

Analisa Perpindahan Panas Keadaan Tunak Pada Pengering Jagung Tipe Rumah Kaca Variasi Lubang Ventilasi Dan Rak Alumunium

Yunita Djamalu^{1)*}

¹⁾Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian Politeknik Gorontalo
Jln. Sapta Marga Bonebolango Propinsi Gorontalo

Abstrak

Sebagian besar Masyarakat Gorontalo adalah petani jagung, selain di konsumsi sendiri, jagung juga di olah menjadi berbagai macam olahan makanan sebagai mata pencaharian Masyarakat Bahkan sebagian jagung juga ada yang di ekspor ke luar daerah. Untuk itu Mutu jagung yang di dihasilkan harus selalu di perhatikan, Mutu jagung sangat bergantung pada proses pasca panen terutama pada proses pengeringan. Tujuan utama dari proses pengeringan adalah untuk menurunkan kadar air jagung hingga mencapai keadaan yang aman dari kerusakan untuk jangka waktu tertentu. Untuk itu penulis mendesain ulang peralatan pengeringan dengan memanfaatkan energy surya sebagai sumber pemanas yang dikenal juga dengan alat Pengering Efek Rumah Kaca dengan Variasi Lubang Ventilasi dan rak pengering yang terbuat dari alumunium. Proses eksperimen dalam pengujian alat pengering Efek Rumah Kaca ini memerlukan waktu beberapa hari. Dari grafik yang terlihat bahwa rak alumunium lebih baik dari pada rak kaca. Untuk mendapatkan hasil yang lebih cepat proses pengeringan perlu dimodelkan dengan menggunakan persamaan matematis.

Kata Kunci: Jagung, Pengering Energy Surya, Efek Rumah Kaca, Variasi Lubang Ventilasi, Rak Alumunium

Abstract

Most of Gorontalo Society is a corn farmer , in addition to its own consumption , corn is also in the process into a wide variety of processed foods as a livelihood Society majority of maize is also a fact that in the export to other regions . For the quality of the corn produced must always be noticed is very dependent on the quality of corn post-harvest processing, especially in the drying process. The main purpose of the drying process is to lower the moisture content of corn until it reaches a state that is safe from damage for a certain period of time. To the authors redesign drying equipment by utilizing solar energy as a source of heating which is also known as the Greenhouse Effect dryer apparatus with ventilation holes and a variation of the drying rack made of aluminum. Experiments in the testing process dryers Greenhouse Effect This may take several days. From the graph it appears that aluminum rack is better than glass shelves. To get results faster drying process needs to be modeled using mathematical equations.

Keywords: Corn , Dryer Solar Energy , Greenhouse Effect , Variation Ventilation Holes , Aluminum Rack

1. Pendahuluan

Menurut data Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Pemerintah Provinsi Gorontalo, produksi jagung tahun 2011 sebesar 605.781 ton pipilan kering, mengalami penurunan 73.386 ton (-10,81 persen) dibandingkan produksi tahun 2010. Penurunan tersebut disebabkan menurunnya luas panen sebesar 8.079 hektar (-5,62 persen), dan menurunnya produktivitas sebesar 2,60 kuintal/hektar (-5,50 persen).

Menurut BMKG, faktor yang membuat hal tersebut bisa terjadi, yaitu anomali SST (Sea Surface Temperature) di wilayah Indonesia hangat sehingga menyebabkan peluang majunya musim hujan pada sebagian besar wilayah Indonesia, SST dingin di Ekuator Pasifik Tengah (Nino 3, 4) mengindikasikan terjadinya La Nina, dan indeks Dipole Mode, diprediksi dalam kondisi negatif – normal, sehingga berpotensi menambah curah hujan (BMKG, 2010).

Oleh karena itu, diperlukan suatu alat yang bisa menjadi alternatif para petani Gorontalo dalam meningkatkan kualitas hasil panennya. Dalam penelitian ini dirancang pengering dengan tenaga surya menggunakan tipe Efek Rumah Kaca.

