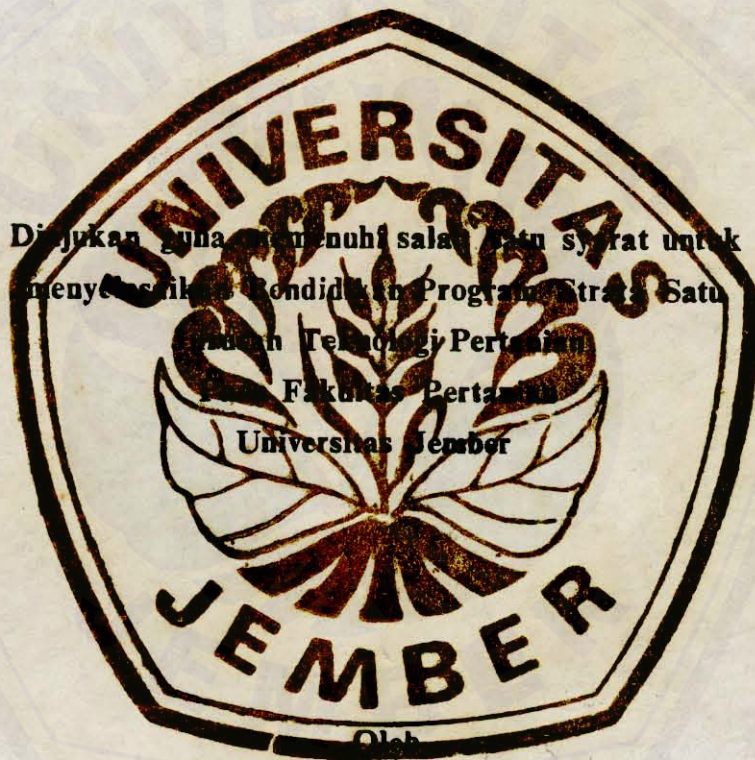


ANALISIS EFISIENSI PANAS  
RUMAH PENDINGING TYPE THIN LAYER  
PADA PROSES PENDINGINAN GABAH

KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)



*Saiful Anwar*

NIM. 8915102140



MILIK PERPUSTAKAAN

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

APRIL, 1996

Tidak Dipinjamkan Keluar



**DOSEN PEMBIMBING :**

**(1) Ir. BOEDI SOESANTO, MS**

**(2) Ir. SETIYO HARRI, MS**



MOTTO :

Jangan banyak berfikir, satu saja sudah, ilmu dan ibadah  
satukan saja, di situ ada sukses

(Imam Al Gazaali)



Karya Tulis ini Kupersembahkan Kepada :

- Bapak dan Emak yang selalu kumuliakan
- Bapak dan Ibu Drs. Liakip, SU
- Tunanganku Ayunda Kumala Nusantarawati
- Adikku Mafud Husairi + Novita Cholifah Ida
- Adikku Nurul + Nana
- Almamater

Diterima oleh :

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 28 Maret 1996

Tempat : Fakultas Pertanian  
Universitas Jember

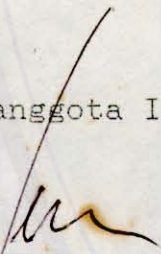
TIM PENGUJI

Ketua

  
Ir. BOEDI SOESANTO, MS

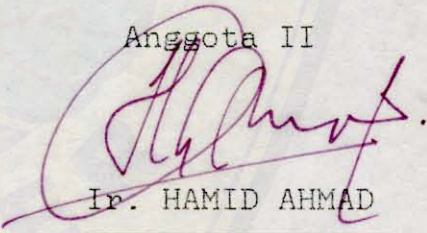
NIP. 130 806 686

anggota I

  
Ir. SETIYO HARRI, MS

NIP. 131 288 235

Anggota II

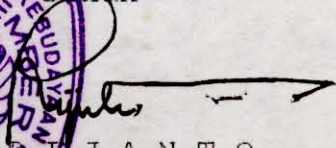
  
Ir. HAMID AHMAD

NIP. 131 386 655

Mengesahkan

Dekan



  
I. JANTO

NIP. 130 206 217

Syukur alhamdulillah penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, karena hanya dengan ijin-Nya semata penyusunan Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) yang berjudul "Analisis Efisiensi Panas Rumah Pengering Type Thin Layer pada Proses Pengeringan Gabah" ini dapat diselesaikan.

Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini disusun berdasarkan hasil percobaan dan kajian pustaka, dan diajukan guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program strata satu pada Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian Universitas Jember.

Selama penyusunan Skripsi ini penyusun merasakan telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini pula penyusun menyampaikan penghargaan dan terimakasih yang sedalam-dalamnya terutama kepada yang terhormat :

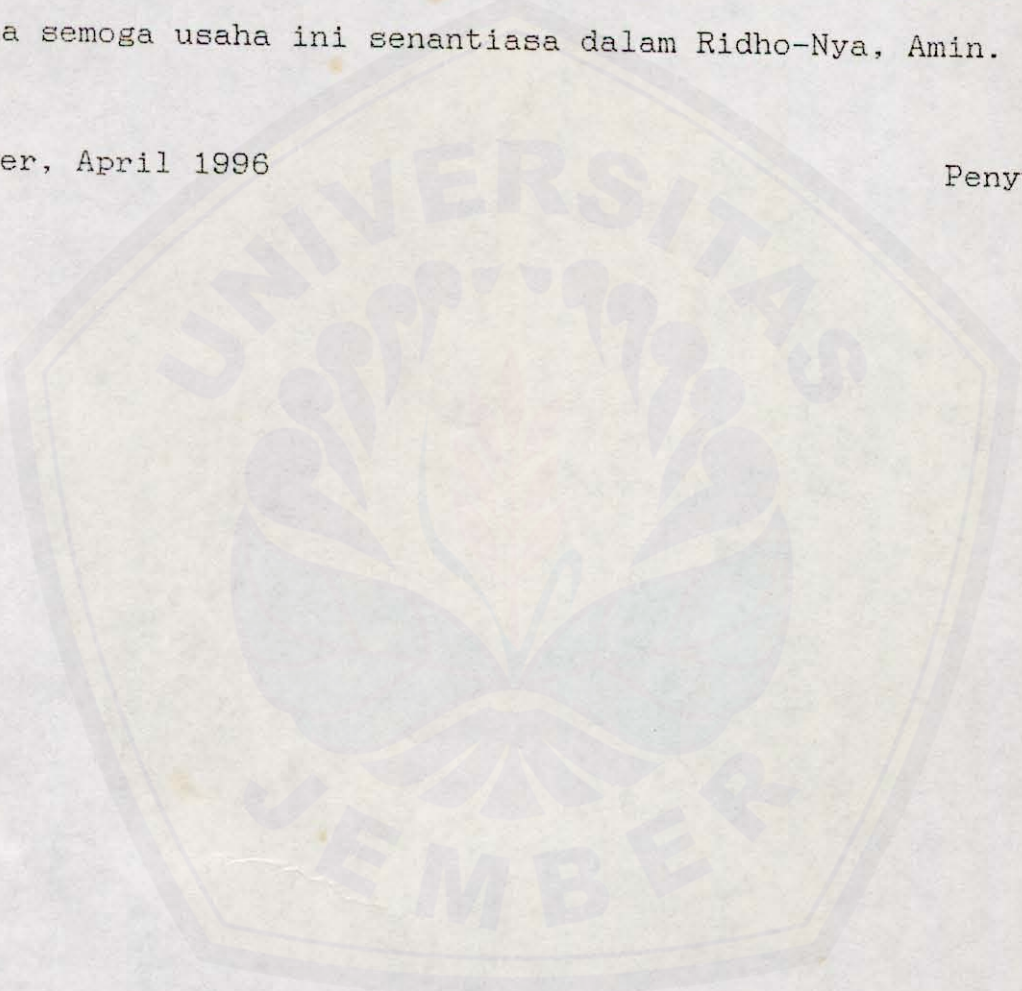
- (1). Ir. Rijanto selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan kesempatan atau ijinm kepada penyusun untuk menyelesaikan skripsi ini.
- (2). Ir. Boedi Soesanto, MS. selaku Dosen Pembimbing Utama yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, nasehat dan petunjuk sejak awal sampoai terselesaikannya skripsi ini.
- (3). Ir. Setyo Harri, MS. selaku Dosen Pembimbing Anggota I dan Ir. Hamid Achmad selaku dosen Pembimbing Anggota II yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk serta saran yang sangat berguna.

(4). Ayahanda dan Ibunda serta saudara-saudara yang telah banyak memberikan bantuan moril dan materiil sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penyusun mengharapkan semoga Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun semua pihak. Akhirnya, penyusun meminta saran dan kritik atas segala kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, serta semoga usaha ini senantiasa dalam Ridho-Nya, Amin.

Jember, April 1996

Penyusun

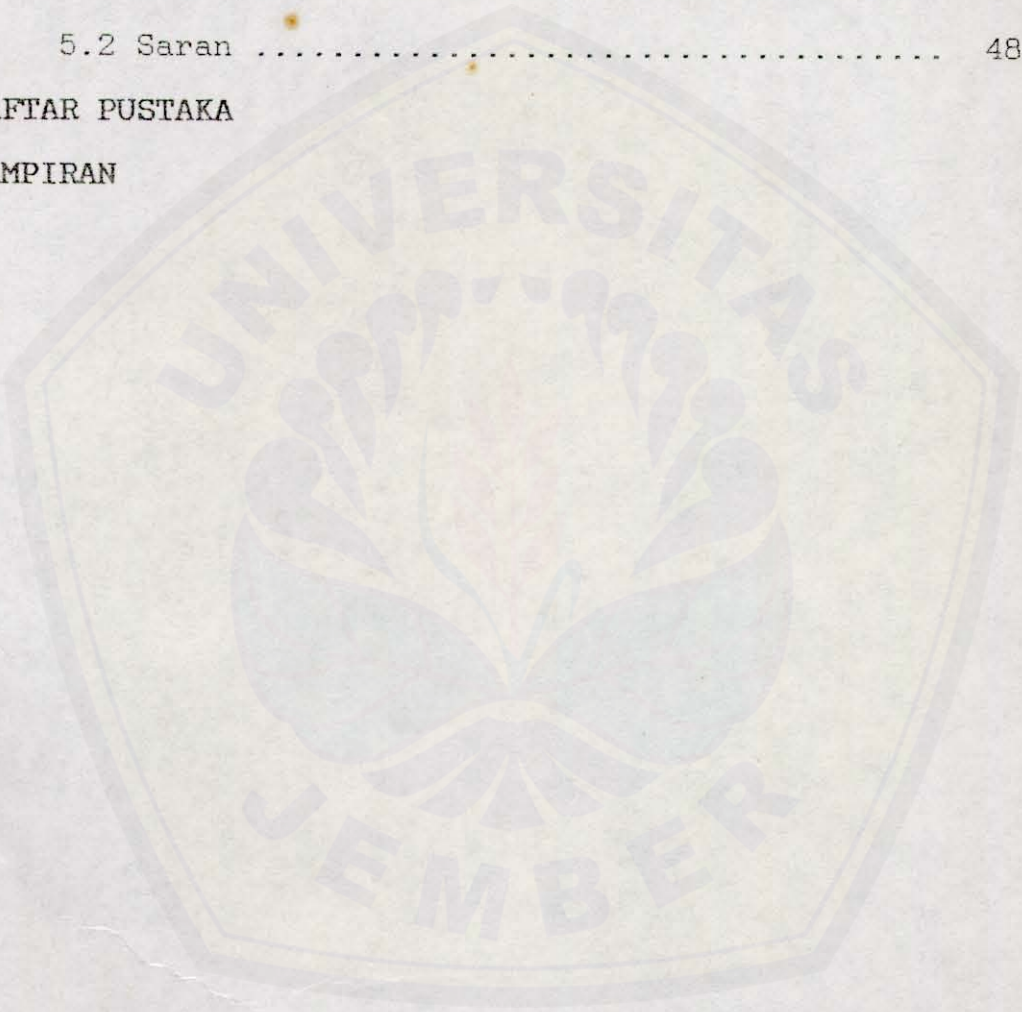


	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK .....	xiii
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Sasaran .....	3
1.3 Kegunaan Penelitian .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Teori Pengeringan .....	4
2.2 Pengaruh Suhu Udara pada Proses Pengeri- ngan .....	5
2.3 Laju Pengeringan .....	5
2.3.1 Periode Permulaan .....	7
2.3.2 Periode Laju Pengeringan Tetap .....	8
2.3.3 Periode Titik Kritis dan Laju Pengeri- ngan Menurun I .....	8
2.3.4 Periode Laju Pengeringan Menurun II ...	9



