



PERANCANGAN PEMBUATAN ALAT UNTUK MENGERINGKAN TULANG KAPASITAS 4 KG

Shofwan Hanifa^a, Kardiman^b, Iwan Nugraha Gusniar^c,

^{a,b,c} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Kode Pos 41361

*E-mail koresponden: kardiman@ft.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diajukan:
dd/mm/yyyy

Diterima:
dd/mm/yyyy

Diterbitkan:
dd/mm/yyyy

ABSTAK

Pemanfaatan Limbah tulang sapi dari tempat pemotongan hewan dan juga dari rumah makan yang belum optimal, perlu adanya solusi untuk memanfaatkan dan memaksimalkan limbah organik tersebut. Untuk itu perlu dibuat alat atau memodifikasi alat yang sebelumnya sudah ada, agar pemanfaatan limbah tulang sapi lebih baik lagi untuk dimanfaatkan menjadi tepung tulang. Untuk itu dibuatlah suatu alat pengering yang baik, agar sebelum proses penggilingan tulang sapi tersebut sudah kering dan mudah untuk di giling. Alat ini mempunyai beberapa komponen seperti silinder, blower, motor penggerak dan rangka sebagai penahan konstruksinya. Dimensi dari alat ini adalah lebar 680 mm tinggi 3000 mm dan panjang 680 mm. diperoleh efisiensi alat pengering tulang metode langsung sebesar 0,06%. Hal ini terjadi karena kapasitas tulang yang dikeringkan hanya 1 kg (bukan kapasitas maximum). Panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan tulang tersebut sebesar 3074 watt. Temperatur pengeringan tercapai dan kekeringan tulang juga tercapai dengan bahan bakar gas LPG dengan kapasitas tulang 4 kg.

Keywords: *Alat pengering tulang, perhitungan thermal.*

ABSTRACT

Utilization of cow bone waste from slaughterhouses and also from restaurants that are not yet optimal, it is necessary to have a solution to utilize and maximize the organic waste. For this reason, it is necessary to make tools or modify existing tools, so that the utilization of cow bone waste can be even better used as bone meal. For this reason, a good drying device is made, so that before the grinding process the beef bones are dry and easy to grind. This

tool has several components such as a cylinder, blower, motor and frame as a barrier to its construction. The dimensions of this tool are 680 mm wide and 3000 mm high and 680 mm long. The efficiency of the direct method bone dryer is 0.06%. This happens because the capacity of the bones to be drained is only 1 kg (not the maximum capacity). The heat needed to dry the bones is 3074 watts. The drying temperature is reached and bone dryness is also achieved using LPG gas fuel with a bone capacity of 4 kg.

Keywords: *Bone dryer, thermal calculation ,.*

1. PENDAHULUAN

Mendengar kata limbah, bayangan orang tertuju pada barang sisa, buangan, kotor dan mencemari lingkungan. Karena itu, wajar jika kita selalu berusaha menjauhkan limbah dari rumah dan lingkungan kita. Namun ini bukan berarti bahwa kita semua telah melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik dan benar. Masih banyak orang bahkan industry yang membuang limbahnya sembarangan.

Data pengolahan Limbah Usaha Kecil (KLH 2003), menunjukkan bahwa sebagian besar industri pangan dipulau jawa : seperti industri tahu, tempe, kerupuk, dan pengolahan ikan. Limbah padat dan cairannya dibuang ke lingkungan, seperti selokan dan sungai. Kesadaran akan pengelolaan lingkungan yang notabene adalah vital untuk mencapai tingkat kehidupan yang sehat, sejahtera, aman, dan nyaman, sekaligus memanfaatkan hasil limbah aktivitas masyarakat dan industri nampaknya perlu ditingkatkan. Upaya pemanfaatan limbah ini selain merupakan bentuk pengelolaan lingkungan, juga merupakan upaya pengembangan sumber daya manusia yang dapat membuka lapangan kerja baru.

Pada dasarnya, limbah merupakan bahan yang terbuang atau dibuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis.

Secara garis besar, limbah dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Limbah organik, terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, peternakan, perikanan, rumah tangga, industry , dan lain-lain, yang secara alami mudah terurai (oleh aktivitas mikroorganismes).
2. Limbah anorganik, berasal dari sumber yang tak terbaharui seperti mineral dan minyak bumi, atau hasil samping proses industri.
3. Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), merupakan sisa suatu usaha yang mengandung bahan berbahaya/beracun, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat merusak atau mencemarkan dan membahayakan kelangsungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia, serta makhluk hidup lainnya.

Secara umum pengolahan limbah dapat dilakukan dengan cara pengurangan sumber (*source reduction*), penggunaan kembali, pemanfaatan (*recycling*), pengolahan (*treatment*) dan pembuangan.

Banyak jenis limbah dapat dimanfaatkan kembali melalui daur ulang atau dikonversikan ke produk lain yang berguna. Limbah yang dapat dikonversikan ke produk lain, misalnya limbah dari produksi pangan. Limbah tersebut biasanya masih mengandung serat, karbohidrat, protein, lemak, asam organik, dan mineral, yang pada dasarnya dapat mengalami perubahan secara biologis sehingga dapat dikonversikan ke produk lain seperti:

energy, pangan, pakan, pupuk organis, dll.

