

Studi Eksperimental Sistem Pengering Tenaga Matahari Tipe Rumah Kaca dengan Variasi Jarak Cermin dalam Pengering

Nibras Fitrah Yaienda, Ridho Hantoro^[1], dan Doty Dewi Risanti^[2]

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: hantoro@ep.its.ac.id^[1], d.d.risanti@gmail.com^[2]

Abstrak—Telah dilakukan penelitian tentang sistem pengering tenaga matahari tipe rumah kaca dengan menggunakan variasi penempatan jarak antara cermin di dalam pengering. Pengering terbuat dari kaca dengan ketebalan 5mm dan kemiringan atap pengering sebesar 60°. Penelitian tipe rumah kaca ini digunakan untuk mengeringkan produk biji-bijian berupa gabah padi. Pada penelitian ini terdapat 3 variasi jarak antar cermin yang dibandingkan dengan pengeringan tanpa menggunakan cermin di dalam pengering dan pengeringan secara konvensional. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata laju penguapan untuk pengeringan konvensional sebesar 0,000579 Kg/s, pengeringan tanpa cermin sebesar 0,000542 Kg/s, variasi 1 sebesar 0,0002202 Kg/s, untuk variasi 2 sebesar 0,000987 Kg/s, dan untuk variasi 3 sebesar 0,000806 Kg/s. Dengan nilai laju penguapan tersebut, kadar air yang terkandung pada padi untuk pengeringan konvensional sebesar 21,9999 %; pengeringan tanpa cermin sebesar 21,7448 %; variasi 1 sebesar 19,0267 %, untuk variasi 2 sebesar 19,5948 %; dan untuk variasi 3 sebesar 20,5049 %.

Kata Kunci—Pengering, variasi, laju penguapan, kadar air.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA terkenal sebagai negara agraris yang mempunyai total wilayah sebesar 5.193.252 km² dan dua pertiga wilayahnya sebesar 3.288.683 km² merupakan lautan. Indonesia disebut sebagai negara agraris karena banyak dari penduduk Indonesia mempunyai pekerjaan sebagai petani. Menurut Survei Angkatan Kerja Nasional (SAKERNAS), lapangan pekerjaan utama penduduk Indonesia berumur 15 tahun keatas per 2012 sebanyak 38.882.134 jiwa dari total jumlah 110.808.154 jiwa berada di sektor perikanan, pertanian dan perhutanan [1]. Beberapa komoditi yang dominan yang dihasilkan oleh sektor ini adalah padi, kedelai, jagung, tembakau dan ikan. Keseluruhan dari komoditi ini sangat memerlukan pengeringan untuk mengurangi kandungan air di dalamnya. Kadar kandungan air di dalam komoditi menentukan kualitas dari komoditi itu sendiri.

Kondisi curah hujan dan cuaca yang berubah-ubah mengakibatkan dampak yang kurang baik untuk petani dan sebagian nelayan. Hal ini bisa terjadi karena petani maupun nelayan yang hendak mengeringkan hasil pertanian maupun ikannya menjadi terhambat dan bisa berakibat fatal bagi mereka. Akibat paling fatal adalah hasil pertanian dan perikanan yang menjadi busuk. Contohnya adalah gabah padi. Ketika gabah padi selesai dipanen maka gabah padi tersebut harus secepatnya dijemur untuk mengurangi kadar airnya untuk mendapat kualitas yang baik. Karena itu diperlukan

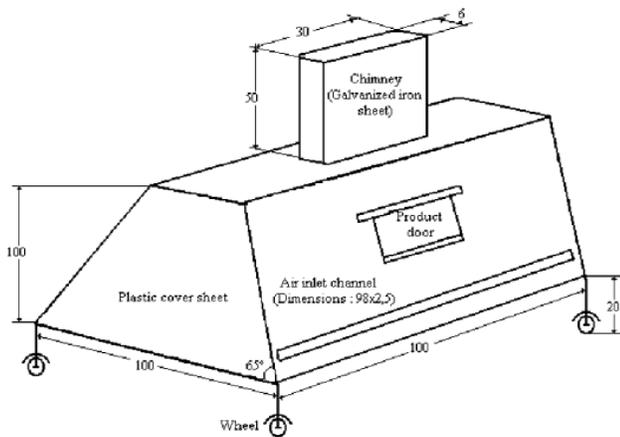
adanya pengering untuk mengambil kandungan air dari hasil panen tersebut dan menjadikannya bisa lebih lama disimpan dan menaikkan harga jual dari hasil panen itu sendiri.

