

## **Modifikasi Pengering Tenaga Surya dengan Ventilator Otomatis**

### ***Modification Of Solar Dryer Equipment With Automatic Ventilator***

**Subarjo, Tri Widodo, M. Yusfiar K.**

*Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung*

*Jln. Soekarno-Hatta No. 10 Rajabasa, Bandar Lampung, Telp (0721) 703995 Fax: (0721) 787309*

*Email : tektanjurnal@polinela.ac.id*

#### **ABSTRACT**

*Radiant energy from the sun is one of the alternative energy sources to replace the role of oil as a primary energy source. Alternative forms of energy that can be used is to dry the material/material. One form of utilization of solar radiation energy is raising the air temperature. Solar collector is one example of the utilization of solar energy. Moving the hot air from the collector to the drying chamber is accelerated by a ventilator installed above ruangpengering. Dryer tool consists of two parts, solar collector and drying chamber that can directly receive the energy from the sun. Measurements were performed in this study is the temperature (T), humidity (Rh) and air velocity (v) who are outside and inside the drying chamber. Measurements were taken during the 5 days of observation starts at 11:00 until 15:00. an interval of one hour of measurement. The drying chamber reaches the maximum temperature at 11:00 until 13:00 with a temperature of 40.6 °C while outside the drying chamber (conventional) only 39.8 °C occurred at 12:00 hours until 13:00. kelembapan (Rh) diruang dryers lower than outside the room pengering an average of 47.44% and 57.24% outside the drying chamber, the air flow in the drying chamber of 0.695 m/sec is still higher when compared with data obtained on the appliance dryer without a ventilator that is 0.195 m/sec. obtained water content (KA) end at 18.67% drying within 5 days, whereas for conventional drying KA obtained by 27.11%.*

*Keywords: collector, ventilator, drying*

Naskah ini diterima pada tanggal 2 Oktober 2015, direvisi pada tanggal 16 Oktober 2015 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 15 Desember 2015

#### **PENDAHULUAN**

Untuk mempertahankan atau meningkatkan kuantitas dan kualitas bahan pangan adalah mengurangi kehilangan/susut lepas panen. Kehilangan/susut lepas panen produk hasil pertanian saat ini masih tinggi, besarnya susut lepas panen pada periode pengeringan diperkirakan rata-rata mencapai 2 persen untuk tanaman padi, tanaman palawija diduga kehilangan serupa lebih tinggi lagi, sedangkan hasil perkebunan, kerugian yang timbul biasanya pada biji-bijian yang belum memenuhi standar pengeringan. Selain itu aromanya kurang memenuhi standar industri karena kadar air lepas panen masih tinggi.

Menurut Suhargo (1983) dalam Lahming (2012), bahwa pengeringan adalah upaya untuk

mengurangi kandungan air bahan pangan dengan menguapkan sampai pada batas aman simpan, hal ini merupakan cara yang mudah dan banyak dilakukan/digunakan untuk pengolahan bahan pangan. Pengerinan adalah proses migrasi uap air dari bahan padatan kering, menguapkan sebagian air atau seluruhnya dalam bahan menggunakan energi panas dari media panas dengan pemindahan uap air secara simultan. Selain itu bahwa pengerinan dengan konveksi untuk bahan padat (seperti biji-bijian hasil pertanian) dibagi dalam dua periode, yaitu: (1) periode pertama dengan kecepatan pengerinan tetap, yaitu pada saat air yang terdapat pada permukaan teruapkan. Pada periode ini kecepatan pengerinan dipengaruhi oleh suhu kelembaban udara dan kecepatan aliran udara serta kecepatan sirkulasi dan (2) periode kedua dengan kecepatan pengerinan semakin menurun.

Energi radiasi dari matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan. Hal yang sudah umum dilakukan adalah dengan memanfaatkan sinar matahari secara langsung untuk mengeringkan bahan/material. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi radiasi matahari adalah menaikkan suhu udara. Agar dapat memanfaatkan energi radiasi matahari untuk menaikkan suhu udara digunakan suatu perangkat untuk mengumpulkan energi radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi dan mengubahnya menjadi energi kalor yang berguna, perangkat ini disebut dengan kolektor surya. Kegunaan dari kolektor ini adalah untuk dapat menerima dan mengumpulkan energi radiasi matahari dari segala posisi matahari (Ismet, 2013).

Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi (PS) Mekanisasi Pertanian terutama untuk mata kuliah Teknik Pasca Panen (TPP I dan II) menggunakan bermacam-macam tipe alat pengering mulai dari pengering alami dan alat pengering modern. Selain itu juga beberapa PS lain juga menggunakan alat pengering yang ada, yaitu PS. Agribisnis dan PS. Budidaya Tanaman Pangan serta PS. Teknologi Perbenihan.

## **Rumusan Masalah**

Pengerinan dengan sinar matahari disebut juga cara alami karena sepenuhnya tergantung pada panas matahari secara langsung, maka banyak kendala yang dihadapi misalnya cuaca mendung atau hari hujan, sedangkan pengerinan dengan alat pengeringan paksa sumber panas sepenuhnya diperoleh dari panas buatan. (Setiadi, 1999)

Untuk mengatasi pengerinan sistem konvensional ini, maka perlu dibuat suatu alat pengering surya yang lebih efisien. Alat pengering ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian kolektor surya dan ruang pengering yang dapat secara langsung menerima energi dari matahari. Pembuatan dan perawatan alat pengering ini cukup sederhana serta bahannya dapat diperoleh dengan mudah (Ginting M, 2013)

Di Laboratorium Mekanisasi sudah ada alat pengering tenaga surya yang sering digunakan untuk praktikum mata kuliah Teknik Pasca Panen (TPP), tetapi kinerja alat ini masih sangat rendah.

Hal tersebut berdasar data yang diperoleh pada saat praktikum pengeringan cabe suhu dan kecepatan angin rata-rata tampak pada Tabel 1. Alat pengering tenaga surya ini biasanya digunakan untuk mengeringkan cabe merah.

Tabel 1. Data Suhu dan Kecepatan Udara hasil praktikum alat pengering surya tanpa ventilator

Suhu Rata-rata		Kecepatan udara rata-rata	
Intake (°C)	Exhoust (°C)	Intake (m/s)	Exhoust (m/s)
32.75	34	0.1825	0.1945

Dengan adanya permasalahan ini maka timbul gagasan untuk memodifikasi alat pengering tenaga surya ini dengan menambah ventilator dan glasswool yang mempunyai sifat menyimpan panas, sehingga akan membuat sirkulasi (aliran) udara diruang pengering lancar dan panas yang terserap didinding kolektor dapat tersimpan lebih lama sehingga mempercepat proses pengeringan.

### Tujuan Penelitian

- a. Untuk meningkatkan suhu pengeringan bahan;
- b. Untuk meningkatkan laju aliran udara diruang pengering;
- c. Untuk meningkatkan laju pengeringan bahan.

### Manfaat

Dengan dibuatnya alat pengering tenaga surya dengan ventilator ini akan bermanfaat bagi laboratorium mekanisasi pertanian untuk menunjang kegiatan praktikum mahasiswa dan juga sebagai alat penunjang penelitian bagi dosen dan PLP dilingkungan Politeknik Negeri Lampung dan juga masyarakat diluar kampus.

### Pengeringan

Pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan. Pengeringan juga disebut dengan penghidratan atau penghilangan sebagian atau keseluruhan uap air dari suatu bahan (Hasibuan, 2005). Prinsip pengeringan melibatkan dua hal yaitu panas yang diberikan pada bahan dan air yang harus dikeluarkan dari bahan (Supriyono, 2003). Tujuan utama pengeringan komoditas pertanian adalah untuk pengawetan. Selain itu, tujuan dari pengeringan juga untuk meningkatkan daya tahan, mengurangi biaya pengemasan, mengurangi bobot pengangkutan, memperbaiki cita rasa bahan dan mempertahankan kandungan nutrisi bahan (Achanta dan Okos, 2000).

Bahan pangan yang dihasilkan dari produk-produk pertanian pada umumnya mengandung

kadar air. Kadar air jika tidak diturunkan dapat mempengaruhi kondisi fisik bahan pangan. Sebagian bahan pakan segar mengandung air 70% atau lebih. Makanan maupun pakan mengandung dua jenis air yaitu air bebas dan air terikat. Air bebas adalah air yang mudah dikeluarkan melalui penguapan, sedangkan air terikat adalah air yang sulit dikeluarkan meskipun dengan cara pengeringan (Winarno*et al.*, 1980).