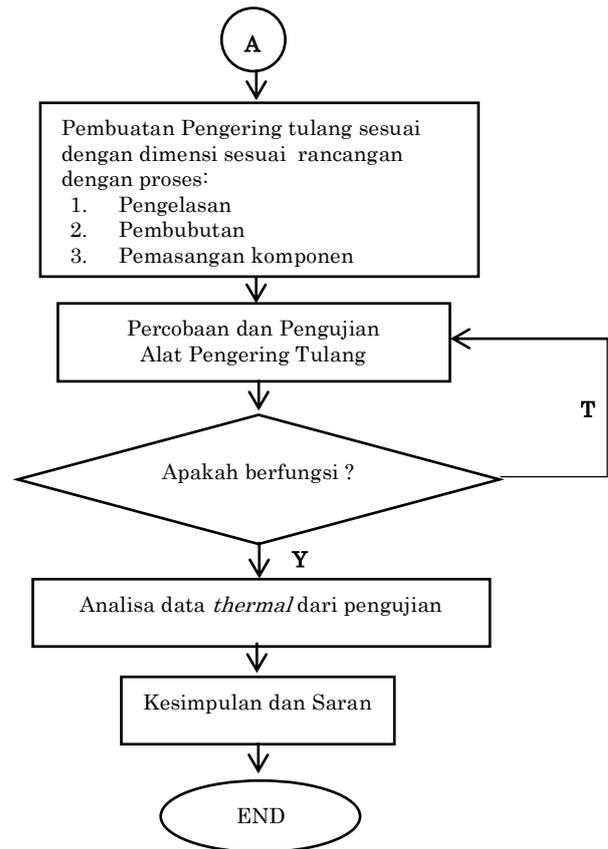
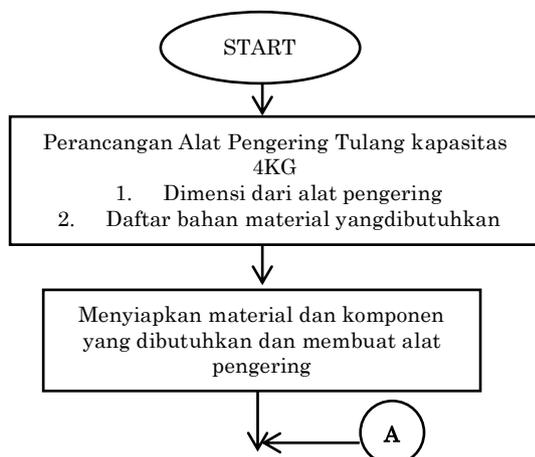
Konsep pemanfaatan limbah sebagai upaya untuk membangun usaha kecil dan mencegah (UKM), pertama-tama harus diketahui sifat kimia dan fisiknya, sehingga dapat diperkirakan berbagai produk yang mungkin dihasilkan. Kemudian produk yang dipilih dipertimbangkan dengan pasar dan tekno – ekonominya.

Sebagai contoh adalah limbah tulang dari tempat pemotongan hewan, rumah makan, dll. Limbah ini memiliki sifat kimiawi yang didominasi oleh protein (kolagen) dan mineral (kalsium dan posfor). Didasarkan atas sifat kimia tersebut, tulang mempunyai potensi untuk diolah menjadi produk yang berfungsi sebagai sumber protein, yaitu ekstrak tulang dan protein hidrosilat, disamping berupa tepung tulang yang merupakan sumber protein dan mineral, misalnya untuk keperluan nutrisi pakan dan ternak.

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan literatur bahwa pengeringan menggunakan panas matahari masih menyisakan kadar air yang cukup besar, terutama pada bagian dalam tulang. Hal ini dapat mengakibatkan timbulnya bakteri yang dapat menurunkan kualitas produk tepung tulang. Oleh karena itu pada analisa dari hasil percobaan dengan menggunakan alat yang sudah dibuat di harapkan dapat tercapai sesuai dengan suhu yang di butuhkan, atau mencapai suhu melebihi pemanasan secara konvensional menggunakan sinar matahari.

2.1 Gambar dan Tabel



Gambar 1. Diagram alir

Tabel 1. Analisis suplemen yang biasa digunakan dalam penyusunan ransum ternak unggas

Suplemen	Kalsium (%)	Posfor (%)	Natrium (%)	Fluor (%)	Selenium (%)
Fosfat yang fluornya dihilangkan	32	18	5,7	0,16	1,4
Fosfat, dikalsium	21	18,5	0,6	0,14	0,2
Kalsium karbonat	38	0	0,02	0	0
Kulit kerang	38	0	0,2	0,29	0
Natrium klorida	0	0	39,3	0	0
Tepung tulang	29	12,6	0,37	0,05	0

2.2. Alat dan Bahan

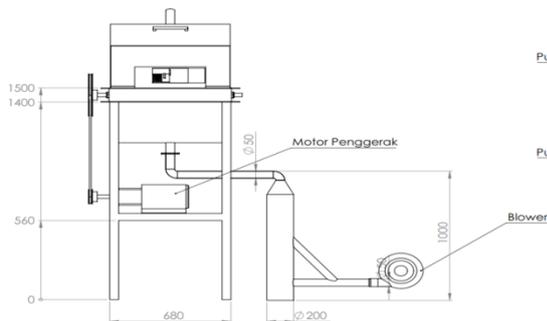
- Alat
 - Motor listrik kapasitas 1 Hp
 - V-belt
 - Blower
 - Puli
 - Alumunium foil
 - Gasswooll
 - Bearing
 - Semawar

- Gas LPG 3 Kg
- Regulator
- Komponen yang dibuat
 - Rangka
 - Silinder
 - Katup
 - Cerobong
 - Selongsong

2.3. Proses Pembuatan

Proses pembuatan alat pengering tulang metode langsung ini dilakukan berdasarkan yang didapat dari alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) yang digunakan pada alat pengering tulang metode langsung, diantaranya *supply* yang kurang maksimal kedalam ruang pengering.