Indonesia yang memiliki cuaca yang rentan berubah membutuhkan pengering multi fungsi. Pengering tersebut dapat mengeringkan dan mengurangi kadar air dari suatu bahan dengan kecepatan pengeringan yang tinggi, hemat tempat dan terlindung oleh cuaca yang bisa berubah secara tiba – tiba, sehingga mempunyai nilai tambah ekonomi bahan yang dikeringkan. Pengering tipe rumah kaca dengan variasi jarak kaca dalam nantinya bisa menjadi alternatif alat pengering bahan pertanian maupun perikanan dengan kecepatan pengeringan yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pengeringan konvensional dibawah sinar matahari sehingga dapat mempersingkat waktu pengeringan. Pengering *internal mirror* yang tertutup dibagian atas nantinya bisa mengantisipasi perubahan cuaca secara tiba – tiba di wilayah tersebut. Dengan adanya sistem ini diharapkan bisa meningkatkan kualitas produk hasil pertanian dan perikanan dengan waktu yang singkat

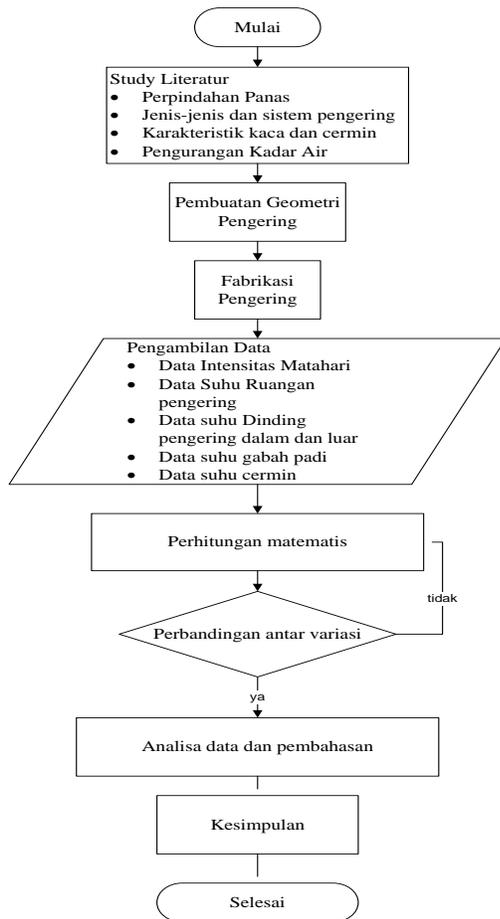
II. URAIAN PENELITIAN

A. Pengering Tipe Rumah Kaca

Pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara terus menerus yang memerlukan energi panas untuk mengurangi kadar air dari permukaan bahan dengan media pengering [2]. Dengan melakukan pengeringan pada produk pertanian dan perikanan bisa didapatkan produk yang tahan lama, kualitas yang lebih baik dan bisa meningkatkan harga jual dari produk yang dikeringkan. Teknologi pengering umumnya berasal dari matahari. Pada daerah Asia Pasifik, pengering yang sering digunakan adalah *natural circulation dryer*, *forced circulation dryer* dan *greenhouse type dryer* [3]. Pengering tipe rumah kaca (*greenhouse type dryer*) adalah pengering yang menggunakan prinsip efek rumah kaca dalam melakukan pengeringan. Pengering ini menahan panas yang diterima karena radiasi sinar matahari di dalam ruang pengering. Pengering tipe rumah kaca sangat menguntungkan untuk dengan kadar hujan pertahun yang tinggi serta memiliki kadar kelembapan udara yang tinggi pula. Karena pengeringan secara konvensional sulit dilakukan pada tipe daerah tersebut [4]. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai kelembapan udara maka akan semakin sedikit nilai laju penguapan yang terjadi [5]. Gambar 1 adalah salah satu contoh pengering tipe rumah kaca



Gambar 1. Contoh pengering tipe rumah kaca [4].



