

# UJI KINERJA ALAT PENGERING EFEK RUMAH KACA (ERK) HYBRID DENGAN TUNGKU BIOMASSA SEBAGAI SISTEM PEMANAS TAMBAHAN UNTUK PENGERINGAN BIJI PALA (*Myristica sp.*)

## TEST OF PERFORMANCE ERK HYBRID DRYER WITH BIOMASS FURNACE AS ADDITIONAL HEATING SYSTEM FOR NUTMEG SEED (*Myristica sp.*) DRYING

Guyup Mahardhian Dwi Putra<sup>1)</sup>, Edi Sutoyo<sup>2)</sup>, Sri Hartini<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

<sup>2)</sup>Dosen Universitas Ibn Khaldun Bogor

<sup>3)</sup>Alumni Teknik Pertanian IPB

✉ komunikasi penulis, email : [guyup.mahardhian@yahoo.co.id](mailto:guyup.mahardhian@yahoo.co.id)

Naskah ini diterima pada 25 Maret 2014 revisi pada 6 Agustus 2014; disetujui untuk dipublikasikan pada 30 Agustus 2014

### ABSTRACT

*Conventional drying depend on the weather. It was caused agricultural product damaged, and moldy attack. So we need hybrid dryer with a source of radiation and solar biomass to continuous drying and can be controlled. The aims of this research is test performance of ERK hybrid dryer to drying the nutmeg seed during the drying process. Experiments were conducted to determine the distribution of temperature in the dryer in condition with no material and material conditions. Input of energy derived from biomass combustion in the furnace (evening) and combination of biomass and radiation (during the day). Measurements of temperature and RH using a thermocouple CC and alcohol thermometer. Temperature and RH to be measured include temperature and RH in dryer with several measurement points representing the up, middle, bottom and inlet temperature, outlet temperature and ambient temperature measurements at intervals of 30 minutes. The results showed average temperature ranges between 42 °C - 51 °C and RH ranged between 50.96 % -55.65 % . Time of drying is used to dry nutmeg from the initial moisture content from 80.72 % wb to 9.67 % wb is 52 hours with an average drying rate is 7.8 % db / hour . The total energy used to heat and vaporize materials, water that is 290 499.9 kJ. Efficiency of drying system 8.63% and energy of drying required to water evaporated is 28520.62 kJ / kg. The result quality of product obtained color of nutmeg generally more uniform.*

*Key word : nutmeg seed, drying, green house, efficiency.*

### ABSTRAK

Pengeringan dengan penjemuran sangat bergantung pada keadaan cuaca. Hal ini mengakibatkan produk pertanian mudah rusak, berjamur. Sehingga diperlukan alat pengering hybrid dengan sumber energi dari radiasi matahari dan biomassa agar pengeringan dapat berlangsung kontinyu dan terkontrol. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji kinerja alat pengering surya efek rumah kaca (ERK) hybrid untuk pengeringan biji pala. Parameter yang akan diamatai meliputi sebaran suhu dalam pengering pada kondisi tanpa beban dan dengan bahan, laju pengeringan, rendemen hasil pengeringan. Input energi panas berasal dari pembakaran biomassa di tungku (malam hari) dan kombinasi antara biomassa dan radiasi (siang hari). Suhu dan RH yang akan diukur meliputi suhu dan RH ruang pengering yang dilakukan dengan beberapa titik pengukuran yang mewakili rak atas, rak tengah, rak bawah serta suhu inlet, suhu outlet dan suhu lingkungan dengan selang pengukuran 30 menit. Hasil dari penelitian ini diperoleh sebaran suhu ruang pengering cenderung merata yaitu rata-rata berkisar antara 42°C-51°C sedangkan RH ruang pengering berkisar antara 50,96%-55,65%. Lama pengeringan yang digunakan untuk mengeringkan biji pala dari kadar air awal 80,72% bb hingga 9,67% bb pada percobaan ini yaitu 52 jam

dengan rata-rata laju pengeringan pala yaitu 7,8% bk/jam atau 2,39 kg/jam. Total energi yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan yaitu 2.904.999 kJ. Efisiensi sistem pengeringan 8,63% dan energi pengeringan yang diperlukan tiap kg air yang diuapkan 28.520,62 kJ/kg. Kualitas produk yang dihasilkan menunjukkan bahwa warna biji pala hasil pengeringan secara umum lebih seragam

Kata kunci : biji pala, pengeringan, ERK hybrid, efisiensi

## I. PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu tahap penanganan pasca panen yang cukup kritis dalam menentukan mutu biji pala. Pala dipanen biji, fuli, dan daging buahnya (Hadad dkk, 2006). Sebelum dipasarkan, biji dijemur hingga kering setelah dipisah dari fulinya. Tujuan dari pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air dalam bahan yang dapat merusak mutu dari buah pala tersebut sehingga dapat memperpanjang umur simpan. Selama ini, pengeringan yang biasa dilakukan di Indonesia adalah pengeringan tradisional dengan cara penjemuran atau pengasapan. Pengeringan dengan penjemuran bergantung pada keadaan cuaca yang mengakibatkan bahan mudah rusak, berjamur serta dapat dirusak serangga. Sedangkan pengasapan, membutuhkan waktu yang lebih lama dan beresiko terjadi kebakaran (Indira, 1990). Metode pengeringan yang diperlukan untuk mengeringkan biji pala yaitu menggunakan pengering buatan atau mesin pengering. Pengeringan buatan adalah metode pengeringan yang dalam operasi pengeringannya menggunakan bantuan alat pengering. Metode ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan pada metode pengeringan alami, selain itu pengeringan dengan menggunakan mesin pengering bisa lebih kontinyu dan lebih terkontrol.