Pengeringan hasil pertanian dimaksudkan untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam bahan hasil pertanian yang dikeringkan hingga mencapai tinggal 10% sampai 12% saja, dengan hasil pengeringan seperti ini biji-bijian hasil pertanian tidak mudah diserang mikroorganisme pembusuk (Lahming, 1994).

Proses pengeringan akan mengakibatkan produk yang dikeringkan mengalami perubahan warna, tekstur, dan aroma. Panas dari proses pengeringan tidak hanya menguapkan air selama pengeringan, akan tetapi juga menyebabkan hilangnya komponen *volatile* dari bahan pangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan terdiri dari faktor udara pengering dan sifat bahan. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering, dan kelembaban udara, sedangkan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yaitu ukuran bahan, kadar air awal dan tekanan parsial dalam bahan (Fellow, 2001).

### **Pengeringan Matahari**

Pengeringan matahari merupakan salah satu metode pengeringan yang paling murah dan mudah karena menggunakan panas langsung dari matahari dan pergerakan udara lingkungan. Pengeringan ini mempunyai laju pengeringan yang lambat, memerlukan perhatian lebih dan sangat rentan terhadap resiko terhadap kontaminasi lingkungan (Toftuben, 1977). Pengeringan matahari sangat tergantung pada iklim yang panas dan udara atmosfer yang kering (Frazier dan Westhoff, 1978). Gambar 1 menunjukkan salah satu metode pengeringan matahari.

Pemanfaatan radiasi matahari untuk pengeringan hasil pertanian dilakukan dengan tiga cara yaitu secara langsung, tidak langsung dan kombinasi antara keduanya. Pengeringan cara langsung dilakukan dengan cara mengeringkan bahan secara langsung pada radiasi matahari, sedangkan cara tidak langsung dilakukan dengan cara mengeringkan bahan, tetapi melalui permukaan fluida (udara atau air). Metode kombinasi antara pengeringan tidak langsung dan pengeringan langsung dilakukan dengan menggunakan bangunan tembus cahaya yang dilengkapi dengan absorber (Witarsa, 2004).

### **Pengeringan Oven**

Pengeringan oven (oven drying) merupakan alternatif pengeringan matahari. Tetapi metode pengeringan ini membutuhkan sedikit biaya investasi. Pengeringan oven dapat melindungi pangan dari serangan serangga dan debu, dan tidak tergantung pada cuaca. Pengeringan oven tidak disarankan untuk pengeringan pangan karena energi yang digunakan kurang efisien dari pada alat

pengering (dehydrator), selain itu sulit mengontrol suhu rendah pada oven dan pangan yang dikeringkan dengan oven lebih rentan hangus (Hughes dan Willenberg, 1994).

Keuntungan pengeringan oven yaitu tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas dan kondisi pengeringan dapat dikontrol (Widodo dan Hendriadi, 2004).

Proses pengeringan yang terjadi pada oven yaitu panas yang diberikan pada bahan pangan dalam sebuah oven dapat melalui radiasi dari dinding oven, konveksi dan sirkulasi udara panas, dan melalui konduksi melalui wadah tempat bahan pangan diletakkan. Udara, gas lain dan uap air akan menguap akibat transfer panas secara konveksi, dan panas diubah menjadi panas konduksi pada permukaan bahan dan dinding oven. Rendahnya kelembaban udara dalam oven menciptakan gradien tekanan uap yang menyebabkan perpindahan air dari bagian dalam bahan menuju permukaan bahan, perluasan hilangnya air bahan ditentukan oleh sifat alami bahan dan laju pemanasan dan perpindahan air pada saat pengeringan bahan dalam oven. Perubahan ini serupa dengan pengeringan dengan udara panas lainnya, semakin cepat pemanasan dan semakin tinggi suhu yang digunakan menyebabkan perubahan yang kompleks pada komponen permukaan bahan pangan (Fellow, 2001).