Pada proses pembuatan ini yang akan dijelaskan adalah proses pembuatan tungku pemanas metode langsung, sedangkan untuk silinder (ruang pengering) dan rangka sama dengan yang digunakan pada alat pengering tulang metode tak langsung.



Gambar 2. Rancangan mesin pengering tulang



Gambar 3. Tampilan 3D Modelling

Bagian-bagian dari Mesin Pengering Tulang ini adalah Sebagai Berikut:

- Ruang Silinder yang berfungsi untuk menampung tulang yang akan dikeringkan
- Rangka yang berfungsi untuk menopang struktur komponen lainnya
- Blower yang berfungsi untuk mendorong udara panas dari ruang pembakaran menuju silinder ruang penampung tulang.
- Motor listrik yang berfungsi untuk menggerakkan puli untuk memutar silinder
- *V-belt* yang berfungsi untuk penerus putaran dari *output gearbox* ke poros silinder

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Alat Pengering Tulang

➤ *Beban pemanasan*

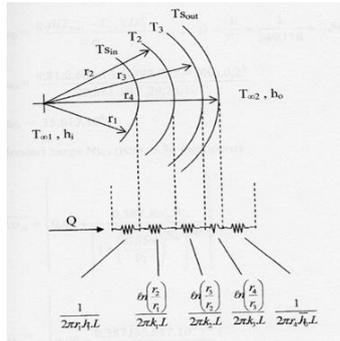
Untuk mencari Q_{bb} diperlukan data – data , dimana data – data tersebut diperoleh langsung saat pengujian dan dari beberapa literature. Data – data tersebut adalah sebagai berikut :

- $\dot{m}_{Gas} = 1 \text{ kg / jam} = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $LHV_{gas} = 24100 \text{ kJ/kg}$
- $k_{aluminium \text{ foil}} = 0,00016 \text{ W/m.K}$
- $k_{plywood} = 0,12 \text{ W/m.K}$
- $k_{stainless \text{ steel}} = 17,3 \text{ W/m.K}$
- $k_{pelat \text{ (karbon steel)}} = 56,7 \text{ W/m.K}$
- $k_{asbes} = 0,166 \text{ W/m.K}$
- $k_{glasswool} = 0,038 \text{ W/m.K}$

Beberapa data dari hasil perhitungan pada alat pengering tulang system tidak langsung digunakan untuk perhitungan alat pengering tulang system langsung. Data tersebut adalah :

- $Q_{Gas} = 6,694 \text{ kW} = 6694 \text{ W}$
- $\dot{m}_{produk} = 6,1364 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$

➤ Mencari Q_{loses} Dinding tungku pemanas



$$T_{\infty 1} = T_{s \text{ in}} = 517,87^\circ\text{C} = 790,87 \text{ K}$$

$$T_{s \text{ out}} = 125,237^\circ\text{C} = 398,237 \text{ K}$$

$$T_{\infty 2} = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_f = \frac{T_{s \text{ out}} + T_{\infty 2}}{2} = \frac{398,237 + 300}{2} = 349,118 \text{ K}$$

Sifat - sifat udara pada $T_f = 349,118 \text{ K}$ (Tabel A.4 *Incropera*)

$v = 20,381 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 29,934 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}$

$\alpha = 29,76 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$P_t = 0,7001$

- Mencari harga Ra_D

$$Ra_D = \frac{g \cdot \beta (T_{s \text{ out}} - T_{\infty 2}) \cdot D^3}{v \cdot \alpha} ; \beta = \frac{1}{T_f}$$

$$= \frac{1}{349,118}$$

$$= 2,864 \cdot 10^{-3}$$

$$Ra_D = \frac{9,81 \cdot 2,864 \cdot 10^{-3} \cdot (398,237 - 300) \cdot 0,2^3}{20,381 \cdot 10^{-6} \cdot 29,76 \cdot 10^{-6}}$$

$$Ra_D = 35,617 \cdot 10^6$$

- Mencari harga Nu_D (pers. 9.34 *Incropera*)

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 \cdot Ra_D^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 \cdot (35,617 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{0,7001} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$\overline{Nu}_D = 41,2321$$

- Mencari harga \overline{h}_0 (koefisien konveksi)

$$\overline{h}_0 = \frac{\overline{Nu}_D \cdot k}{D}$$

$$\overline{h}_0 = \frac{41,2321 \cdot 29,934 \cdot 10^{-3}}{0,2}$$

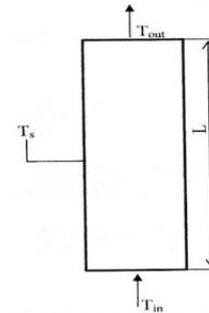
$$\overline{h}_0 = 6,171 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Mencari hambatan total dinding tungku pemanas

$$k_1 = k_{\text{asbes}}, k_2 = k_{\text{glasswool}}, k_3 = k_{\text{aluminiumfoil}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot r_1 \cdot h_1 \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi \cdot k_1 \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi \cdot k_2 \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi \cdot k_3 \cdot L} + \frac{1}{2\pi \cdot r_4 \cdot \overline{h}_0 \cdot L}}$$

- Mencari \overline{h}_i



$$D_{\text{tungku}} = 160 \text{ mm} = 0,16 \text{ m}$$

$$L_{\text{tungku}} = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$$

$$T_{in} = 518,87^\circ\text{C} = 790,87 \text{ K}$$

$$T_{out} = 411,33^\circ\text{C} = 684,33 \text{ K}$$

$$T_{s \text{ out}} = 125,237^\circ\text{C} = 398,237 \text{ K}$$

$$T_f = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{790,87 + 684,33}{2} = 737,6 \text{ K}$$