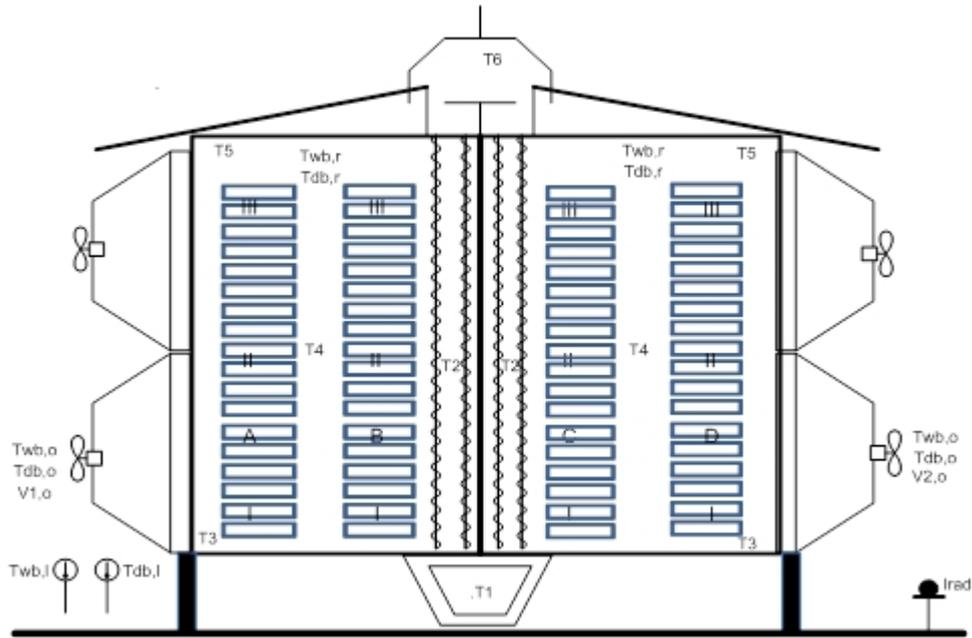
Pengeringan yang memanfaatkan energi surya merupakan pilihan alternatif. Faktor yang mendorong berkembangnya pengeringan di Indonesia dikarenakan ketersediaan energi surya yang melimpah dan merupakan energi terbarukan, gratis dan ramah lingkungan. Namun pada prakteknya pengering ini juga mempunyai kekurangan yaitu radiasi surya yang sampai ke permukaan bumi sangat bergantung pada waktu dan cuaca. Untuk mengatasi masalah tersebut maka pengering ini perlu diberi pemanas tambahan sehingga alat

pengering ini dapat digunakan kapan saja. Usaha yang umum digunakan adalah dengan penggunaan pemanas tungku biomassa. Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar berdasarkan atas beberapa pertimbangan, yaitu murah dan mudah didapat namun memiliki nilai kalor yang tinggi (contohnya limbah pertanian). Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan berupa kayu.

Dalam penelitian ini akan diteliti kinerja alat pengering ERK hybrid selama proses pengeringan menggunakan ERK Hybrid meliputi laju pengeringan, rendemen hasil pengeringan, kebutuhan energi listrik dan surya serta efisiensi sistem pengeringan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Departemen Teknik Pertanian IPB, Bogor dan lokasi pengujian di Leuwikopo. Waktu penelitian dimulai pada bulan November 2009 sampai dengan Juni 2010. Alat yang digunakan menggunakan ERK Hybrid hasil rancangan Wulandani (2009), termokopel tipe CC (*Copper Constanta*), *pyranometer* model MS-401, timbangan digital model EK-1200 A (ketelitian 0.1 g), timbangan pegas, alat ukur waktu, alat ukur panjang, termometer alkohol (0-100 °C), anemometer Kanomax tipe 6011, oven SS-204 D Ikeda Scientific, kassa-kapas, plester, gelas plastik 200 ml, dan obeng. Bahan yang dipakai adalah biji pala yang dibeli dari petani Pala di Sukabumi, Jawa Barat. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termokopel CC dan termometer alkohol meliputi suhu ruang pengering yang dilakukan pada beberapa titik pengukuran yang mewakili rak atas, rak tengah, rak bawah serta suhu inlet, suhu outlet (bola basah dan bola kering) dan suhu lingkungan dengan selang pengukuran 30 menit. Pengukuran lain meliputi kadar air bahan, lama pengeringan, laju aliran udara pengering, RH, iradiasi surya global.



Keterangan: T1: Suhu tungku, T2: Suhu HE tungku, T3 – T5: Suhu ruang bagian bawah, tengah dan atas pada segmen A-B-C-D, T6: Suhu cerobong asap; Twb,o: suhu bola basah keluar ruang pengering (outlet), Tdb,o: Suhu bola kering keluar ruang pengering (outlet), V<sub>1,o</sub>-V<sub>2,o</sub>: kecepatan udara keluar ruang pengering, v<sub>i</sub>: kecepatan udara inlet, Twb,l: Suhu bola basah lingkungan, Tdb,l: Suhu bola kering lingkungan, Irad: iradiasi surya, I: produk pada segmen rak bagian bawah, II: produk pada segmen rak bagian tengah, III: produk pada segmen bagian atas.

Gambar 1. Sketsa alat pengering ERK hybrid dengan titik-titik pengamatan

**Perhitungan Parameter dan Analisis Data**

*a. Perubahan kadar air bahan*

Pada perhitungan kadar air bahan selama proses pengeringan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ka (\% bb) = \frac{m_w}{m_w + m_s} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$Ka (\% bk) = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

*b. Iradiasi surya harian (Ih)*

Total iradiasi surya harian dihitung dengan menggunakan metode Simpson (Henderson dan Perry, 1981) sebagai berikut :

$$Ih = \frac{\Delta t}{3} [I_i + 4 \sum I_{gl} + 2 \sum I_{gp} + I_f] \dots\dots\dots (3)$$

*c. Laju Penurunan Kadar Air*

$$\frac{dKa}{dt} = \frac{Ka_t - Ka_{t+\Delta t}}{\Delta t} \dots\dots\dots (4)$$

*d. Rendemen pengeringan*

Rendemen proses pengeringan adalah persentase berat akhir bahan kering dengan berat awal bahan basah. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$rendemen(\%) = \frac{\text{Berat akhir (kg)}}{\text{Berat awal (kg)}} \times 100\% \dots\dots (5)$$