Gambar.2. Flowchart penelitian.

Pengering tipe rumah kaca ini menggunakan plastik *polyethylene* sebagai penutup dari pengering. Sementara itu bagian dalam pengering ini mempunyai bentuk bertingkat. Pengering tipe rumah kaca ini menggunakan *chimney* (cerobong) sebagai tempat udara keluar. *Absorber* dari pengering ini terbuat dari dengan bahan aluminium berwarna hitam. Warna hitam berfungsi sebagai penyerap panas pada pengering, panas di dalam pengering semakin tinggi.

B. Perpindahan Panas dan Pengurangan Kadar air

Perpindahan panas yang terjadi pada proses pengeringan adalah perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi. Perpindahan panas secara konduksi dapat dituliskan seperti pada persamaan (1).

$$q = K A (t_2 - t_1)/l \tag{1}$$

Perpindahan panas secara konveksi secara umum dapat dituliskan dengan menggunakan persamaan (2)

$$q_{con} = h A \Delta t \tag{2}$$

Harga konstanta perpindahan panas konveksi mempunyai nilai yang berbeda bergantung jenis aliran dan harga bilangan berdimensi yang digunakan untuk mendapatkan harga dari koefisien konveksi. sedangkan perpindahan panas radiasi secara umum dapat dituliskan dengan menggunakan persamaan (3).

$$q_{rad} = \sigma \epsilon (T_1^4 - T_2^4) \tag{3}$$

Sedangkan nilai perpindahan panas secara radiasi antara dua buah plat datar bergantung pada *view factor*. Secara umum nilai *view factor* dari permukaan i ke permukaan j dapat dituliskan dengan menggunakan persamaan (4).

$$F_{ij} = \frac{[(W_i + W_j)^2 + 4]^{1/2} - [(W_j - W_i)^2 + 4]^{1/2}}{2W_i} \tag{4}$$

$$W_i = \frac{w_i}{L}, W_j = \frac{w_j}{L} \tag{5}$$

Sehingga hubungan nilai perpindahan panas secara radiasi antara dua plat sejajardan *view factor* dari permukaan i ke permukaan j [6].

$$F_{ij} = \frac{q_{ij}}{A_i J_i} \tag{6}$$

Untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada bahan yang dikeringkan, maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan pengurangan kandungan air bersarkan basis basah seperti yang tertulis pada persamaan (7). (Ekechukwe. O. V., 1999)

$$M_{wb} = \frac{w_0 - w_d}{w_0} \times 100\% \tag{7}$$

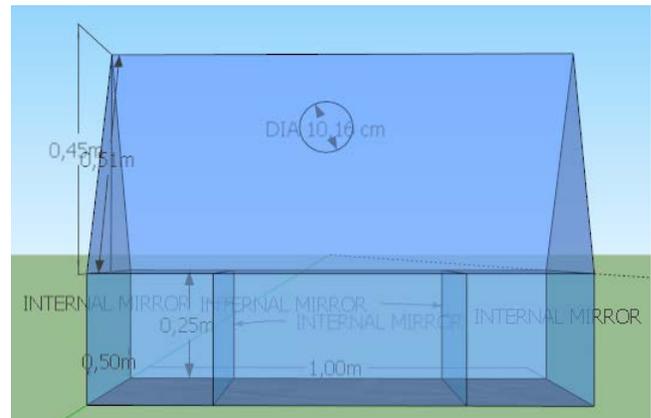
C. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dijabarkan melalui diagram alir (*flowchart*) seperti Gambar 2.

