quad (2)$$

$$CE = \frac{Q_b + Q_s + Q_e}{m_v} \quad (3)$$

Dimana:

$M_f$  dan  $M_i$  adalah kadar air akhir dan kadar air awal produk (%bk),  $m_v$  adalah massa uap air (kg), Hfg adalah panas laten penguapan air bebas (kJ/kg),  $m_p$  adalah massa bahan (kg),  $C_p$  adalah panas spesifik sawutan ubi jalar (kJ/kg°C),  $\Delta T_p$  adalah beda suhu sawutan ubi jalar awal dan saat pengeringan (°C),  $Q_b$  adalah energi dari pembakaran biomassa (kJ),  $Q_s$  adalah energi surya (kJ) dan  $Q_e$  adalah energi listrik (kJ).

### Metode pengambilan data

Data pengukuran pada penelitian ini meliputi suhu produk, suhu udara pengering, suhu udara lingkungan, kelembaban udara pengering dan kelembaban udara lingkungan. Kelembaban udara diukur berdasarkan data suhu bola kering dan suhu bola basah yang ditentukan dengan kurva psychrometric. Iradiasi surya diukur setiap 30 menit untuk mendapatkan energi input pengering. Percobaan pengeringan dilakukan pada siang hari hingga malam hari. Biomassa yang diumpankan ditimbang untuk mempertahankan suhu ruang pengering agar stabil pada kondisi yang diijinkan sesuai dengan kebutuhan pengeringan ubi. Pada saat radiasi surya telah mencukupi kebutuhan energi untuk pengeringan, maka tidak dilakukan pengumpanan biomassa. Uji mutu sawut ubi kering dinyatakan oleh nilai kadar air dan derajat putih. Kadar air ubi pada percobaan 2 diukur setiap 30 menit pada awal pengeringan dan setiap 1 jam selama 2 jam pertama, selanjutnya diukur setiap 1 jam hingga akhirnya setiap 2 jam menjelang akhir periode pengeringan. Pengukuran kadar air dilakukan pada rak atas, rak tengah dan rak bawah, masing-masing 3 sampel pada posisi (Gambar 2). Sedangkan pada percobaan 3, kadar air diukur dengan posisi awal yang sama dengan percobaan 2, selanjutnya mengalami pergeseran posisi setiap 60 menit. Kadar air awal dan akhir sawut ubi jalar diuji di laboratorium menggunakan metode oven. Sedangkan kadar air selama proses pengeringan ditentukan atas dasar perubahan massa bahan. Titik-titik pengukuran sampel kadar air, suhu bola kering, suhu bola basah dan kecepatan udara dinyatakan pada Gambar 2.

### Hasil dan Pembahasan

#### Pengeringan Tanpa Beban

Hasil dari pengeringan tanpa beban menunjukkan bahwa untuk mencapai suhu rata-rata ruang pengering sebesar 51.2°C dan rata-rata RH sebesar 38 %, pengeringan membutuhkan 2.9 kg/jam pembakaran biomassa pada rata-rata radiasi matahari sebesar 219.5 W/m<sup>2</sup> dengan rata-rata suhu lingkungan 28.7°C dan rata-rata RH

sebesar 83.7 %. Kondisi udara pengering tersebut telah sesuai dengan kebutuhan panas untuk mengeringkan sawut ubi jalar. RH ruang pengering cukup rendah, karena belum ada tambahan uap air dari produk. Hasil pengujian ini berguna untuk memperkirakan kebutuhan energi untuk mencapai suhu optimum pengeringan sawut ubi jalar. Semua proses pengeringan terjadi pada kondisi cuaca yang cerah dan berawan. Tersedianya energi matahari pada siang hari sangat berkontribusi untuk mendukung sumber energi pada proses pengeringan. Pengumpanan biomassa juga sangat diperlukan pada malam hari untuk menjaga kondisi ruang pengering agar tetap pada kondisi optimum pengeringan.