2.4 Laju Aliran Udara .....	9
2.5 Dasar-dasar Pindah Panas .....	11
2.5.1 Konduksi .....	12
2.5.2 Konveksi .....	14
2.5.3 Radiasi .....	15
2.6 Aliran Panas pada Rumah Pengering .....	16
2.6.1 Kehilangan Panas pada Dinding .....	17
2.6.2 Kehilangan Panas pada Pintu Rumah Pengering .....	18
2.6.3 Kehilangan Panas pada Cerobong .....	18
2.7 Efisiensi Panas Rumah Pengering .....	19
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	21
3.3 Pelaksanaan Penelitian .....	21
3.4 Pengamatan .....	22
3.5 Analisis Pengeringan .....	22
3.6 Analisis Panas .....	22
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Proses Pengeringan Gabah .....	23
4.2 Analisis Pengeringan .....	28
4.3 Analisis Panas Rumah Pengering .....	29
4.3.1 Aliran Panas dalam Rumah Pengering .....	30
4.3.2 Kehilangan Panas pada Dinding Limas ...	32
4.3.3 Kehilangan Panas pada Dinding Tegak (Segi Empat) .....	35

4.3.4 Kehilangan Panas pada Dinding Pintu ...	38
4.3.5 Panas yang Diserap Bahan .....	40
4.3.6 Sisa Panas Melalui Cerobong .....	42
4.4 Efisiensi Panas pada Rumah Pengering ....	44
V. KESIMPILAN DAN SARAN .....	47
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



	.Teks	halaman
TABEL 4.1 Hasil perhitungan kadar air (%), water losses(gram)jumlah waterlosses (gram) pada masing-masing percobaan.....		25



## DAFTAR GAMBAR

	Teks	halaman
GAMBAR	2.1. Kurva hubungan kadar air dan waktu.....	6
GAMBAR	2.2. Kurva pengeringan.....	7
GAMBAR	2.3. Grafik Psikrometrik Chart.....	10
GAMBAR	2.4. Tanda untuk aliran pindah panas konduksi.....	12
GAMBAR	2.5. Dinding komposit tersusun seri.....	13
GAMBAR	2.6. Dinding komposit tersusun paralel.....	14
GAMBAR	4.1. Grafik penurunan kadar air.....	27
GAMBAR	4.2. Grafik kandungan air yang diuapkan.....	28
GAMBAR	4.3. Input panas rumah pengering.....	32
GAMBAR	4.4. Grafik kehilangan panas pada dinding limas....	35
GAMBAR	4.5. Grafik kehilangan panas pada dinding tegak....	37
GAMBAR	4.6. Grafik kehilangan panas pada dinding pintu....	39
GAMBAR	4.7. Grafik panas yang diserap bahan.....	41
GAMBAR	4.8. Grafik sisa panas lewat cerobong.....	43
GAMBAR	4.9. Grafik efisiensi panas.....	45

ABSTRAK

Meningkatnya hasil pertanian membutuhkan proses pengeringan yang cepat. Salah satu usaha untuk memenuhi hal tersebut adalah dengan menggunakan alat pengering. Selanjutnya untuk mengetahui kebutuhan panas dari alat pengering sehingga efisiensi panas bisa terpenuhi dan dapat dilakukan seoptimal mungkin diperlukan usaha-usaha penelitian terhadap subsistem-subsistem dari sistem alat pengering.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi panas dari subsistem rumah pengering pada proses pengeringan gabah. Sedangkan analisis yang digunakan adalah analisis pengeringan dan analisis panas dari subsistem rumah pengering.

Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada kalangan yang berkepentingan dengan masalah pengeringan bahan pertanian khususnya gabah serta memberikan informasi tentang bagaimana memperkecil kerugian tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari data pencar diperoleh persamaan kehilangan panas pada dinding limas adalah  $Y_{est} = 6.1254029762 + 0.2196298031X - 0.0005722982X^2$  untuk dinding limas diatas hamparan dengan  $R^2 = 91,64\%$  dan  $Y_{est} = 16.0853 + 0.0537287302X - 0.0001412107X^2$  DENGAN  $R^2 = 92,54\%$  untuk dinding limas dibawah hamparan, dinding tegak adalah  $Y_{est} = 2.617418452 + 0.2177242X - 0.00055788X^2$  dengan  $R^2 = 91,14\%$  untuk dinding tegak di atas hamparan dan  $Y_{est} = 13.540725 + 0.056957440X - 0.0001424582X^2$  dengan  $R^2 = 89,30\%$  untuk dinding tegak dibawah hamparan serta dinding pintu adalah  $Y_{est} = 17.1804 + 2.1372X - 0.0049X^2$  dengan  $R^2 = 96,56\%$  untuk dinding pintu diatas hamparan dan  $Y_{est} = 116.05136607 + 0.4749649588X - 0.0012032107X^2$  dengan  $R^2 = 88,29\%$ . Sedangkan efisiensi panas rumah pengering adalah  $Y_{est} = 43.992549405 - 0.24502095X + 0.0005230747X^2$  dengan  $R^2 = 50,53\%$  pada  $X_1 = 15$  menit sampai  $X_2 = 240$  menit.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kegiatan budidaya tanaman secara menyeluruh tidak terbatas pada kegiatan penyiapan lahan, penanaman, perawatan dan panen. Kegiatan pengelolaan setelah panen perlu diperhatikan. Upaya pengamanan dan peningkatan kualitas hasil pertanian memerlukan pengelolaan tambahan antara lain pembersihan dan sortasi (cleaning and sorting), pengecilan ukuran (size reduction), pengangkutan, pengeringan (drying) dan penggudangan (S.M. HANDERSON AND PERRY, 1970).

Semua hasil pertanian mudah rusak (perishable) dan tidak tahan lama disimpan. Salah satu usaha untuk memperpanjang daya simpan hasil pertanian adalah dengan operasi pegeringan yang dapat dilaksanakan secara langsung atau yang dipadukan dengan pengolahan bahan-bahan tersebut menjadi produk-produk yang mempunyai daya simpan yang relatif lebih tinggi (GUNARIF TAIB, 1988).

Sumber energi pengeringan yang relatif sederhana pada hasil-hasil pertanian adalah sinar matahari artinya bahan dijemur diatas tanah, batu dan lantai yang dipersiapkan untuk penjemuran. Cara ini adalah cara yang paling mudah dan murah terutama untuk daerah yang beriklim tropis. Cara lain adalah dengan pengeringan buatan yang mendapatkan energi tidak dari sinar matahari yang berarti tidak tergantung pada keadaan cuaca dan iklim.

Pengeringan dengan alat mekanis memberikan keuntungan diantaranya : a). tidak tergantung pada iklim, b). kapasitas pengeringan dapat ditentukan sesuai dengan keinginan, c). tidak memerlukan tempat yang luas dan d). kondisi pengeringan dapat dikontrol. Pengeringan mekanis memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat pengering, memanaskan bahan, menguapkan air bahan (GUNARIF TAIB, 1988).

Menurut Cabe dan Smith (1993), pada pengeringan buatan energi diperlukan untuk : a). memanaskan alat pengering, b). mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat pengering c). memanaskan bahan sampai tercapai suhu yang dipertahankan pada kondisi pengeringan (specific heat), d. untuk penguapan (latent heat of vaporization).

Selanjutnya untuk mengetahui kebutuhan panas dari alat pengering perlu diadakan penelitian terhadap subsistem-subsistem dari sistem alat pengering dan rugi-rugi panas yang terjadi pada masing-masing subsistem, sehingga dapat diketahui tingkat efisiensi dari alat pengering tersebut.

Pada penelitian ini akan dianalisis kehilangan panas sebagai rugi panas dari sub sistem rumah pengering type thin layer sehingga pada akhirnya dapat diketahui tingkat efisiensi dari rumah pengering tersebut.

### 1.2 Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi panas dari subsistem rumah pengering pada proses pengeringan gabah.

Sedangkan sasaran yang akan dicapai :

1. Menghitung efisiensi alat pengering.
2. Menghitung kehilangan panas yang terjadi pada rumah pengering.

### 1.3 Kegunaan Penelitian

Analisis kehilangan panas pada rumah pengering akan memberikan arahan bagaimana memperkecil kerugian tersebut. Informasi ini akan sangat berguna bagi berbagai kalangan yang berkepentingan dengan masalah pengeringan bahan pertanian.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Pengeringan

Pengeringan merupakan proses penurunan kadar air bahan sampai mencapai kadar air yang diinginkan.

Proses pengeringan dapat diterangkan dengan teori tekanan uap. cara ini dapat diterangkan dengan menurunkan kelembaban nisbi udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air didalam bahan lebih besar daripada tekanan uap air udara lingkungannya perbedaan ini menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara.

Air yang keluar dari bahan dalam bentuk uap harus secepatnya dipindahkan dan dijauhkan dari bahan. Apabila tidak uap air di sekitar bahan akan menjenuhkan udara pada permukaan bahan sehingga akan memperlambat pengeluaran air selanjutnya. Aliran udara yang cepat akan memindahkan uap air dari permukaan bahan dan mencegah air tersebut jenuh dipermukaan bahan. Makin panas udara makin cepat pula proses pengeringan yang terjadi. Udara kering akan lebih banyak menyerap dan menampung uap air dari pada udara lembab. Proses pengeringan pada bahan dimana udara panas dialirkan dapat dianggap suatu proses adiabatik. Hal ini bahwa panas yang dibutuhkan untuk penguapan air dari bahan hanya diberikan oleh udara pengering tanpa tambahan energi

dari luar. Ketika udara pengering menembus bahan basah, sebagian panas sensible udara pengering diubah menjadi panas latent sambil menghasilkan uap air (GUNARIF TAIB, 1988)

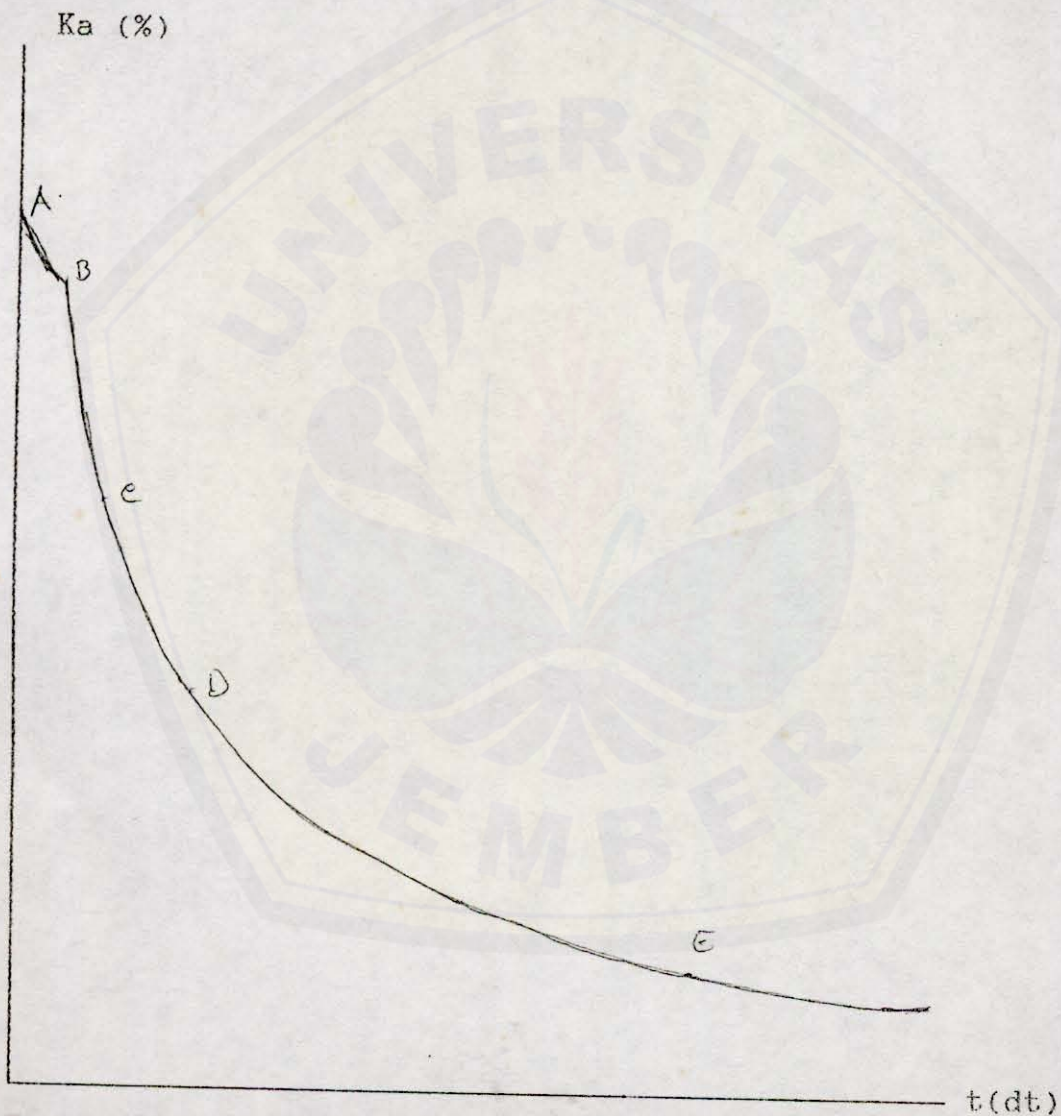
## 2.2 Pengaruh Suhu Udara pada Proses Pengeringan

Pada proses pengeringan suhu udara pengering memegang peranan penting. Semakin besar perbedaan antara suhu pemanasan dengan bahan yang akan dikeringkan semakin besar pula kecepatan pindah panas kedalam bahan pangan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat ke udara. Hal ini dapat diterangkan bahwa udara yang masuk ke rumah pengering terlebih dahulu dipanaskan dalam tungku pemanasan listrik. Semakin besar suhu tungku pemanas pada proses pemanasan maka suhu udara pengering yang masuk kerumah pengering juga semakin tinggi. Di dalam rumah pengering terjadi perpindahan energi panas dari udara pengering ke bahan pertanian akibatnya air di dalam bahan akan berubah menjadi uap. Semakin tinggi suhu udara pengering semakin cepat proses pindah panas antara udara pengering dan bahan akibatnya uap air yang dikeluarkan dari bahan semakin cepat.