Sesuai dengan diagram alir pada Gambar 2, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari pembuatan geometri pengering hingga melakukan perhitungan matematis kadar air dan perpindahan panas.

D. Pembuatan Geometri Pengering

Pada tahap ini dilakukan penentuan spesifikasi peralatan dan komponen guna memaksimalkan efisiensi kerja dari alat pengering tenaga surya yaitu dengan adanya penambahan solar reflector internal maupun eksternal pada sistem. Dan juga penentuan dari jenis material yang akan digunakan. Pada Gambar 3 akan ditampilkan skema geometri pengering dan pada tabel 1 akan ditampilkan variasi yang digunakan dalam alat pengering . Material kaca yang digunakan adalah kaca dengan ketebalan 0,005 meter dengan kadar air bahan uji sebesar 24,71%.

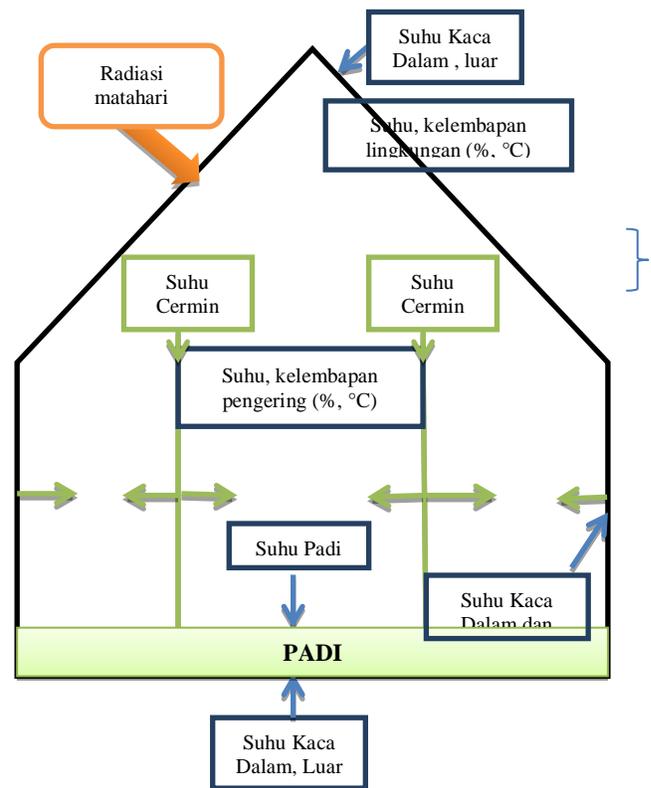


Gambar. 3. Skema tampak samping pengering.

E. Pegambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan memasukkan bahan uji dengan masa 1Kg. Kemudian dilakukan pengukuran masa bahan uji setelah keluar dalam pengering. Pengambilan data dilakukan selama 14 jam selama 1 hari pada masing-masing variasi. Data yang diambil adalah data kelembapan dan suhu lingkungan, kelembapan pengering, suhu masing masing ruangan dalam pengering, suhu dalam kaca pengering dan suhu luar kaca pengering, suhu gabah, suhu cermin dan besar intensitas matahari selama pengukuran. Pengambilan data dilakukan pada setiap jam.

Pada Gambar 4 akan ditampilkan titik-titik pengambilan data selama pengukuran.



Gambar. 4. Titik pengukuran pengambilan data.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Uji Lapangan

Berdasarkan data yang telah diambil, perbedaan suhu antar pengering dan lingkungan dapat dilihat pada Gambar 6-9.

Dari data yang telah diambil dan dari grafik yang telah terbentuk antara suhu lingkungan dan suhu ruangan, dapat dilihat bahwa suhu ruangan yang ada didalam pengering memiliki nilai yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan suhu lingkungan. Hal ini membuktikan bahwa terjadi perpindahan panas pada pengering sehingga menyebabkan suhu pengering lebih tinggi dari suhu lingkungan.

