

## KAJIAN EKSPERIMENTAL ALAT PENGERING SURYA TIPE KABINET DENGAN RAK BERGETAR

La Ode Mohammad Firman\*), Eka Maulana\*\*)

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta\*, \*\*)

Email: [mtmpancasila@gmail.com](mailto:mtmpancasila@gmail.com)

### ABSTRAK

Pada umumnya, perlakuan dengan cara pengadukan secara manual digunakan agar kontak antara udara dengan permukaan produk yang sedang dikeringkan dapat berlangsung dengan baik. Biasanya kehilangan panas sering terjadi pada pengering komoditi pertanian termasuk pengering surya tipe kabinet. permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan penelitian tentang alat pengering surya tipe kabinet dengan rak bergetar. Tujuan umum penelitian ini adalah merancang bangun dan melakukan simulasi pada pengering surya GHE tipe kabinet dengan rak bergetar guna mengetahui besarnya getaran dan proses perpindahan panas pada pengeringan komoditi kacang mete. Prototipe alat pengering surya yang digunakan memiliki panjang 1 m, lebar 1 m, tinggi 1 m dengan kapasitas pengeringan berupa kacang mete sebesar 40 kg. Sumber panas yang digunakan berasal dari energi surya dan bahan bakar batubara. Komponen penggetar diletakkan di bawah rak pengering dan saat dilakukan percobaan diperoleh bahwa gerakan efektif terjadi pada saat kecepatan sudut putar mendekati kecepatan sudut alamiah dan menghasilkan percepatan getaran sebesar,  $A = 2.3 \text{ m/det}^2$  serta amplitudo getaran sebesar  $X = 2.88 \text{ mm}$  pada massa total 40 kg. Penurunan kadar air kacang mete menggunakan getaran bisa mencapai 3.5 % sedangkan tanpa getaran hanya mencapai 4.2 %. Penggunaan sumber panas dari energi surya hanya menyebabkan temperatur udara dalam ruang pengering berada di bawah 60 °C, sehingga diperlukan penambahan panas yang dapat diperoleh dari pembakaran bahan bakar batubara. Peningkatan temperatur udara dalam ruang pengering dapat tercapai bila panas yang keluar dari alat penukar kalor sebesar  $q_{APK} = 23.3 \text{ kJ/s}$ .

**Kata kunci:** Panas, Getaran, Energi surya

### ABSTRACT

Generally, manual mixing is used in order to increase the contact area between air and product to be dried. However in most types of dryer including GHE solar dryer this method will result in significant heat loss and inconvenient operation. In order to overcome the problem, a GHE solar dryer prototype equipped with vibrating method on drying cabinet was designed in this study. The objective of this study is to perform analysis and simulation about vibration and heat transfer process in cashew nut drying by using cabinet type GHE solar dryer. The designed prototype had dimensions namely length, width, and height respectively of 1 m, and drying capacity of 40 kg of cashew nuts. The heat source was solar energy and coal fuels. The vibration components were placed just below the drying rack serves to smooth the flow of hot air into the cashews which was put on the drying trays. The vibration component consist of motor, shaft and unbalance mass mounted to the shaft. Based on the experimental result, the effective motion of the samples being dried occurred at rotational speed near its natural frequency and vibration acceleration,  $A = 2.3 \text{ m/s}^2$  and also amplitude,  $X = 2.88 \text{ mm}$  for total mass of 40 kg. The final moisture content of vibrated samples was lower (i.e. 3.5%) than the samples without vibration (i.e. 4.2%). The results of testing of cabinet type GHE solar dryer is obtained that the utilization of solar energy just as energy sources drying will result dryer air temperature below 60 °C. Therefore, additional heat energy required from coal-burning fuels that can raise the temperature of air in the drying chamber. Increased air temperature in the drying chamber requires heat energy from heat exchanger,  $q_{APK} = 23.3 \text{ kJ / s}$ .

**Keywords:** Heat, Vibration, Solar Dryer

### I. PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kendala yang dihadapi petani kacang mete di kabupaten Buton antara lain adalah harga produk yang rendah karena kacang mete kering yang dihasilkan memiliki kadar air yang tidak seragam. Hal ini disebabkan oleh cara pengeringan yang

dilakukan petani adalah dengan menjemur produk di lamoran, yang sangat tergantung pada cuaca. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan pengering buatan untuk mengeringkan kacang mete. Pengering buatan dapat menjaga kestabilan produksi kacang mete, karena dapat dioperasikan sepanjang hari. Pada prinsipnya untuk menyeragamkan kadar air