## **Ventilator**

Turbine ventilator digerakkan oleh angin horisontal alami dan aliran vertikal udara panas yang mempunyai sifat alami menguap ke atas. Kepala turbine akan berputar terus untuk mencapai tujuan ventilasi dan sirkulasi udara. Turbine Ventilator memiliki berbagai model khusus seperti L-45/L-60/L-75/L-90, Turbine ventilator tidak memerlukan biaya energi, efisien sirkulasi dan perawatan, tidak ada kebocoran dari hujan, dan anti karat yang sesuai untuk hemat energi nasional dan kebijakan perlindungan lingkungan. Dengan kinerja keselamatan yang tinggi, efisiensi yang baik, tidak bising dan tidak menggunakan listrik, Turbine Ventilator dapat digunakan untuk jangka panjang, peralatan ventilasi yang sempurna untuk pabrik industri, gudang logistik, Industri komersial dan bangunan sipil, karena dapat menjaga udara segar mengalir dan mengilhami orang untuk meningkatkan efisiensi kerja.

## **METODOLOGI**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai September 2015, di laboratorium Mekanisasi Pertanian Politeknik Negeri Lampung.

## Bahan dan Alat

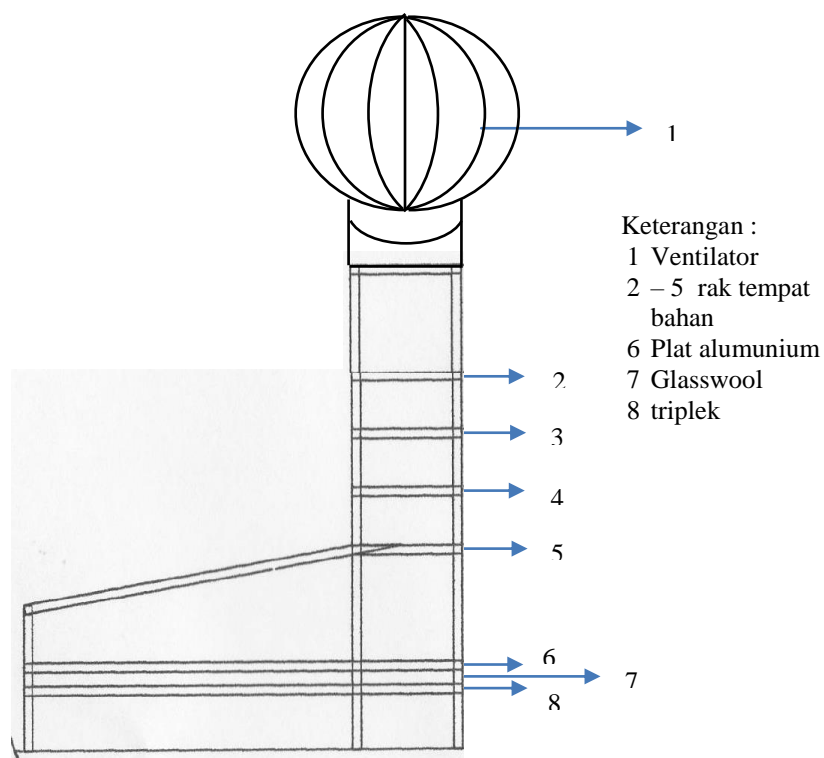
Bahan-bahan yang digunakan antara lain plastik transparan (polyetilene), besi siku, besi holo, plat almunium, kawat las, paku rivet, cat, thiner, ventilator, glass wool dan bahan untuk uji pengeringan (cabe merah). Sedangkan alat yang digunakan antara lain: gergaji besi, gunting plat, las listrik, mesin bor, tang rivet, gerinda, termometer, seling hygrometer, anemometer/air flowmeter/alat pengukur kecepatan udara, higrometer dan timbangan.

## Pelaksanaan Penelitian

### Perancangan

#### a. Kolektor Surya

Pada perancangan kolektor surya, material-material yang digunakan adalah besi holo 2x2 cm, plat almunium di cat hitam, glasswool tebal 2 cm dan triplek 5 mm, plastik bening sebagai penutup dinding kolektor. Ukuran kolektor 180 cm x 120 cm. Plat almunium dicat hitam doff sebagai absorben dengan ukuran 180 cm x 120 cm x 0,1 cm, bagian bawah dilapisi glass wool pada bagian insulator dengan ukuran 180 cm x 120 cm x 2 cm dan tripek 5 mm sebagai penahan bagian bawah glaswool. Besi holo sebagai rangka keseluruhan kolektor surya tampak pada gambar 5. Kolektor plat ini dihubungkan dengan ruang pengering berfungsi mengubah energi surya menjadi panas.