## 2.3 Laju Pengeringan

Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan mempunyai arti yang penting. Karena laju pengeringan menggambarkan bagaimana cepatnya pengeringan tersebut berlang-

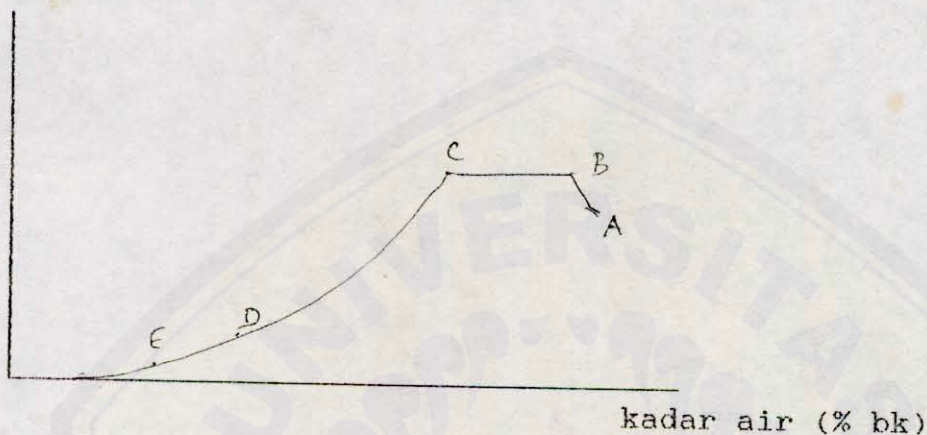
sung. Untuk mengetahui berapa besarnya laju pengeringan dari suatu proses pengeringan maka perlu dilakukan pengukuran banyaknya uap air yang diuapkan. Secara sederhana laju pengeringan diartikan jumlah pound air yang diuapkan per bahan kering perjam. Selanjutnya dapat dibuat kurva pengeringan dari bahan yang bersangkutan (ANONIM, 1988).



Gambar 2.1 : Kurva hubungan kadar air dan waktu

Dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa proses pengeringan suatu bahan pangan akan menurunkan kadar air sampai mencapai kadar air minimum dalam jangka waktu yang lama.

laju pengeringan (% bk/jam)



**Gambar 2.2 : Kurva Pengeringan**

Dari gambar 2.2 tersebut dibagi menjadi beberapa segmen atau periode pengeringan sejalan dengan berkurangnya kadar air, yaitu :

- 1). A---B periode permulaan
- 2). B---C periode laju pengeringan tetap
- 3). C periode laju titik kritis
- 4). C---D periode laju pengeringan menurun pertama
- 5). D---E periode laju pengeringan menurun kedua

### 2.3.1 Periode Permulaan

Periode ini disebut sebagai periode pemanasan. Panas dari udara pengering digunakan untuk memanaskan bahan sampai mencapai suhu pemanasan. Periode ini sangat pendek

dan banyak hal tidak dapat ditentukan dalam percobaan (ANONIM, 1988).

### 2.3.2 Periode Laju Pengeringan Tetap

Pada tahapan ini penguapan pada permukaan bahan sama dengan laju difusi air dari dalam bahan ke permukaan pada tingkatan dimana permukaan bahan akan tetap dalam keadaan basah. Selama air tetap menutup permukaan penguapan maka laju pengeringan akan tetap dan periode ini digambarkan sebagai garis lurus atau mendatar (B---C). Karena adanya penurunan kadar air maka jumlah cairan yang mendifusi ke permukaan bahan menjadi berkurang sampai akhirnya kadar air pada tingkatan dimana laju difusi tidak cukup membasahi permukaan bahan lagi.

### 2.3.3 Periode Titik Kritis dan Laju Pengeringan Menurun I

Pada tingkat terakhir pada laju pengeringan tetap kadar air bebas dalam bahan dinyatakan dalam kadar air kritis. Kadar air kritis adalah kadar air terendah saat laju air bebas dalam bahan ke permukaan sama dengan laju pengambilan uap air maksimum dari dalam bahan.

Periode setelah kadar air kritis adalah periode laju pengeringan menurun. Pada periode ini laju aliran air dari dalam bahan ke permukaan bahan lebih kecil dibandingkan dengan laju air yang diuapkan dari permukaan bahan ke udara lingkungan. Periode ini disebut sebagai periode laju pengeringan menurun I.

#### 2.3.4 Periode Laju Pengeringan Menurun II

Pada dasarnya laju pengeringan menurun I dan II adalah sama, hanya pada bagian bahan yang mempunyai kandungan air bahan sebagai air yang terisolasi terjadi laju pengeringan menurun II. Air yang terisolasi adalah air yang terkurung di antara tenunan bahan karena adanya hambatan mekanis. Biasanya terdapat pada bahan yang berserat. Air ini sangat sulit diuapkan dalam proses pengeringan, untuk menguapkan harus dibantu dengan jalan merusak struktur jaringan penyusun bahan tersebut misalnya dengan jalan penghancuran.

#### 2.4 Laju Aliran Udara

Menurut Gunarif Taib (1988), banyaknya uap air yang diuapkan dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{100 (m_1 - m_2) \times bk}{(100 - m_1)(100 - m_2)} \quad (1)$$

dimana :

E = uap air, kg

m<sub>1</sub> = kadar air awal, %

m<sub>2</sub> = kadar air akhir, %

bk = berat bahan kering, kg

Dengan diketahuinya jumlah uap air yang dikeluarkan dari bahan maka laju perpindahan uap air dapat dihitung :

$$W = \frac{E}{T} \quad (2)$$

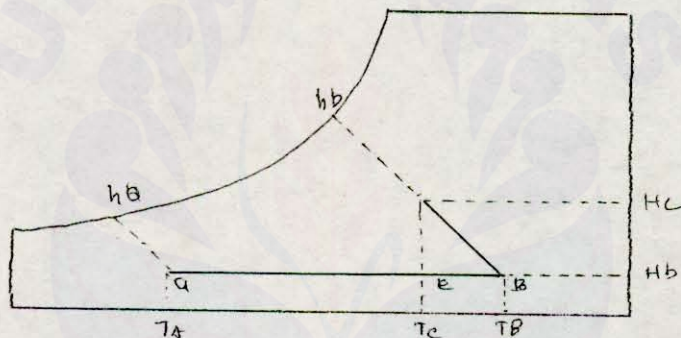
dimana :

$W$  = laju penguapan air, kg/jam

$E$  = uap air yang dikeluarkan dari bahan, kg

$T$  = waktu pengeringan, jam

Proses pemanasan udara pada bahan dalam proses pengeringan dapat dilihat pada grafik psikrometrik chart berikut ini :



Gambar 2.3 : Grafik Psikrometrik Chart

Semula udara pada keadaan A dipanaskan sampai keadaan B dan dilewatkan melalui bahan yang dikeringkan kemudian udara dikeluarkan melewati bahan dalam keadaan C.

Kebutuhan udara kering untuk membebaskan uap air dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = \frac{W}{(H_c - H_b)} \times V_s \quad (3)$$

dimana :

$V$  = laju aliran udara,  $m^3$ /jam

$W$  = laju perpindahan air, kg/jam

$V_s$  = volume spesifik udara pada titik pengukuran,  $m^3/kg$  udara kering

$H_c$  = kelembaban mutlak pada bahan C, kg/kg udara kering

$H_b$  = kelembaban mutlak pada keadaan B, kg/kg udara kering

Dengan menggunakan grafik psikrometrik chart kebutuhan panas untuk memanaskan udara pengering dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{pr} = \frac{V \times (h_b - h_a)}{V_s} \quad (4)$$

dimana :

$Q_{pr}$  = energi atau panas untuk memanaskan udara pengering kj/jam

$V$  = laju aliran udara,  $m^3/jam$

$V_s$  = volume spesifik udara pada titik pengukuran,  $m^3/kg$  udara kering

$h_b$  = entalpi udara pada keadaan B, kj/kg udara kering

$h_a$  = entalpi udara pada keadaan A, kj/kg udara kering

## 2.5 Dasar-dasar Pindah Panas

Proses pindah panas pada dasarnya terbagi dalam 3 macam yaitu : Konduksi, Konveksi, Radiasi.



### 2.5.1 Konduksi

Konduksi adalah cara pindah panas yang terjadi karena kontak langsung antara molekul dengan molekul yang lain (FRANK KREITH, 1986).

Persamaan pindah panas secara konduksi dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = - K A \frac{dT}{dx} \quad (5)$$

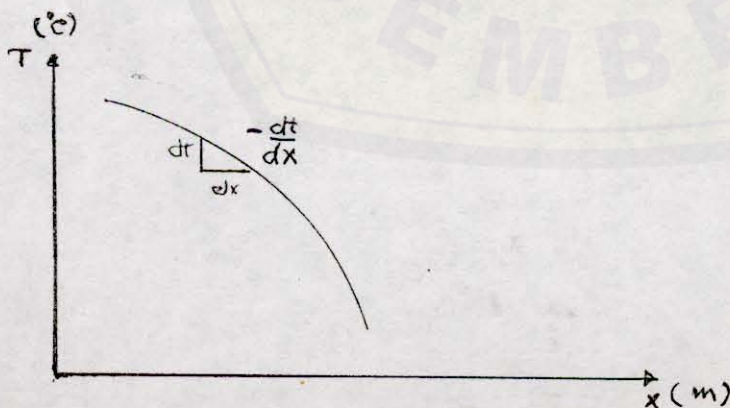
dimana :

$Q$  = laju aliran panas konduksi, Watt

$K$  = konduktivitas thermal zat, Watt/m °C

$\frac{dT}{dx}$  = diferensial suhu dalam arah  $x$ , °C/m

Tanda negatif adalah menunjukkan suhu terhadap penambahan panjang bahan. Apabila ditetapkan bahwa arah naiknya jarak  $x$  adalah arah aliran panas positif maka gradien pemanasan suhu dapat dilihat pada gambar 2.4 :



Gambar 2.4 : Tanda untuk Aliran Pindah Panas Konduksi

Untuk dinding datar proses pindah panas satu dimensi dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_k = A k/l (T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}) = \Delta T/R_k = K_k \Delta T \quad (6)$$

dimana :

$Q_k$  = pindah panas konduksi, Watt

$A$  = luas bidang panas,  $m^2$

$k$  = konduktivitas thermal  $W/m^\circ C$

$T_{\text{panas}}$  = suhu dinding sumber panas,  $^\circ C$

$T_{\text{dingin}}$  = suhu dinding luar,  $^\circ C$

$l$  = tebal dinding, m

$$R_k = \frac{x_1}{k_1 A} = \text{tahanan konduksi thermal.}$$

$$K_k = \frac{1}{R_k} = \text{konduktansi thermal.}$$

Untuk dinding komposit yang diasumsikan satu sisi bersinggungan dengan medium bersuhu tinggi dan sisi lain bersinggungan dengan medium bersuhu rendah dan tersusun seri:



Gambar 2.5 : Dinding Komposit Tersusun Seri

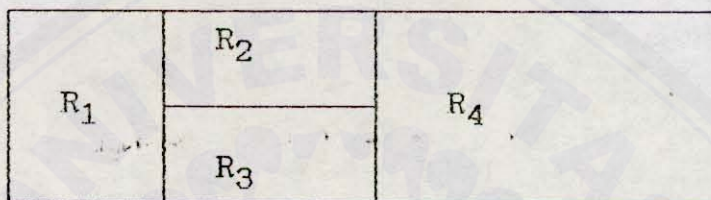
$$Q = \frac{k_1 A (T_1 - T_2)}{x_1} = \frac{k_2 A (T_2 - T_3)}{x_2} = \frac{k_3 A (T_3 - T_4)}{x_3}$$

$$= \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2} = \frac{T_3 - T_4}{R_3}$$

$$Q = \frac{T_1 - T_4}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (7)$$

Pada dinding komposit yang tersusun paralel seperti pada gambar di bawah ini maka persamaanya dapat ditulis :

$$Q = \frac{T_0 - T_1}{R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} + R_4} \quad (8)$$



Gambar 2.6 : Dinding Komposit Tersusun Paralel

### 2.5.2 Konveksi

Konveksi adalah proses pindah panas dari suatu permukaan ke fluida. Perpindahan panas secara konveksi dari permukaan ke fluida berlangsung beberapa tahap yaitu panas mengalir dari permukaan ke partikel fluida secara konduksi, energi yang berpindah akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel fluida. Kemudian partikel bergerak dan memindahkan energi ke partikel fluida lainnya sehingga alirannya adalah aliran fluida dan energi sebagai akibat gerakan massa partikel fluida (FRANK KREITH;1986).