2. Metode Penelitian

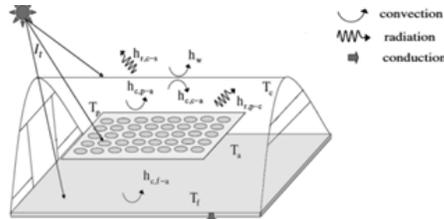
2.1. Pengering Efek Rumah Kaca

Persamaan Pengering Efek Rumah Kaca adalah alat pengering berenergi surya yang memanfaatkan efek rumah kaca yang terjadi karena adanya penutup transparan pada dinding bangunan serta plat absorber sebagai pengumpul panas untuk menaikkan suhu udara ruang pengering. Lapisan transparan memungkinkan radiasi gelombang pendek dari matahari masuk ke dalam dan mengenai elemen-elemen bangunan. Hal ini menyebabkan radiasi gelombang pendek yang terpantul berubah menjadi gelombang panjang dan terperangkap dalam bangunan

*Korespondensi: Tel./Fax.: -
E-mail: naura@poligon.ac.id
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2016

karena tidak dapat menembus penutup transparan sehingga menyebabkan suhu menjadi tinggi.

Pengering rumah kaca dengan atap terowongan yang diasumsikan setengah lingkaran yang ditutupi dengan UV (200μ) stabil film polietilen.



Gambar 1. Skema diagram dari transfer energi dalam pengering rumah kaca surya (Sadodin, 2009)

2.2. Panas yang Tersimpan

Analisa panas yang tersimpan dilakukan dengan mengukur suhu pada alat pengering setelah proses pengeringan berlangsung yaitu, pada pukul 17.00 sampai dengan 22.00 WITA. Titik pengukuran panas yang tersimpan dilakukan pada 5 (lima) titik pengukuran yaitu pada atap bagian dalam, pada bak pengering, pada dinding bagian dalam, pada ruang pengering dan pada lingkungan sekitar.

2.3 Analisa Panas yang Berguna (Q_u) dan Panas yang Hilang (Q_{loss})

Panas yang berguna pada pengering rumah kaca dijabarkan dalam persamaan 1 berikut (Rosa, 2007).

$$Q_u = v \cdot C_p \cdot (T_{out} - T_{in}) \tag{1}$$

Dimana, Q_u adalah energi yang berguna (watt), v adalah laju aliran udara didalam pengering (m/s).

Energi yang hilang dari pengering besarnya didapatkan dari nilai energi input dikurangi energi yang berguna. Energi input (Q_{in}) dicari menggunakan persamaan 2 berikut.

$$Q_{in} = S \cdot A_c \cdot t \tag{2}$$

Dimana, t adalah waktu, A_c adalah luas cover dan S adalah radiasi matahari yang diserap oleh kaca dihitung berdasarkan persamaan 3 berikut.

$$S = \tau \cdot \alpha \cdot I_t \tag{3}$$

Dimana τ adalah transmissivitas kaca, α adalah absorptivitas kaca dan I_t adalah intensitas matahari (W/m²).

Energi yang hilang adalah energi berupa panas yang lepas ke lingkungan akibat losses-losses dari dalam pengering. Adapun persamaan yang umum digunakan untuk mencari Q_{loss} adalah sebagai berikut (Rosa, 2007).

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_{useful} \tag{4}$$

Analisa Panas Hilang (Q_{loss}) pada pengering ini meliputi rugi panas melalui bagian atas, rugi panas melalui bagian samping, rugi panas melalui bagian bawah dan rugi panas melalui bagian depan pengering ERK. Adapun untuk menentukan

rugi panas pada pengering dengan menggunakan persamaan 5 berikut. (Rosa, 2007)

$$U_a = A_a \cdot \left(R_k + \frac{R_c \cdot R_r}{R_c + R_r} \right)^{-1} \cdot \left(\frac{T_a - T_{amb}}{T_a - T_{amb}} \right) \tag{5}$$

Untuk mencari R_k, R_c, dan R_r dengan menggunakan persamaan 6 sampai dengan 8 dibawah ini.

$$R_k = \frac{t_c}{k} \tag{6}$$

Dimana, R_k adalah tahanan termal terhadap konduksi, t_c adalah tebal kaca dan k adalah koefisien konduktivitas termal dari kaca.

$$R_c = \frac{1}{h_f} \tag{7}$$

Dimana, R_c adalah tahanan termal konveksi dari cover ke lingkungan dan h_f adalah koefisien konveksi dari cover ke lingkungan

$$R_r = \frac{1}{\sigma \cdot \epsilon} \tag{8}$$

Dimana R_r adalah tahanan termal terhadap radiasi, σ adalah konstanta Boltzmann dan ε adalah emisivitas kaca.