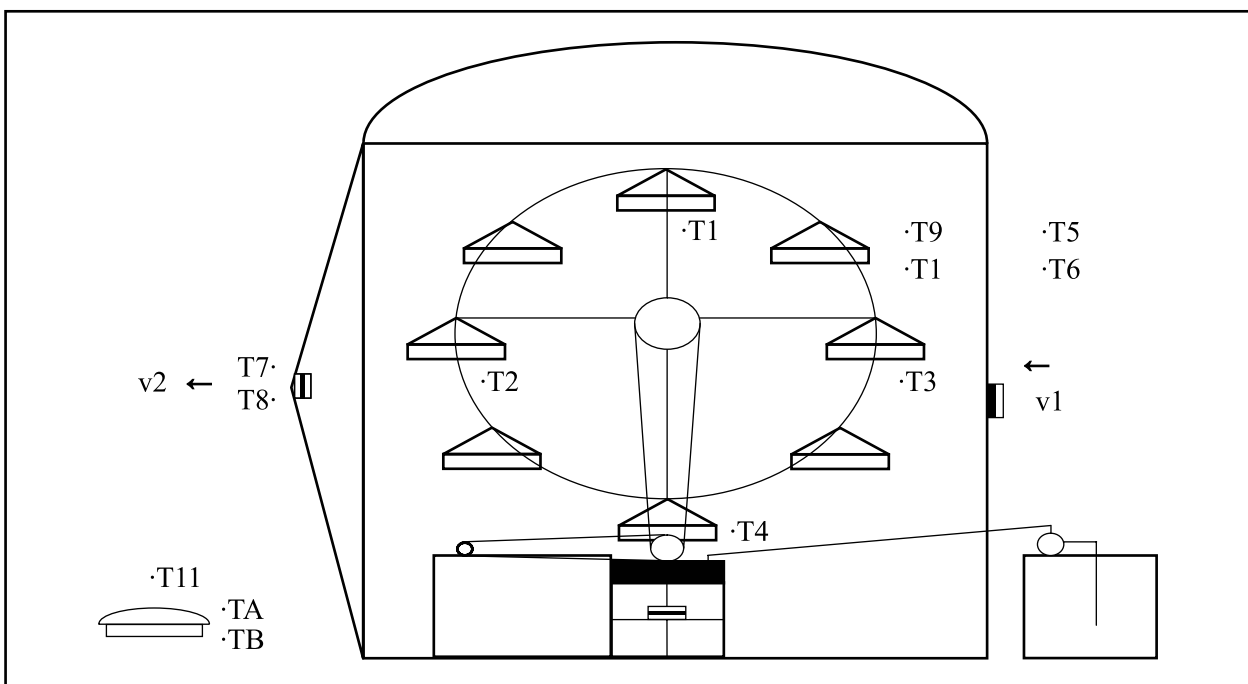
**Pengering Sawut Ubi Jalar**

Percobaan 2 dan 3 dilakukan pada kondisi cuaca yang berbeda, karena radiasi surya tidak pernah konstan. Sebagai parameter untuk menentukan kehandalan dari kedua percobaan adalah nilai efisiensi dan konsumsi energi untuk pengeringan dalam kJ per kg uap air yang diuapkan dari produk.

Pada percobaan 2, pengeringan 24 kg sawut ubi jalar dengan kadar air awal 71.3 %bb hingga kadar air akhir 10 %bb membutuhkan waktu 14.5 jam. Kondisi suhu udara pengering rata-rata adalah 40°C (kisaran 31.6°C - 51.15°C) dan RH ruang pengering 89% dapat dicapai dengan sumber panas dari pembakaran biomassa sebesar 43.5 kg selama