*e. Kebutuhan energi untuk proses pengeringan*

Energi untuk proses pengeringan (Q<sub>T</sub>)

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (6)$$

$$Q_1 = W_o C_{pb} (T_r - T_l) \dots\dots\dots (7)$$

Nilai C<sub>pb</sub> ditentukan dengan persamaan Siebel (Heldman dan Singh, 1981) sebagai berikut :

$$C_{pb} = 0.837 + 0,034 M_o \dots\dots\dots (8)$$

$$m_u = W_o \frac{(M_o - M_f)}{(100 - M_f)} \dots\dots\dots (9)$$

$$H_{fg} = (2502 - 2.3775 T) \dots\dots\dots (10)$$

*f. Efisiensi pengeringan*

Efisiensi total sistem merupakan persentase dari energi yang masuk ke sistem yang digunakan

untuk mengeringkan produk dibagi dengan total energi surya, energi listrik dan biomassa. Efisiensi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Abdullah, 1996):

$$\eta_{sp} = \frac{Q_r}{I_G(\tau\alpha A) + (3.6P_w t) + (M_{mt} Q_{mt})} \cdot 100\%$$

Jumlah energi pengeringan ( $E_p$ ) yang diperlukan tiap kg air yang diuapkan (kJ/kg), ditentukan dengan persamaan berikut:

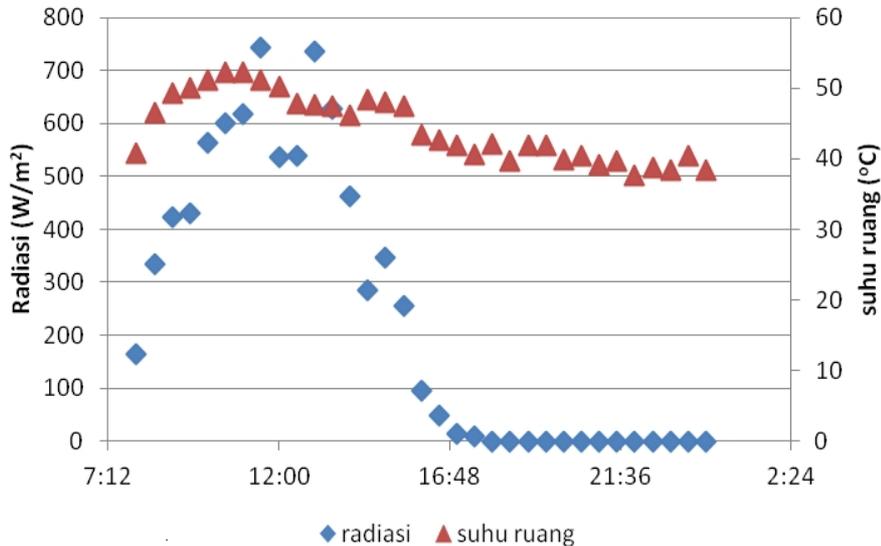
$$E_p = \frac{(P_w t 3.6) + (I_G A(\tau\alpha) t 3.6) + (M_{mt} Q_{mt})}{m_u}$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian tanpa beban

Suhu pada ruang pengering saat siang hari berkisar antara 34,9°C sampai 62,7°C dengan nilai rata-rata 48,63°. Sedangkan pada malam hari suhu ruang pengering berkisar antara 32,1°C sampai 54,3°C dengan rata-rata 39,97°C. Suhu lingkungan pada siang hari berkisar antara 28°C sampai 37°C sedangkan pada malam hari berkisar antara 23,5°C sampai 27°C.

Suhu pada titik yang dekat HE (*heat exchanger*) memiliki suhu yang lebih tinggi karena titik tersebut paling dekat dengan sumber panas, sedangkan suhu rata-rata minimum terdapat titik pengukuran yang berada pada sudut bangunan dan jauh dari sumber panas. Persebaran suhu rata-rata pada tiap posisi pada rak tengah lebih merata dari pada rak bawah. Sedangkan persebaran suhu pada rak bagian atas juga lebih merata dibandingkan rak bagian bawah. Meratanya persebaran suhu pada rak bagian tengah dan rak bagian atas dikarenakan adanya dua kipas yang terletak pada outlet bagian atas maupun pada outlet bagian bawah yang membantu persebaran suhu. Persebaran suhu pada siang hari juga dipengaruhi oleh radiasi surya dimana kondisi pada saat pengukuran cerah mencapai 728,57 W/m<sup>2</sup> pada pukul 10.30 sehingga suhu ruangan yang dicapai juga tinggi meskipun bahan bakar yang dimasukkan dalam tungku tidak maksimum.



Gambar 2. Persebaran suhu dan radiasi pada uji tanpa beban

Dari Gambar 2 di atas terlihat bahwa suhu tiap-tiap lapisan pada waktu tertentu pada percobaan hampir seragam. Hal ini karena adanya dua kipas yang berfungsi untuk mengontrol suhu dalam ruang pengering. Suhu pada siang hari berfluktuasi dari waktu ke waktu mengikuti pola suhu lingkungan dan intensitas radiasi surya.

Suhu rata-rata malam hari lebih rendah daripada siang hari karena pada malam hari sumber panas hanya didapat dari tungku saja, namun suhu pada malam hari lebih konstan daripada siang hari karena tidak adanya fluktuasi radiasi surya yang mempengaruhi suhu dalam ruang pengering. Kebutuhan biomassa yang berfungsi mempertahankan suhu berkisar 40°C adalah 5,02 kg.