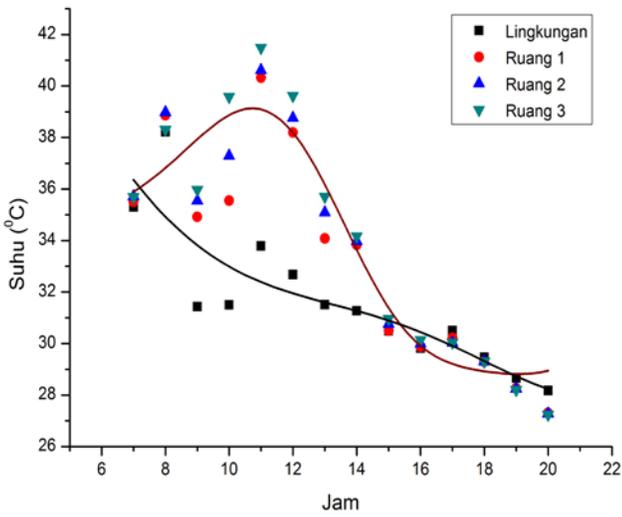
B. Perpindahan Panas Pada pengering

Perpindahan panas yang terjadi pada pengering tipe rumah kaca dengan variasi jarak kaca dalam adalah radiasi, konduksi dan konveksi. Tabel 2 adalah tabel perpindahan panas secara radiasi yang masuk pada pengering pada masing-masing variasi.

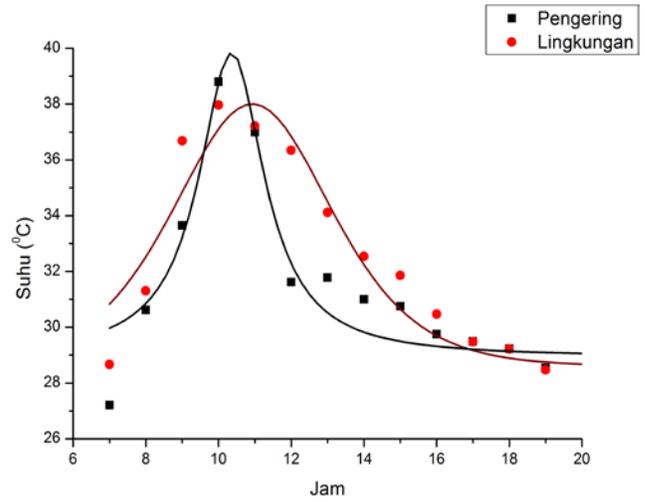
Tabel 3 adalah tabel perpindahan panas secara konveksi pada pengering pada masing-masing variasi. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, perpindahan panas secara konveksi hanya terjadi ada konveksi alami dan tidak terjadi pada variasi lainnya. Tabel 4 adalah perpindahan panas secara konduksi yang keluar dari pengering.

Tabel 1. Variasi ruang pengering

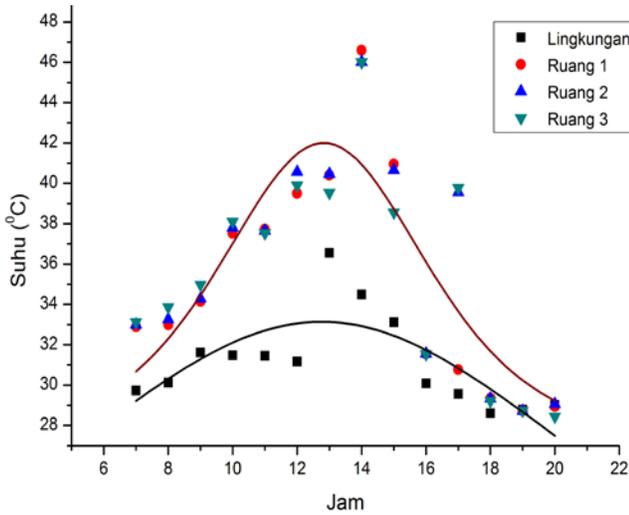
Variasi	Ruang 1 (cermin 1 dan cermin 2)	Ruang 2 (cermin 3 dan cermin 4)	Ruang 3 (cermin 5 dan cermin 6)
1	0,25	0,50	0,25
2	0,30	0,40	0,30
3	0,35	0,30	0,35