sekaligus mempercepat proses pengeringan adalah dengan cara membuat seluruh permukaan komoditi terekspos udara pengeringan. Untuk itu biasanya digunakan cara manual untuk mengaduk kacang mete yang sedang dikeringkan [1-3]. Cara pengadukan seperti ini membutuhkan waktu yang relatif lama karena tidak semua bagian kacang mete memperoleh aliran udara panas, sehingga pada saat tertentu kacang mete tersebut harus dikeluarkan dari ruang pengering untuk di aduk atau digerakkan [4]. Hal ini selain membutuhkan tambahan waktu dan tenaga, juga menimbulkan kehilangan panas akibat pintu ruang pengering tersebut sering di buka. Studi tentang pengeringan dengan menggunakan getaran pada penelitian ini merupakan upaya untuk memperoleh pengadukan yang dapat menyebabkan kacang mete bergerak atau lompat sehingga seluruh bagian komoditi kacang mete dapat terekspos oleh udara panas [5,6]. Untuk mencapai hal tersebut maka penelitian ini menggunakan komponen penggetar yang dilengkapi dengan massa eksentrik. Penggunaan massa eksentrik yang dihubungkan dengan poros motor listrik yang berada tepat di bawah rak pengering ini dilakukan karena mampu menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan pada rak pengering, konstruksinya sederhana, pemasangan dan perawatannya mudah serta membutuhkan energi yang relatif tidak terlalu besar. Selanjutnya dalam upaya untuk memperoleh temperatur pengeringan yang sesuai dengan kebutuhan pengeringan komoditi kacang mete maka pada rancangan pengering buatan diperlukan sistem penukar kalor [7,8]. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan analisis getaran dan perpindahan panas serta simulasi distribusi suhu udara pengering sepanjang waktu pengeringan dan di seluruh bagian ruang pengering pada saat tertentu. Alat pengering ini memiliki konstruksi yang sederhana dan menggunakan material yang tersedia di kabupaten Buton maka diharapkan alat pengering ini dapat dibuat oleh petani setempat dan menguntungkan, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan petani kacang mete di kabupaten Buton.

### Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah: melakukan kajian eksperimental pada pengering surya GHE tipe kabinet dengan rak bergetar dan melakukan simulasi tentang besarnya perubahan amplitudo,  $X$  (mm) terhadap perubahan kecepatan sudut alamiah  $\omega_n$  (rad/det) pada kecepatan sudut putar  $\omega$  (rad/det) yang konstan. Selain itu, penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengetahui temperatur pada saat tidak ada kacang mete dan pada saat ada kacang mete dalam ruang pengering.

## II. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Pengamatan secara langsung;
2. Studi literatur sesuai dengan bidang penelitian;
3. Kajian eksperimental.

### Tahap ke satu

Tahap ke satu adalah melakukan analisis keseimbangan energi dan pembuatan alat pengering surya dengan menggunakan rak bergetar. Data-data tersebut akan digunakan untuk menganalisis besarnya panas yang ada dalam ruang pengering. Kajian eksperimental dapat diprediksi bahwa besarnya energi panas dalam ruang pengering tidak akan memenuhi energi panas yang dibutuhkan oleh kacang mete yang sedang dikeringkan dalam ruang pengering, sehingga pada tahap ini diperlukan energi panas tambahan dari hasil pembakaran bahan bakar. Bahan bakar diletakkan di dalam tungku pembakar dan gas panas hasil pembakaran dialirkan ke alat penukar kalor. Analisis keseimbangan energi perlu dilakukan guna mengetahui besarnya energi panas yang ada dalam ruang pengering serta besarnya energi panas tambahan yang dibutuhkan selama proses pengeringan kacang mete berlangsung.

### Tahap Ke dua

Tahap ke dua adalah melakukan kajian eksperimental pada alat pengering surya dengan rak bergetar. Pengambilan data dilaksanakan pada siang hari dengan menggunakan energi panas tambahan dari bahan bakar yang terdapat dalam tungku pembakar. Fluida gas dari hasil pembakaran dialirkan ke alat penukar kalor. Percobaan dilakukan, baik pada saat tanpa ada kacang mete maupun ada kacang mete dalam ruang pengering surya GHE tipe kabinet, selanjutnya dilakukan pengukuran guna memperoleh data-data selama proses pengeringan berlangsung antara lain: kadar air akhir selama pengeringan komoditi kacang mete dengan temperatur ruang pengering 60 °C, komponen penggetar dapat menggetarkan rak pengering sesuai yang diharapkan serta ruang pengering tidak pernah di buka selama proses pengeringan berlangsung.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pengering GHE tipe kabinet yang dihasilkan dalam penelitian ini dilengkapi dengan penggetar rak guna mengaduk kacang mete dalam ruang pengering. Pada penelitian ini diperoleh data-data penting yang berkaitan dengan mekanisme penggetaran, seperti amplitudo, percepatan dan pengaruh resonansi sehingga kacang mete dapat terlompat dan terkena udara panas secara merata. Demikian pula penentuan massa eksentrik, pegas dan kapasitas motor listrik termasuk penentuan rpm motor yang tepat. Selain itu pengaruh penggunaan