Gambar 1. Rancangan alat pengering surya dengan ventilator otomatis

b. Ruang Pengering dan Turbine Ventilator

Pada bagian ruang pengering material-material yang digunakan adalah besi holo 2x2 cm, besi siku 3x3 cm, plastik bening dengan ketebalan 0,1 mm dan baut. Pada perancangan ruang pengering diintegrasikan dengan rangka keseluruhan alat. Ruang pengering dengan ukuran 120 cm x 115 cm x 40 cm. Seluruh dinding dipasang plastik bening dengan ketebalan 0.1 mm direkatkan pada rangka. Salah satu sisi dari dinding dibuat pintu untuk memasukkan/mengeluarkan produk yang akan dikeringkan. Pada ruang pengering direkatkan besi siku sebagai rak-rak untuk produk yang akan dikeringkan, sebanyak empat tingkat dengan jarak masing-masing 25 cm, dimana bagian paling atas diberi jarak 40 cm kemudian dirangkai turbine ventilator. Pada ruang pengering udara yang mengalir melalui kolektor ke ruang pengering akan menjadi panas karena ada perbedaan kerapatan dengan lingkungan sekitar dan akan mengeringkan bahan.



Gambar 2. Alat pengering surya dengan ventilator telah selesai dibuat

**Pengukuran Parameter**

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah suhu (T), kelembaban (Rh) dan kecepatan aliran udara (v) yang terdapat diluar dan didalam ruang pengering. Pengukuran dilakukan selama 5 hari pengamatan dimulai jam 11.00 sampai 15.00 selang waktu pengukuran satu jam.



Gambar 3. Pengukuran suhu dan kelembaban ruang pengeringan

Pengukuran suhu dan kelembaban dalam ruang pengering tampak pada gambar 3. Demikian juga untuk pengukuran aliran udara dilakukan seperti pengukuran suhu dan kelembaban hanya bedanya dilakukan pada 2 titik yaitu dipintu inlet dan outlet dekat ventilator seperti tampak pada gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran aliran udara pada inlet dan outlet

Untuk menghitung kandungan air bahan basis dapat ditung dengan persamaan (Ismet Eka Putra, 2013).

$$\% Mw = \frac{Ww}{(Ww + Wd)} \times 100 \%$$

Mw = Kandungan air bahan basis (%)

Ww = Massa basah bahan (g)

Wd = Massa kering bahan (g)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini memodifikasi alat pengering surya cerobong tanpa ventilator dengan diberikan ventilator untuk membatu sirkulasi udara dan plat alumunium yang dicat hitam dengan



dilapisi glasswool bahan penyimpan panas. Berdasarkan pengamatan dan pengambilan data suhu, kelembaban dan laju aliran udara pengeringan dilakukan selama 5 hari dan rentang pengamatannya setiap satu jam, data yang diperoleh Tabel 2. dan Gambar 5,6 dan 7. Maka ruang pengering mempunyai suhu maksimal pada jam 11.00 sampai 13.00 dengan suhu mencapai. 40,6°C sedangkan diluar ruang pengering (konvensional) hanya 39,8°C itu terjadi pada jam 12.00 sampai 13.00. Radiasi surya berbanding lurus dengan laju rugi kalor, semakin besar radiasi surya yang diserap kolektor maka besar pula panas yang dihasilkan kolektor sehingga semakin besar pula laju rugi kalor radiasi surya yang terserap. Berdasarkan Gambar 5. dapat dianalisa bahwa kenaikan suhu terjadi hingga pukul 13.00, hal ini terjadi karena suhu pada alat pengering dipengaruhi oleh radiasi surya maka semakin tinggi pula suhu didalam maupun diluar ruang pengering. (Salomo, dkk. 2013)

Tabel 2. Data Pengamatan hasil rata-rata suhu, kelembaban dan aliran udara didalam ruang pengering dan di luar alat pengering

