

**PENGEMBANGAN ALAT PENERING EFEK RUMAH KACA (ERK)  
HYBRID TIPE RAK BERPUTAR UNTUK PENYERAGAMAN  
ALIRAN UDARA**

(Development of Rotary Rack Type Greenhouse Effect (GHE) Hybrid Solar  
Dryer to Achieve the Airflow Uniformity)

**Dyah Wulandani<sup>1)</sup>, Yohanes Aris Purwanto<sup>1)</sup>, Sri Endah Agustina<sup>1)</sup>,  
Puji Widodo<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>2)</sup> Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian

**ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan disain optimum pengering Efek Rumah Kaca berenergi surya hybrid menggunakan tipe rak berputar dengan aliran udara panas yang seragam. Pada tahun pertama penelitian ini dihasilkan disain pengering Efek Rumah Kaca berenergi surya hybrid menggunakan tipe rak berputar, yang didasarkan pada proses simulasi suhu dan aliran udara. Disain optimal pengering berbentuk trapesium dengan ukuran 1.100 m x 0.865 m x 1.350 m. Suhu udara pengering berkisar antara 41.3°C hingga 48.1°C dan kelembaban udara berkisar antara 32.1 % hingga 44.1 %. Pada kondisi ini kapulaga lokal (*Amomum cardamomum Wild*) sebanyak 10 kg dapat dikeringkan selama 30 sampai 40 jam pada kadar air awal 80-82% bb hingga 9-10% bb. Rak diputar dan digeser setiap jam. Pergeseran rak sebesar 45° dan putaran rak dilakukan selama 10 menit pada awal dan 10 menit pada akhir setiap jam. Keseragaman kadar air akhir produk yang tercapai dinyatakan oleh nilai standar deviasi kadar air sebesar 1.1% bb. Selanjutnya pada penelitian tahun kedua dihasilkan disain pengering Efek Rumah Kaca berenergi surya hybrid skala lapang dengan dimensi 2.15 m x 1.75 m x 1.9 m dan kapasitas 96 kg kapulaga lokal. Sumber panas berasal dari energi surya dan biomassa. Suhu ruang pengering yang dihasilkan pada pengujian alat ini adalah 48.5°C dan RH sebesar 46 %. Waktu pengeringan 44 jam dan konsumsi bahan bakar 1.3 kg/jam. Energi input (baik dari energi surya, biomassa dan listrik) adalah 18.2 MJ/kg uap hasil pengeringan produk. Total efisiensi pengering adalah 18.6 %. Hasil analisis ekonomi pengering menunjukkan bahwa usaha pengeringan kapulaga menggunakan pengering ERK hybrid layak dilaksanakan.

Kata kunci : Rak berputar, pengering ERK-Hybrid, keseragaman.

**ABSTRACT**

A study on design and testing performance of hybrid greenhouse effect (GHE) solar dryer with rotating rack was conducted. The objectives of this research were to obtain the optimum design of green house effect (GHE) hybrid solar dryer using rotary rack for uniformity of heat flow. The first year of the research results the design of hybrid solar dryer of vertical rotary rack which based on the temperature simulation and CFD simulation. The optimal design of hybrid solar dryer has the dimension of 1.100 m x 0.865 m x 1.350 m. The range of drying room temperature is 41.3°C to 48.1°C and relative humidity of 32.1 % to 44.1 %. Under this condition, 10 kg local cardamom (*Amomum cardamomum Wild*) can be dried for 30 to 40 hours, at initial moisture content 80-82 % wb until final moisture content of 9-10 % wb. Racks are shift 45° every hours and continue rotation of racks is carried out for 10 minutes at the initial drying and 10 minutes every hour. Uniformity of the final moisture content was achieved that proved

by standard deviation of moisture content of 1.1 %. Furthermore, the second year of the research results the scale up design of hybrid solar dryer of vertical rotary rack that had the dimension of 2.15 m x 1.75 m x 1.9 m. Dryer capacity is 96 kg of local cardamom. Heat energy from solar and biomass combustion. Racks is rotated by human power. The experiment shows that the drying room temperature is 48.5°C and relative humidity of 46 %. Drying time required is 44 hours. Combustion rate of biomass is 1.3 kg of firewood/hours. Input energy is 18.2 MJ/kg vapor evaporated by the product and total efficiency is 18.6 %. Based on the economical analysis of dryer results that the drying project is visible to be implementation.