alat penukar kalor plat datar dan tungku pembakaran guna meningkatkan temperatur udara agar memenuhi kebutuhan energi panas dalam ruang pengering juga dikaji melalui analisis simulasi keseimbangan panas dan percobaan lapang. Selanjutnya, berdasarkan kajian analisis

keuangan, dinyatakan bahwa usaha pengeringan kacang mete menggunakan alat pengering GHE tipe kabinet dengan rak bergetar ini layak untuk diaplikasikan khususnya di Kabupaten Buton, Propinsi Sulawesi Tenggara.



Gambar 1 Rak bergetar pada alat pengering tipe kabinet

### Kajian Penggetaran

Sistim pegas massa pada alat pengering ini dibatasi hanya bergerak dalam arah vertikal dan dirangsang oleh poros motor listrik yang berputar yang tidak seimbang dimana besarnya gaya yang ditransmisi, amplitudo serta rasio kecepatan sudut merupakan komponen penting dalam getaran. Berdasarkan hasil simulasi bahwa gaya yang ditransmisi yang paling besar terjadi pada saat kecepatan sudut putar maupun kecepatan sudut alamiah sama besarnya yakni  $\omega = \omega_n = 35.02$  rad/det, sedangkan dari hasil percobaan diperoleh bahwa kecepatan sudut putar dan kecepatan sudut alamiah guna menggerakkan kacang mete yang berada di atas rak pengering sebagaimana yang diharapkan terjadi pada saat  $\omega = 45.84$  rad/s dan  $\omega_n = 35.02$  rad/det. Kecepatan sudut putar yang di peroleh pada saat dilakukan percobaan tidak sama dengan kecepatan sudut putar yang diperoleh melalui hasil analisis, hal ini disebabkan pengaturan putaran motor listrik saat percobaan guna mencapai kecepatan sudut putar  $\omega = 35.02$  rad/det sulit dilakukan. Tabel 1 menunjukkan hasil percobaan dan simulasi tentang besarnya perubahan amplitudo,  $X$  (mm) terhadap perubahan kecepatan sudut alamiah  $\omega_n$  (rad/det) pada kecepatan sudut putar  $\omega$  (rad/det) yang konstan. Hasil percobaan kecepatan sudut putar sebesar,  $\omega = 45.84$  rad/det, dan hasil analisis serta simulasi kecepatan sudut putar sebesar,  $\omega = 99.75$  rad/det maupun  $\omega = 110.25$  rad/det menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan sudut alamiah  $\omega_n$  (rad/det) yang terjadi pada rak pengering akan menyebabkan amplitudo,  $X$  (mm) meningkat. Hal ini disebabkan oleh  $\omega = 45.84$  rad/det,  $\omega = 99.75$  rad/det maupun

$\omega = 110.25$  rad/det berada di atas  $\omega = 35.02$  rad/det atau berada di atas putaran motor listrik yang menyebabkan terjadinya resonansi yakni sebesar  $n = 334.59$  rpm. Selanjutnya pada  $\omega = 35.02$  rad/det atau pada putaran motor listrik sebesar,  $n = 334.59$  rpm tersebut diperlihatkan bahwa pada  $\omega_n$  yang lebih besar dari  $35.02$  rad/det menunjukkan amplitudo getaran cenderung turun sedangkan pada  $\omega_n$  yang lebih kecil dari  $35.02$  rad/det menunjukkan amplitudo getaran cenderung naik. Hal ini disebabkan kondisi resonansi pada  $\omega = 35.02$  rad/det atau pada putaran motor listrik sebesar  $n = 334.59$  rpm akan terjadi pada  $\omega_n = 35.02$  rad/det. Demikian pula pada  $\omega = 26.17$  rad/det diperlihatkan bahwa peningkatan  $\omega_n$  menyebabkan besarnya amplitudo berkurang. Hal ini disebabkan bahwa  $\omega = 26.17$  rad/det telah berada dibawah  $\omega$  yang menyebabkan terjadinya resonansi yakni sebesar  $\omega = 35.02$  rad/det. Pada percobaan ditunjukkan pula bahwa besarnya amplitudo getaran yang dibutuhkan agar kacang mete dapat bergerak ataupun lompat sebagaimana yang diharapkan terjadi pada saat percepatan getaran,  $A = 2.3$  m/det<sup>2</sup> dan amplitudo getaran sebesar,  $X = 2.88$  mm. Pada kondisi tersebut diperlihatkan bahwa besarnya beban yang diterima oleh empat buah pegas sebagai tumpuan rak pengering sebesar,  $M = 40$  kg, dan penggunaan sebuah massa eksentrik yang bergerak secara rotasi sebesar,  $m = 0.48$  kg dengan panjang lengan sebesar,  $e = 0.1$  m. Selanjutnya diperlihatkan pula motor listrik yang bisa bergerak secara vertikal ini merupakan sumber penggerak dari massa eksentrik dan diletakkan tepat pada dinding luar ruang pengering.