Sifat - sifat udara pada $T_f = 737,6 \text{ K}$ (Tabel A.4 *Incropera*)

$$C_p = 1,084 \text{ kJ / kg.K}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{s \text{ out}} - T_{out}) - (T_{s \text{ out}} - T_{in})}{\ln\left[\frac{(T_{s \text{ out}} - T_{out})}{(T_{s \text{ out}} - T_{in})}\right]}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(398,37 - 684,33) - (398,37 - 790,87)}{\ln\left[\frac{(398,37 - 684,33)}{(398,37 - 790,87)}\right]}$$

$$\Delta T_{lm} = -336,557 \text{ K}$$

$$\overline{h}_i = \frac{\dot{m}_{\text{campuran}} \cdot C_p \cdot (T_{out} - T_{in})}{\pi D L \cdot \Delta T_{lm}}$$

$$\overline{h}_i = \frac{6,134 \cdot 10^{-3} \cdot 1,084 \cdot (684,33 - 790,87)}{\pi \cdot 0,16 \cdot 1 \cdot (-336,557)}$$

$$\bar{h}_i = 4,191 \cdot 10^{-3} \frac{kW}{m^2 \cdot K} = 4,191 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$\alpha = 28,19 \cdot 10^{-6} m^2/s$$

$$Pr_1 = 0,701$$

Maka hambatan total dinding tungku pemanas :

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot r_1 \cdot h_1 \cdot L} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot k_1 \cdot L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi \cdot k_2 \cdot L} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi \cdot k_3 \cdot L} + \frac{1}{2\pi \cdot r_4 \cdot h_0 \cdot L}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot 0,14 \cdot 1,911 \cdot 1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot 0,166 \cdot 1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi \cdot 0,038 \cdot 1} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi \cdot 0,00016 \cdot 1} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,175 \cdot 6,171 \cdot 1}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{0,379 + 0,174 + 1,459 + 28,849 + 0,147}$$

$$\Delta U = 0,0322 \frac{W}{K}$$

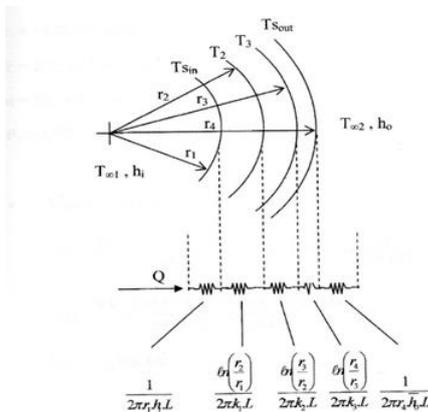
Sehingga Q_{losses} dinding tungku pemanas :

$$Q_{losses} = \Delta U \cdot (T_{s in} - T_{\infty 2})$$

$$Q_{losses} = 0,0322 \cdot (790,37 - 300)$$

$$Q_{losses} = 15,806 Wj$$

➤ Mencari Q_{losses} Pipa Saluran Udara Panas



$$D_{pipa} = 60 mm = 0,06 m$$

$$T_{in} = 411,33 \text{ } ^\circ C = 684,33 K$$

$$T_{out} = 361,0125 \text{ } ^\circ C = 634,0125 K$$

$$T_{\infty 1} = T_{s in} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{684,33 + 634,0125}{2} = 659,171 K$$

$$T_{s out} = 104,004 \text{ } ^\circ C = 377,004 K$$

$$T_{\infty 2} = 27 \text{ } ^\circ C = 300 K$$

$$T_f = \frac{T_{\infty 2} + T_{s out}}{2} = \frac{300 + 377,004}{2} = 338,502 K$$

Sifat – sifat udara pada $T_f = 338,502 K$ (

Tabel a.4 *Incropera*)

$$v = 19,76 \cdot 10^{-6} m^2/s$$

$$k = 29,1 \cdot 10^{-3} W/m \cdot K$$

- Mencari harga Ra_D

$$Ra_D = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{s out} - T_{\infty 2}) \cdot D^3}{v \cdot \alpha} ; \beta = \frac{1}{T_f}$$

$$= \frac{1}{338,502} = 2,954 \cdot 10^{-3}$$

$$Ra_D = \frac{9,81 \cdot 2,954 \cdot 10^{-3} (377,004 - 300) \cdot 0,06^3}{19,76 \cdot 10^{-6} \cdot 28,19 \cdot 10^{-6}}$$

$$Ra_D = 4,326 \cdot 10^5$$

- Mencari harga Nu_D (pers. 9.34 *Incropera*)

$$\bar{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 \cdot Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$\bar{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 \cdot (4,326 \cdot 10^5)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{0,701} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$\bar{Nu}_D = 11,50$$

- Mencari harga \bar{h}_0 (koeffisien konveksi)

$$\bar{h}_0 = \frac{\bar{Nu}_D \cdot k}{D}$$

$$\bar{h}_0 = \frac{11,50 \cdot 29,1 \cdot 10^{-3}}{0,06}$$

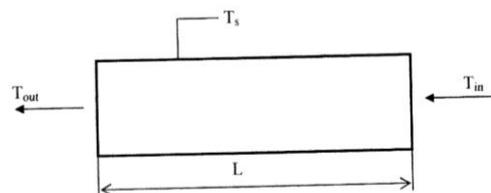
$$\bar{h}_0 = 5,5775 W/m^2 K$$

- Mencari hambatan total pipa

$$k_1 = k_{glasswol}, k_2 = k_{asbes}, k_3 = k_{aluminiumfoil}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot r_1 \cdot h_1 \cdot L} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot k_1 \cdot L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi \cdot k_2 \cdot L} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi \cdot k_3 \cdot L} + \frac{1}{2\pi \cdot r_4 \cdot h_0 \cdot L}}$$