## 2.6 Aliran Panas Pada Rumah Pengering

Pada rumah pengering input panas diperoleh dari elemen pemanas (heater). Aliran panas sebagian hilang melalui dinding rumah pengering, pintu rumah pengering dan cerobong dan sebagian lagi digunakan sebagai panas pengeringan.

Panas pengeringan merupakan panas sensible, yaitu panas yang diperlukan untuk memanaskan/menaikkan suhu udara yang masuk ke dalam rumah pengering dari suhu lingkungan sampai mencapai suhu untuk pengeringan. Selanjutnya udara dengan suhu pengeringan ini digunakan untuk menguapkan air pada bahan yang akan dikeringkan (ANONIM, 1982).

Input panas rumah pengering dihitung sebagai berikut :

$$Q_{irp} = \frac{V \times (h_b - h_a)}{V_s} \quad (11)$$

dimana :

$Q_{irp}$  = energi atau panas untuk memanaskan udara pengering kJ/jam

$V$  = laju aliran udara,  $m^3$ /jam

$V_s$  = volume spesifik udara pada titik pengukuran,  $m^3$ /kg udara kering

$h_b$  = entalpi udara pada keadaan B, kJ/kg udara kering

$h_a$  = entalpi udara pada keadaan A, kJ/kg udara kering

Kehilangan panas dari rumah pengering merupakan kehilangan panas dari dinding, pintu dan cerobong.

$$Q_{\text{rugi}} = Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{pintu}} + Q_{\text{cerobong}} \quad (12)$$

### 2.6.1 Kehilangan Panas Pada Dinding

Kehilangan panas yang terjadi pada dinding-dinding rumah pengering ke lingkungan terjadi melalui proses pindah panas konduksi-konveksi. Sedangkan laju pindah panas tiap bagian dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$Q_1 = k_1 A \, dT/dx$$

$$Q_2 = k_2 A \, dT/dx$$

Berdasarkan persamaan 7. dengan menganggap tebal kayu =  $x_1$  dan aluminium =  $x_2$ , maka aliran panas melalui dinding:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{x_1}{k_1 A} + \frac{x_2}{k_2 A}}$$

dimana :

$$T_1 = \text{suhu dinding dalam } (^{\circ}\text{C})$$

$$T_2 = \text{suhu dinding luar } (^{\circ}\text{C})$$

$$k_1 = \text{konduktivitas termal kayu (watt/m}^{\circ}\text{C)}$$

$$k_2 = \text{konduktivitas termal aluminium (watt/m}^{\circ}\text{C)}$$

$$A = \text{luas bidang pindah panas (m}^2\text{)}$$

### 2.6.2 Kehilangan Panas Pada Pintu Rumah Pengering

Panas yang hilang melalui pintu rumah pengering pada dasarnya sama dengan dinding rumah pengering dan terdiri dari satu lapis bahan.

Pada bagian pinggir kaca di kelilingi oleh kayu sehingga kehilangan panas pada pintu adalah jumlah kehilangan panas pada kaca dan kayu :

$$Q_{\text{kaca}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{kc}}}$$

$$Q_{\text{kayu}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{ky}}}$$

$$Q_{\text{pintu}} = Q_{\text{kayu}} + Q_{\text{kaca}}$$

dimana :

$$R_{\text{kc}} = \text{tahanan konduksi kaca} = k_c A / x_c$$

$$R_{\text{ky}} = \text{tahanan konduksi kayu} = k_y A / x_y$$

### 2.6.3 Kehilangan Panas Pada Cerobong

Panas yang hilang melalui cerobong terjadi karena adanya aliran massa udara panas dari dalam rumah pengering ke udara bebas. Dengan menggunakan psikrometrik chart panas yang hilang ke udara lingkungan dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$Q = V/V_s \times (h_c - h_a)$$

dimana :

$V$  = laju aliran udara ( $m^3/jam$ )

$V_s$  = volume spesifik udara pada titik pengukuran ( $m^3/kg$  udara kering)

$h_c$  = entalpi udara pada keadaan c  
(kJ/kg udara kering)

$h_a$  = entalpi udara pada keadaan a  
(kJ/kg udara kering)

## 2.7 Efisiensi Panas Rumah Pengering

Menurut Carl W. Hall PE. (1980), Efisiensi rumah pengering adalah perbandingan antara jumlah panas pengeringan dengan panas yang masuk dalam rumah pengering, dalam persamaan matematis dapat ditulis :

$$E_f = \frac{Q \text{ pengeringan}}{Q_{irp}} \quad (13)$$

$E_f$  = Efisiensi rumah pengering

$Q$  pengeringan adalah jumlah panas yang digunakan untuk menaikkan dan menguapkan air bahan, dapat dicari dengan persamaan :

$$Q \text{ pengeringan} = Q_1 + Q_2$$

dimana :

$Q_1$  = panas yang digunakan untuk memanaskan bahan

$Q_2$  = panas yang digunakan untuk menguapkan air bahan.

$$Q_1 = m \text{ cp } t \quad (14)$$

Persamaan panas jenis (cp) menurut M.L. Lewis (1987), dapat didekati dengan persamaan :

$$\text{cp} = ( m_w \times c_w + m_c \times c_c ) \text{ j/}^\circ\text{C} \quad (15)$$

Dimana  $m_w$ ,  $m_c$ , adalah berat dari masing-masing komponen bahan yaitu berat air, berat bahan/gabah kering sedangkan  $c_w$ ,  $c_c$ , adalah panas spesifik dari masing-masing komponen air (4180 j/kg<sup>o</sup>C dan bahan/gabah kering (1460). Sehingga dari persamaan (14) dan (15) dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q_1 = (m_w \times c_w + m_c \times c_c) \times T$$

Sedangkan panas yang digunakan untuk menguapkan air bahan menurut Werlin S Nainggolan (1987) :

$$Q_2 = m \times L \quad (16)$$

dimana :

$m$  = berat air bahan (kg)

$L$  = panas laten penguapan (kJ/kg)

(Tabel lampiran)

Berdasarkan persamaan (11) dan (12)  $Q$  pengeringan juga dapat diketahui sebagai berikut :

$$Q_{\text{pengeringan}} = Q_{\text{irp}} - Q_{\text{rugi}} \quad (17)$$



$$Q_1 = m \text{ cp } t \quad (14)$$

Persamaan panas jenis (cp) menurut M.L. Lewis (1987), dapat didekati dengan persamaan :

$$\text{cp} = ( m_w \times c_w + m_c \times c_c ) \text{ j/}^\circ\text{C} \quad (15)$$

Dimana  $m_w$ ,  $m_c$ , adalah berat dari masing-masing komponen bahan yaitu berat air, berat bahan/gabah kering sedangkan  $c_w$ ,  $c_c$ , adalah panas spesifik dari masing-masing komponen air (4180 j/kg<sup>o</sup>C dan bahan/gabah kering (1460). Sehingga dari persamaan (14) dan (15) dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q_1 = (m_w \times c_w + m_c \times c_c) \times T$$

Sedangkan panas yang digunakan untuk menguapkan air bahan menurut Werlin S Nainggolan (1987) :

$$Q_2 = m \times L \quad (16)$$

dimana :

$m$  = berat air bahan (kg)

$L$  = panas laten penguapan (kJ/kg)

(Tabel lampiran)

Berdasarkan persamaan (11) dan (12)  $Q$  pengeringan juga dapat diketahui sebagai berikut :

$$Q_{\text{pengeringan}} = Q_{\text{irp}} - Q_{\text{rugi}} \quad (17)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mesin Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 1994.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah gabah kering panen.

Alat yang digunakan meliputi :

- 1). thermometer;
- 2). moisture tester;
- 3). thermometer bolah basah bola kering;
- 4). timbangan;
- 5). sumber pemanas listrik;
- 6). rumah pengering tipe thin layer.

#### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

- 1). mengatur sumber pemanas listrik;
- 2). menimbang gabah yang akan dikeringkan;
- 3). menyiapkan alat ukur yang akan digunakan;
- 4). mengukur kadar air gabah yang akan dikeringkan;

- 5). melaksanakan pengeringan dengan selang waktu 15 menit;
- 6). pengeringan diakhiri setelah kadar air gabah kurang dari 14 %.

### 3.4 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi waktu pengeringan, kadar air gabah, suhu pada tempat pengamatan.

Untuk mendapatkan data dilakukan tiga kali Percobaan dengan berat berbeda ( I = 3 kg, II = 3,13 kg, III = 3,3 kg) dalam selang waktu 15 menit selama proses pengeringan.

### 3.5 Analisis Pengeringan

1. Laju pengeringan : dicari hubungan antara kadar air dan waktu selama proses pengeringan.
2. Laju aliran udara : menggunakan persamaan 1, 2, 3.
3. Waktu pengeringan : menggunakan persamaan 2.
4. Efisiensi pengeringan : menggunakan persamaan 13, 14, 15.

### 3.6 Analisis Panas

1. Jumlah panas yang masuk dalam rumah pengering : menggunakan persamaan 11.
2. Kehilangan panas dari rumah pengering : menggunakan persamaan 12.
3. Kehilangan panas pada dinding : menggunakan persamaan 7.
4. Kehilangan panas pada pintu : menggunakan persamaan 7.
5. Kehilangan panas pada cerobong: menggunakan persamaan 4.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan atau analisis pengeringan dan analisis panas serta proses pelaksanaan penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Kehilangan panas melalui dinding limas adalah  $Y_{est} = 6.1254029762 + 0.2196298031X - 0.0005722982X^2$  dengan  $R^2 = 91.64\%$  untuk dinding limas di atas hamparan dan  $Y_{est} = 16.0853 + 0.0537287302X - 0.0001412107X^2$  dengan  $R^2 = 92.54\%$  untuk dinding limas di bawah hamparan yang keduanya dibatasi oleh  $X_1 = 15$  menit,  $X_2 = 240$  menit.
2. Kehilangan panas melalui dinding tegak adalah  $Y_{est} = 2.617418452 + 0.2177242X - 0.00055788X^2$  dengan  $R^2 = 91.14\%$  untuk dinding tegak di atas hamparan dan  $Y_{est} = 13.540725 + 0.0569574401X - 0.0001424582X^2$  dengan  $R^2 = 89.30\%$  untuk dinding tegak di bawah hamparan yang keduanya dibatasi oleh  $X_1 = 15$  menit,  $X_2 = 240$  menit.
3. Kehilangan panas melalui dinding pintu adalah  $Y_{est} = 17.1804 + 2.1372X - 0.0049X^2$  dengan  $R^2 = 96.56\%$  untuk dinding pintu di atas hamparan dan  $Y_{est} = 116.05136607 + 0.4749649588X - 0.0012032107X^2$  dengan  $R^2 = 88.24\%$  untuk dinding pintu di bawah

hamparan yang keduanya dibatasi oleh  $X_1 = 15$  menit,  $X_2 = 240$  menit.

4. Efisiensi panas pada rumah pengering type thin layer selama proses pengeringan adalah 19.267% sedangkan dalam waktu tertentu  $Y_{est} = 43.992549405 - 0.24502095X + 0.0005230747X^2$  dengan  $R^2 = 50.53\%$  dengan batasan  $X_1 = 15$  menit,  $X_2 = 240$  menit.