Sehingga total rugi panas pada pengering dirumuskan pada persamaan 9 berikut (Rosa, 2007).

$$U_{tot} = U_a + U_s + U_b \tag{9}$$

Dimana, U_a adalah rugi panas pada bagian atas pengering, U_s adalah rugi panas pada bagian samping dan U_b adalah rugi panas pada bagian bawah. Persamaan yang digunakan untuk mencari U_s, dan U_b adalah seperti pada persamaan 9 akan tetapi luas kaca yang digunakan disesuaikan dengan luas kaca pada area yang dihitung.

2.4 Neraca Massa dan Energi

Perhitungan neraca massa dan energi untuk sistem yang didefinisikan merupakan dasar dari analisis karakteristik pemakaian energi. Perhitungan neraca massa dan energi pada hakekatnya merupakan penerapan dari prinsip kekekalan massa dan energi yang menyatakan bahwa massa dan energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Neraca massa merupakan perincian banyaknya bahan-bahan yang masuk, keluar dan menumpuk dalam suatu alat pemrosesan. Untuk menentukan kesetimbangan massa pada pengering dituliskan pada persamaan 10 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$\rho_a \cdot V \cdot \frac{dH}{dt} = \rho_a \cdot H_{in} \cdot V_{in} - \rho_a \cdot H_{out} \cdot V_{out} + A_p \cdot D_p \cdot \rho_p \cdot \frac{dMP}{dt} \tag{10}$$

Neraca energi adalah cabang keilmuan yang mempelajari kesetimbangan energi dalam sebuah sistem, Perhitungan neraca energi dilakukan berdasarkan hukum pertama termodinamika, atau biasa disebut dengan hukum kekekalan energi. Untuk mengetahui energi panas yang masuk ke dalam bak pengering menggunakan persamaan 11 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$-k_f \cdot A_f \frac{dT_f}{dx} = A_f \cdot h_{d,f-g} (T_f - T_\infty) \quad | \quad (11)$$

Nilai panas spesifik (cp) pada cover dituliskan dalam persamaan 12 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$m_c \cdot c_{pc} \frac{dT_c}{dt} = A_c \cdot h_{c,c-a} \cdot T_a - A_c \cdot h_{c,c-a} \cdot T_c + A_c \cdot h_{r,c-s} \cdot T_s - A_c \cdot h_{r,c-s} \cdot T_c + A_c \cdot h_w \cdot T_{am} - A_c \cdot h_w \cdot T_c + A_p \cdot h_{r,p-c} \cdot T_p - A_p \cdot h_{r,p-c} \cdot T_c + A_c \cdot \alpha_c \cdot I_t \quad (12)$$

Panas spesifik (cp) udara di dalam ruang pengering dituliskan dalam persamaan 13 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$m_a \cdot c_{pa} \frac{dT_a}{dt} = A_p \cdot h_{c,p-a} \cdot T_p - A_p \cdot h_{c,p-a} \cdot T_a + A_f \cdot h_{c,f-s} \cdot T_f - A_f \cdot h_{c,f-a} \cdot T_a + A_p \cdot D_p \cdot C_{pv} \cdot \rho_p \cdot T_p \frac{dM_p}{dt} - A_p \cdot D_p \cdot C_{pv} \cdot \rho_p \cdot T_a \frac{dM_p}{dt} + \rho_a \cdot V_{out} \cdot C_{pa} \cdot T_{out} - \rho_a \cdot V_{in} \cdot C_{pa} \cdot T_{in} + U_c \cdot A_c \cdot T_{am} - V_c \cdot A_c \cdot T_a + [(1 - F_p) \cdot (1 - \alpha_f) + (1 - \alpha_p) F_p] \cdot I_t \cdot A_c \cdot \tau_c \quad (13)$$