14 jam dan iradiasi surya rata-rata 71 W/m<sup>2</sup> selama 3.5 jam. Nilai radiasi ini sangat kecil dibandingkan dengan tingkat radiasi surya rata-rata di Indonesia. Suhu lingkungan 26°C dan RH lingkungan sebesar 92%. Percobaan 2 dilakukan pada sore hari pukul 14:00, dimana iradiasi surya sangat rendah, hari hingga pagi dini hari pukul 4:30, sehingga RH ruang pengering cukup tinggi disamping adanya tambahan uap air dari produk yang dikeringkan, terutama pada awal proses pengeringan. Kondisi RH ruang pengering yang sangat tinggi mengindikasikan bahwa uap air hasil penguapan produk belum dapat dibuang seluruhnya keluar dari ruang pengering. Hal ini diduga karena kipas outlet dinyalakan secara intermitten, dengan perlakuan 1 jam hidup, 1 jam mati. Penyalaan kipas outlet secara intermitten dimaksudkan selain untuk menghemat penggunaan energi listrik, juga untuk mencegah turunnya suhu ruang pengering. Pada saat kipas hidup, sebagian besar udara panas ikut keluar dari ruang pengering, sehingga memperbesar beban pengeringan, dan akibatnya suhu ruang turun. Oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih intensif untuk mengetahui operasi penyalaan kipas yang optimum, sehingga dapat menghasilkan kondisi ruang yang sesuai untuk pengeringan produk tertentu.

Pada percobaan 3, untuk mengeringkan 24 kg sawut ubi jalar dari kadar air awal 72.8 %bb sampai kadar air akhir 9.5 %bb dibutuhkan waktu pengeringan selama 13.5 jam. Suhu pengeringan 45.6°C berkisar antara 34.3°C - 61.5°C dan RH

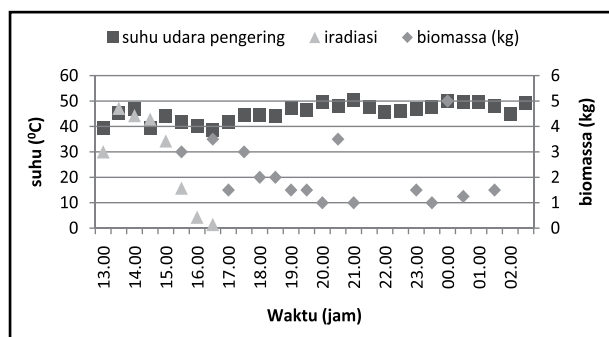


Keterangan :  
 T1-T5 : suhu rak 1-rak 8, T5 : suhu bola basah lingkungan, T6 : suhu bola kering lingkungan, T7 : suhu bola basah di outlet, T8 : suhu bola kering di outlet, T9 : suhu bola basah ruang pengering, T10 : suhu bola kering ruang pengering, TA-TB : suhu bahan kontrol, T11 : iradiasi surya, V1 : kecepatan udara masuk, V2 : kecepatan udara keluar.

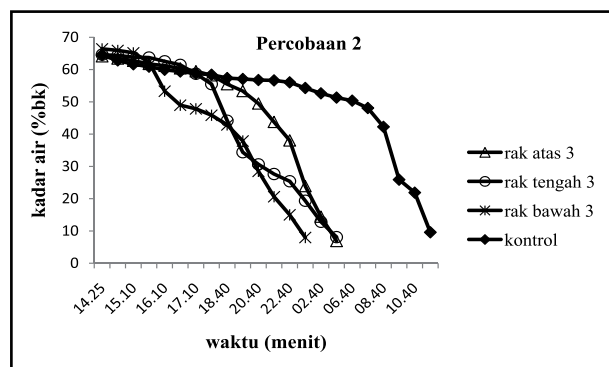
Gambar 2. Posisi titik pengukuran suhu, kecepatan udara dan perubahan massa produk (kadar air) di dalam ruang pengering Efek Rumah Kaca-hybrid tipe rak berputar