Keywords : Rotary rack, GHE Hybrid Solar Dryer, uniformity.

## PENDAHULUAN

Kendala yang dijumpai pada pengering ERK tipe rak selama ini adalah masalah keseragaman kadar air akhir produk yang dikeringkan. Salah satu penyebab beragamanya kadar air produk hasil pengeringan adalah distribusi aliran panas yang tidak merata di dalam ruang pengeringan, khususnya tipe rak (Wulandani, 2005, Mursalim, 1995 dan Ratnawati, 2003). Untuk memecahkan permasalahan suhu di atas dilakukan rancang bangun dan pengujian pengering ERK hybrid tipe rak berputar untuk pengeringan produk rempah.

Tujuan penelitian ini secara umum adalah mendapatkan rancangan dan prototipe pengering ERK hybrid tipe rak berputar dengan aliran udara panas yang seragam, dengan posisi kipas, penukar panas, inlet dan outlet yang tepat dan kapasitas yang optimum. Paket teknologi yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi perancang sebagai data dasar untuk melakukan *scale up* pengering dalam berbagai kapasitas yang dibutuhkan baik oleh petani atau unit pengolahan skala kecil menengah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Oktober 2008 dan pada bulan April sampai Oktober 2009 di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Laboratorium Lapang Departemen Teknik Pertanian IPB di Leuwikopo dan di Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Bahan dan alat yang digunakan adalah kapulaga lokal (*Amomum cardamomum Wild*) lepas panen,

pengering ERK hybrid hasil rancangan, piranometer, anemometer, termokopel, thermal recorder, timbangan digital, oven pengering dan lain-lain.

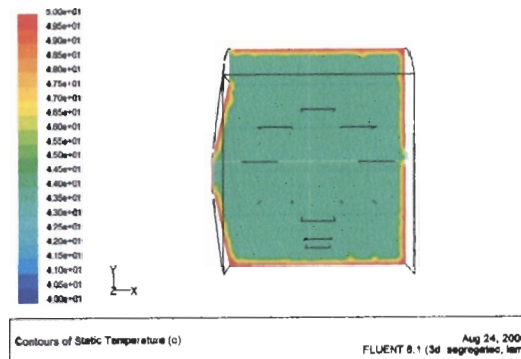
Proses rancang bangun pengering ERK dikerjakan selama 2 tahun, dimana pada tahun pertama telah dihasilkan model pengering ERK hybrid tipe rak berputar dan pada tahun kedua dihasilkan prototipe pengering ERK hybrid tipe rak berputar. Pada tahun pertama, proses rancang bangun model pengering dilakukan melalui 4 tahap; 1) mengkaji tipe putaran yang akan dirancang dan melakukan perhitungan untuk menentukan dimensi yang memenuhi kebutuhan kapasitas pengeringan yang diinginkan. 2) melakukan analisis sifat dan pola aliran serta distribusi udara di dalam ruang pengering menggunakan metode CFD. Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika atau model matematika (Tuakia, F., 2008). Tahap selanjutnya, 3) melakukan simulasi suhu pada berbagai metode operasi. 4) melakukan uji performansi untuk memvalidasi model simulasi yang telah dibuat. Pada tahun kedua penelitian dilanjutkan dengan 4 tahap; 1) melakukan simulasi *scale up* berdasarkan data uji performansi yang diperoleh pada tahun pertama, 2) merancang bangun prototipe pengering dan menguji performansinya, 3) melakukan simulasi *scale up* dengan berbagai kapasitas sesuai kebutuhan petani, dan 4) melakukan analisis ekonomi pengoperasian pengering.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