### 3.2 Pengujian dengan beban

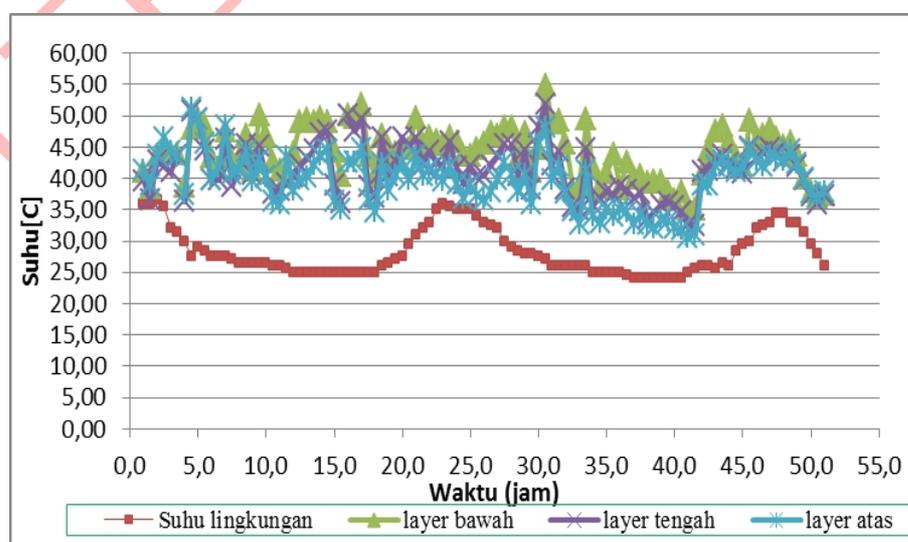
Suhu ruang pengering selama percobaan memiliki pola yang relatif seragam terhadap waktu dengan suhu ruang rata-rata adalah 41,8°C pada rentang suhu 32,8 °C – 50,0°C. Suhu ruang maksimum 63,6°C terdapat pada rak 1 di lapisan bawah dan suhu minimum 30,1°C pada lapisan atas dan terjadi pada saat menjelang akhir pengeringan. Tingginya suhu rata-rata ruang tersebut selain faktor radiasi matahari pada siang hari juga disebabkan pembakaran energi biomassa di dalam tungku yang berlangsung secara terus-menerus sehingga suhu minimum ruang masih lebih tinggi dibanding suhu rata-rata lingkungan. Selisih antara suhu lingkungan

dengan suhu udara pengering menunjukkan bahwa suhu udara pengering dalam bangunan telah menyerap panas baik dari radiasi surya maupun dari panas tungku. Kecenderungan peningkatan suhu terjadi jika proses pemanasan udara oleh radiasi surya dan panas tungku berlangsung dengan baik. Pemanasan dalam ruang pengering tergantung pada kontinuitas pembakaran tungku dan selanjutnya tergantung oleh adanya energi surya.

Profil suhu udara pengering hasil pengujian dengan menggunakan biji pala selama percobaan disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Profil sebaran suhu udara di dalam mesin pengering dan lingkungan selama percobaan

Posisi Sensor	Hari ke-	Suhu siang hari (°C)			Suhu malam hari (°C)		
		min	max	rata2	min	max	rata2
Rak Bawah (A)	H1	36.3	50.0	42.1	32.4	65.2	45.8
	H2	35.7	60.1	46.1	33.1	65.1	42.5
	H3	32.5	52.6	43.2			
Rak Tengah (B)	H1	34.3	47.6	40.3	34.4	62.9	42.8
	H2	35.6	54.9	43.2	32.2	56.8	39.1
	H3	31.1	47.0	40.8			
Rak Atas (C)	H1	35.8	52.7	42.2	33.7	60.5	41.8
	H2	32.3	48.2	40.0	31.1	52.5	36.4
	H3	30.1	48.1	40.1			
Lingkungan (L)	H1	30.0	36.5	33.9	25.0	29.0	26.2
	H2	25.0	36.0	30.6	24.0	28.5	25.5
	H3	24.0	34.5	29.1			



Gambar 3. Persebaran suhu tiap-tiap lapisan dan suhu lingkungan pada percobaan dengan beban

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa suhu ruang pengering pada tiap layer baik pada kondisi malam hari maupun siang hari hampir seragam. Suhu rata-rata udara mesin pengering itu masih memenuhi kisaran syarat suhu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan biji pala yaitu antara 40°C sampai 55°C. Artinya, selama suhu udara pengering masih berada pada kisaran tersebut maka tidak akan terjadi pengeringan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan *hardening* pada produk hasil pengeringan.

### 3.3 RH ruang pengering dan sebarannya

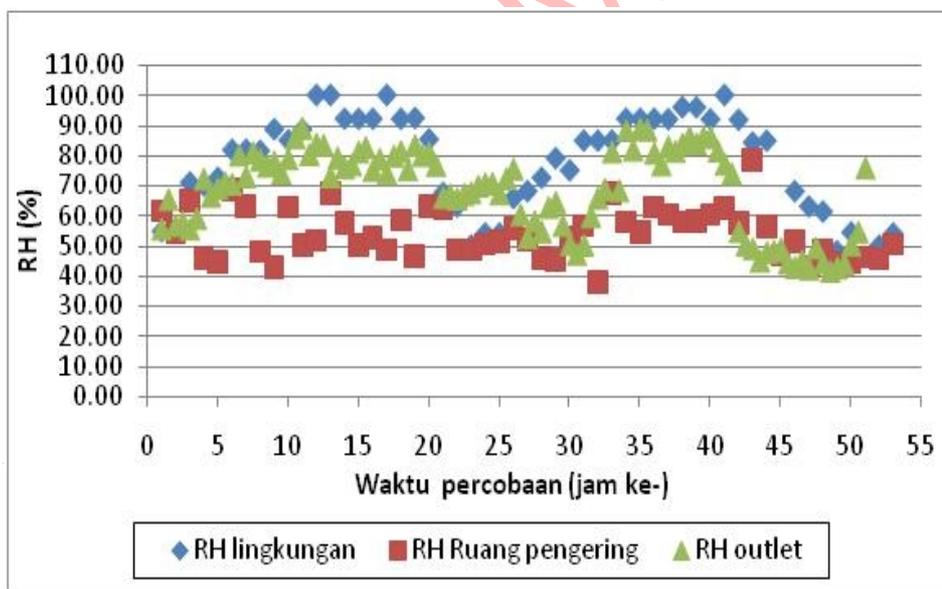
Nilai rata-rata RH udara siang hari dalam ruang pengering selama tiga hari atau 52 jam masing-masing adalah 55,65%, 52,77% dan 50,96%. Pada saat itu nilai rata-rata RH lingkungan adalah 67,59%, 68,96% dan 58,25%. Sedangkan nilai rata-rata RH pada malam hari adalah 55,70% dan 57,79% sementara nilai rata-rata RH lingkungan adalah 91,18% dan 90,99%. Perbandingan RH pengering dan RH lingkungan selama proses pengeringan biji pala dapat dilihat pada Gambar 4.