pengeringan sebesar 71% dicapai pada kondisi radiasi surya rata-rata 275 W/m<sup>2</sup> selama 4 jam dan jumlah bahan bakar biomassa 33.75 kg selama pembakaran 10 jam. Suhu lingkungan 27.7°C dan kisaran RH lingkungan sebesar 82% hingga 96%. Profil suhu, iradiasi surya dan pengumpanan biomassa selama proses pengeringan berlangsung dapat dilihat pada Gambar 3. Tampak pada gambar tersebut, penggunaan energi biomassa hanya berlangsung mulai sore hari saat energi surya tidak mencukupi untuk menghasilkan suhu ruang pengering yang sesuai dengan kebutuhan produk. Pada percobaan 3, pengeringan diawali pada pukul 13.00 siang dan diakhiri pada pukul 2.30 dini hari. Pada percobaan ini, udara lingkungan yang masuk lebih kering dibandingkan dengan kondisi udara lingkungan pada percobaan 2. Hal ini juga didukung oleh radiasi surya rata-rata yang lebih tinggi pada percobaan 3 sehingga menghasilkan suhu udara pengering yang lebih tinggi pula. Oleh karena itu RH ruang pengering yang dihasilkan pada percobaan 3 lebih rendah dibandingkan dengan RH percobaan 2, dan akhirnya waktu pengeringan produk menjadi semakin cepat pada percobaan 3.

Kadar air produk akhir sangat menentukan mutu produk hasil pengeringan. Percobaan 2 (Gambar 3) memiliki tingkat keseragaman yang baik pada awal proses pengeringan, namun demikian, pada akhir proses terlihat sebaran yang cukup besar.



Gambar 3. Jumlah biomassa, iradiasi surya (0.1 W/m<sup>2</sup>) dan suhu udara pengering pada Percobaan 3

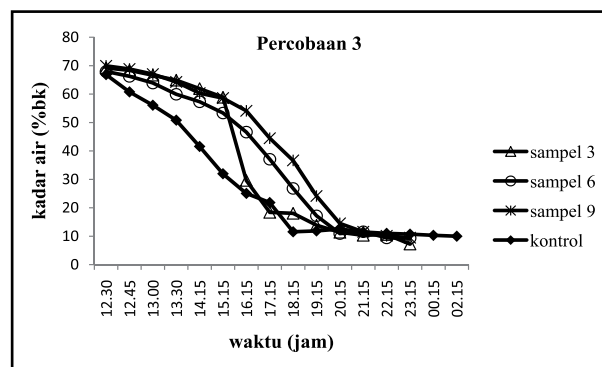


Gambar 4. Penurunan kadar air produk di tiap rak dalam pengering ERK. (Percobaan 2)

Keragaman kadar air pada awal pengeringan hingga jam ke-4 adalah 3.1 %bk dan keragaman kadar air setelah jam ke-4 hingga akhir proses pengeringan adalah 4.3 %bk. Pada sore hari, dimana udara lingkungan masih tinggi, maka kadar air produk cenderung seragam. Namun pada malam hari, dimana suhu lingkungan sangat rendah, sumber pemanas hanya berasal dari biomassa, maka ketika rak tidak diputar, hanya rak yang berada di dekat sumber pemanas; yaitu terutama pada rak bagian bawah, yang mendapatkan panas.

Pada Percobaan 3 (Gambar 4), rak diputar setiap secara periodik setiap jam sebesar 45°. Nilai keragaman kadar air yang dihasilkan pada Percobaan 3 (Gambar 4), pada awal pengeringan hingga jam ke-6 adalah sebesar 4.8 %bk, dan setelah jam ke-6 hingga akhir proses pengeringan adalah sebesar 3 %bk. Pada akhir proses tampak bahwa, Percobaan 3 memiliki tingkat keseragaman kadar air yang lebih baik dari pada Percobaan 2. Akhir proses pengeringan merupakan waktu penting untuk mendapatkan kondisi keseragaman yang tinggi, karena saat tersebut menentukan kadar air produk akhir yang aman untuk disimpan atau diproses selanjutnya.