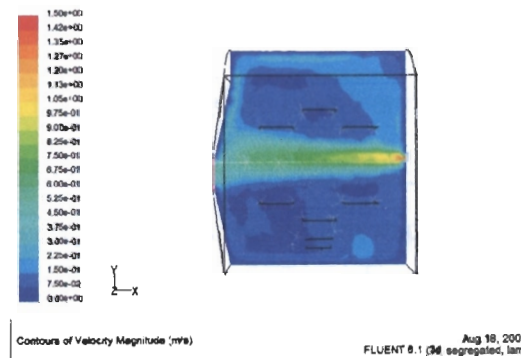
### Hasil Penelitian Tahun Pertama

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Wulandani, 2005) diperoleh hasil bahwa, keragaman suhu udara pada rak-rak pengering ERK arah horisontal lebih kecil dibandingkan dengan arah vertikal. Dari kajian tersebut maka pada rancangan pengering ini dipilih tipe putaran secara vertikal untuk lebih meratakan aliran udara panas pada produk. Selanjutnya proses simulasi aliran udara dilaksanakan untuk menentukan disain optimal pengering. Berdasarkan 6 skenario disain struktur bangunan pengering, diperoleh disain optimal pada hasil simulasi skenario 5, yaitu bangunan berbentuk trapesium, dengan posisi inlet dan

outlet pada tengah-tengah dinding yang saling berseberangan. Gambar 1 dan Gambar 2 masing-masing memperlihatkan distribusi nilai suhu dan kecepatan aliran udara pengering dari disain pengering optimal.



Gambar 1. Distribusi suhu ruang pengering pada disain optimal

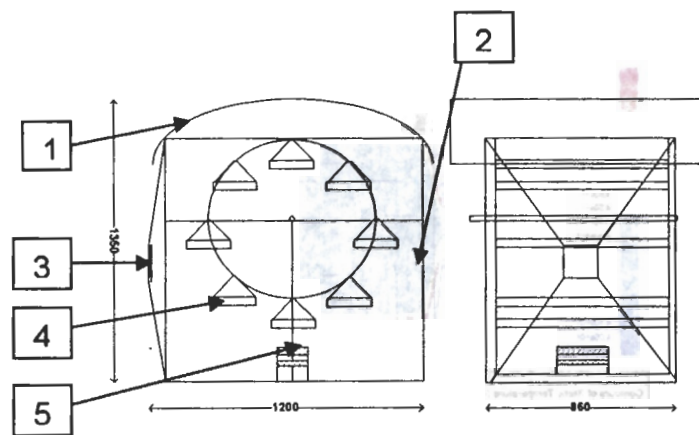


Gambar 2. Distribusi aliran udara pengering pada disain optimal

Keseragaman suhu tercapai dengan standar deviasi sebesar 2.1°C, dengan suhu rata-rata di dalam ruang pengering 43.5°C. Aliran udara pengering mengalami penyebaran dengan tingkat keragaman 0.15 m/dt, dengan rata-rata 0.13 m/dt. Berdasarkan hasil ini putaran rak secara dinamis perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai ragam aliran udara yang lebih kecil.

Berdasarkan simulasi pendugaan suhu dan RH selama 1 hari dapat menduga kondisi nyata dengan tingkat kesalahan masing-masing sebesar 2.61% dan 6.48%. Pendugaan suhu dan RH berguna untuk menentukan kapasitas

komponen penyusun pengering. Berdasarkan simulasi aliran udara, suhu dan RH, maka dihasilkan rancang bangun pengering. Pengering terdiri dari beberapa komponen dengan spesifikasi dan fungsi sebagai berikut (Gambar 3).