karena itu, pada malam hari diusahakan isolasi sistem (ruang pengering) secara optimal dari masuknya udara luar (lingkungan). Hal ini bisa dilakukan dengan mengurangi kebocoran-kebocoran pada dinding ruang pengering dan mengurangi frekuensi buka tutup ruang pengering.

Pada Gambar 4 tersebut juga terlihat bahwa RH outlet rata-rata lebih tinggi dari RH pada ruang pengering baik pada kondisi siang maupun malam hari. Hal ini dikarenakan udara yang terhisap melalui outlet membawa kandungan uap air yang berasal dari bahan yang sedang dikeringkan.

### 3.4 Suhu bahan

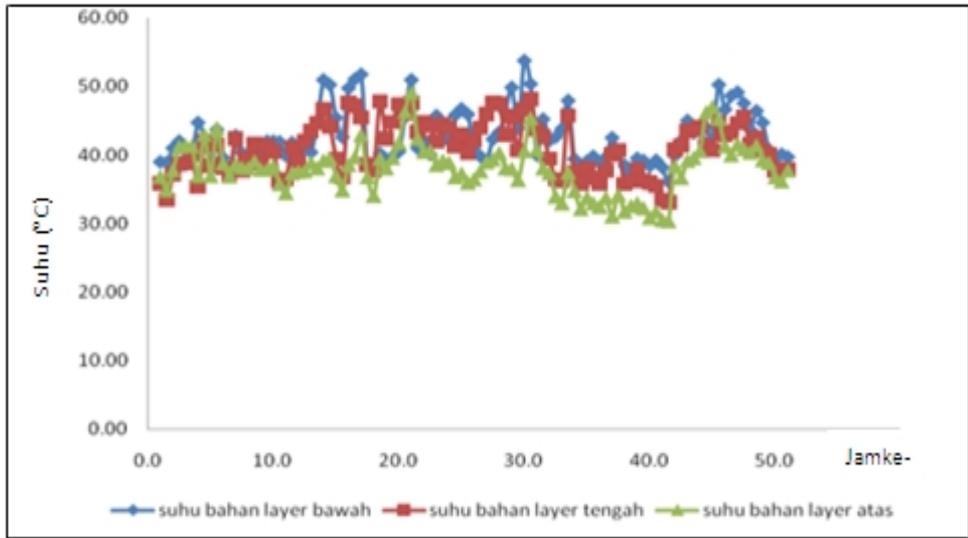
Udara pengering yang telah mengalami pemanasan selanjutnya melewati bahan dalam rangka proses pengeringan. Suhu udara yang melewati bahan mengalami penurunan karena selama proses pengeringan energi panas yang terkandung dalam udara diserap oleh bahan



Gambar 4. Perbandingan RH Pengering, RH lingkungan dan RH outlet selama pengeringan biji pala.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa RH udara di dalam ruang pengering lebih kecil daripada RH udara lingkungan baik siang hari maupun malam hari. Oleh karena itu, potensi udara dalam pengering untuk mengeringkan bahan lebih besar dibandingkan potensi udara di lingkungan. Oleh

untuk menguapkan kandungan uap air yang selanjutnya terhisap oleh kipas keluar bangunan (Triwahyudi, 2009). Adapun profil suhu bahan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil suhu bahan pada pengeringan biji pala

Besarnya penurunan suhu udara pengering dipengaruhi oleh jumlah bahan yang dikeringkan. Semakin banyak bahan yang dikeringkan menyebabkan jumlah energi panas yang dimanfaatkan semakin besar. Pada penelitian ini bahan yang dikeringkan sebanyak 150 kg dengan energi termanfaatkan untuk menguapkan air bahan sebesar 298.423,9 kJ. Tingkat penyerapan panas oleh bahan ditunjukkan oleh besarnya selisih antara suhu udara pengering dengan suhu bahan.

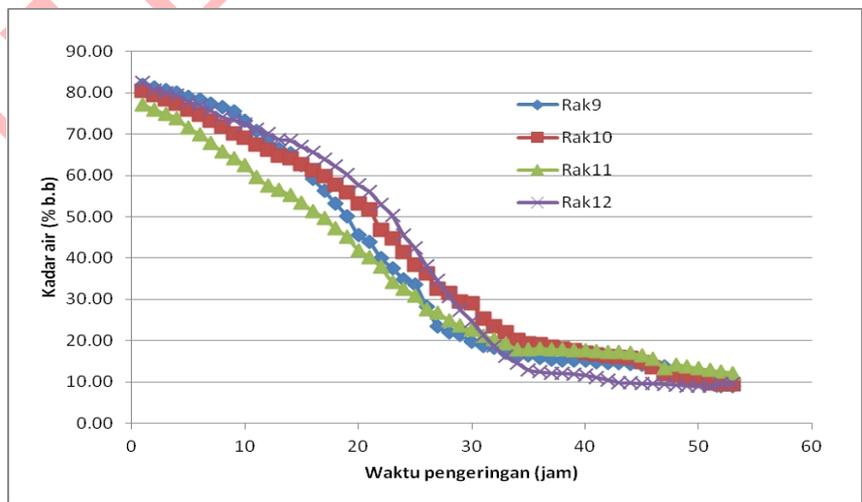
**3.5 Laju pengeringan bahan**

Laju pengeringan bahan adalah banyaknya air yang diuapkan persatuan waktu atau perubahan kadar air bahan dalam satu satuan waktu