Perbandingan pengeringan dengan alat pengering dan metode penjemuran (kontrol) dapat dilihat pula dalam Gambar 3 dan dan Gambar 4. Laju pengeringan dengan pengering ERK pada kedua percobaan masih lebih tinggi dibandingkan dengan laju pengeringan dengan metode penjemuran. Pada percobaan 2, laju pengeringan dengan pengering ERK adalah 14.4 %bk/jam. Sedangkan pada penjemuran adalah 9.2 %bk/jam. Pada percobaan 3, laju pengeringan dengan pengering ERK adalah 22.4 %bk/jam dan laju pengeringan untuk penjemuran adalah 21.8 %bk/jam. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan laju pengeringan ubi jalar sawut pada pengering tipe rotary berenergi biomassa dengan laju pengumpanan 3 kg per 4 menit, yaitu 46.3 %bk/jam pada suhu 135°C (Hendrisyah, 2007). Namun laju pengeringan ubi jalar dengan pengering ERK pada penelitian lebih tinggi dibandingkan dengan laju pengeringan sawut ubi jalar menggunakan



Gambar 5. Penurunan kadar air produk di tiap rak dalam pengering ERK. (Percobaan 3)

Tabel 1. Performansi alat pengering ERK-hybrid tipe rak berputar

No	Keterangan	Hasil Percobaan	
		II	III
1	Massa awal ubi jalar (kg)	24	24
2	Massa akhir ubi jalar (kg)	7	5.72
3	Massa awal ubi jalar (kontrol) (kg)	100	100
4	Massa akhir ubi jalar (kontrol) (kg)	28.64	30.27
5	Kadar air awal ubi jalar (%bb)	71.3	72.8
6	Kadar air akhir ubi jalar (%bb)	10	9.5
7	Lama pengeringan (jam)	14.5	13.5
8	Lama pengeringan (kontrol) (jam)	21	14
9	Laju pengeringan (%bk/jam)	14.4	22.4
10	Laju pengeringan (kontrol) (%bk/jam)	9.2	21.8
11	Suhu ruang pengering (°C)	40.1	45.6
12	Efisiensi pengeringan (%)	5.78	7.47
13	Kebutuhan energi spesifik (MJ/kg uap air)	43.83	35.15

pengering berenergi surya tipe rak statis pada suhu 50°C dengan tebal lapisan sawut 1 cm, yaitu 15.37 %bk/jam (Marbun, J.H.P, 2010). Laju pengeringan sangat ditentukan oleh suhu pengeringan dan jenis produk yang dikeringkan. Pada kondisi cuaca cerah (Gambar 4), dimana radiasi surya rata-rata 275 W/m<sup>2</sup> pola perubahan kadar air tidak berbeda antara metode penjemuran (kontrol) dengan pengeringan tipe rak berputar. Namun pada kondisi mendung (Gambar 3), dengan radiasi rata-rata harian 71 W/m<sup>2</sup>, metode penjemuran membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan menggunakan pengering tipe rak berputar, yaitu 21 jam.

### Kebutuhan Energi pada Proses Pengeringan dan Efisiensi Sistem Pengering

Masukan energi pada alat pengering efek rumah kaca hibrid tipe rak berputar ini berasal dari iradiasi surya, energi listrik dan energi biomassa. Pada siang hari, kebutuhan energi pengering adalah untuk mencapai kenaikan suhu pengeringan sebesar 10°C, sedangkan pada malam hari, dimana suhu lingkungan sangat rendah, maka kenaikan suhu udara pengering yang harus disuplai dari energi biomassa adalah sebesar 20°C dengan pengumpanan sebesar 1.5 kg per 30 menit. Peranan energi surya sebagai sumber energi pengeringan sangat penting, karena keberadaan energi surya yang tersedia begitu besar di alam, selain memanaskan ruang pengering, lebih besar lagi adalah memanaskan udara lingkungan di luar ruang pengering. Pada saat mendung, hujan atau malam hari ketiadaan energi surya menyebabkan suhu lingkungan menurun. Dimana udara lingkungan sebagai input udara yang akan dipanaskan di dalam ruang pengering juga memegang peran penting dalam proses pengeringan produk. Sehingga pada pengering ini, penambahan 11 MJ energi surya

setara dengan pengurangan penggunaan energi biomassa sebesar 154 MJ. Energi surya sangat mempengaruhi suhu lingkungan. Semakin tinggi nilai iradiasi surya maka suhu lingkungan juga akan meningkat dan semakin rendah nilai iradiasi surya maka suhu lingkungan akan menurun dan menyebabkan adanya peningkatan penggunaan energi biomassa. Pada cuaca cerah, metode penjemuran merupakan metode yang paling efektif digunakan untuk mengeringkan produk pertanian. Karena metode ini selain memanfaatkan udara lingkungan yang panas akibat paparan radiasi surya, juga memanfaatkan angin. Dengan luasan permukaan yang besar, maka dihasilkan debit udara yang sangat besar pula.