Keterangan :

- |                     |             |
|---------------------|-------------|
| 1. Bangunan         | 4. Rak      |
| 2. Inlet            | 5. Radiator |
| 3. Outlet dan kipas |             |

Gambar 3. Disain model pengering ERK hibrid

- 1) Bangunan berbentuk trapesium dengan atap melengkung agar memudahkan aliran air hujan turun ke bawah. Dimensi alat pengering adalah 1.100 m x 0.865 m x 1.350 m. Dinding dari bahan polikarbonat transparan.
- 2) Inlet berukuran 5 cm x 20 cm
- 3) Outlet dan kipas penghisap (diameter 12 cm, daya 60 W) berfungsi untuk mengeluarkan uap air hasil pengeringan.
- 4) Rak berputar sebagai wadah produk sekaligus sarana untuk meyeragamkan aliran udara
- 5) Radiator, untuk memindahkan panas dari air panas ke udara pengeringan

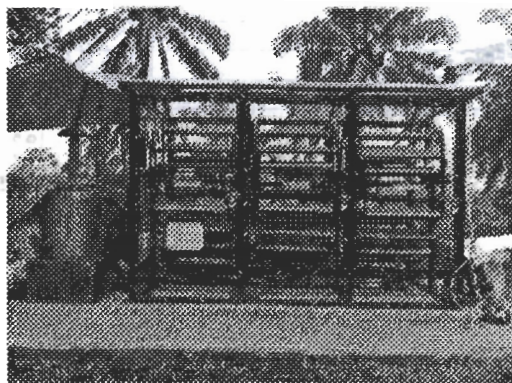
Berdasarkan kajian operasi pemutaran melalui 4 skenario putaran, dihasilkan putaran selama 20 menit setiap jam, yaitu 10 menit pada awal dan 10 menit pada akhir setiap jam, serta pergeseran rak sebesar 45° memberikan hasil terbaik, yang ditunjukkan oleh nilai sebaran kadar air akhir produk pada seluruh



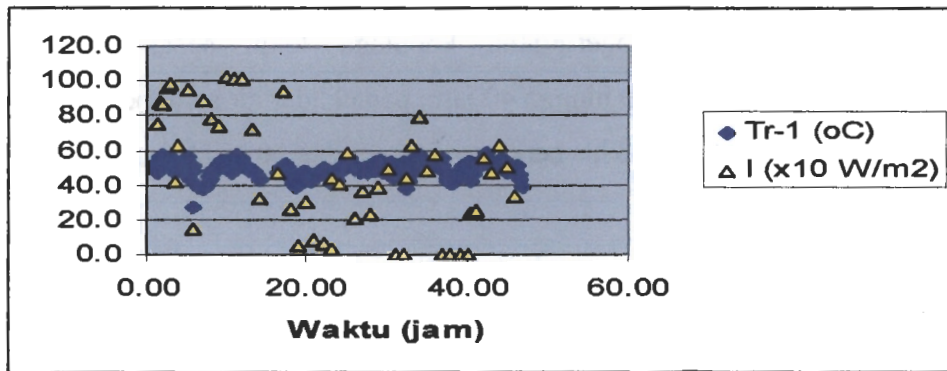
rak relatif seragam dengan nilai standar deviasi 1.1 % bb (Triwahyudi, 2008). Uji coba pengering untuk mengeringkan kapulaga lokal sebanyak 10 kg, membutuhkan waktu sekitar 30 hingga 40 jam, pada kadar air awal berkisar antara 80 dan 82 % bb dan kadar air akhir berkisar antara 9 dan 10 % bb.

### Hasil Penelitian Tahun Kedua

Hasil rancangan pengering ERK hybrid skala lapang diperlihatkan pada Gambar 4. Dimensi pengering adalah 2.15 m x 1.75 m x 1.9 m, mampu menampung 96 kg kapulaga lokal basah. Pengujian performansi alat menunjukkan efisiensi total sistem sebesar 18.6 % dan input energi untuk menguapkan 1 kg uap hasil penguapan produk adalah 18.2 MJ/kg. Kapulaga pada kadar air awal 87.5 % bb dapat dikeringkan hingga kadar air akhir 10.8 % selama 44 jam. Sehingga rendemen produk kering yang dihasilkan adalah 14 %. Untuk mencapai suhu ruang pengering rata-rata 48.5°C dan RH ruang pengering sebesar 46 %, maka dibutuhkan energi dari surya dengan radiasi sebesar 471 W/m<sup>2</sup> dan energi biomassa dengan laju pengumpanan kayu kering sebesar 1.3 kg/jam, serta energi listrik untuk menggerakkan 1 buah pompa dan 3 buah kipas dengan total daya 330 W. Suhu ruang pengering cukup seragam ditandai oleh nilai ragam suhu 0.9°C. Gambar 5 memperlihatkan suhu ruang pengering selama proses pengeringan. Suhu relatif konstan selama proses pengeringan berlangsung. Fluktuasi terjadi mengikuti besarnya radiasi yang jatuh ke bumi. Pada saat radiasi sangat kecil, laju pengumpanan biomassa diperbesar untuk menstabilkan suhu.