- Mencari \bar{h}_i



$$D_{pipa} = 60 mm = 0,06 m$$

$$L_{pipa} = 400 mm = 0,4 m$$

Sifat – sifat udara pada $T_f = 338,502 \text{ K}$ (Tabel A.4 *Incropera*)

$$C_p = 1,0085 \text{ kJ / kg.K}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{sout} - T_{out}) - (T_{sout} - T_{in})}{\ln \left[\frac{(T_{sout} - T_{out})}{(T_{sout} - T_{in})} \right]}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(337,004 - 634,0125) - (337,004 - 685,33)}{\ln \left[\frac{(337,004 - 634,0125)}{(337,004 - 685,33)} \right]}$$

$$\Delta T_{lm} = -321,511 \text{ K}$$

Dimasukan ke dalam rumus berikut:

$$\bar{h}_i = \frac{\dot{m}_{campuran} \cdot C_p \cdot (T_{out} - T_{in})}{\pi D L \cdot \Delta T_{lm}}$$

$$\bar{h}_i = \frac{6,134 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0085 \cdot (634,0125 - 684,33)}{\pi \cdot 0,06 \cdot 0,4 \cdot (-321,511)}$$

$$\bar{h}_i = 0,012852 \frac{kW}{m^2 K} = 12,852 \frac{W}{m^2 K}$$

Maka hambatan total pipa :

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot r_1 \cdot h_1 \cdot L} + \frac{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{2\pi \cdot k_1 \cdot L} + \frac{\ln \left(\frac{r_3}{r_2} \right)}{2\pi \cdot k_2 \cdot L} + \frac{\ln \left(\frac{r_4}{r_3} \right)}{2\pi \cdot k_3 \cdot L} + \frac{1}{2\pi \cdot r_4 \cdot h_0 \cdot L}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot 0,03 \cdot 12,852 \cdot 0,4} + \frac{\ln \left(\frac{0,08}{0,03} \right)}{2\pi \cdot 0,038 \cdot 0,4} + \frac{\ln \left(\frac{0,1}{0,08} \right)}{2\pi \cdot 0,166 \cdot 0,4} + \frac{\ln \left(\frac{0,105}{0,1} \right)}{2\pi \cdot 0,00016 \cdot 0,4} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,175 \cdot 6,711}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{1,032 + 10,275 + 0,5351 + 121,392 + 0,679}$$

$$\Delta U = 7,467 \cdot 10^{-3} W/K$$

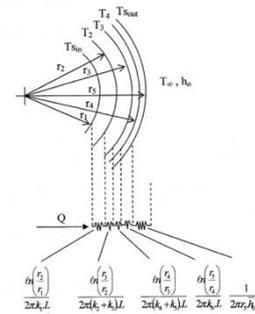
Sehingga Q_{losses} pipa :

$$Q_{losses \text{ total tungku}} = Q_{losses \text{ dinding tungku pemanas}} + Q_{losses \text{ pipa saluran udara panas}}$$

$$Q_{losses \text{ total tungku}} = 15,806 + 2,681$$

$$Q_{losses \text{ total tungku}} = 18,847$$

➤ **Mencari Q_{losses} Ruang Pengering**



$$T_{s \text{ in}} = T_{rata-rata \text{ kabin}} = 307,537 = 580,537 \text{ K}$$

$$T_{s \text{ out}} = 83,541 \text{ } ^\circ\text{C} = 356,541 \text{ K}$$

$$T_{\infty 2} = 27 \text{ } ^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_f = \frac{T_{s \text{ out}} + T_{\infty 2}}{2} = \frac{356,541 + 300}{2} = 328,2705 \text{ K}$$

Sifat – sifat udara pada $T_f = 328,2705 \text{ K}$ (Tabel A.4 *Incropera*)

$$v = 18,73 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{K}$$

$$k = 28,39 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

$$\alpha = 26,68 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{K}$$

$$Pr = 0,703$$

- Mencari harga Ra_D

$$Ra_D = \frac{g \cdot \beta (T_{s \text{ out}} - T_{\infty 2}) \cdot D^3}{v \cdot \alpha}; \beta = \frac{1}{T_f}$$

$$= \frac{1}{328,2705} = 3,0462 \cdot 10^{-3}$$

$$Ra_D = \frac{9,81 \cdot 3,0462 \cdot 10^{-3} (356,541 - 300) \cdot 0,3^3}{18,73 \cdot 10^{-6} \cdot 26,68 \cdot 10^{-6}}$$

$$Ra_D = 91,291 \cdot 10^6$$

- Mencari harga Nu_D (*pers. 9.34 Incropera*)

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 \cdot Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 \cdot (91,291 \cdot 10^6)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{0,703} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$\overline{Nu}_D = 54,939$$