## 5.2 Saran

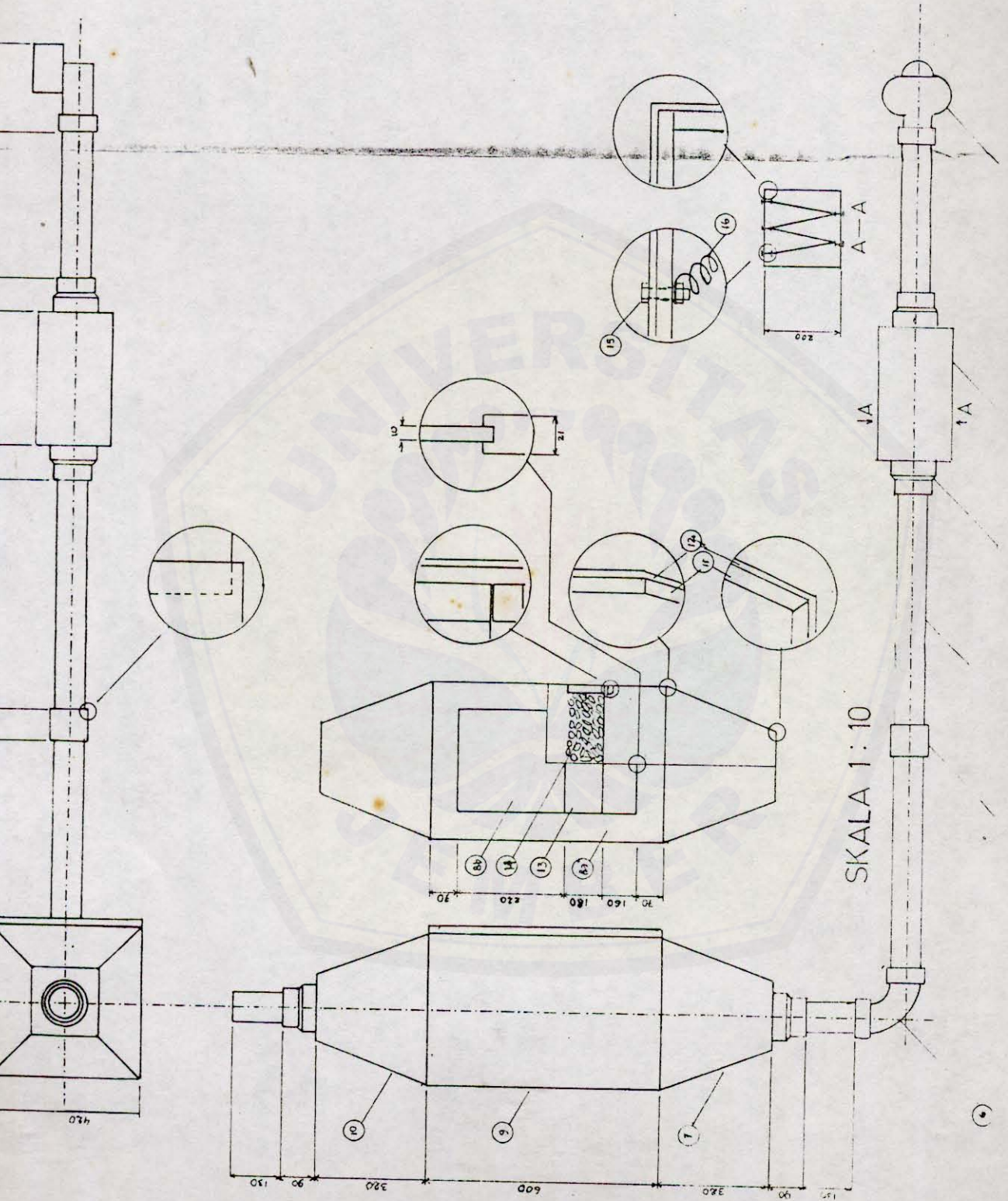
Dari kesimpulan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kehilangan panas sebagai rugi panas pada cerobong sangat besar sekali. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu ditambah beberapa rak di atas hamparan atau ketinggian dari hamparan rak tersebut ditambah sehingga kapasitas bahan semakin besar dan sisa panas dari proses pengeringan gabah yang keluar melalui cerobong dapat berkurang dan sebaliknya akan meningkatkan efisiensi dari rumah pengering tersebut.

## IV. DAFTAR PUSTAKA

- ANONIM, 1988, Pengeringan Bahan Pangan, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- ANONIM, 1982, Budidaya Tanaman Padi, Departemen Pertanian, Jember.
- CABE AND SMITH dalam A.SOLICHIN, 1993, Analisis Efisiensi Panas pada proses Pengeringan Kopi, Thesis S-1, Universitas Jember.
- CARL W. HALL, PE, 1980, Drying and Storage of Agricultural Crops, AVI Publishing Company, Westport United States of Amerika.
- EV. ARAULLO, D.B. DE PADUA, MICHAEL GRAHAM, 1976, Rice Postharvest Technology, Internatioal Development Research Center Ottawa, Canada.
- FRANK KREITH, 1986, Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, Erlangga, Jakarta.
- GUNARIF TAIB, GUMBIRA SAID, SUTEDJA W, 1988, Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- HOLMAN, J.P, 1986, Pindah Panas, Gramedia, Jakarta.
- HENDERSON, S.N, R.L. PERRY, 1970, Agricultural Process Engineering, University of California, United State of America.
- MERLLE. ESMEY, SOEMANGAT, ERRIYATNO AND ALLAN PHILLIPS, 1979, Rice Post Production Technology, Published by East West Center the University Press of Hawaii, Honolulu.
- M.J LEWIS, 1987, Physical Properties of Foods and Food Processing Systems, Ellis Horwood Ltd, Chichester, England.
- WERLIN S. NAINGGOLAN, 1987, Termodinamika Teori dan Soal Penyelesaian, CV. Armico, Bandung.

## Lampiran 1 : Spesifikasi Gambar

NO	Alat/Bahan
1	Blower
2	Kotak Heater
3	Pipa PVC diameter 3"
4	Sambungan PVC besar - kecil
5	Sambungan PVC lurus
6	Sambungan PVC belok 90°
7	Dinding limas bawah hamparan
8	Dinding pintu
	a. kayu, tebal = 21 mm
	b. kaca, tebal = 10 mm
9	Dinding tegak
10	Dinding limas atas hamparan
11	Multiplek tebal = 9 mm
12	Aluminium tebal = 0,5 mm
13	Hamparan
14	Bahan
15	Mur - baut 8 mm
16	Filamen pemanas 1000 Watt





## Lampiran 2. Perhitungan panas pada dinding empat persegi panjang pada rumah pengering.

Perhitungan panas pada empat persegi panjang dibagi menjadi 2 pada bagian bawah hamparan dan atas hamparan.

Dinding empat persegi panjang terdiri :

a. Kayu Multiplek  $k_1 = 0,103392 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   $x_1 = 0,009 \text{ m}$

b. Aluminium  $k_2 = 202,644 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   $x_2 = 0,0005 \text{ m}$

Luas permukaan kayu = Luas Aluminium

Distribusi suhu di dalam rumah pengering merupakan fungsi dari ketinggian dinding.

Suhu di luar dinding seragam ( $30^\circ\text{C}$ )

1. Perhitungan pindah panas konduksi dinding di bawah hamparan

- Dinding bagian bawah dibatasi oleh termometer ke-2

- Dinding bagian atas dibatasi oleh termometer ke-3

- Tinggi dinding di bawah hamparan  $0,16 \text{ m}$

- Persamaan suhu terhadap ketinggian :  $T_y = \frac{(t_3 - t_2)y + t_2}{0,16}$

- Persamaan dasar pindah panas :  $Q = -K \cdot A \frac{dt}{dx}$

Jadi persamaan pindah panas :

$$dx \cdot q = -k \cdot A \cdot dt$$

$$dx \cdot dq = -k \cdot z \cdot dy \cdot dt$$

Tebal dinding tetap setiap kenaikan ketinggian dinding

$$\frac{x_1/k_1 + x_2/k_2}{z} \cdot dq = - \int_0^{0,16} dy \cdot \int_{t_2}^{30} dt$$

$$\frac{0,009/0,103392 + 0,0005/202,644}{0,425} = - \int_0^{0,16} d \left[ (30 - t_2) - \frac{(t_3 - t_2)y}{0,16} \right]$$

$$0,2037705 \times Q = - \left[ (30 - t_2) 0,16 - \frac{(t_3 - t_2) \cdot 0,16^2}{0,16 \cdot 2} \right]$$

$$0,2037705 \cdot q = - \left[ (30 - t_2) \cdot 0,16 - 0,08 (t_3 - t_2) \right]$$

2. Perhitungan pindah panas konduksi dinding di atas hamparan.  
 Tinggi Dinding di atas hamparan 0,29 m  
 Dinding bagian bawah dibatasi oleh termometer ke-4  
 Dinding bagian atas dibatasi oleh termometer ke-5

Persamaan suhu terhadap ketinggian :  $T_y = \frac{(t_5 - t_4)y + t_4}{0,29}$

Persamaan dasar pindah panas :  $q = -k \cdot A \cdot \frac{dt}{dx}$

Jadi persamaan pindah panas :  $dx \cdot q = -k \cdot A \cdot dt$   
 $dx \cdot dq = -k \cdot z \cdot dy \cdot dt$

Tebal dinding tetap setiap kenaikan ketinggian

$$\frac{x_1/k_1 + x_2/k_2}{z} \cdot dq = - \int_0^{0,29} dy \cdot \int_{t_4}^{t_5} dt$$

$$0,2037705 q = - \left[ (30 - t_4) \cdot 0,29 - 0,145(t_5 - t_4) \right]$$

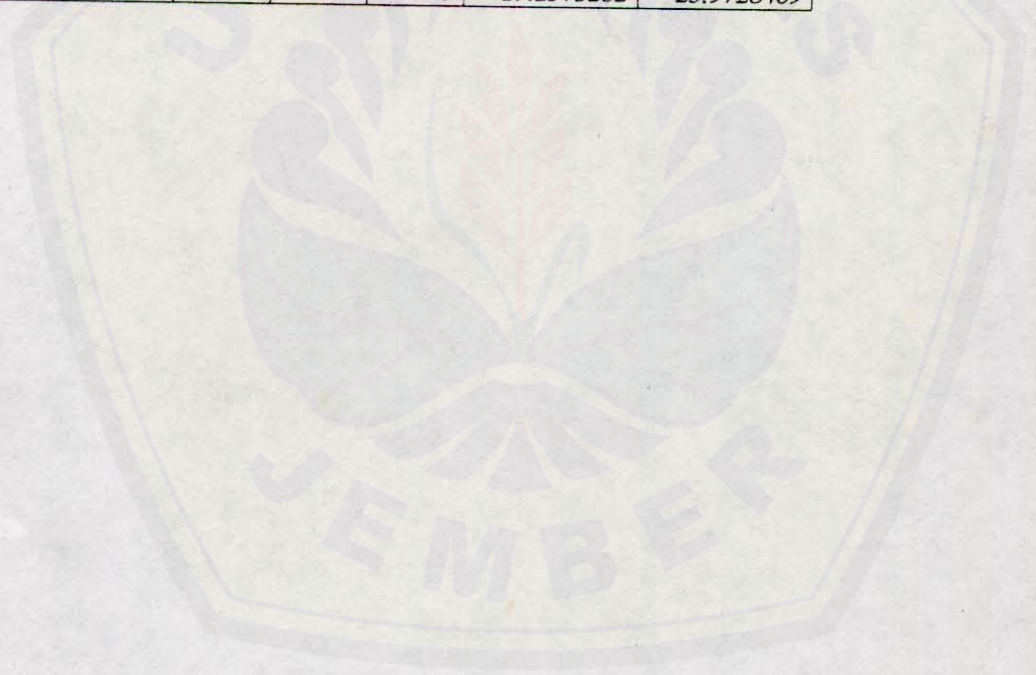
Tabel lampiran 2

DINDING TEGAK

Percobaan I						
menit	T2	T3	T4	T5	Qbh	Qah
15	48	48	32.5	34	14.1335472	4.62530150
30	48.5	48.5	34	39.5	14.5261458	9.60639543
45	49.5	49	35.5	41	15.1150436	11.7411499
60	50.5	49	37	42	15.5076421	13.5201120
75	51.5	50	38.5	42.5	16.2928392	14.9432817
90	52.5	51	39.5	42.5	17.0780363	15.6548666
105	53	51.5	40.5	43	17.4706348	16.7222438
120	53.5	52.5	40.5	43	18.0595326	16.7222438
135	53.5	53	41.5	44	18.2558319	18.1454135
150	54.5	53	41.5	45.5	18.6484304	19.2127908
165	54.5	53.5	42.5	46.5	18.8447297	20.6359605
180	55.5	53.5	43	47	19.2373282	21.3475454
195	55.5	53.5	43.5	48	19.2373282	22.4149226
210	55.5	53.5	43.5	48.5	19.2373282	22.7707150
225	55	53.5	43.5	48.5	19.0410290	22.7707150
240	55.5	53.5	43.5	48.5	19.2373282	22.7707150

Percobaan II						
menit	T2	T3	T4	T5	Qbh	Qah
15	48	48	31	34	14.1335472	3.55792423
30	48.5	48	33.5	36	14.3298465	6.76005604
45	49.5	48.5	35	40.5	14.9187443	11.0295651
60	51	49	37.5	43.5	15.7039414	14.9432817
75	52.5	50	38	45.5	16.6854377	16.7222438
90	53.5	51.5	40	46.5	17.6669341	18.8569984
105	54	53	41	47.5	18.4521311	20.2801681
120	54	53.5	41.5	47.5	18.6484304	20.6359605
135	54	53.5	41.5	48	18.6484304	20.9917529
150	54.5	53.5	42.5	48	18.8447297	21.7033378
165	55	53	42.5	48	18.8447297	21.7033378
180	55	53.5	43	47.5	19.0410290	21.7033378
195	55.5	53.5	43	48.5	19.2373282	22.4149226
210	55.5	53.5	43.5	48.5	19.2373282	22.7707150
225	55	53	43.5	48.5	18.8447297	22.7707150
240	55.5	53.5	43.5	48.5	19.2373282	22.7707150

Percobaan III						
menit	T2	T3	T4	T5	Qbh	Qah
15	49	49	31.5	34	14.9187443	3.91371665
30	51.5	50.5	35	36	16.4891385	7.82743331
45	52.5	51.5	38	40.5	17.2743355	13.1643196
60	53	52	40	43.5	17.6669341	16.7222438
75	53.5	52	41	45.5	17.8632333	18.8569984
90	53.5	52.5	42.5	46.5	18.0595326	20.6359605
105	54.5	53	43.5	47.5	18.6484304	22.0591302
120	55	53.5	44.5	47.5	19.0410290	22.7707150
135	54.5	53	45	48	18.6484304	23.4822999
150	55	53	45.5	48	18.8447297	23.8380923
165	55	53.5	46	48	19.0410290	24.1938847
180	55.5	53.5	47	47.5	19.2373282	24.5496772
195	55.5	53.5	47.5	48.5	19.2373282	25.6170544
210	55.5	53.5	48	48.5	19.2373282	25.9728469
225	55	53	48	48.5	18.8447297	25.9728469
240	55.5	53.5	48	48.5	19.2373282	25.9728469



## Lampiran 3. Perhitungan pindah panas konduksi pada dinding limas rumah pengering

Perhitungan pindah panas pada dinding limas hanya diuraikan dalam satu sisi, total hasilnya dikalikan dengan jumlah sisi limas. Bentuk dinding Limas ada dua tempat yaitu di atas dan di bawah hamparan. Dinding limas terdiri atas :

a. Kayu Mulptlek  $k_1 = 0,103392 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   $x_1 = 0,009 \text{ m}$

b. Aluminium  $k_2 = 202,644 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   $x_2 = 0,0005 \text{ m}$

Luas permukaan kayu = Luas Aluminium

Distribusi suhu di dalam rumah pengering adalah fungsi dari luas limas.