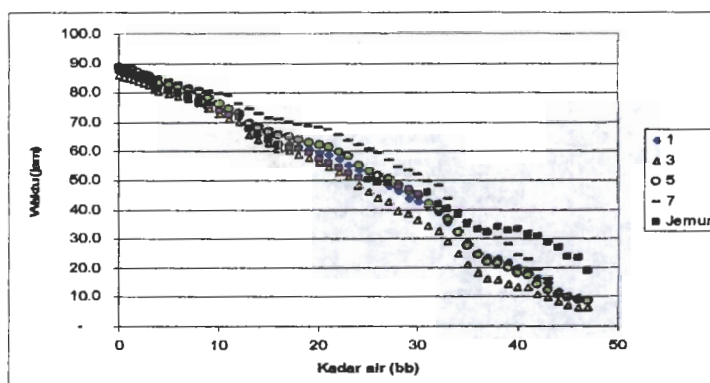


Gambar 4. Pengering ERK hybrid tipe rak berputar skala lapang



Gambar 5. Suhu ruang pengering dan radiasi surya selama proses pengeringan

Penurunan kadar air produk pada rak-rak dan pada proses penjemuran langsung selama pengeringan diperlihatkan pada Gambar 6. Secara umum performa pengeringan kapulaga menggunakan pengering ERK tipe rak berputar hasil rancangan penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penjemuran. Penjemuran memerlukan waktu lebih lama untuk menghasilkan kadar air akhir 10% bb dibandingkan dengan pengeringan menggunakan pengering hasil rancangan penelitian ini. Kadar air akhir produk pada seluruh rak di dalam pengering ERK cukup seragam dengan nilai ragam sebesar 3 % bb. Pada proses penjemuran, nilai ragam kadar air akhir produk adalah 4.8 % bb. Laju pengeringan rata-rata yang dihasilkan adalah 1.7 % bk/jam. Sedangkan untuk proses penjemuran, diperoleh laju pengeringan sebesar 1.5 % bb.



Gambar 6. Penurunan kadar air produk pada rak pengering dan pada proses penjemuran

Dilihat dari mutu produk kering, mutu kapulaga hasil pengeringan, menggunakan alat pengering tergolong pada Mutu 1 dan dengan metode penjemuran langsung tergolong pada Mutu 2. Mutu ini didasarkan pada kriteria uji warna dan kadar minyak atsiri. Rata-rata kadar minyak atsiri produk yang dikeringkan dengan pengering adalah 3.7 % sedangkan dengan metode penjemuran adalah 2.7 %.

Berdasarkan simulasi *scale up* dan analisis ekonomi pada beberapa nilai kapasitas diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 1. Semakin besar kapasitas produk, semakin kecil efisiensi total sistem pengeringan, hal ini disebabkan oleh energi input yang juga semakin besar. Namun dari sisi biaya, semakin besar kapasitas akan menurunkan biaya pokok pengeringan dan akibatnya keuntungan semakin besar. Tambahan nilai energi tidak memberikan dampak yang besar pada penambahan biaya energi, dikarenakan energi surya gratis, energi biomassa dan listrik masih relatif murah dibandingkan dengan penambahan nilai jual produk. Secara keseluruhan, usaha pengeringan menggunakan pengering hasil rancangan ini layak untuk dilaksanakan dengan rata-rata waktu pengembalian modal 1 tahun.