- Mencari harga \bar{h}_0 (koeffisien konveksi)

$$\bar{h}_0 = \frac{\overline{Nu}_D \cdot k}{D}$$

$$\bar{h}_0 = \frac{54,939 \cdot 28,39 \cdot 10^{-3}}{0,3}$$

$$\bar{h}_0 = 5,199 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

- Mencari hambatan total ruang pengering

$$k_1 = k_{\text{stainless steel}}, k_2 = k_4 = k_{\text{carbon steel}}, k_3 = k_{\text{glasswool}}, k_5 = k_{\text{asbes}}, k_6 = k_{\text{aluminium foil}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi \cdot h_1 \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi \cdot (k_2 + k_3) \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi \cdot (k_4 + k_5) \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{r_5}{r_4}\right)}{2\pi \cdot k_6 \cdot L} + \frac{1}{2\pi \cdot r_5 \cdot \bar{h}_0 \cdot L}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{\ln\left(\frac{0,11}{0,1}\right)}{2\pi \cdot 17,3 \cdot 0,3} + \frac{\ln\left(\frac{0,15}{0,11}\right)}{2\pi \cdot (56,7 + 0,038) \cdot 0,5} + \frac{\ln\left(\frac{0,17}{0,15}\right)}{2\pi \cdot (56,7 + 0,166) \cdot 0,5} + \frac{\ln\left(\frac{0,175}{0,17}\right)}{2\pi \cdot 0,00016 \cdot 0,5} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,175 \cdot 5,199 \cdot 0,5}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{2,924 \cdot 10^{-3} + 1,740 \cdot 10^{-3} + 7 \cdot 10^{-4} + 57,698 + 0,35}$$

$$\Delta U = 0,0172 \text{ W/K}$$

Maka Q_{losses} ruang pengering adalah :

$$Q_{\text{losses}} = \Delta U \times \Delta T$$

$$Q_{\text{losses}} = \Delta U \times (T_{s \text{ in}} - T_{\infty 2})$$

$$Q_{\text{losses}} = 0,0172 (580,537 - 300)$$

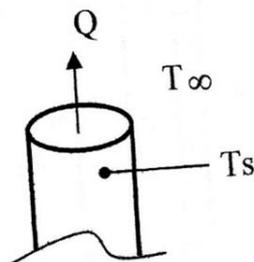
$$Q_{\text{losses}} = 4,825 \text{ W}$$

➤ Mencari Q_{losses} Cerobong Silinder

$$T_{s} = T_{\text{(rata-rata cerobong silinder)}} = 207,679^\circ\text{C}$$

$$= 480,678 \text{ K} = 688,369 \text{ R}$$

$$T_{\infty} = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$



Gas asap dianggap sebagai gas ideal Sifat – sifat udara pada $T_s = 699,369 \text{ R}$ (Tabel B.9 Termodinamika, Reynold & Perkins)

$$H = 167,445 \text{ Btu/lbm} = 389452,45 \text{ J/kg}$$

Maka Q_{losses} cerobong silinder adalah :

$$Q_{\text{losses}} = \dot{m}_{\text{campuran}} \cdot h$$

$$Q_{\text{losses}} = 6,1364 \cdot 10^{-3} \cdot 389452,45$$

$$Q_{\text{losses}} = 2389,836 \text{ W}$$

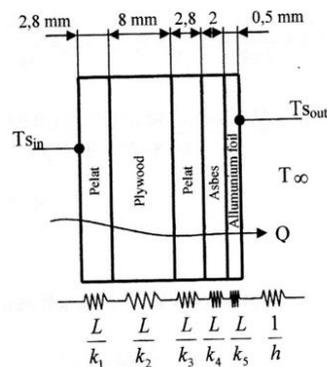
Sehingga $Q_{\text{losses total}}$ silinder adalah :

$$Q_{\text{losses total silinder}} = Q_{\text{losses ruang pengering}} + Q_{\text{losses cerobong silinder}}$$

$$Q_{\text{losses total silinder}} = 4,825 + 2389,836$$

$$Q_{\text{losses total silinder}} = 2394,661 \text{ W}$$

➤ Mencari Q_{losses} Pintu dan Penutup



$$T_{s \text{ in}} = T_{\text{rata-rata kabin}} = 307,537^\circ\text{C}$$

$$= 580,537 \text{ K}$$

$$T_{s \text{ out}} = T_{s \text{ rata-rata silinder}} = 83,541^\circ\text{C}$$

$$= 356,541 \text{ K}$$

$$T_{\infty} = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_f = \frac{T_{s \text{ out}} + T_{\infty}}{2} = \frac{356,541 + 300}{2} = 328,27 \text{ K}$$

Sifat – sifat udara pada $T = 328,27 \text{ K}$ (Tabel A.4 Incropera)

$$v = 18,73 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 28,39 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

$$\alpha = 26,68 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,703$$

- Mencari harga Ra_L (pers. 9.25 Incropera)

$$Ra_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_{\infty}) \cdot L^3}{v \cdot \alpha} ; \beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{328,27}$$

$$= 3,0462 \cdot 10^{-3}$$

$$Ra_L = \frac{9,81,3,046 \cdot 10^{-3} (356,541 - 300) 0,3^3}{18,73 \cdot 10^{-6} \cdot 26,68 \cdot 10^{-6}}$$

$$Ra_L = 9,305 \cdot 10^6$$

- Mencari harga Nu_L (pers. 9.27 Incropera)

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 \cdot Ra_L^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 \cdot (9,305 \cdot 10^6)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,703} \right)^{9/16} \right]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu}_L = 29,050$$

- Mencari harga \bar{h} (koevisien konveksi)