Tabel 1 memperlihatkan rekapitulasi performa pengering untuk percobaan 2 dan percobaan 3. Nilai efisiensi pengeringan yang diperoleh pada percobaan 3 adalah 7.47 %. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi pengeringan pada percobaan 2, yaitu sebesar 5.78%. Tingginya efisiensi pengeringan ini ditandai pula oleh rendahnya konsumsi energi untuk menguapkan 1 kg uap air dari produk, yaitu 35.15 MJ/kg uap air untuk percobaan 3 dan sebesar 42.83 MJ/kg uap air untuk percobaan 2. Nilai konsumsi energi ini sangat besar jika dibandingkan dengan konsumsi energi pada pengering konveksi paksa tipe lorong, yaitu berkisar antara 5.5 – 7 MJ/kg uap air (Mujumdar 2006). Besar kecilnya nilai konsumsi energi pengeringan ini sangat ditentukan oleh disain komponen pemindah panas dari sumber panas (surya atau biomassa) ke udara pengering. Selain itu dipengaruhi pula oleh pola pengoperasian pengering.

Hasil analisis energi pada komponen-komponen yang diduga menjadi penyebab hilangnya energi, diperoleh bahwa, ada kehilangan panas yang cukup tinggi pada cerobong penukar panas tungku

di dalam tangki air, yaitu 2193 W dibandingkan dengan jumlah panas yang hilang dari komponen dinding tungku 1575 W dan dinding ruang pengering 164 W. Berdasarkan analisis ini, disarankan untuk melakukan modifikasi pada system penukar panas di dalam tangki air, agar panas yang dapat dipindahkan dari pembakaran bahan bakar di dalam tungku ke air, lebih besar sebelum keluar melalui cerobong.

Pemutaran rak lebih berpengaruh kepada tingkat keseragaman kadar air akhir produk. Produk dengan kadar air tertinggi menjadi acuan dalam menentukan lama pengeringan. Dengan melakukan pemutaran rak pada percobaan 3 dihasilkan kondisi kadar air akhir produk yang lebih seragam, sehingga waktu pengeringan produk di semua rak hampir bersamaan pada percobaan 3. Faktor itulah yang menyebabkan nilai konsumsi energi pengeringan pada percobaan 3 lebih rendah dari pada percobaan 2.

Kualitas ubi jalar kering dapat dinyatakan dari nilai kadar air akhir produk dan derajat putih produk kering. Dibandingkan dengan metode penjemuran, kualitas ubi jalar yang dikeringkan dengan pengering efek rumah kaca hibrid lebih baik dibandingkan dengan penjemuran langsung, dilihat dari parameter warna produk kering. Pengeringan menggunakan pengering rumah kaca hibrid memiliki warna yang lebih putih dengan nilai derajat putih sebesar  $56.83\% \pm 3.28\%$  (percobaan 2) dan  $55.77\% \pm 2.08\%$  (percobaan 3) atau rata-rata 56.61%. Sedangkan dengan menggunakan metode penjemuran langsung, didapatkan produk akhir dengan warna agak kecoklatan dengan nilai derajat putih sebesar  $50.24\% \pm 2.29\%$ . Warna ubi jalar kering sangat menentukan penampilan tepung ubi jalar. Perubahan warna mencoklat pada produk dengan metode penjemuran diduga disebabkan oleh reaksi pencoklatan (*Browning reaction*) akibat terpapar di udara terbuka.