Tabel 1. Data dimensi pengering dan data performansi pengering hasil simulasi *scale up*

Parameter	Skenario					
	1	2	3	4	5	6
Massa (kg)	120	160	200	240	320	400
Panjang pengering (m)	2.16	2.88	3.6	4.36	2.88	3.6
Lebar pengering (m)	1.75	1.75	1.75	1.75	3.5	3.5
Tinggi pengering (m)	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Kebutuhan bahan bakar (kg)	42	60.5	79	98	135.5	172
Debit udara (m <sup>3</sup> /dt)	0.475	0.634	0.792	1.038	1.267	1.584
Input energi per kg uap (MJ/kg)	16.3	17.4	18.2	18.9	19.9	20.5
Daya listrik total (W)	592	959	1410	1945	3269	4930
Efisiensi pengeringan (%)	18	17	16.3	15,8	15	14.5
Biaya pokok pengeringan (Rp/kg)	1439	1194	1064	987	925	901
Keuntungan bersih (juta Rp/bl)	300	500	750	950	1350	1725



## KESIMPULAN

Pada tahun pertama penelitian ini menghasilkan disain pengering Efek Rumah Kaca berenergi surya hybrid menggunakan tipe rak berputar, yang didasarkan pada proses simulasi suhu dan aliran udara. Disain optimal pengering berbentuk trapesium dengan ukuran 1.100 m x 0.865 m x 1.350 m. Suhu udara pengering berkisar antara 41.3°C hingga 48.1°C dan kelembaban udara berkisar antara 32.1 % hingga 44.1 %. Pada kondisi ini kapulaga lokal (*Amomum cardamomum Wild*) sebanyak 10 kg dapat dikeringkan selama 30 sampai 40 jam pada kadar air awal 80-82% bb hingga 9-10% bb. Rak diputar dan digeser setiap jam. Pergeseran rak sebesar 45° dan putaran rak dilakukan selama 10 menit pada awal dan 10 menit pada akhir setiap jam. Keseragaman kadar air air akhir produk tercapai yang dinyatakan oleh nilai standar deviasi kadar air sebesar 1.1% bb.

Selanjutnya pada penelitian tahun kedua dihasilkan disain pengering Efek Rumah Kaca berenergi surya hybrid skala lapang dengan dimensi 2.15 m x 1.75 m x 1.9 m dan kapasitas 96 kg kapulaga lokal. Sumber panas berasal dari energi surya dan biomassa. Suhu ruang pengering yang dihasilkan pada pengujian alat ini adalah 48.5°C dan RH sebesar 46 %. Waktu pengeringan 44 jam dan konsumsi bahan bakar 1.3 kg/jam. Energi input (baik dari energi surya, biomassa dan listrik) adalah 18.2 MJ/kg uap hasil pengeringan produk. Total efisiensi pengering adalah 18.6 %. Hasil analisis ekonomi pengering menunjukkan bahwa usaha pengeringan kapulaga menggunakan pengering ERK hybrid layak dilaksanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mursalim. 1995. Uji performansi sistem pengeringan energi surya dan tungku batubara dengan bangunan tembus cahaya sebagai pembangkit panas untuk pengeringan panili (*Vanilla Planifolia*). FATETA IPB Bogor.
- Ratnawati, T. 2003. Simulasi desain pengering Efek Rumah Kaca untuk pengeringan cengkeh (*Eigena caryophyllus*). Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, FATETA IPB. Bogor.

- Triwahyudi, S. 2009. Kajian pengering Efek Rumah Kaca (ERK)-hybrid dengan rak berputar secara vertikal untuk pengeringan kapulaga lokal (*Amomum cardamomum Wild*). Thesis. Pascasarjana IPB. Bogor.
- Tuakia, F., 2008. Dasar-Dasar Computational Fluid Dynamics Menggunakan Fluent, Informatika, Bandung.
- Wulandani, D., 2005. Kajian Distribusi Suhu, RH dan Aliran Udara Pengering untuk Optimasi Disain Pengering Efek Rumah Kaca, Disertasi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.