Tabel 1 Perubahan besarnya amplitudo,  $X$  (mm) terhadap perubahan kecepatan sudut alamiah  $\omega_n$  (rad/det) pada kecepatan sudut putar  $\omega$  (rad/det) yang konstan

M (kg)	$\omega_n$ (rad/det)	$\omega = 26.17$ rad/det	$\omega = 35.02$ rad/det	$\omega = 45.84$ rad/det	$\omega = 99.75$ rad/det	$\omega = 110.25$ rad/det
		X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)	X (mm)
42	34.17	1.62	23.9	2.57	1.29	1.26
41	34.59	1.57	47.7	2.72	1.33	1.30
40	35.02	1.52	9 810	2.88	1.37	1.33
39	35.46	1.47	48.2	3.07	1.41	1.37
38	35.93	1.43	24.06	3.27	1.45	1.41
37	36.41	1.39	16.03	3.51	1.5	1.46
36	36.91	1.35	12.02	3.8	1.54	1.5
35	37.44	1.31	9.55	4.12	1.6	1.55
34	37.98	1.28	8.01	4.50	1.65	1.60
33	38.55	1.24	6.86	5.0	1.71	1.66
32	39.15	1.21	6.0	5.54	1.77	1.72
31	39.78	1.18	5.34	6.27	1.84	1.78
30	40.44	1.15	4.38	7.21	1.91	1.85

### Pengeringan dengan Energi Surya

Temperatur maksimal dari udara disekitar komoditi kacang mete pada alat pengering yang menggunakan energi surya sebagai sumber panas adalah hal yang penting untuk dipertimbangkan. Hasil pengukuran temperatur maksimal pada komponen alat pengering ditunjukkan pada Tabel

2. Hasil pengukuran temperatur ini dijadikan dasar dalam analisis pindah panas untuk menentukan rancangan penukar panas dan tungku sebagai sumber pemanas tambahan agar diperoleh tingkat temperatur pengeringan sesuai kebutuhan pengeringan kacang mete.

Tabel 2 Hasil pengukuran temperatur maksimal udara pengering dan komponen lain dalam pengering

No	Komponen yang diukur (satuan)	Pengeringan tanpa produk kacang mete	Pengeringan dengan poduk kacang mete
1	Temperatur ruang pengering ( $^{\circ}\text{C}$ )	44.3	42.8
2	Temperatur plat penyerap ( $^{\circ}\text{C}$ )	47.9	38.5
3	Temperatur lingkungan ( $^{\circ}\text{C}$ )	37	34.5
4	Temperatur produk ( $^{\circ}\text{C}$ )	-	33.0

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, temperatur ruang pengering masih jauh relatif kecil dari temperatur udara ruang pengering yang diharapkan, yakni  $60^{\circ}\text{C}$ . Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi surya melalui penyerapan oleh plat penyerap aluminium yang berwarna hitam masih belum mencukupi kebutuhan temperatur pengeringan, maka penukar panas dan tungku pembakaran batu bara diperlukan sebagai pemanas tambahan.

### Pengeringan dengan Energi Tambahan dari Bahan Bakar Batubara

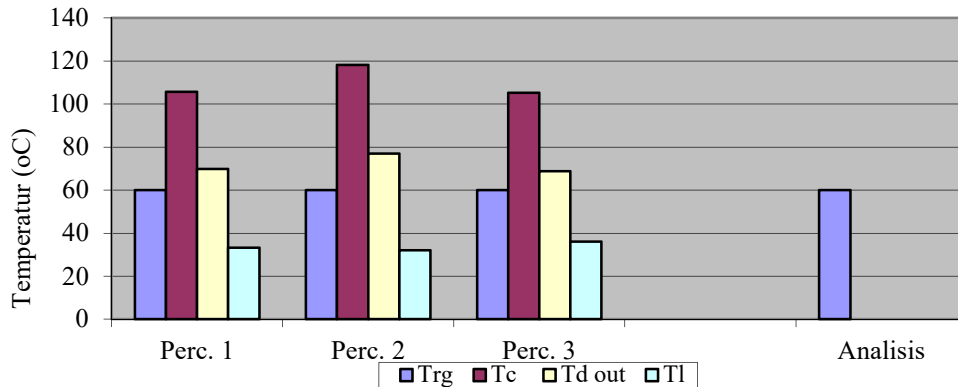
Sebagai sumber energi pemanas tambahan pada alat pengering, telah didisain alat penukar panas tipe plat datar dengan aliran silang yang memiliki kelebihan memiliki luas penampang yang lebih besar sehingga panas yang dipindahkan akan lebih banyak pula. Disamping itu, material alat penukar kalor mudah diperoleh dan konstruksinya mudah dibuat. Sebelum pembuatan