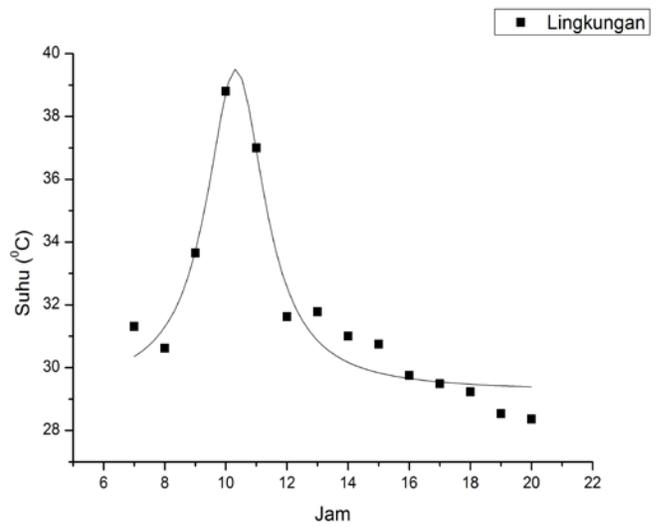
Gambar. 5. Suhu ruangan dan suhu lingkungan variasi 1.



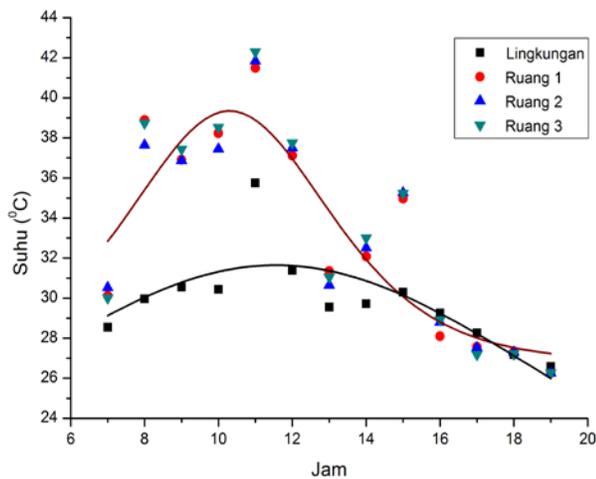
Gambar. 8. Suhu ruangan dan suhu lingkungan tanpa cermin.



Gambar. 6. Suhu ruangan dan suhu lingkungan variasi 2.



Gambar. 9. Suhu lingkungan pengeringan konvensional.



Gambar. 7. Suhu ruangan dan suhu lingkungan variasi 3.

Tabel 2
Perpindahan Panas Secara Radiasi

No	Variasi	q Total (watt)
1	Variasi 1	10459,8
2	Variasi 2	9693,124
3	Variasi 3	6146,6
4	Tanpa Cermin	7422,464
5	Konvensional	2323,15

Tabel3
Perpindahan Panas Secara Konveksi

No	Variasi	Konveksi (watt)
1	Variasi 1	204,64
2	Variasi 2	216,63
3	Variasi 3	165,98
4	Tanpa Cermin	-
5	Konvensional	521,0161

Tabel 4.

Perpindahan Panas Secara Konduksi

No	Variasi	Konduksi (watt)
1	Variasi 1	3254,4
2	Variasi 2	6568,8
3	Variasi 3	3698,4
4	Tanpa Cermin	5520
5	Konvensional	-

Tabel 5.