### Simpulan

Pengeringan sawut ubi jalar menggunakan pengering efek rumah kaca hibrid tipe rak berputar telah berhasil dilakukan. Pada pengujian tanpa beban dihasilkan rata-rata suhu pada ruang pengering 51.19 °C dengan rata-rata RH sebesar 37.96%. Hasil pengujian pengering dengan 24 kg sawut ubi jalar, diperoleh suhu rata-rata 40°C hingga 45°C dan lama waktu pengeringan sebesar 13.5 hingga 14.5 jam, untuk mengeringkan sawut ubi jalar dari kadar air 72 %bk sampai kadar air 9.5 %bk.

Konsumsi energi untuk menguapkan 1 kg uap air dari produk berkisar antara 35.15 MJ/kg uap air hingga 42.83 MJ/kg uap air. Efisiensi pengeringan berkisar antara 5.78 % dan 7.47%. Kualitas ubi

jalar yang dikeringkan dengan pengering ini memiliki warna yang lebih baik dengan nilai derajat putih 56.61 % dibandingkan dengan penjemuran langsung sebesar 50.24 %. Berdasarkan nilai efisiensi pengeringan dan kualitas produk kering pengoperasian pemutaran rak dengan sudut pergeseran 45°C dan pemutaran setiap 60 menit memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan tanpa putaran rak. Penggunaan pengering memberikan hasil kualitas warna produk kering yang lebih baik dibandingkan dengan penjemuran langsung di bawah matahari.

### Daftar Pustaka

- El-Beltagy, G.R. Gamea, and A.H. A. Essa. 2007. Solar drying characteristics of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 78: 456–464.
- Hendrisyah. 2007. Kajian Performansi pengering rotary tipe co-current untuk pengeringan sawut ubi jalar. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Janjai, S., P. Tung. 2005. Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices. *Renewable Energy*, 30: 2085–2095.
- Kituu, G.M, D. Shitanda, C.L. Kanali, J.T. Mailutha, C.K. Njoroge, J.K. Wainaina, and V.K. Silayo. 2010. Thin layer drying model for simulating the drying of Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) in a solar tunnel dryer. *Journal of Food Engineering*. 98: 325–331.
- Marbun, J.H.P. 2010. Uji lama pengeringan dan tebal tumpukan pada pengering ubi jalar dengan alat pengering surya tipe rak. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Mujumdar, A.S. 2006. *Handbook of Industrial Drying*.
- Othman, M.Y.H, K, Sopian, B. Yatim and W.R.W. Daud. 2006. Development of advanced solar assisted drying systems. *Renewable Energy*, 31: 703–709.
- Prasad, J. and V.K. Vijay. 2005. Experimental studies on drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* l. and *Tinospora cordifolia* in solar-biomass hybrid drier. *Renewable Energy*, 30: 2097–2109.
- Sarwono B. 2005. Ubi jalar. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Smitabhindua, R., S. Janjai, and V. Chankong. 2008. Optimization of a solar-assisted drying system for drying bananas. *Renewable Energy*, 33: 1523–1531.
- Triwahyudi, S., L. O.Nelwan, S. E. Agustina dan D. Wulandani. 2009. Pengaruh Rak Berputar pada Kinerja Pengering Surya Tipe Efek Rumah Kaca (ERK)-Hybrid untuk Pengeringan Kapulaga

- Lokal (*Amomum cardamomum Wild*). Jurnal Enjiniring, 7(1): 23-34.
- Widowati, S., Sulismono, Suarni, Sutrisno, dan O. Komalasari. 2002. Petunjuk Teknis Proses Pembuatan Aneka Tepung dari Bahan Pangan Sumber Karbohidrat Lokal. Jakarta: Balai Penelitian Pascapanen Pertanian.
- Wulandani D. dan L.O. Nelwan. 2009. Rancang Bangun Kolektor Surya Tipe Plat Datar dan Konsentrator Surya untuk Penghasil Panas pada Pengereng Produk-Produk Pertanian. Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB.FATETA IPB. Bogor.