alat penukar kalor dilakukan, dilakukan analisis energi agar temperatur ruang pengering bisa mencapai  $60^{\circ}\text{C}$ . Hasil analisis telah diperoleh bahwa besarnya energi panas yang keluar alat penukar kalor adalah  $q_{APK} = 23.3$  kJ/det dan besarnya temperatur udara yang ada pada sisi keluar alat penukar kalor adalah  $T_{OAPK} = 83.3^{\circ}\text{C}$ . Dimensi alat penukar kalor adalah panjang  $P = 0.4$  m, lebar  $L = 0.6$  m, dan tinggi  $T = 0.3$  m, dengan jumlah laluan untuk gas panas dari tungku pembakaran 11 laluan dan jumlah laluan untuk udara dari lingkungan adalah 12 laluan atau luas permukaan pindah panas total seluruh laluan sebesar  $0.2640$  m. Kipas dengan daya  $66$  W diperlukan untuk memindahkan udara panas.

Keseragaman temperatur juga merupakan salah satu faktor penting untuk mendapatkan kualitas kacang mete yang sesuai dengan harapan, oleh karena tungku didisain dilengkapi dengan dudukan bahan bakar yang fleksibel dapat

digerakkan naik atau turun untuk menjaga kestabilan suhu pengering yang dihasilkan. Tungku yang berada tepat dibawah alat penukar kalor ini berdimensi panjang  $P = 0.4$  m, lebar  $L = 0.6$  m dan tinggi  $T = 0.25$  m yang dapat menampung bahan bakar batu bara sebanyak 8 kg.

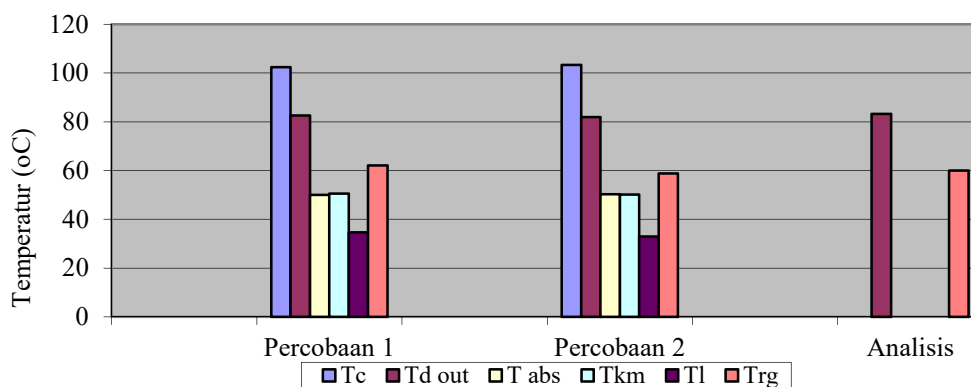
Pemilihan batu bara sebagai bahan bakar padat dimaksudkan untuk kepraktisan dalam penggunaan, disamping itu pula batu bara masih tersedia dengan jumlah yang cukup banyak dan banyak dijual di pasar tradisional dengan harga yang relatif murah.



Gambar 2 Keadaan temperatur: ruang pengering ( $Trg$ ), gas buang ( $Tc$ ), udara keluar alat penukar kalor plat datar ( $Td out$ ), dan temperatur udara lingkungan ( $TI$ ) pada saat temperatur ruang pengering tepat  $60$  °C

Gambar 2 menunjukkan hasil percobaan (Perc.) yang diperoleh selama proses pengeringan berlangsung yakni temperatur ruang pengering pada saat percobaan tepat sebagaimana temperatur ruang pengering pada saat dilakukan analisis yakni sebesar,  $Trg = 60$  °C. Kondisi percobaan 1, percobaan 2, dan percobaan 3 masing-masing terjadi pada jam 10.15, 11.45, 13.15 dan pada saat yang sama diperoleh temperatur gas buang sebesar,  $Tc = 105.6$  °C,  $118.2$  °C,  $105.2$  °C, temperatur udara keluar alat penukar kalor,  $Td out = 69.8$  °C,  $77$  °C,  $68.8$  °C serta temperatur udara lingkungan,  $TI = 33.2$  °C,  $32$  °C,  $36.1$  °C.