Perpindahan panas total ada pengering

Variasi	q Radiasi (watt)	q Konveksi (watt)	q Konduksi (watt)	q Sisa (watt)
Variasi 1	10459,8	204,64	3254,4	7407,21
Variasi 2	9693,124	216,63	6568,8	2740,32
Variasi 3	6146,6	165,98	3698,4	2692,64
Tanpa Cermin	7422,464	-	5520	2202,46
Konvensional	2323,15	521,0161	-	1801,98

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai terendah dari q sisa adalah pengering tanpa cermin. Pengering tanpa cermin mempunyai nilai yang terendah karena tidak ada akumulasi panas yang ditimbulkan oleh radiasi cermin. Sedangkan perbedaan suhu antara kaca bagian dalam dan kaca bagian luar lebih tinggi dari pada variasi yang lain sehingga konduksi yang terjadi besar, namun radiasi yang masuk ke dalam pengering hanya bergantung pada radiasi matahari. q sisa dari variasi tanpa cermin mempunyai nilai yang terendah apabila dibandingkan dengan variasi yang lain karena tidak mempunyai variasi cermin. Namun variasi tanpa cermin memiliki q sisa yang lebih banyak dibandingkan dengan pengeringan secara konvensional. Hal ini terjadi panas yang ada dalam pengering terakumulasi karena ada efek rumah kaca di dalam pengering.

C. Laju Penguapan

Laju penguapan memiliki nilai yang berbeda pada setiap variasi bergantung pada perpindahan panas yang terjadi. Berikut ini adalah Tabel 6 yang berisi rata-rata laju penguapan setiap variasi dan Gambar 10 yang berisi perbandingan laju penguapan pada setiap variasi

Dapat dilihat perbandingan rata-rata laju penguapan pada setiap variasi. Rata-rata laju penguapan pada proses pengeringan yang paling tinggi adalah pada variasi pertama. Laju penguapan rata-rata pada variasi pertama lebih tinggi dibandingkan dengan laju penguapan yang lain dikarenakan tingginya intensitas radiasi matahari pada saat dilakukan pengukuran, tingginya reflektansi radiasi dari cermin yang diletakkan di dalam pengering dan kecilnya nilai perpindahan konduksi dari kaca dalam pengering menuju kaca di luar pengering.

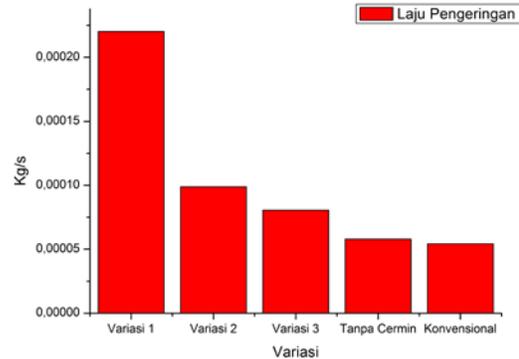
D. Kadar Air dalam Bahan Uji

Kadar air sangat dipengaruhi oleh perpindahan panas dan laju penguapan pada proses pengeringan. Dengan menggunakan kadar air yang sama, proses pengeringan gabah pada setiap variasi menghasilkan kadar air akhir seperti pada Tabel 7 dan perbandingan kadar air akhir.

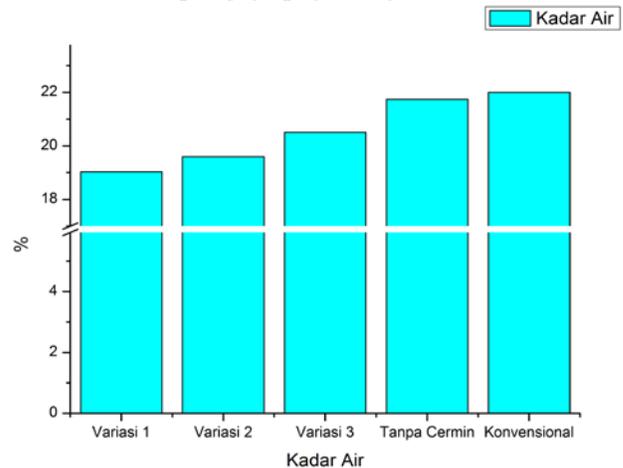
Tabel 6.