Panas spesifik (cp) pada produk (jagung) dituliskan kedalam persamaan 14 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$m_p \cdot (c_{pp} + C_{pl} M_p) \frac{dT_p}{dt} = A_p \cdot h_{c,p-a} \cdot T_a - A_p \cdot h_{c,p-a} \cdot T_p + A_p \cdot D_p \cdot \rho_p \frac{dM_p}{dt} [L_p + C_{cp} \cdot T_p] - A_p \cdot D_p \cdot \rho_p \frac{dM_p}{dt} [L_p + C_{cp} \cdot T_a] F_p \cdot \alpha_p \cdot I_t \cdot A_c \cdot \tau_c \quad (14)$$

Panas spesifik (cp) pada bak penengring dituliskan kedalam persamaan 15 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$-k_f \cdot A_f \frac{dT_f}{dt} = (1 - F_p) \alpha_f \cdot I_t \cdot A_c \cdot \tau_c + A_f \cdot h_{c,f-a} \cdot T_a - A_f \cdot h_{c,f-a} \cdot T_f \quad (15)$$

Persamaan 10 sampai dengan 15 dimasukkan kedalam matriks data seperti dibawah ini. (Janjai, 2009)

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_c \\ T_a \\ T_p \\ T_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix}$$

Mencarinitai b_1, b_2, b_3 dan b_4 menggunakan persamaan 16 sampai dengan 19 berikut ini. (Janjai, 2009)

$$b_1 = m_c \cdot c_{pc} \frac{dT_c}{dt} = A_c \cdot h_{r,c-s} \cdot T_s - A_c \cdot \alpha_c \cdot I_t + A_c \cdot h_w \cdot T_{am} \quad (16)$$

$$b_2 = m_a \cdot c_{pa} \frac{dT_a}{dt} - [\rho_a \cdot V_{out} \cdot C_{pa} (T_{out} - T_{in})] - U_c \cdot A_c \cdot T_{am} + [(1 - F_p) \cdot (1 - \alpha_f) + (1 - \alpha_p) F_p] \cdot I_t \cdot A_c \cdot \tau_c \quad (17)$$

$$b_3 = m_p \cdot (c_{pp} + C_{pl} M_p) \frac{dT_p}{dt} = F_p \cdot \alpha_p \cdot I_t \cdot A_c \cdot \tau_c \quad (18)$$

$$b_4 = -k_f \cdot A_f \frac{dT_f}{dx} = (1 - F_p) \alpha_f \cdot I_t \cdot A_c \cdot \tau_c \quad (19)$$

3. Layout dan Spesifikasi

3.1 Desain Geometri Alat

Alat yang digunakan pada sistem pengering tenaga matahari adalah alat pengering dengan menggunakan sistem rumah kaca. Berikut ini adalah desain dari masing-masing bagian dari alat pengering yang digunakan

✓ Pengumpul Panas

Pengumpul panas terbuat dari kaca pelat datar setebal 5 mm dan aluminium pelat datar setebal 3 mm sebagai bak pengering

✓ Kondensor

Kondensor pada pengering berbentuk plat datar dengan ukuran 1 m x 0,8 m dengan kemiringan sebesar 60° dengan bahan terbuat dari kaca bening tebal 5 mm

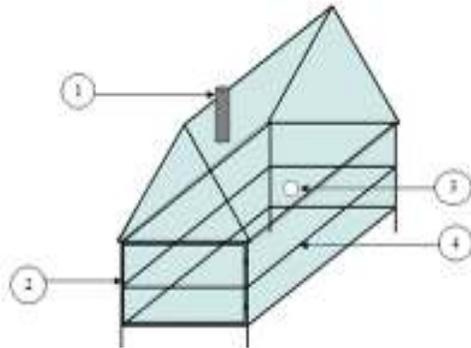
✓ Cerobong (*chimney*)

Cerobong (*chimney*) terbuat dari pipa PVC dengan dimensi tinggi 300 mm dan dengan diameter sebesar 100 mm. Dimensi dari cerobong didapatkan dari literatur tentang pengering tipe rumah kaca dengan melakukan perbandingan (yayienda, 2013).

✓ Ruang Pemanas

Ruang pemanas terbuat dari kaca bening dengan volume 1 m x 0,8 m x 0,6 m tebal 5 mm dimana didalam ruang kaca tersebut terdapat bak pengering dengan ukuran 1 m x 0,8 m.