Besarnya temperatur udara yang keluar alat penukar maupun temperatur udara ruang pengering dari hasil percobaan diharapkan agar besarnya temperatur udara tersebut sama dengan hasil analisis yang telah digunakan sebagai data awal saat merancang alat penukar kalor. Setelah dilakukan percobaan tidak pernah diperoleh temperatur udara yang keluar alat penukar kalor yang besarnya sama dengan hasil analisis yang digunakan saat perancangan alat penukar kalor, yakni agar mendapatkan temperatur ruang pengering sebesar,  $Trg = 60$  °C maka temperatur udara yang APK sebesar,  $Td out = 83.3$  °C.



Gambar 3 Keadaan temperatur: gas buang ( $Tc$ ), udara keluar alat penukar kalor ( $Td out$ ), plat penyerap ( $Tabs$ ), kacang mete ( $Tkm$ ), lingkungan ( $TI$ ), Rg. pengering ( $Trg$ ) pada saat temperatur udara keluar alat penukar kalor ( $Td out$ ) mendekati  $83.3$  °C

Gambar 3 menunjukkan hasil percobaan yang memperlihatkan adanya perbedaan antara besarnya temperatur udara yang keluar alat penukar kalor melalui percobaan dan melalui hasil analisis. Pada percobaan hanya diperoleh beberapa nilai

temperatur yang keluar alat penukar mendekati hasil analisis yakni percobaan 1 sebesar  $Td out = 82.6$  °C dan percobaan 2 sebesar  $Td out = 82$  °C. Perbedaan hasil antara analisis dan percobaan ini disebabkan ketebalan dinding laluan pada alat

penukar kalor mempengaruhi besarnya kehilangan energi panas antara gas panas dari hasil pembakaran batubara dan udara dari lingkungan. Terjadinya kehilangan energi panas akibat ketebalan dinding laluan udara dan gas hasil pembakaran yang relatif besar menyebabkan temperatur udara yang keluar alat penukar kalor saat dilakukan percobaan relatif lebih kecil dibanding hasil analisis. Terjadinya beban panas yang tinggi harus ditangani secara khusus agar tidak menimbulkan kerugian yang besar dan dapat menghemat kerugian energi (Yanwar *et al.* 2010).

Pada percobaan diperoleh temperatur udara yang keluar alat penukar kalor yang mendekati hasil analisis tersebut terjadi pada percobaan 1 atau jam 11.15 yakni sebesar  $Td\ out = 82,6\ ^\circ C$  dan pada saat yang sama diperoleh temperatur gas buang  $Tc = 102,4\ ^\circ C$ , temperatur plat penyerap  $Tpl = 50\ ^\circ C$ , temperatur kacang mete  $Tkm = 50,6\ ^\circ C$ , temperatur lingkungan  $Tl = 34,6\ ^\circ C$  dan temperatur ruang pengering  $Trg = 62,1\ ^\circ C$ . Demikian pula pada percobaan 2 atau jam 15.00 diperoleh temperatur udara yang keluar alat penukar kalor mendekati hasil analisis yakni sebesar  $Td\ out = 82\ ^\circ C$  dan pada saat yang sama diperoleh besarnya temperatur gas buang  $Tc = 103,3\ ^\circ C$ , temperatur plat penyerap  $Tpl = 50,3\ ^\circ C$ , temperatur kacang mete  $Tkm = 50,2\ ^\circ C$ , temperatur lingkungan  $Tl = 33\ ^\circ C$  dan temperatur ruang pengering  $Trg = 58,8\ ^\circ C$ .

### Kadar Air Komoditi Kacang Mete

Kacang mete yang digunakan pada percobaan ini, baik kacang mete yang masih gelondongan maupun yang hanya memiliki kulit ari adalah diperoleh dari Kabupaten Buton, Propinsi Sulawesi Tenggara. Selanjutnya dilakukan percobaan pengeringan komoditi kacang mete yang memperoleh getaran, *UV* (use vibration) dan yang tidak memperoleh getaran, *NV* (non vibration), baik kacang mete tersebut masih merupakan gelondongan ataupun kacang mete yang hanya memiliki kulit ari. Kacang mete yang memperoleh getaran akibat adanya massa eksentrik diletakkan di atas rak pengering, sedangkan kacang mete yang tidak memperoleh getaran di gantung dalam ruang pengering. Pengeringan dilakukan hingga mendapatkan kadar air akhir pada kisaran 3-5 % bb, untuk itu pengeringan berlangsung selama 10 jam. guna mengetahui dan membandingkan penurunan kadar air kacang mete yang ada dalam ruang pengering dengan temperatur ruang pengering yang diharapkan sebesar  $Trg = 60\ ^\circ C$ .