Laju Penguapan Rata-rata setiap variasi

No	Variasi	Rata-rata Laju Pengeringan (Kg/s)
1	Variasi 1	$2,202 \cdot 10^{-4}$
2	Variasi 2	$9,87 \cdot 10^{-5}$
3	Variasi 3	$8,06 \cdot 10^{-5}$
4	Tanpa Cermin	$5,79 \cdot 10^{-5}$
5	Konvensional	$5,421 \cdot 10^{-5}$



Gambar. 10. Perbandingan laju penguapan setiap variasi.



Gambar. 11. Perbandingan kadar air setiap variasi.

Tabel 7. Kadar air akhir pada tiap bahan

No	Variasi	Kadar Air (%)
1	Variasi 1	19,0267
2	Variasi 2	19,5948
3	Variasi 3	20,5049
4	Tanpa Cermin	21,7448
5	Konvensional	21,9999

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa kadar air yang paling rendah adalah kadar air dari variasi pertama. Sedangkan kadar air yang tertinggi adalah kadar air dari pengeringan konvensional. Kadar air yang tersisa sangat dipengaruhi oleh perpindahan panas pada ruangan dan laju penguapan dari proses pengeringan pada setiap variasi. Dari gambar 16 dan 15 dapat disimpulkan laju penguapan yang tertinggi akan mengakibatkan nilai kadar air yang terendah. Sedangkan laju penguapan yang rendah akan mengakibatkan kadar air sisa yang tertinggi 0,000202 Kg/s. Sedangkan kadar air terendah

yang terkandung di dalam padi terdapat pada variasi 1 dengan nilai 19,0267 %.

IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jarak antar cermin dapat mempengaruhi perpindahan panas secara radiasi dikarenakan adanya reflektansi radiasi matahari dari permukaan cermin. Yang mempengaruhi adalah *view factor*
2. Semakin besar jarak antara permukaan cermin maka nilai *view factor* akan menjadi semakin kecil dan akan mengakibatkan perpindahan panas secara radiasi dari reflektansi cermin menjadi lebih kecil.
3. Saat dilakukan pengambilan data, nilai rata-rata laju penguapan untuk pengeringan konvensional sebesar 0,0000579 Kg/s, pengeringan tanpa cermin sebesar 0,0000542 Kg/s, variasi 1 sebesar 0,0002202 Kg/s, untuk variasi 2 sebesar 0,0000987 Kg/s, dan untuk variasi 3 sebesar 0,0000806 Kg/s.
4. Nilai kadar air yang terkandung pada padi untuk pengeringan konvensional sebesar 21,9999 %; pengeringan tanpa cermin sebesar 21,7448 %; variasi 1 sebesar 19,0267

%, untuk variasi 2 sebesar 19,5948 %; dan untuk variasi 3 sebesar 20,5049 %.

5. Nilai laju penguapan tertinggi dan kadar air terendah yang terkandung pada padi terdapat pada variasi 1.
6. Semakin besar nilai perbedaan perpindahan panas antara panas yang masuk dan panas yang keluar maka akan semakin besar nilai laju penguapan dan akan semakin sedikit kadar air yang tersisa di dalam padi setelah proses pengeringan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2012. " Penduduk 15 tahun Keatas yang Bekerja menurut Lapangan Pekerjaan Utama 2004 – 2012 " Survei Tenaga Kerja Nasional 2012.
- [2] Burlian, Firmansyah. dan Aneka, Firdaus. 2012. "Kaji Eksperimental Alat pengering Kerupuk Tenaga Surya Tipe Box Menggunakan Konsentrator Cermin Datar" . Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3.
- [3] Murthy, M.V. Ramana. 2009. *A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13. 835 – 844.
- [4] Christianto, Brian. 2008. Pengering pada Produk Pertanian. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [5] Akola. 2009. "*Design and Study of Grain Dryer*".
- [6] Incropera, Frank P dan Dewitt P David. *Fundamental of Mass and Heat Transfer*. United States : John Willey and Sons. 1996.