Suhu di luar rumah pengering seragam ( $30^\circ\text{C}$ ).

1. Perhitungan pindah panas konduksi dinding limas di bawah hamparan.

Koordinat titik A (11,25;0), B (31,25;0), C (42,5;32), D (0;32)

$$\text{Persamaan Garis BC } y = \frac{32x}{11,25} - \frac{1000}{11,25}$$

$$g(y) = \frac{11,25}{32} y + 31,25 = \frac{0,1125}{0,32} y + 0,3125$$

$$\text{Persamaan Garis AD } y = \frac{-32x}{11,25} + 32$$

$$f(y) = \frac{-11,25}{32} y + 11,25 = \frac{-0,1125}{0,32} y + 0,1125$$

Luas bidang Limas dinding limas pengering :

$$\text{Luas} = \int_0^{0,32} [g(y) - f(y)] dy$$

$$= \int_0^{0,32} \left[ \frac{0,1125y}{0,32} + 0,3125 - \frac{-0,1125y}{0,32} + 0,1125 \right] dy$$

$$= \int_0^{0,32} \left( \frac{0,225}{0,32} y + 0,2 \right) dy$$

Persamaan pindah panas  $q = -k \cdot A \cdot \frac{dt}{dx}$

$$dx \cdot dq = -k \cdot dA \cdot dt$$

Tebal dinding Limas tetap setiap kenaikan satuan kelas :

$$\int dx \cdot \int dq = -k \cdot \int_{y0}^1 dA \cdot \int_{ty}^{30} dt$$

$$\left[ \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} \right] \int dq = - \int_0^{0,32} \left[ \frac{0,225}{0,32} y + 0,2 \right] dy \int_{ty}^{30} dt$$

Dinding bagian bawah dibatasi oleh termometer ke-1

Dinding bagian atas dibatasi oleh termometer ke-2

$$ty = \frac{(t_2 - t_1)y}{0,32} + t_1$$

$$\left[ \frac{0,009}{0,10392} + \frac{0,0005}{202,644} \right] \int dq = - \int_0^{0,32} \left[ \frac{0,225}{0,32} y (30 - t_1) + (30 - t_1) \cdot 0,2 \right] dy$$

$$\left[ \frac{0,225}{0,32} y \frac{(t_2 - t_1)y}{0,32} + \frac{0,2(t_2 - t_1)y}{0,32} \right] dy$$

$$0,086602467 \cdot q = - \left[ \frac{0,225}{0,32} \cdot \frac{0,32^2}{2} (30 - t_1) + 0,32(30 - t_1) \cdot 0,2 \right] -$$

$$\left[ \frac{0,225}{0,32} \cdot \frac{0,32^3}{3} \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{0,32} + 0,2(t_2 - t_1) \cdot \frac{0,32^2}{2} \right]$$

$$= - \left[ \{0,036(30 - t_1) + 0,064(30 - t_1)\} - \{0,024(t_2 - t_1) + 0,032(t_2 - t_1)\} \right]$$

$$0,086602467 \cdot q = - \left[ 0,1(30 - t_1) - 0,056(t_2 - t_1) \right]$$

2. Perhitungan pindah panas konduksi dinding limas di atas hamparan.

Koordinat titik A(0;0), B(42,5;0), C(32,25;32), D(11,25;32)

$$\text{Persamaan garis AD : } y = \frac{32x}{11,25}$$

$$g(y) = \frac{11,25y}{0,1125y} = \frac{0,1125y}{0,1125y}$$

$$\text{Persamaan garis BC : } y = \frac{-32x}{11,25} - \frac{42,25y}{11,25}$$

$$f(y) = \frac{-0,1125y}{0,32} - 0,425$$

Luas bidang limas di atas hamparan :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \int_0^{0,32} [g(y) - f(y)] dy \\ &= \int_0^{0,32} \left[ \left( \frac{0,1125y}{0,32} \right) - \left( \frac{-0,1125y}{0,32} - 0,425 \right) \right] dy \\ &= \int_0^{0,32} \left( \frac{0,225y}{0,32} + 0,425 \right) dy \end{aligned}$$

Persamaan dasar pindah panas konduksi  $q = -k \cdot A \cdot \frac{dt}{dy}$

$$\int dx \int dq = -k \int dA \int_{ty}^{30} dt$$

Tebal dinding limas tetap tiap kenaikan satuan luas

Dinding bagian bawah dibatasi oleh thermometer ke-5

Dinding bagian atas dibatasi oleh thermometer ke-6

Persamaan suhu terhadap ketinggian :

$$ty = \left( \frac{t_6 - t_5}{0,32} \right) y + t_5$$

$$\left[ \frac{0,009}{0,10392} + \frac{0,0005}{202,644} \right] \int dq = - \int_0^{0,32} \left[ \left[ \frac{0,225}{0,32} y (30-t5) + (30-t5) \cdot 0,425 \right] - \left[ \frac{0,225}{0,32} y \left( \frac{t6-t5}{0,32} \right) + \frac{0,425(t6-t5)}{0,32} y \right] \right] dy$$

$$0,086602467 \cdot q = - \left[ \left[ \frac{0,225}{0,32} \cdot \frac{0,32^2}{2} (30-t5) + 0,32(30-t5) \cdot 0,425 \right] - \left[ \frac{0,225}{0,32} \cdot \frac{0,32^2}{3} \cdot \frac{(t6-t5)}{0,32} + 0,425 \frac{(t6-t5)}{0,32} \cdot \frac{0,32^2}{2} \right] \right]$$

$$= - \left[ [0,036(30-t5) + 0,136(30-t5)] - [0,024(t6-t5) + 0,068(t6-t5)] \right]$$

$$0,086602467 \cdot q = - \left[ 0,172(30-t5) - (0,092(t6-t5)) \right]$$



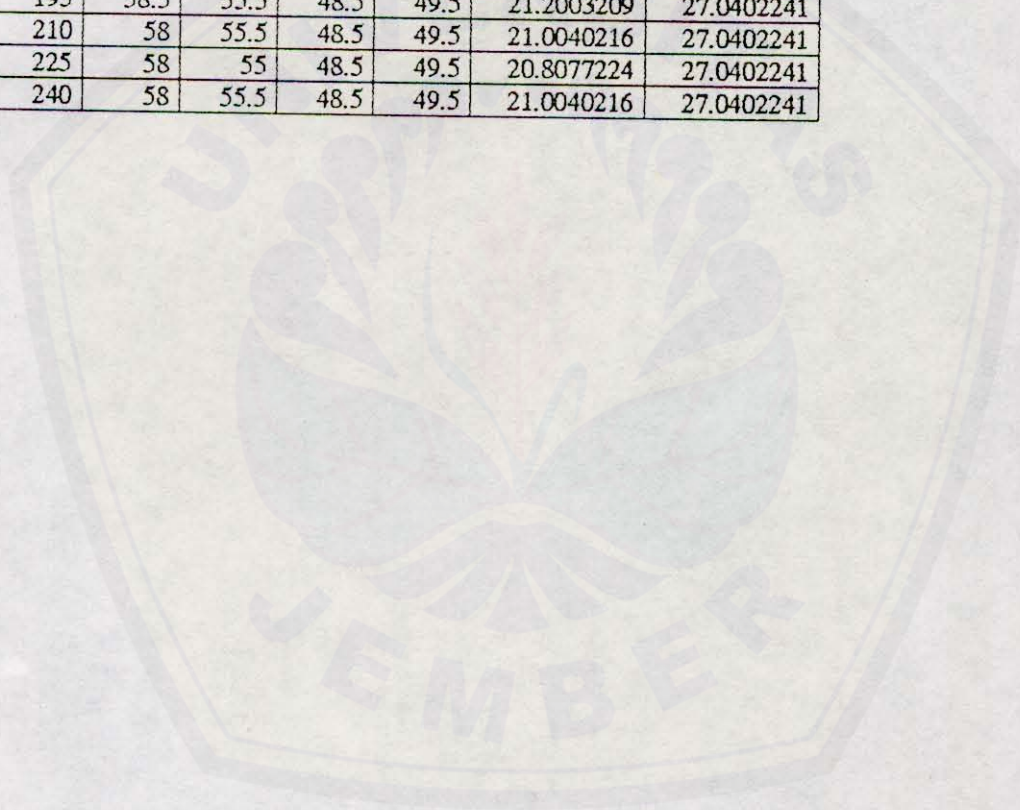
Tabel lampiran 3

DINDING LIMAS

Percobaan I						
menit	T1	T2	T5	T6	Qlbh	Qlah
15	54	48	34	35.5	16.4891385	6.76005604
30	55.5	48.5	39.5	40.5	17.2743355	14.2316969
45	55.5	49.5	41	42.5	17.6669341	16.7222438
60	56	50.5	42	43.5	18.2558319	18.1454135
75	57.5	51.5	42.5	44	19.2373282	18.8569984
90	58	52.5	42.5	45.5	19.8262260	19.9243757
105	58	53	43	45.5	20.0225253	20.2801681
120	58.5	53.5	43	46	20.4151238	20.6359605
135	58.5	53.5	44	47	20.4151238	22.0591302
150	58.5	54.5	45.5	48	20.8077224	23.8380923
165	58.5	54.5	46.5	48.5	20.8077224	24.9054696
180	58	55.5	47	48.5	21.0040216	25.2612620
195	58.5	55.5	48	49.5	21.2003209	26.6844317
210	58.5	55.5	48.5	49.5	21.2003209	27.0402241
225	58.5	55	48.5	49.5	21.0040216	27.0402241
240	58.5	55.5	48.5	49.5	21.2003209	27.0402241

Percobaan II						
menit	T1	T2	T5	T6	Qlbh	Qlah
15	54	48	34	36	16.4891385	7.11584846
30	54	48.5	36	39	16.6854377	10.6737727
45	55	49.5	40.5	42	17.4706348	16.0106590
60	56	51	43.5	45	18.4521311	20.2801681
75	57	52.5	45.5	47	19.4336275	23.1265075
90	58	53.5	46.5	48	20.2188246	24.5496772
105	58.5	54	47.5	49	20.6114231	25.9728469
120	58.5	54	47.5	49.5	20.6114231	26.3286393
135	58.5	54	48	49	20.6114231	26.3286393
150	58	54.5	48	49.5	20.6114231	26.6844317
165	58	55	48	49	20.8077224	26.3286393
180	58.5	55	47.5	49	21.0040216	25.9728469
195	58.5	55.5	48.5	49.5	21.2003209	27.0402241
210	58.5	55.5	48.5	49.5	21.2003209	27.0402241
225	58.5	55	48.5	49.5	21.0040216	27.0402241
240	58.5	55.5	48.5	49.5	21.2003209	27.0402241

Percobaan III						
menit	T1	T2	T5	T6	Qlbh	Olah
15	55	49	34	36	17.2743355	7.11584846
30	56	51.5	36	39	18.6484304	10.6737727
45	56.5	52.5	40.5	40	19.2373282	14.5874893
60	56.5	53	43.5	42	19.4336275	18.1454135
75	57	53.5	45.5	44	19.8262260	20.9917529
90	58	53.5	46.5	45	20.2188246	22.4149226
105	58	54.5	47.5	46	20.6114231	23.8380923
120	58	55	47.5	47	20.8077224	24.5496772
135	57.5	54.5	48	47.5	20.4151238	25.2612620
150	58	55	48	48	20.8077224	25.6170544
165	58	55	48	48.5	20.8077224	25.9728469
180	58.5	55.5	47.5	49	21.2003209	25.9728469
195	58.5	55.5	48.5	49.5	21.2003209	27.0402241
210	58	55.5	48.5	49.5	21.0040216	27.0402241
225	58	55	48.5	49.5	20.8077224	27.0402241
240	58	55.5	48.5	49.5	21.0040216	27.0402241



## Lampiran 4. Perhitungan pindah panas konduksi pada pintu rumah pengering

Pintu rumah pengering terdiri dari kayu sebagai bingkai dan kaca di bagian tengahnya, dengan  $k_{\text{kayu}} = 0,10392 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  dan  $k_{\text{kaca}} = 2,5515 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

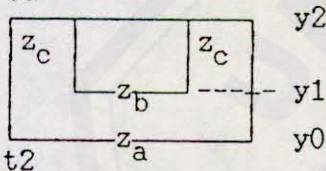
Tebal kayu  $x_{\text{kayu}} = 0,021 \text{ m}$ , tebal kaca  $x_{\text{kaca}} = 0,01 \text{ m}$ .