Gambar 2 menunjukkan skema geometri pengering dan Tabel 1 menunjukkan variasi yang digunakan dalam menguji performansi alat pengering.



1. Cerobong Sirkulasi Udara (Cerobong 1)
2. Pintu Kedap Udara
3. Cerobong Variasi Bukaannya (Cerobong 2)
4. Bak Pengering

Gambar 2. Desain alat ERK

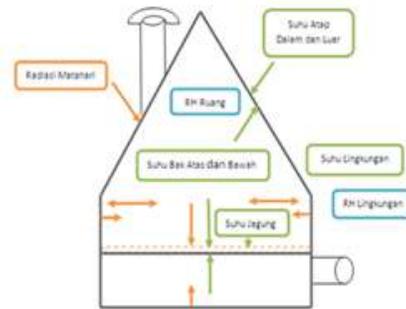
Tabel 1. Variasi Pengeringan

Variasi	Pemakaian	Bukaan Cerobong 2
1	Bak Kaca	0 %
2	Bak Kaca	100 %
3	Bak Kaca	50 %
4	Bak Aluminium	50 %
5	Bak Aluminium	0 %
6	Bak Aluminium	100 %

Jagung awal yang dimasukkan pada pengering mempunyai kandungan air sebanyak 20,7 %. Pengujian kadar air dilakukan dengan alat *Dry Oven* dengan suhu sebesar 105 °C selama 3 jam 15 menit.

3.2 Pegambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan memasukkan bahan uji dengan masa 5 Kg kemudian dilakukan pengukuran kadar air bahan uji sebelum dan setelah pengeringan. Pengambilan data dilakukan selama 9 jam setiap hari selama 18 hari pengujian. Data yang diambil adalah kelembapan relatif pengering, suhu dalam ruang pengering, suhu dalam dan luar atap pengering, bak pengering bagian atas dan bawah, suhu jagung dan kelembapan relatif pada ruang pengering. Gambar 3 menampilkan titik-titik pengambilan data selama pengukuran.

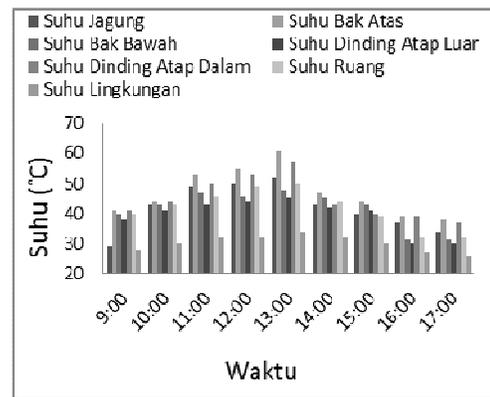


Gambar 3. Titik pengambilan data

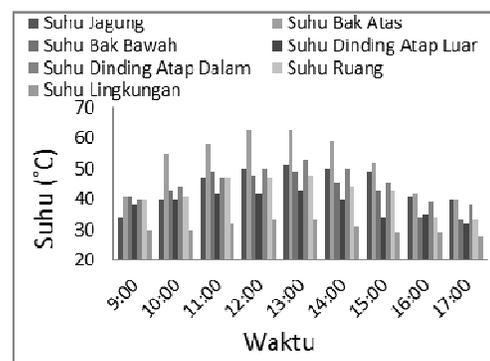
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji Lapangan

Berdasarkan data yang telah diambil, perbedaan suhu pada setiap titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4-5 pada variasi 2 dan variasi 6 berikut ini



Gambar 4. Pengukuran suhu-suhu pada variasi 2

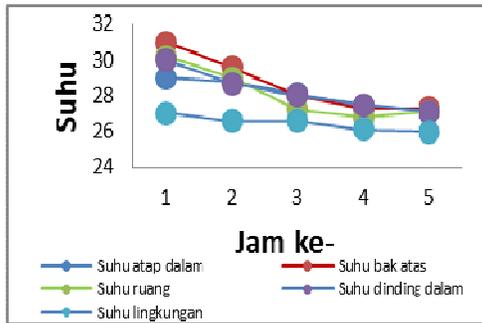


Gambar 5. Pengukuran suhu-suhu pada variasi 6

4.2 Panas yang Tersimpan

Panas yang tersimpan diukur setelah proses pengeringan yaitu dari pukul 17.00 sampai dengan 22.00 WITA. Dari hasil pengukuran yang dilakukan di peroleh data variasi pengeringan penyimpanan panas terbaik adalah pada variasi 2 dengan suhu

lingkungan yang lebih rendah dari variasi lainnya namun memiliki tingkat penyimpanan panas yang lebih baik. Data tersebut dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik suhu setelah proses pengeringan