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_L \cdot k}{L}$$

$$\bar{h} = \frac{29,050 \cdot 28,39 \cdot 10^{-3}}{0,3}$$

$$\bar{h} = 2,749 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Mencari hambatan total pintu dan penutup

$$k_1 = k_3 = k_{\text{pelat}}, k_2 = k_{\text{plywood}}, k_4 = k_{\text{asbes}}, k_5 = k_{\text{aluminium foil}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{L}{k_1} + \frac{L}{k_2} + \frac{L}{k_3} + \frac{L}{k_4} + \frac{L}{k_5} + \frac{1}{\bar{h}}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{\frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{56,7} + \frac{8 \cdot 10^{-3}}{0,12} + \frac{2,8 \cdot 10^{-4}}{56,7} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,166} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,00016} + \frac{1}{2,749}}$$

$$\Delta U = \frac{1}{4,938 \cdot 10^{-5} + 0,0667 + 4,938 \cdot 10^{-5} + 0,01204 + 3,125 + 0,363}$$

$$\Delta U = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Maka Q_{losses} pintu dan penutup adalah :

$$Q_{\text{losses}} = \Delta U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{losses}} = 0,280 \cdot (0,3 \cdot 0,3) \cdot (580,337 - 300)$$

$$Q_{\text{losses}} = 7,06 \text{ W}$$

Q_{losses} pintu dan penutup diasumsikan sama, maka :

$$Q_{\text{losses}} = 1,17 \text{ X } 2$$

$$Q_{\text{losses}} = 14,12 \text{ W}$$

➤ Mencari Q_{losses} Ruang Bakar

$$T_s = 268,099^\circ\text{C} = 541,099 \text{ K}$$

$$T_\infty = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{541,099 + 300}{2} = 420,5495 \text{ K}$$

Sifat – sifat udara pada $T_f = 420,5495 \text{ K}$ (Tabel A.4 Incropera)

$$v = 28,86 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 35,25 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

$$\alpha = 41,95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,688$$

- Mencari harga Ra_L (pers. 9.25 Incropera)

$$Ra_L = \frac{g \cdot \beta (T_s - T_\infty) L^3}{v \cdot \alpha}; \beta = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{420,5495}$$

$$= 2,377 \cdot 10^{-3}$$

$$Ra_L = \frac{9,81,2,377 \cdot 10^{-3} (541,099 - 300) 0,2^3}{28,86 \cdot 10^{-6} \cdot 41,95 \cdot 10^{-6}}$$

$$Ra_L = 37,149 \cdot 10^6$$

- Mencari harga Nu_L (pers. 9.27 Incropera)

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 \cdot Ra_L^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 \cdot (37,149 \cdot 10^6)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,688} \right)^{9/16} \right]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{78,07046784}{1,30751068}$$

$$\overline{Nu}_L = 60,389$$

- Mencari harga \bar{h} (koevisien konveksi)

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_L \cdot k}{L}$$

$$\bar{h} = \frac{60,389 \cdot 35,23 \cdot 10^{-3}}{0,2}$$

$$\bar{h} = 10,637 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Maka Q_{losses} ruang bakar adalah :

$$Q_{\text{losses}} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{losses}} = 10,637 \cdot (\pi \cdot 0,2 \cdot 0,35) \cdot (541,099 - 300)$$

$$Q_{\text{losses}} = 563,692 \text{ W}$$

➤ Mencari Q Tungku / Cerobong Pemanas

$$Q_{\text{tungku pemanas}} = Q_{\text{Gas}} - Q_{\text{losses total}}$$

$$Q_{\text{losses total}}$$

$$= Q_{\text{losses dinding tungku pemanas}}$$

$$+ Q_{\text{losses pipa}} + Q_{\text{losses total silinder}}$$

$$+ Q_{\text{losses pintu dan penutup}}$$

$$+ Q_{\text{losses ruang bakar}}$$

$$Q_{\text{losses total}} = 15,806 + 2,681 + 2394,661 + 14,12 + 563,692$$

$$Q_{\text{losses total}} = 2990,96 \text{ W}$$

Maka $Q_{\text{tungku pemanas}}$:

$$Q_{\text{tungku pemanas}} = Q_{\text{gas}} - Q_{\text{losses total}}$$

$$Q_{\text{tungku pemanas}} = 6694 - 2990,96$$

$$Q_{\text{tungku pemanas}} = 3703,04 \text{ W}$$

➤ Mencari Kapasitas Alat Pengering Tulang

Dari hasil pengujian diperoleh :

- Kondisi Awal :
 - Kadar air (MC) awal = 44,1%
 - Berat awal = 1 kg
 - Massa tulang kering : $\frac{100 - 44,1}{100} \times 1 = 0,559 \text{ kg}$
- Kondisi Akhir :
 - Kadar air (MC) akhir = 8,2 %
 - Massa total = massa tulang kering + massa air
 - $MC_{\text{akhir}} = \frac{\text{massa}_{\text{air}}}{\text{massa}_{\text{total}}} = \frac{\text{Massa}_{\text{Air}}}{(\text{massa}_{\text{tulang kering}} + \text{massa}_{\text{air}})}$
 - $0,082 = \frac{\text{Massa}_{\text{Air}}}{(0,559 + \text{Massa}_{\text{Air}})}$
 - $\text{Massa}_{\text{Air}} = 0,0499 \text{ kg}$
 - Massa total = Massa tulang kering + Massa air

$$\text{Massa total} = 0,559 + 0,0499$$

$$= 0,6089 \text{ kg}$$

- Air yang berkurang selama pengeringan :

$$m_{\text{air pengeringan}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air pengeringan}} = 1 - 0,6089$$

$$m_{\text{air pengeringan}} = 0,3911 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{pengeringan}} = \frac{m_{\text{air pengeringan}}}{1} \times h_{fg(\text{air})}$$

$t_{\text{pengeringan}} = 32 \text{ jam} = 115200 \text{ detik}$ (dari hasil pengujian)