1. Perhitungan pindah panas konduksi pada dinding pintu di bawah hamparan.

Persamaan dasar pindah panas :  $q = -k \cdot A \cdot \frac{dt}{dx}$

$$\int dx \int dq = \left[ k_{\text{ky}} \cdot z_a \int_{0,07}^{0,16} dy + (k_{\text{ky}} \cdot 2z_c + k_{\text{kc}} \cdot z_b) \int_{0,07}^{0,16} dy \int_{t_y}^{30} dt \right]$$

t3



di mana :

$z_a =$  lebar kayu bagian bawah = 0,425 m

$z_c =$  lebar kayu bagian samping = 0,07 m

$z_b =$  lebar kaca = 0,285 m

$y_1 =$  tinggi kayu bagian bawah = 0,07 m

$y_2 =$  tinggi kayu bagian tengah = tinggi kaca = 0,16 m

$$\begin{aligned} \int dq &= - \left[ \left[ \frac{0,10392 \cdot 0,425}{0,021} \right] \int_0^{0,07} dy + \left[ \frac{0,10392 \cdot 0,14}{0,021} + \frac{2,5515 \cdot 0,285}{0,01} \right] \int_{0,07}^{0,16} dy \int_{t_y}^{30} dt \right] \\ &= - \left[ 2,103 \int_0^{0,07} dy + 73,4 \int_{0,07}^{0,16} dy \right] \int_{t_y}^{30} dt \end{aligned}$$

Dinding bagian bawah dibatasi oleh thermometer ke-2

Dinding bagian atas dibatasi oleh thermometer ke-3

$$t_y = \frac{(t_3 - t_2)y}{0,16} + t_2$$

$$= - \left[ \left[ 2,103 \int_0^{0,07} d \left[ (30 - t_2) - \frac{(t_3 - t_2)y}{0,16} \right] + 73,4 \int_{0,07}^{0,16} d \left[ (30 - t_2) - \frac{(t_3 - t_2)y}{0,16} \right] \right] \right]$$

$$= - \left[ 0,1472 (30 - t_2) - 0,0322(t_3 - t_2) + 6,606(30 - t_2) - 4,748(t_3 - t_2) \right]$$

$$= - \left[ 6,753(30 - t_2) - 4,7158(t_3 - t_2) \right]$$

## 2. Perhitungan pindah panas konduksi untuk dinding pintu di atas hamparan

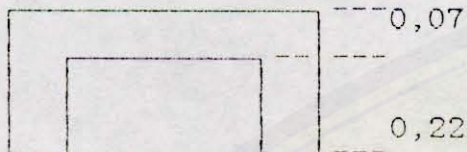
Bagian pintu di atas hamparan tingginya 0,29 m

Dinding pintu bagian bawah dibatasi oleh thermometer ke-4

Dinding pintu bagian atas dibatasi oleh thermometer ke-5

Lebar dan tebal kayu dan kaca = bagian pintu di bawah hamparan

Persamaan pindah panas :



$$q = -k \cdot A \frac{dt}{dx}$$

$$dx \cdot dy = - \left[ \left[ k_{ky} \cdot 2z_c + k_{kc} \cdot z_b \right] \int_0^{0,22} dy + k_{ky} \cdot z_a \int_{0,22}^{0,29} dy \right] \int_{ty}^{30} dt$$

$$= - \left[ \left[ \frac{0,10392 \cdot 0,14}{0,021} + \frac{2,5515 \cdot 0,285}{0,01} \right] \int_{30}^{0,22} dy + \frac{0,10392 \cdot 0,425}{0,021} \int_{0,22}^{0,29} dy \right] \int_{ty}^{30} dy$$

$$\int dq = - \left[ 73,4 \int_0^{0,22} dy + 2,103 \int_{0,22}^{0,29} dy \right] \int_{ty}^{30} dt$$

Persamaan suhu terhadap ketinggian dinding :

$$ty = \frac{(t5-t4)}{0,29} y + t4$$

$$q = - \left[ 73,4 \int_0^{0,22} d \left[ (30-t4) - \frac{(t5-t4)}{0,29} y \right] + 2,103 \int_{0,22}^{0,29} d \left[ (30-t4) - \frac{(t5-t4)}{0,29} y \right] \right]$$

$$= - \left[ 73,4 \left[ (30-t4) \cdot 0,22 - \frac{(t5-t4)}{0,29} \cdot \frac{0,22^2}{2} \right] + 2,103 \left[ \left[ (30-t4) \cdot 0,29 - \frac{(t5-t4)}{0,29} \cdot \frac{0,22^2}{2} \right] - \left[ (30-t4) \cdot 0,22 - \frac{(t5-t4)}{0,29} \cdot \frac{0,22^2}{2} \right] \right] \right]$$

$$q = - \left[ 16 (30-t4) - 5,995 (t5-t4) \right]$$

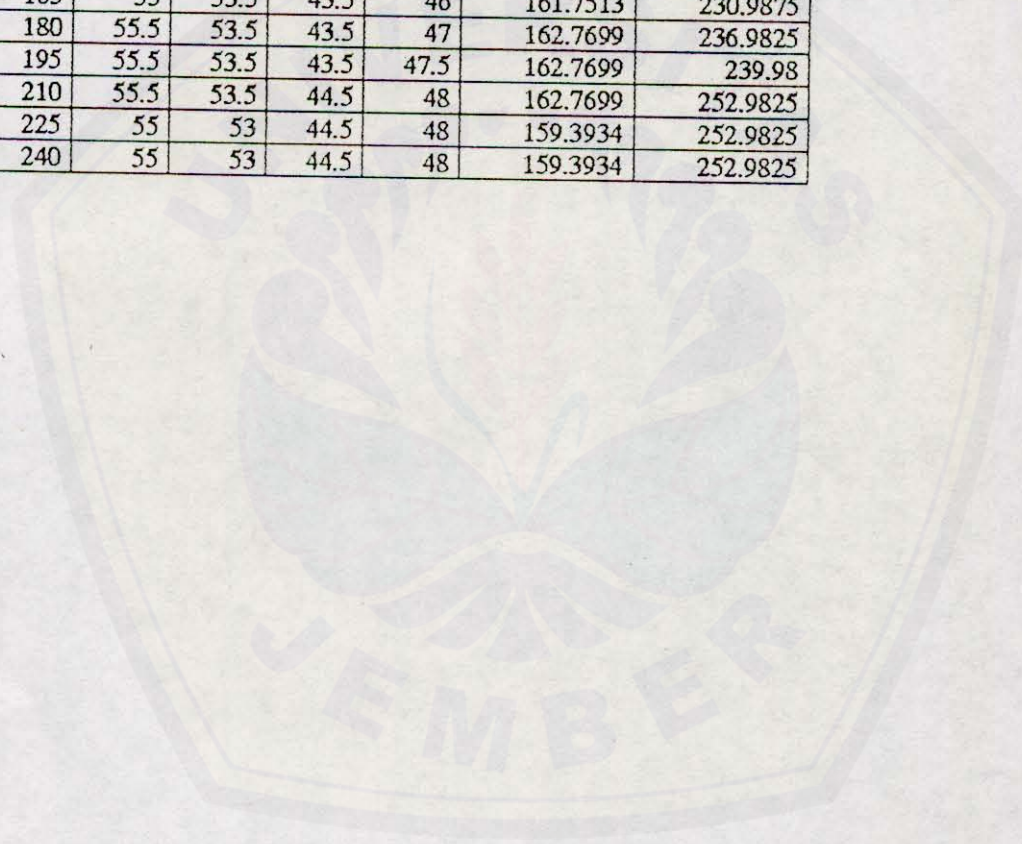
Tabel lampiran 4

DINDING PINTU

Percobaan I						
menit	T2	T3	T4	T5	Q pbh	Q pah
15	48	48	32.5	34.5	121.554	51.99
30	48.5	48.5	34	39.5	124.9305	96.9725
45	49.5	49	35.5	41	129.3256	120.9725
60	50.5	49	37	42	131.3628	141.975
75	51.5	50	38.5	42.5	138.1158	159.98
90	52.5	51	39.5	42.5	144.8688	169.985
105	53	51.5	40.5	43	148.2453	182.9875
120	53.5	52	40.5	43.5	151.6218	185.985
135	53.5	53	41.5	44	156.3376	198.9875
150	54.5	53	41.5	45.5	158.3748	207.98
165	54.5	53.5	42.5	46.5	160.7327	223.98
180	55.5	53.5	43	47	162.7699	231.98
195	55.5	53.5	43.5	48	162.7699	242.9775
210	55.5	53.5	43.5	48.5	162.7699	245.975
225	55	53.5	43.5	48.5	161.7513	245.975
240	55.5	53.5	43.5	48.5	162.7699	245.975

Percobaan II						
menit	T2	T3	T4	T5	Q pbh	Q pah
15	48	48	31	34	121.554	33.985
30	48.5	48	33	36	122.5726	65.985
45	49.5	48.5	35	43.5	126.9677	130.9575
60	51	49	36	43.5	132.3814	140.9625
75	52.5	50.5	36.5	45.5	154.3004	157.955
90	53.5	51.5	39	46.5	158.6955	188.9625
105	54	53	40.5	47.5	159.7141	209.965
120	54	53.5	41.5	47.5	159.7141	219.97
135	54	53.5	42	48	159.7141	227.97
150	54.5	53.5	42.5	48	160.7327	232.9725
165	55	53	43.5	48	159.3934	242.9775
180	55	53.5	43.5	47.5	161.7513	239.98
195	55.5	53.5	43.5	48.5	162.7699	245.975
210	55.5	53.5	44.5	48.5	162.7699	255.98
225	55.5	53	44.5	48.5	160.412	255.98
240	55	53.5	44.5	48.5	161.7513	255.98

Percobaan III						
menit	T2	T3	T4	T5	Q pbh	Q pah
15	49	49	31	31.5	128.307	18.9975
30	51.5	50.5	33	35	140.4737	59.99
45	52.5	51.5	35	38	147.2267	97.985
60	53	52	36	40	150.6032	119.98
75	53.5	52	36.5	41	156.3376	130.9775
90	53.5	52.5	39	42.5	158.6955	164.9825
105	54.5	53	40.5	43.5	158.3748	185.985
120	55	53.5	41.5	44.5	159.3934	201.985
135	54.5	53	42	45	158.3748	209.985
150	55	53	42.5	45.5	159.3934	217.985
165	55	53.5	43.5	46	161.7513	230.9875
180	55.5	53.5	43.5	47	162.7699	236.9825
195	55.5	53.5	43.5	47.5	162.7699	239.98
210	55.5	53.5	44.5	48	162.7699	252.9825
225	55	53	44.5	48	159.3934	252.9825
240	55	53	44.5	48	159.3934	252.9825



Lampiran 5: Perhitungan kadar air (%), berat basah (kg), water losses (kg), dan input panas dalam rumah pengering.

Menurut berbagai sumber yang ada ditentukan besarnya kadar air bahan kering panen berkisar antara 24% sampai 27%. Dalam perhitungan kadar air kita menggunakan standar basis basah. Sebagai contoh perhitungan kita ambil nilai percobaan 1 menit ke-15. Berdasarkan hasil penimbangan awal diperoleh berat gabah 3.3 kg, ini berarti berat basah bahan merupakan campuran dari berat air dan berat gabah kering. Pada kadar air 25% melalui pengukuran dengan menggunakan Moisture Tester terdapat 0,825 kg berat air dan 2,475 kg berat gabah kering. Pengukuran pada menit ke-15 dengan menggunakan moisture tester diperoleh kadar air sebesar 23,6% wb. Berarti pada menit ke-15 terdapat 3,239529 kg berat basah. Sedangkan berat air yang diuapkan (water losses)  $3,3 \text{ kg} - 3,239529 \text{ kg} = 0,060471 \text{ kg}$  uap air. Pada menit ke-30 dari pengukuran moisture tester diperoleh 22,2 % wb berarti pada menit ke-30 terdapat 3,181234 kg berat basah gabah dan berat air yang diuapkan  $3,239529 \text{ kg} - 3,1812 \text{ kg} = 0,058295 \text{ kg}$ . Sampai pada menit ke-240 diperoleh jumlah total uap air yang diuapkan dari bahan = 435416 kg pada percobaan 1, 0,394691 kg pada percobaan 2 dan 0,35805 kg pada percobaan 3 sesuai dengan persamaan 1:

$$\text{Percobaan 1 : } \frac{100(25-13,6) \times 2475}{(100-25) (100-13,6)} = 435,416 \text{ gram}$$

$$\text{Percobaan 2 : } \frac{100(24,5-13,6) \times 2362,395}{(100-24,5) (100-13,6)} = 394,691 \text{ gram}$$

$$\text{percobaan 3 : } \frac{100(24-13,7) \times 2280}{(100-24) (100-13,7)} = 358,05 \text{ gram}$$