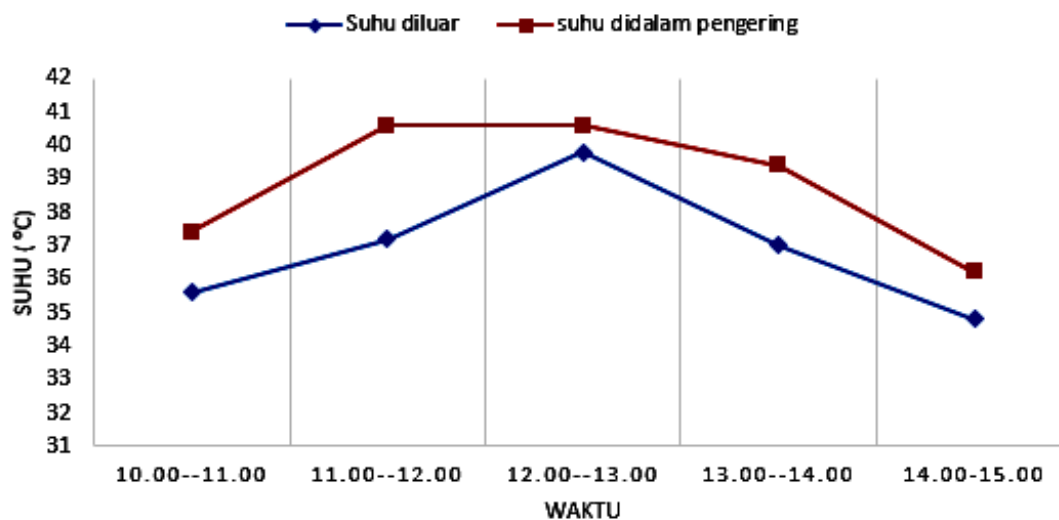
Jam	Tp (°C)	Tj (°C)	Rhp (%)	Rhj (%)	Vp (m/sec)
10.00-11.00	37,4	35.6	48	61.6	0,686
11.00-12.00	40,6	37.2	48,8	56.4	0,808
12.00-13.00	40,6	39.8	49,2	53.2	0,738
13.00-14.00	39,4	37	46	54.8	0,672
14.00-15.00	36,2	34.8	45,2	60.2	0,572
rata-rata	38,84	36.88	47,44	57.24	0,695

*Keterangan:*

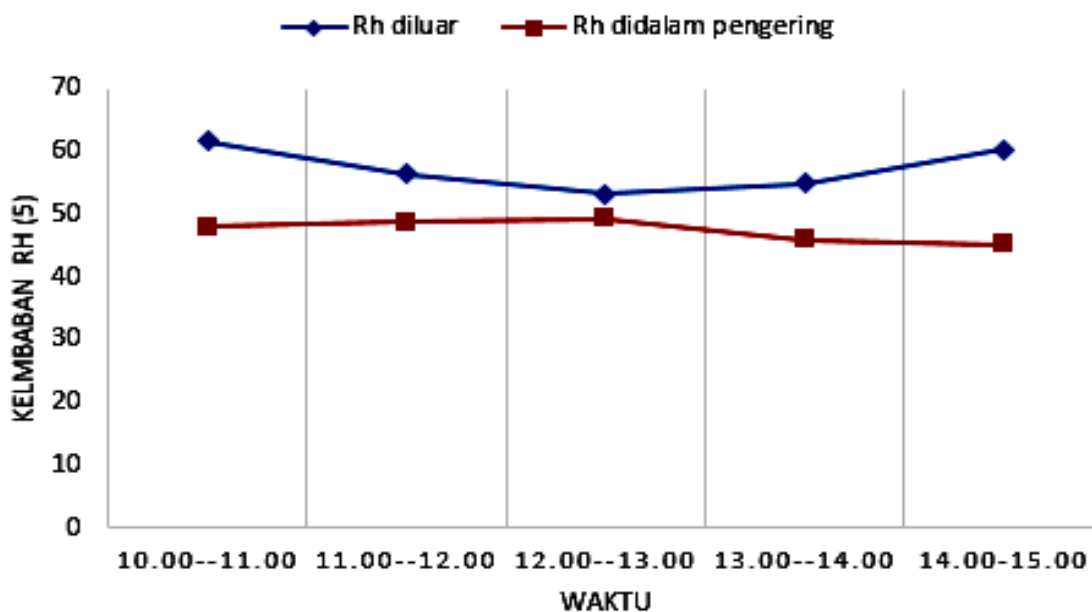
*Tp adalah suhu ruang penering, Tj adalah suhu diluar ruang pengering/pengeringan konvensional, Rhp adalah kelembaban didalam ruang pengering, Rhj adalah kelembaban diluar ruang pengering/pengeringan konvensional, Vp adalah kecepatan aliran udara didalam ruang pengering, Vj adalah kecepatan diluar ruang pengering/pengeringan konvensional.*