Dari tabel B.1a Reynold Perkins (Termodinamika), diperoleh :

$$h_{fg(\text{air})} = 1345,4 \text{ kJ / kg ; pada}$$

$$\bar{T}_{\text{ruang pengering}} = 307,537 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{pengeringan}} = \frac{0,3911}{115200} \times 1345,4$$

$$Q_{\text{pengeringan}} = 4,567 \times 10^{-3} \text{ kW} = 4,567 \text{ W}$$

Maka efisiensi alat pengering tulang metode langsung :

$$\eta = \frac{Q_{\text{pengeringan}}}{Q_{\text{gas}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{4,567}{6694} \times 100\%$$

$$\eta = 0,6 \%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi alat pengering tulang metode langsung sebesar 0,06%. Hal ini terjadi karena kapasitas tulang yang dikeringkan hanya 1 kg (bukan kapasitas maximum). Kapasitas maximum dari tulang yang akan dikeringkan, diperoleh pada perhitungan dibawah ini :

Diketahui :

$$D_{\text{silinder}} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

$$L_{\text{silinder}} = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$$

$$V_{\text{silinder}} = A_{\text{lingkaran}} \times L_{\text{silinder}}$$

$$V_{\text{silinder}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times L_{\text{silinder}}$$

$$V_{\text{silinder}} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \times 0,3$$

$$V_{\text{silinder}} = 9,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Mencari ρ_{tulang} :

$$\rho_{\text{tulang}} = \frac{m_{\text{tulang}}}{V_{\text{tulang}}} = \frac{1 \text{ kg}}{\frac{\pi D^2 L}{4}} = \frac{1 \text{ kg}}{\frac{\pi (0,1)^2 \cdot 0,3}{4}}$$

$$= 424,62 \text{ kg/m}^3$$

Kapasitas tulang dengan $V_{\text{silinder}} = 9,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ adalah :

$$m_{\text{tulang}} = \rho_{\text{tulang}} \times V_{\text{silinder}}$$

$$m_{\text{tulang}} = 424,62 \times 9,42 \cdot 10^{-3}$$

$$m_{\text{tulang}} = 4 \text{ kg}$$

Maka kapasitas maximum tulang yang dikeringkan dari alat pengering tulang adalah sebesar 4 kg.

4. KESIMPULAN

Telah dibuat sebuah alat pengering tulang dengan kapasitas 4 kg dengan menggunakan bahan bakar gas LPG. Alat ini mempunyai beberapa komponen seperti silinder, blower, motor penggerak dan rangka sebagai penahan konstruksinya. Dimensi dari alat ini adalah lebar 680 mm tinggi 2000 mm dan panjang 680 mm. diperoleh efisiensi alat pengering tulang metode langsung sebesar 0,06%. Hal ini terjadi karena kapasitas tulang yang dikeringkan hanya 1 kg (bukan kapasitas maximum).Panas yang dibutuhkan untuk

mengeringkan tulang tersebut sebesar 3074 watt.

Temperatur pengeringan tercapai dan kekeringan tulang juga tercapai dengan bahan bakar gas LPG dengan kapasitas tulang 4 kg.

4. SARAN

1. Silinder ruang pengering pada bagian yang berlubang – lubang untuk saluran masuk dan saluran keluar udara panas sebaiknya diperkecil, hal ini dilakukan untuk menghindari patahan – patahan tulang terjebak di dalam saluran masuk udara panas yang dikarenakan silinder ruang pengering berputar, sehingga aliran udara panas tidak terhambat.
2. Perlu adanya perbaikan konstruksi pintu untuk memudahkan memasukkan dan mengeluarkan tulang.
3. Penelitian lebih lanjut tentang bahan bakar alternatif yang digunakan untuk menghindari menipisnya minyak bumi dan pengaruhnya terhadap pengeringan tulang.
4. Penelitian lebih lanjut tentang pengaruh temperatur dan waktu pengeringan terhadap kualitas tulang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas dukungan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Terutama kepada :

1. Civitas Universitas Singaperbangsa Karawang
2. Tim Dosen Jurusan Teknik Mesin Unsika
3. Rekan-rekan Teknik Mesin Unsika

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. 1983 “Ilmu Gizi Dan Makanan Ternak”, Penerbit Angkasa, Bandung. Aminudin,.
- [2] HR, 1995 “Nutrisi Aneka Ternak Unggas”, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.. Anggorodi,.
- [3] Inc. Arthur P. Frass. 1989. Heat Exchanger Design. New York : John Wiley and Sons,.
- [4] Norman W, 1988 “Teknologi Pengawetan Pangan”, Edisi Ketiga, Penerbit Universitas Indonesia Desrosier, P
- [5] Frank Kreith dan Arko Prijono. 1994. Prinsip – prinsip Perpindahan Panas. Jakarta : Erlangga,.
- [6] William C. Reynolds and Henry C. Perkins. 1982. Termodinamika Teknik. Jakarta : Erlangga,.
- [7] Ellis Horwood Limited, England Fellows. P.1990. “Food Processing Technology “ Principles and Practice,.
- [8] C. W., 1980 “Drying And Storage Of Agricultural Crops”, AV, Westport Connecticut Hall,.
- [9] Frank P and De Witt, David P. 1996. Fundamental of Heat and Mass Transfer. New York : John Wiley and Sons, Inc. Incropera,.
- [10] Inc. Michael J.Moran and Howard N. Shapiro. 1996. Fundamental of Engineering Thermodynamics. New York : John Wiley and Sons,.
- [11] Wahyu Juju.1997. Ilmu Nutrisi Unggas. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.SSS,.
- [12] Muhammad, 1992 “Seputar Makanan Ayam Kampung”, Penerbit Kanisius. Rasyaf,.
- [13] Muhammad, 1993 “Memelihara Ayam Buras”, Penerbit Kanisius. Rasyaf,.
- [14] E.E., M.E., P.E and John F. Malloy, M.E., P.E. 1981. Thermal Insulation Handbook. New York :McGraw – Hill Book Company. William C. Turner,.