Pada percobaan ini, komoditi kacang mete gelondongan maupun kacang mete yang hanya memiliki kulit ari diperlakukan sama dalam ruang

pengering yakni baik kacang mete yang memperoleh getaran maupun yang tidak memperoleh getaran dikeringkan pada waktu yang sama. Demikian pula besarnya temperatur dan energi panas serta getaran berada dalam kondisi yang sama pula.

Penurunan kadar air kacang mete yang hanya memiliki kulit ari dengan pengeringan tanpa menggunakan getaran (*NV*) dari 10.9% menjadi 4.2% dalam waktu 10 jam, dengan laju pengeringan sebesar 0.78 %/jam. Sedangkan pengeringan dengan menggunakan getaran (*UV*) bisa mencapai kadar air 5% dalam waktu 7 jam atau 3.5% dalam waktu 10 jam, dengan laju pengeringan sebesar 0.86 %. Demikian pula penurunan kadar air kacang mete gelondongan dengan pengeringan tanpa getaran (*NV*) adalah 18.2% menjadi 9.9% dalam waktu 10 jam, sedangkan pengeringan dengan menggunakan getaran (*UV*) bisa mencapai kadar air 8.6% dalam waktu 10 jam pengeringan.

Tabel 3 memperlihatkan hasil percobaan dan simulasi massa total produk komoditi kacang mete,  $m_{tot. prod}$  (kg) terhadap amplitudo,  $X$  (mm) serta temperatur udara dalam ruang pengering,  $Trg$  ( $^\circ C$ ) pada setiap pengambilan biji kacang mete yang dilakukan setiap satu jam hingga dua jam saat pengeringan berlangsung. Hasil simulasi menunjukkan bahwa menurunnya massa produk total komoditi kacang mete akibat penguapan air dari produk tersebut selama 10 jam akan menyebabkan besarnya amplitudo meningkat. Peningkatan amplitudo ini disebabkan oleh besarnya putaran motor listrik selama percobaan berlangsung yakni sebesar 438 rpm masih berada di atas kondisi resonansi yakni pada putaran motor listrik sebesar 334.59 rpm. Namun demikian peningkatan amplitudo hampir tidak signifikan dan tidak sampai menyebabkan kerusakan mutu kacang mete.

Selanjutnya pada percobaan ini ditunjukkan pula bahwa pengaturan laju aliran udara panas yang akan masuk ke dalam ruang pengering serta pengaturan posisi yang tepat dari bahan bakar yang berada di atas tungku pembakaran maupun pengaturan besarnya temperatur udara panas yang akan masuk ke dalam ruang pengering,  $Trg$  ( $^\circ C$ ) sulit dilakukan, sehingga kondisi ini menyebabkan besarnya temperatur udara panas dalam ruang pengering tidak bisa dikonstantakan, namun demikian besarnya temperatur udara panas yang diharapkan guna mengeringkan komoditi kacang mete yang berada dalam ruang pengering dapat didekati dengan penggunaan alat manual dalam menaikkan ataupun menurunkan posisi bahan bakar yang berada pada tungku pembakaran.

Tabel 3 Massa total produk terhadap amplitudo serta temperatur ruang pengering pada setiap pengambilan biji kacang mete pada  $n = 438$  rpm dan beban eksentrik,  $m = 0.48$  kg

No	Jam	Trg (°C)	Kacang mete					
			Gelondongan			Hanya kulit ari		
			$m_{tot.}$ prod. (kg)	M (kg)	X (mm)	$m_{tot.}$ prod. (kg)	M (kg)	X (mm)
0	07.30	59.5	26.3	40	2.88	26.3	40	2.88
1	08.30	56.0	25.4	39.1	3.05	25.4	39.1	3.05
2	09.30	60.1	25.2	38.9	3.09	25.1	38.8	3.11
3	10.30	60.4	-	-	-	25.1	38.8	3.11
4	11.30	60.4	24.8	38.5	3.17	25.0	38.7	3.13
5	12.30	61.5	-	-	-	24.9	38.6	3.15
6	13.30	59.5	24.7	38.4	3.19	24.7	38.4	3.19
7	14.30	50.7	-	-	-	24.6	38.3	3.21
8	15.30	58.9	24.3	38.0	3.27	24.5	38.2	3.23
9	16.30	58.8	-	-	-	24.3	38.0	3.27
10	17.30	54.0	23.5	37.2	3.46	24.2	37.9	3.30