Bila data yang diperoleh pada Tabel 1. dibandingkan dengan Tabel 2. suhu diruang pengering rata-rata sebesar 34°C pada alat pengering tanpa ventilator dan glasswool sedangkan suhu di ruang pengering dengan ventilator dan glasswool sebesar 38,84°C hal ini menunjukkan bahwa dengan pemberian glasswool dan ventilator dapat menaikkan suhu diruang pengeringan. Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6 kelembaban (Rh) diruang pengering lebih rendah dibandingkan diluar ruang pengering yaitu rata-rata 47,44% sedangkan diluar ruang pengering 57,24 %, hal ini terjadi karena uang air yang ada di ruang pengering dibawa oleh aliran udara diruang pengering sehingga kelembaban menjadi lebih rendah, suhu berbanding terbalik dengan kelembaban yaitu semakin tinggi suhu maka kelembaban semakin kecil. Dengan demikian aliran udara mempunyai peranan yang penting yaitu membantu mengambil uap air yang ada dalam ruang pengering mengalir ke ruang pengering menuju ventilator udara mengalami hambatan karena luas penampang udara keluar semakin kecil dan mengakibatkan panas terperangkap di ruang pengering sebelum ditarik oleh ventilator keluar ruang pengering. Hal ini tampak pada Tabel 2 dan Gambar 7.

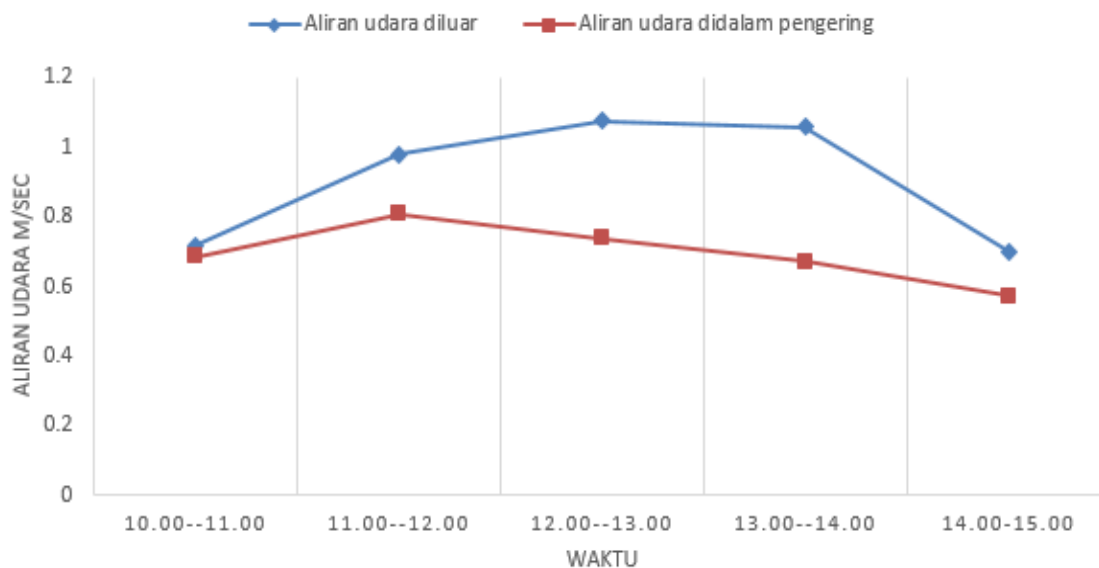
bahwa aliran udara pada ruang pengering sebesar 0,695 m/det masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan data yang diperoleh pada alat pengering tanpa ventilator yaitu 0,195 m/det.