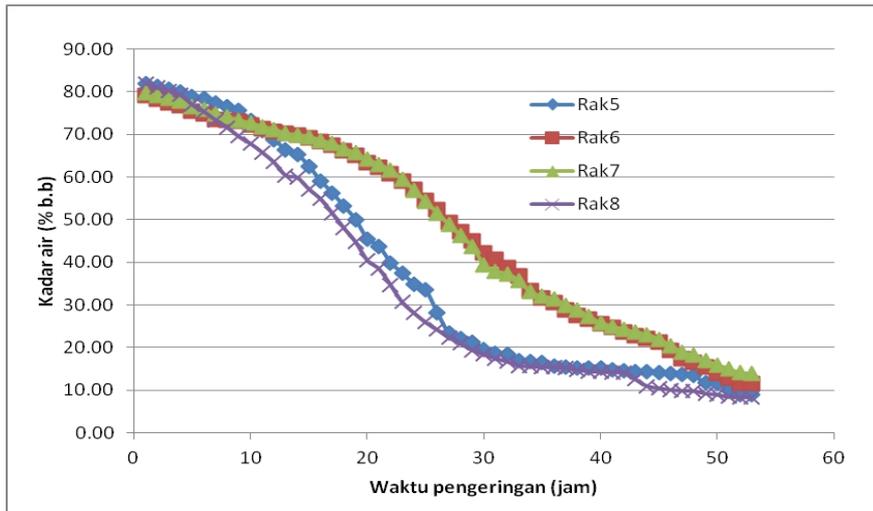
(Heldman dan Singh, 1981(?)). Sebelum membahas laju pengeringan bahan, maka akan dibahas lebih dahulu mengenai kadar air awal bahan sebelum dikeringkan dan kadar air bahan setelah dikeringkan. Kemudian akan dibahas pula faktor udara pengering yang berpengaruh terhadap laju pengeringan bahan, yaitu laju aliran udara dan kelembaban udara.

**3.6 Kadar air bahan**

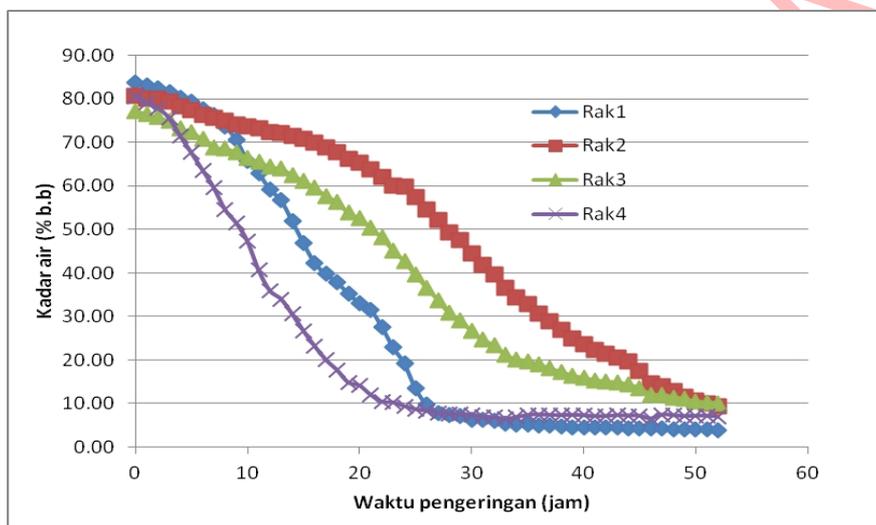
Grafik penurunan kadar air dapat dipresentasikan berdasarkan perubahan kadar air terhadap waktu. Berikut adalah grafik penurunan kadar air biji pala untuk tiap lapisan (bawah, tengah dan atas).



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Perubahan kadar air pada tiap-tiap rak pada layer (a) atas, (b) tengah, (c) bawah

Terlihat dari grafik penurunan kadar air pada Gambar 6 (a), (b) dan (c) bahwa fluktuasi laju pengeringan bahan di dalam pengering pada awal-awal masa pengeringan cukup tinggi kemudian akan menurun. Karakteristik ini tidak nampak secara nyata pada sampel penjemuran langsung. Gambar 6 (a), (b) dan (c) juga terlihat bahwa pada awal-awal pengeringan, perubahan kadar air pada bahan cukup tinggi, namun setelah jam ke-30 perubahan kadar air rendah dan mulai konstan setelah jam ke-40 hingga pengeringan selesai.

### 3.7 Efisiensi penggunaan energi

Efisiensi penggunaan energi pada proses pengeringan adalah penggunaan energi untuk

menguapkan air bahan dibanding dengan seluruh input energi yang digunakan.

Sumber energi yang digunakan pada pengering ERK pada umumnya mencakup 3 (tiga) tipe, yaitu dari iradiasi surya, pemanas tambahan dari biomassa dan energi listrik. Kedua jenis energi yang pertama digunakan sebagai sumber energi termal. Pemanfaatan energi surya saja tidak mencukupi *supply* panas untuk mengeringkan bahan dalam waktu yang singkat. Sedangkan energi listrik sebagai energi mekanik hanya digunakan untuk menggerakkan kipas sehingga udara dapat tersebar merata di seluruh ruang pengering. Kipas yang digunakan berjumlah 4 buah yang masing-masing berdaya 80 watt.

Berikut adalah rincian input energi mesin pengering ERK yang digunakan untuk pengeringan biji pala selama penelitian.