4.3 Analisis Panas yang Berguna (Q_u) dan Panas yang Hilang (Q_{loss})

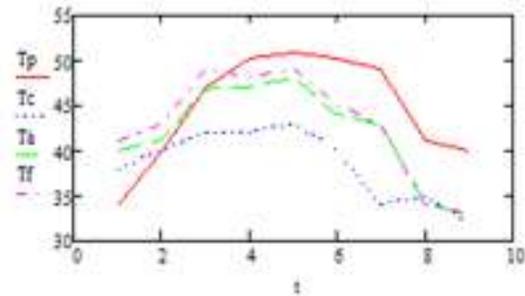
Berdasarkan data-data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan untuk dapat mengetahui performansi dari pengering efek rumah kaca. Dari analisa panas yang digunakan pada pengering diketahui bahwa panas masuk terbesar saat variasi 3 yaitu 21251.11 Watt sedangkan panas yang digunakan terbesar pada variasi 6 yaitu 2168.73 Watt sedangkan rugi panas terbesar pada variasi 3 yaitu 753.7565 W. Untuk analisis perhitungan dapat dilihat pada lampiran 8 dan untuk mengetahui performansi dari pengering efek rumah kaca dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Analisa panas yang berguna (Q_u) dan total rugi panas pada pengering (U_{total}).

Variasi	Q_u	Q_{loss}	U_a	U_r	U_b	U_d	U_{tot}	$Q_u + U_{tot}$
1	1815	2056	331.0	197.	131.3	141.	659.5	2122
2	239	5.07	957	0808	872	8106	636	4.63
3	2031	1117	325.3	193.	129.1	290.	648.1	1182
4	9.13	6.67	573	6651	1	4976	324	4.8
5	2125	1564	378.3	225.	150.1	337.	753.7	1640
6	1.11	7.33	798	2261	507	8391	565	1.09
7	2048	1140	165.5	98.5	65.69	147.	329.7	1172
8	4.71	0.2	473	4038	350	8106	818	0.08
9	1910	1542	216.7	129.	86.01	193.	431.8	1585
10	8.02	3.8	682	0287	912	543	16	5.62
11	1808	2168	319.2	190.	126.6	281.	635.9	2231
12	6.15	2.73	561	0334	889	0501	785	8.71

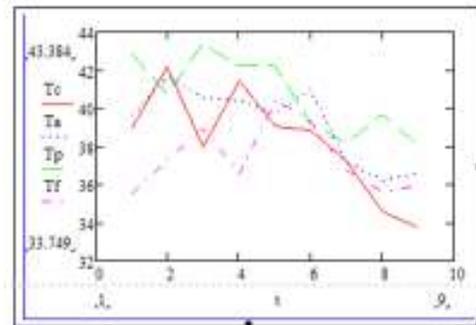
4.4 Neraca Massa dan Energi

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diketahui bahwa suhu pada neraca massa dan energi terbaik adalah pada variasi 6. Untuk mengetahui perbandingan data yang diperoleh dari pengukuran dan hasil analisis pada variasi 6 dapat dilihat pada gambar 7 dan 8 dibawah ini.



Gambar 7. Grafik pengukuran suhu pada proses pengeringan variasi 6

Dari data hasil pengukuran tersebut kemudian dapat di bandingkan dengan hasil analisis yang diperoleh dari perhitungan yang diolah kedalam bentuk matriks dan kemudian dipresentasikan kedalam sebuah grafik pada gambar 7 dibawah ini



Gambar 8. Grafik analisis temperatur pada variasi 6

Dari gambar 7 dan gambar 8 dapat disimpulkan bahwa suhu yang diperoleh dari pengeringan hasil analisis lebih kecil dari pada pengukuran suhu yang diperoleh saat uji coba, hal ini dikarenakan pada saat perhitungan laju aliran udara yang digunakan adalah 2 m/s, jika harga diperbesar menjadi 3.5 m/s maka hasil perhitungan akan mendekati hasil pengukuran. Dengan demikian dapat diketahui laju aliran udara di dalam system pengering untuk variasi 6 adalah 3.5 m/s.