#### IV. SIMPULAN

1. Penelitian ini telah menghasilkan rancangan pengering GHE tipe rak bergetar untuk mengeringkan kacang mete yang secara teknis dan ekonomis layak untuk dapat diaplikasikan khususnya di Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara.
2. Getaran rak pengering yang memiliki empat buah pegas sebagai tumpuan dan menerima beban total sebesar  $M = 40$  kg ini bersumber dari gerakan rotasi massa eksentrik sebesar  $m = 0.48$  kg dan panjang lengan sebesar  $e = 0.1$  m di kopel dengan poros motor listrik dengan daya 0.5 hp, putaran sebesar  $n = 438$  rpm, menghasilkan percepatan getaran sebesar,  $A = 2.3$  m/det<sup>2</sup> serta amplitudo getaran sebesar  $X = 2.88$  mm.
3. Temperatur udara sebelum menggunakan alat penukar kalor, baik melalui percobaan maupun pemodelan matematik terlihat bervariasi dan temperatur ruang pengering relatif jauh dari yang diharapkan yakni 60 °C.
4. Kapasitas pengeringan sebanyak 30 kg dimana 26.3 kg diletakkan di atas rak pengering sedangkan sisanya sebanyak 3.7 kg diletakkan pada tempat yang digantung. Penurunan kadar air kacang mete yang hanya mempunyai kulit ari dengan tanpa menggunakan getaran ( $NV$ ) selama pengeringan dari 10.9 % bisa mencapai 4.2%, dengan laju pengeringan sebesar 0.78 %/jam. Sedangkan pengeringan dengan menggunakan getaran ( $UV$ ) bisa mencapai kadar air 5% dalam waktu 7 jam atau 3.5% dalam waktu 10 jam, dengan laju pengeringan sebesar 0.86 %/jam. Demikian pula penurunan kadar air kacang mete gelondongan tanpa menggunakan getaran ( $NV$ ) selama pengeringan dari 18.2 bisa mencapai 9.9%, sedangkan pengeringan dengan menggunakan getaran ( $UV$ ) bisa mencapai kadar air 8.6%.
5. Besarnya panas yang hilang melalui dinding  $qd = 1.1$  kW dan yang hilang melalui ventilasi sebesar  $qv = 20.4$  kW. Bila ada radiasi matahari sebesar  $qn = 0.405$  kW maka besarnya energi panas tambahan yang dibutuhkan guna mencapai temperatur ruang pengering  $Trg = 60$  °C adalah  $q_{APK} = 19.25$  kW sedangkan bila tidak ada radiasi matahari  $q_{APK} = 23.3$  kW.
6. Alat penukar kalor plat datar yang terbuat dari aluminium dengan jumlah laluan untu gas panas dari tungku pembakaran sebanyak 11 laluan dan jumlah laluan untuk udara dari lingkungan adalah 12 laluan, dengan panjang  $P = 0.4$  m, lebar  $L = 0.6$  m dan tinggi  $T = 0.3$  m. Temperatur udara dalam ruang pengering  $Trg = 60$  °C maka dibutuhkan temperatur yang keluar alat penukar kalor menuju ruang pengering pada saat temperautr lingkungan  $Tl = 28$  °C adalah  $TO_{APK} = 83.3$  °C. Efektivitas alat penukar kalor dari hasil analisis dan efektivitas dari hasil percobaan adalah  $\epsilon_a = 38.6$  % dan  $\epsilon_p = 34.5$  %.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Holman JP. 1989. Heat Transfer. McGraw Hill, New York.
- [2]. Ipsita Das, SK Das, Satish Bal. 2009. Drying Kinetics Of High Moisture Paddy Undergoing Vibration-Assisted Infrared (IR) Drying. Journal Of Food Engineering 95 (2009): 166-171.
- [3].Iynkaran K. 1993. Basic Thermodynamics. Singapore.
- [4]. Kamaruddin A, Tamrin, Wenur F. dan Dyah W. 1994. Optimisasi dalam Perencanaan Alat Pengering Hasil Pertanian Dengan Energi Surya. Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing I. Ditjen DIKTI. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. IPB. Bogor.
- [5]. Koestoer RA. 2002. Perpindahan Kalor. Salemba teknika, Jakarta.
- [6]. Kreith F. 1998. Principle Of Heat Transfer. Erlangga, Jakarta.
- [7]. Tunggul MS. 1992. Alat Penukar Kalor. PT. Raja Grafindo, Jakarta.
- [8]. William TT. 1986. Teori Getaran Dan Penerapannya. Erlangga, Jakarta.