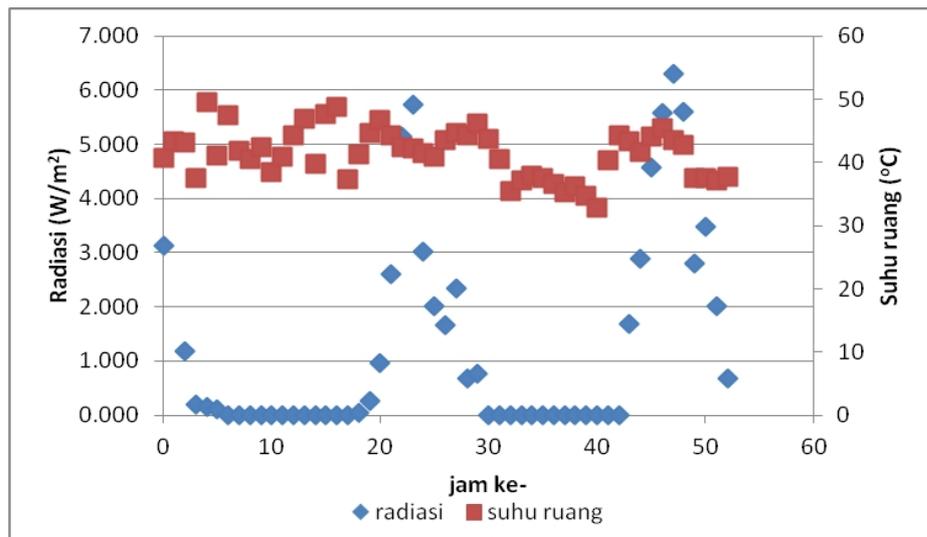
**a. Iradiasi Surya**

Nilai intensitas energi surya tertinggi yang tercatat selama penelitian adalah 900 W/m<sup>2</sup> (P4,H3), 820 W/m<sup>2</sup> (P4,H2) dan 800 W/m<sup>2</sup> (P4,H3). Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan fluktuasi intensitas radiasi surya yang diplotkan berdasarkan waktu.

ketiga yaitu sebesar 5.169,52 Wh/m<sup>2</sup> dengan lama penyinaran 9 jam, sedangkan pada hari kedua yang lama penyinarannya 10 jam, total penerimaan radiasi surya sebesar 3.748,55 Wh/m<sup>2</sup>. Total energi surya yang diterima mesin pengering adalah 581.738,4 kJ.

**b. Biomassa**

Pada mesin pengering tipe efek rumah kaca (ERK) ini ditambahkan tungku untuk menghasilkan energi dari pembakaran biomassa.



Gambar 7. Profil radiasi dan suhu selama pengeringan

Keadaan cuaca yang mendung mengakibatkan nilai radiasi surya pada percobaan pertama turun pada jam 11.00 dimana nilai radiasi surya hanya 327,14 W/m<sup>2</sup>, kemudian naik hingga jam 14.00 dan terus menurun hingga sore hari. Kondisi cuaca yang berfluktuatif menyebabkan suhu dalam ruang pengering berubah-ubah.

Pada hari ketiga nilai rata-rata radiasi surya cukup besar dikarenakan kondisi cuaca pada saat itu bagus bahkan mencapai 900 W/m<sup>2</sup> pada jam 11.00 WIB, sedangkan nilai rata-rata hari pertama lebih rendah dikarenakan pengukuran radiasi surya hanya setengah hari yaitu mulai jam 12.00 WIB dan cuaca mulai mendung pada saat jam 14.00 WIB hingga sore sehingga radiasinya terus menurun. Fluktuasi yang terjadi pada nilai iradiasi surya selama percobaan juga dipengaruhi oleh faktor keawanan serta waktu pengamatan. Lama penyinaran yang diterima saat proses pengeringan tidak berpengaruh pada besarnya total penerimaan radiasi surya. Total penerimaan radiasi terbesar adalah pada saat hari

Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu yang dipotong-potong lagi sesuai ukuran lubang pengumpanan tungku. Panas yang dihasilkan pembakaran kayu bakar itu digunakan untuk memanaskan fluida, baik berupa air maupun udara. Selebihnya, panas tidak dimanfaatkan oleh sistem pengeringan karena terbuang bersama gas hasil pembakaran melalui cerobong, pembakaran tidak sempurna atau keluar melalui dinding tungku dan ruang pengering. Oleh karena itu desain tungku biomassa harus memiliki efisiensi tinggi. Selain itu, pengumpanan dan pembakaran kayu harus dikendalikan secara kontinu agar tidak terjadi fluktuasi suhu pada media pemanas (udara), serta dijaga agar api tidak mati. Berdasarkan percobaan pengeringan biji pala, kebutuhan biomassa untuk mengeringkan biji pala sebanyak 150 kg dari kadar air 80,7 %bb sampai 9,7 %bb sebanyak 168,4 kg selama 52 jam. Sehingga rata-rata laju pembakaran kayu selama proses pengeringan adalah 3,24 kg/jam dengan energi biomassa sebesar 2.734.050 kJ.

Kayu yang digunakan selama pengujian biji pala setelah diuji di laboratorium memiliki nilai kalor 16.235,45 kJ/kg sehingga menghasilkan nilai energi yang cukup besar untuk mensuplai energi pengeringan terutama pada saat malam hari.

Penggunaan biomassa yang cukup besar seharusnya bisa dikurangi dengan pola penghematan penggunaan siang hari, karena pada saat siang hari dapat suplai energi dari surya. Penggunaan tungku siang hari sekedar untuk permulaan pengeringan, yakni membantu energi surya agar suhu di dalam ruang pengering cepat naik atau untuk berjaga-jaga apabila tiba-tiba cuaca mendung atau hujan.

### c. Listrik

Untuk mendukung sistem aliran udara dan aliran pada mesin pengering, maka ditambahkan komponen kipas yang digerakkan oleh energi listrik. Kipas digunakan untuk membantu meratakan laju aliran udara dan beroperasi secara kontinyu. Energi listrik selama proses pengeringan adalah 45619.2 kJ.