5 Simpulan

Simpulan yang di dapatkan dari penelitian ini berdasarkan data – data yang telah diolah adalah:

- Variasi bukaan cerobong mempengaruhi kelembaban relatif di dalam ruang pengering dimana semakin besar bukaan cerobong maka semakin baik sirkulasi udara di dalam pengering sehingga selain mengurangi kelembaban relatif di dalam ruang pengering juga dapat mempercepat laju penguapan
- Dari hasil pengukuran pengeringan yang menyimpan panas terbaik adalah pada variasi 2 dengan suhu lingkungan terendah yaitu 26 °C pada pukul 22.00 WITA dan suhu bak pengering terendah yaitu 27,3 °C pada jam yang sama.

- Analisis panas yang berguna (Qu) terbaik adalah pada variasi 6 yaitu sebesar 2168.73 Watt dan analisis panas yang hilang (Qloss) yang di hitung dari total rugi panas (Utotal) terbesar adalah pada variasi 3 yaitu 753.7565 Watt.

- Suhu pengeringan yang diperoleh dari hasil analisis lebih rendah dari pada pengukuran suhu yang diperoleh pada saat uji coba.

- Total biaya pembuatan alat pengering efek rumah kaca (ERK) adalah Rp. 1.200.000,00 dengan kapasitas 15 kg jagung pipilan, sedangkan untuk kapasitas 2 ton jagung pipilan yaitu seharga Rp. 100.000.000,00-.

- Sesuai standart SNI 01-03920-1995, dimana waktu pengeringan di lakukan selama 9 jam yaitu dari jam 09.00 sampai dengan 17.00 WITA.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih untuk beasiswa unggulan selama 2 (dua) tahun studi dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI).

Daftar Pustaka

- [1] Badan Meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG). 2014, *Data radiasi matahari, suhu lingkungan wilayah bone bolango dan kelembaban lingkungan wilayah bone bolango*, tanggal 10 Februari – 20 Maret 2014.
- [2] Badan Pusat Informasi Jagung. 2013, *Produksi Jagung di Gorontalo*. Artikel diakses tanggal 12 Januari 2014 pukul 11.10 WITA <http://bpj.gorontalo.go.id>.
- [3] Badan Meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG). 2014, *Iklm di wilayah Gorontalo*, Artikel diakses tanggal 12 Januari 2014 pukul 11.00 WITA. <http://bmk.gorontalo.go.id>
- [4] Badan Pusat Statistik Gorontalo (BPS). 2014. *Rata-rata harga jagung hibrida di Gorontalo tahun 2013 – 2014*. <http://bps.gorontalo.go.id>
- [5] Yaienda Nibras. *Studi Eksperimental Sistem Pengering Tenaga Matahari Tipe Rumah Kaca Dengan Variasi Jarak Cermin Dalam Pengering*. Surabaya, 2013
- [6] Putri Indriyati. *Studi eksperimental system pengering tenaga surya menggunakan tipe green house dengan kotak kaca*. Surabaya, 2013.
- [7] Titahelu Nicolas. 2010, *Eksperimen Pengaruh Beban Panas Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Oven Pengering Cengkih*. Jurnal Teknologi, Volume 7 Nomor 1, 744 -750, 2010.

- [8] Tiwari, Anwar, *Evaluation Of Convective Heat Transfer CoeffCient In Crop Drying Under Open Sun Drying Conditions*, 2000.

- [9] Incropera, Frank P. dan Dewitt, David P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer. United States: John Willey & Sons. 1996.*

- [10] Ekechukwe, O.V. *Review of solar-energy drying systems I, an overview of drying principles and theory*. Energy Conversion and Management vol. 40 page5 93–613, 1997.

- [11] Setiawan Budi dkk, *Analisis performansi prototipe pengering jamur kuping dengan memanfaatkan efek rumah kaca dan energi suplemen dari biobriket limbah log bag*, Mekanika vol 7 no 1, 2008.