Gambar 5. Grafik suhu rata-rata terhadap waktu selama pengeringan



Gambar 6. Grafik kelembaban rata-rata terhadap waktu selama pengeringan



Gambar 7. Grafik aliran udara rata-rata terhadap waktu selama pengeringan

Tabel 3. Kadar Air (KA) setelah pengeringan selama 5 hari didalam ruang pengering dan diluar ruang pengering

Uraian	Barat Bahan Awal (Gram)	Barat Bahan Akhir (Gram)	Kadar Air (KA %)
Alat pengering	250	57.4	18.67
Pengering konvensional	250	93	27,11

Berdasarkan Tabel 3. pengeringan dengan menggunakan alat pengering dengan ventilator dan pemberian glaswool diperoleh kadar air (KA) akhir sebesar 18,67% pengeringan dalam waktu 5 hari, sedangkan untuk pengeringan konvensional diperoleh KA sebesar 27,11%. Untuk penurunan berat setiap harinya tidak konstan, penurunan paling tinggi terjadi pada hari 1 dan 2 hal ini dipengaruhi oleh panas matahari harian pada hari 1 dan 2 sangat terik. Selain hal tersebut juga dipengaruhi oleh ikatan air dan partikel bahan semakin tinggi kadar air bahan akan lebih mudah dilepaskan sehingga pada hari 1 dan 2 uap air yang dilepaskan terjadi paling tinggi. Berat bahan setelah dikeringkan menggunakan alat pengering mempunyai masa akhir lebih ringan yaitu 57,4 g sedangkan pengeringan konvensional mempunyai masa akhir sebesar 93,0 g.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Modifikasi alat pengering surya dengan ventilator otomatis dan penambahan glasswool pada dinding kolektor dapat menurangi rambat panas sehingga suhu diruang pengering diperoleh lebih tinggi yaitu 40,6°C dibandingkan suhu luar alat pengering/pengeringan konvensional yaitu

39,8°C. demikian juga dengan alat tanpa ventilator dan glasswool sebesar 34°C.

2. Kecepatan aliran udara diruangan pengering diperoleh sebesar 0,965 m/det dapat meningkatkan waktu lama pengeringan.
3. Modifikasi alat pengering ini dapat meningkatkan pengeringan dengan hasil pengeringan cabe selama 5 hari dengan kadar air sebesar 18,67% sedangkan dengan pengeringan konvensional sebesar 27,11%.

## **Saran**

Perlu dilakukan penelitian menggunakan kolektor dengan penutup dan dinding dari bahan yang lebih baik (kaca transparan) agar suhu semakin meningkat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

<http://ventilator.webs.com/spesifikasi/> diunduh tanggal 9 Oktober 2013

Ismet Eka Putra dan Pitri Hadi. 2013. Analisa Efisiensi Alat Pengering Tenaga Surya Tipe Trowong Berbantuan Kipas Angin pada Proses Pengeringan Biji Kopi. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 3, No. 2. Oktober 2013.

Lahming. 2012. Rancang Bangun Alat Pengering Biji-Bijian Hasil Pertanian Tipe Kontinyu Bahan Bakar Biomasa Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi* Vol. 16 No. 1 Oktober 2012. Ujung Pandang.

Lahming. 1994. Studi Rekayasa Alat Pengering biji Kakao dengan Bahan Bakar Serbuk Gergaji. Hasil penelitian tidak dipublikasikan. Ujung Pandang: Lembaga Penelitian IKIP Ujung Pandang.

M. Ginting, Minarni, W. Tambunan dan E. Yuliora, 2013. Alat Pengering Singkong Tenaga Surya Tipe Kolektor Bertutup Miring. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 2013.

Salomo, M. Ginting, R. Akbar. 2013. Pembuatan Alat Pengering Surya untuk Hasil Pertanian Menggunakan Kolektor Berpenutup Prisma Segitiga. *Jurnal Aptek* Vol. 5 No. 2 Juli 2013.

Suriadi. 2011. Kesenjangan Energi Termal dan Efisiensi Transient Pengering Aliran Alami memanfaatkan Kombinasi Dua Energi. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 12, No.1, Februari 2011.