Berdasarkan kalkulasi input energi tiap komponen sumber energi pada mesin pengering maka tipikal input energi dari yang terbesar hingga terkecil adalah sumber biomassa 80.83%, energi surya 17.2% dan energi listrik 1.98%. Jadi porsi input energi listrik (energi mekanik) terhadap total sangat rendah. Hasil serupa juga ditunjukkan pada penelitian-penelitian lain yang menggunakan mesin pengering ERK.

Kinerja alat pengering dinyatakan dalam nilai efisiensi sistem pengeringan ( $\zeta_{sp}$ ) yang merupakan perbandingan antara besarnya energi yang digunakan untuk mengeringkan bahan (memanaskan dan menguapkan air bahan) dengan besarnya energi yang diberikan oleh semua sistem yang menghasilkan energi (energi surya, listrik dan biomassa). Dari perhitungan diperoleh besarnya total energi yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan pada pengeringan biji pala ini yaitu 290.499,9 kJ. Sedangkan efisiensi sistem pengeringan sebesar 8,63%. Jumlah energi pengeringan yang diperlukan tiap kg air yang diuapkan yaitu 2.8520,62 kJ/kg.

Kecilnya nilai efisiensi yang ada disebabkan karena kondisi pengeringan tidak pada kapasitas maksimum, sehingga hal ini menyebabkan energi yang diterima oleh rumah kaca tidak seluruhnya termanfaatkan untuk proses pengeringan.

### 3.8 Kualitas produk yang dikeringkan

Kualitas produk yang dikeringkan dengan mesin pengering diharapkan lebih baik dari kualitas produk yang dihasilkan dengan cara konvensional atau dijemur. Kualitas produk akan dilihat dari penampakan fisik (keseragaman warna, dan berjamur atau tidak), kandungan zat kimia bahan (zat arang atau karbon, air, mineral) dan kandungan zat kimia yang akan dimanfaatkan (rendemen minyak atsiri). Namun pada penelitian ini, kualitas (mutu) produk hanya dinilai berdasarkan keseragaman warna, berjamur atau tidak dan kadar airnya.

Berdasarkan pengamatan, warna biji pala hasil pengeringan secara umum lebih seragam dengan tingkat warna coklat merata. Ini karena biji pala mendapatkan kontak udara panas pengering yang relatif kontinu. Sedangkan untuk jamur tidak ditemukan baik pada pengeringan dengan ERK maupun dalam pengeringan secara langsung.

Kadar air akhir yang dicapai pada pengeringan ERK bisa mencapai 9,67% sedangkan penjemuran langsung masih mencapai 13,63%. Perbedaan kadar air akhir yang dicapai memang tidak begitu signifikan karena biji pala yang dikeringkan dalam penelitian ini berukuran standar bahkan banyak yang kecil sehingga mudah untuk dikeringkan. Sangat berbeda jika yang dikeringkan adalah biji pala besar dimana kandungan air di dalam tempurung sukar dikeluarkan. Bahkan diperlukan energi atau panas besar dan kontinu agar bisa mengeluarkan seluruh air dalam bahan, tanpa memecahkan tempurung dan tidak menimbulkan kerusakan kandungan kimia di dalamnya. Hal ini sangat mungkin jika pengeringan dilakukan menggunakan mesin pengering (Rismunandar, 1990).

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

1. Suhu di ruang tanpa beban pada saat siang hari berkisar antara 34,9°C sampai 62,7°C dengan nilai rata-rata 48,63°. Sedangkan pada malam hari suhu ruang berkisar antara 32,1°C sampai 54,3°C dengan rata-rata 39,97°C. Suhu lingkungan pada siang hari berkisar antara 28°C sampai 37°C sedangkan malam hari berkisar antara 23,5°C sampai 27°C
2. Sebaran suhu ruang pengering selama percobaan memiliki pola yang relatif seragam dengan kisaran suhu ruang rata-rata adalah 41,8°C pada rentang 32,8 °C–50,0°C. Sedangkan RH ruang pengering berkisar antara 50,96%–55,65%.
3. Lama pengeringan yang digunakan untuk mengeringkan biji pala dari kadar air awal 80,72% bb hingga 9,67% bb pada penelitian ini yaitu 52 jam dengan rata-rata laju pengeringan pada yaitu 7,8% bk/jam atau 3,24 kg/jam.
4. Total energi yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan yaitu 290.499,9 kJ, efisiensi sistem pengeringan 8,63% dan energi pengeringan yang diperlukan tiap kg air yang diuapkan 28.520,62 kJ.
5. Warna biji pala hasil pengeringan secara umum lebih seragam.

### 4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah perlu sistem kontrol untuk menjaga kestabilan suhu ruang pengering.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. 1996. Pengembangan Sistem Pengering dengan Energi Surya. Rapat Anggota dan Dialog Profesi Nasional BK Mesin PII. Jakarta, 26-27 april 1996
- Hadad, M., Randiani, E., Firman, C., Sugandi, T. 2006. Budidaya Tanaman Pala. Parung Kuda: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri.
- Indira, F. 1990. Mempelajari Karakteristik Pengeringan Biji Pala. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Heldman, D.R. dan R. P Singh. 1981. Food Process engineering 2<sup>nd</sup> ed. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut
- Henderson, S.M., dan Perry, R.L. 1981. Agricultural Proses Engineering. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut
- Rismunandar. 1990. Budidaya Tata Niaga Pala, cet. II. PT. Penebar Swasembada. Jakarta
- Triwahyudi, S. 2009. Kajian Pengering Surya Efek Rumah Kaca (ERK)-Hybrid dengan Rak Berputar secara Vertikal untuk Pengeringan Kapulaga Lokal. Tesis. Magister Sains Pascasarjana IPB

Halaman ini sengaja dikosongkan

J. TEP LAMPUNG