Perhitungan panas yang masuk ke dalam rumah pengering dapat dihitung dengan persamaan 11. Pada percobaan 1 entalpi pada  $t_1$  menit ke-15 sebesar 36285,6 Joule/kg dan pada  $t_{\text{lingkungan}}$  sebesar 22097 Joule/kg sehingga dari persamaan 11 panas yang masuk dalam rumah pengering sebesar :

$$\begin{aligned} &= \frac{31,951856 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,80723568 \text{ m}^3/\text{kguk}} (h_1 - h_{\text{lingkungan}})\text{Joule/kg} \\ &= 9,895545 \text{ kguk/dt} \times (36285,6 - 22097) \text{ Joule/kg} \\ &= 140403,2913 \text{ Joule/dt} \\ &= 140403,2913 \text{ Watt} \end{aligned}$$



Tabel lampiran 5 : Panas yang masuk dalam rumah pengering (Q input)

Percobaan I				
Menit	M. udara (kg/dt)	entalpi (J/kg)	entalpi link (J/kg)	Q input (Watt)
15	9.8955	36258.6	22097	140136.1128
30	9.8955	37083.086	22097	148294.81401
45	9.8955	37481.829	22097	152240.57537
60	9.8955	37481.829	22097	152240.57537
75	9.8955	37880.57	22097	156186.31694
90	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
105	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
120	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
135	9.8955	38279.314	22097	160132.08819
150	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
165	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
180	9.8955	39077.96	22097	168035.08968
195	9.8955	39077.96	22097	168035.08968
210	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
225	9.8955	38678.06	22097	164077.87923
240	9.8955	38279.3106	22097	160132.05454

Percobaan II				
Menit	M. udara (kg/dt)	entalpi (J/kg)	entalpi link (J/kg)	Q input (Watt)
15	12.033295	35488.114	22097	161139.22514
30	12.033295	35488.114	22097	161139.22514
45	12.033295	36285.6	22097	170735.60944
60	12.033295	37083.01	22097	180331.0792
75	12.033295	37880.57	22097	189928.35396
90	12.033295	38678.06	22097	199524.78639
105	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
120	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
135	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
150	12.033295	38678.06	22097	199524.78639
165	12.033295	38678.06	22097	199524.78639
180	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
195	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
210	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
225	12.033295	39077.963	22097	204336.93716
240	12.033295	39077.963	22097	204336.93716

Percobaan III				
Menit	M. udara (kg/dt)	entalpi (j/kg)	entalpi link (j/kg)	Q input (Watt)
15	14.918667	35488.114	22097	199777.57053
30	14.918667	36685.5	22097	217640.97353
45	14.918667	36685.5	22097	217640.97353
60	14.918667	37481.83	22097	229521.15562
75	14.918667	38279.314	22097	241418.55386
90	14.918667	38678.06	22097	247367.31265
105	14.918667	38678.06	22097	247367.31265
120	14.918667	39077.96	22097	253333.28758
135	14.918667	39077.963	22097	253333.33234
150	14.918667	39077.96	22097	253333.28758
165	14.918667	39077.96	22097	253333.28758
180	14.918667	38678.06	22097	247367.31265
195	14.918667	39077.963	22097	253333.33234
210	14.918667	39077.963	22097	253333.33234
225	14.918667	39077.963	22097	253333.33234
240	14.918667	39077.963	22097	253333.33234

Lampiran 6 : Perhitungan panas yang diserap bahan, panas yang keluar dari cerobong dan efisiensi panas.

Panas yang keluar lewat cerobong diperoleh dari sisa pemanasan bahan. Besarnya panas yang hilang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4. Entalpi pada  $t^6$  menit ke-15 sebesar 26516,4 Joule/kg dan pada lingkungan = 22097 Joule/kg sehingga dari persamaan tersebut diperoleh :  
 $9,89545 \text{ kguk/dt} \times (26516,4 - 22097) \text{ Joule/kg} = 43732,173 \text{ Watt}.$

Panas yang diserap bahan pada dasarnya digunakan untuk memanaskan bahan ( $Q_1$ ) dan menguapkan air bahan ( $Q_2$ ), sehingga :

$$Q_{\text{bahan}} = Q_1 + Q_2$$

Sesuai dengan persamaan 14 panas yang digunakan untuk memanaskan bahan ( $Q_1$ ) =  $m \cdot c_p \cdot dt$

Pada percobaan 1 massa air bahan pada menit ke-15  $0,825 - 0,060471 = 0,764529 \text{ kg}$  dan kalor jenis air bahan  $4180 \text{ Joule/kg}^\circ\text{C}$  sedangkan massa bahan kering =  $2,475 \text{ kg}$  dan kalor jenis bahan kering  $1460 \text{ Joule/kg}^\circ\text{C}$  sehingga  $Q_1 = (0,764529 \times 4180 + 2,475 \times 1460)(48 - 30)^\circ\text{C} = 30641,540 \text{ Watt}$  dalam waktu 15 menit.

$Q_2$  adalah panas untuk menguapkan air bahan diperoleh dari massa air yang telah diuapkan dalam waktu tertentu (15 menit) dikalikan dengan panas latent penguapan pada suhu tersebut. Pada percobaan 1 menit ke-15 massa uap air yang diuapkan =  $0,060471 \text{ kg}$ , Panas latent penguapan dari

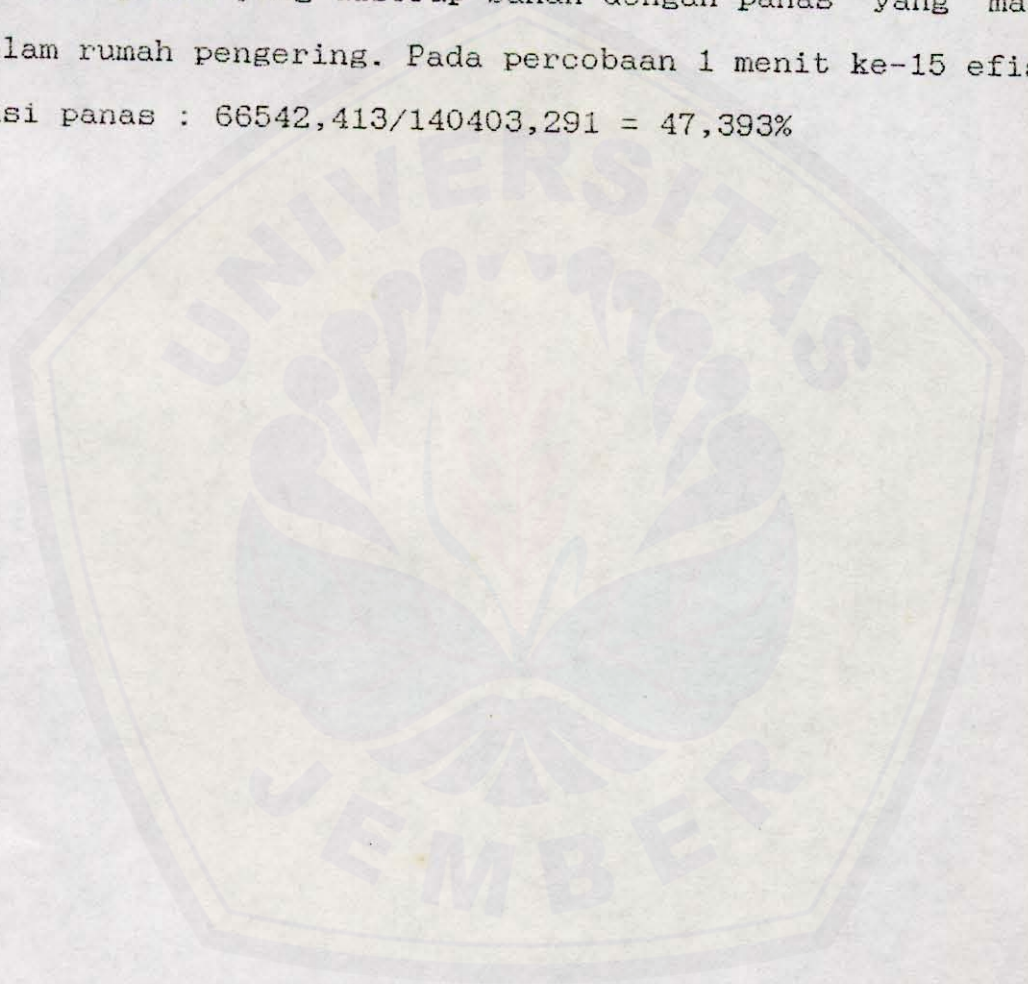
jumlah suhu rata-rata adalah 2374749,756 Joule/kg maka:

$$Q1 = 0,06471 \times 2374749,756$$

$$= 143603,4925 \text{ Joule/jam}$$

$$= 35900,873 \text{ Watt dalam waktu 15 menit.}$$

Effisiensi panas diperoleh dari hasil pembagian antara panas yang diserap bahan dengan panas yang masuk dalam rumah pengering. Pada percobaan 1 menit ke-15 efisiensi panas :  $66542,413/140403,291 = 47,393\%$



Tabel lampiran 6 : Panas yang keluar lewat cerobong (Q output)

Percobaan I				
Menit	M. udara (kg/dt)	entalpi (j/kg)	entalpi link (j/kg)	Q Input (Watt)
15	9.8955	26516.4	22097	43732.1727
30	9.8955	28118.76	22097	59588.32608
45	9.8955	28652.87	22097	64873.611585
60	9.8955	29721.11	22097	75444.380505
75	9.8955	30789.348	22097	86015.129634
90	9.8955	31323.46	22097	91300.43493
105	9.8955	31857.58	22097	96585.81939
120	9.8955	32391.71	22097	101871.302805
135	9.8955	32658.76	22097	104513.89608
150	9.8955	32925.82	22097	107156.58831
165	9.8955	33192.88	22097	109799.28054
180	9.8955	33459.94	22097	112441.97277
195	9.8955	33726.99	22097	115084.566045
210	9.8955	33726.99	22097	115084.566045
225	9.8955	33726.99	22097	115084.566045
240	9.8955	33726.99	22097	115084.566045

Percobaan II				
menit	M. udara (kg/dt)	entalpi (j/kg)	entalpi link (j/kg)	Q Input (Watt)
15	12.033295	26516.4	22097	53179.943923
30	12.033295	28118.75	22097	72461.494166
45	12.033295	29721.11	22097	91743.164742
60	12.033295	31323.46	22097	111024.714986
75	12.033295	32391.71	22097	123879.282369
90	12.033295	32925.82	22097	130306.385562
105	12.033295	33459.941	22097	136733.62112
120	12.033295	33726.99	22097	139947.10052
135	12.033295	33459.941	22097	136733.62112
150	12.033295	33726.99	22097	139947.10052
165	12.033295	33459.941	22097	136733.62112
180	12.033295	33459.94	22097	136733.60909
195	12.033295	33726.99	22097	139947.10052
210	12.033295	33726.99	22097	139947.10052
225	12.033295	33726.99	22097	139947.10052
240	12.033295	33726.99	22097	139947.10052

Percobaan III				
Menit	M. udara (kg/dt)	entalpi (j/kg)	entalpi link (j/kg)	Q input (Watt)
15	14.918667	26249.34	22097	61947.377731
30	14.918667	28919.93	22097	101789.020634
45	14.918667	29988.17	22097	117725.73747
60	14.918667	30522.28	22097	125693.946702
75	14.918667	30789.348	22097	129678.24526
90	14.918667	31590.526	22097	141630.75305
105	14.918667	31590.52	22097	141630.66354
120	14.918667	31857.58	22097	145614.84275
135	14.918667	32391.704	22097	153583.26084
150	14.918667	32925.82	22097	161551.55958
165	14.918667	33192.88	22097	165535.73879
180	14.918667	33192.88	22097	165535.73879
195	14.918667	33726.99	22097	173503.94802
210	14.918667	33726.99	22097	173503.94802
225	14.918667	33726.99	22097	173503.94802
240	14.918667	33726.99	22097	173503.94802

Tabel Lampiran 6. Panas yang digunakan untuk memanaskan bahan ( $Q_1$ )

Percobaan I							
menit	berat air (kg)	jumlah uap air (kg)	kj air (j/kg°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T ling (°C)	kj bahan (j/kg°C)	Q <sub>1</sub> (Watt)
15	0.825	0.060471	4180	48	30	1460	30641.54049
30	0.825	0.118766	4180	48.5	30	1460	30365.70630
45	0.825	0.190703	4180	49	30	1460	29758.09193
60	0.825	0.221641	4180	49	30	1460	29143.81794
75	0.825	0.27802	4180	50	30	1460	29499.382
90	0.825	0.328809	4180	51	30	1460	29859.78649
105	0.825	0.381365	4180	51.5	30	1460	29389.93186
120	0.825	0.388232	4180	52.5	30	1460	30595.44274
135	0.825	0.395067	4180	53	30	1460	31111.06465
150	0.825	0.40187	4180	53	30	1460	30947.55455
165	0.825	0.412015	4180	53.5	30	1460	31371.19163
180	0.825	0.422088	4180	53.5	30	1460	31123.82394
195	0.825	0.435412	4180	53.5	30	1460	30796.61981
210	0.825	0.435412	4180	53.5	30	1460	30796.61981
225	0.825	0.435412	4180	53.5	30	1460	30796.61981
240	0.825	0.435412	4180	53.5	30	1460	30796.61981

Percobaan II							
menit	berat air (kg)	jumlah uap air (kg)	kj air (j/kg°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T ling (°C)	kj bahan (j/kg°C)	Q <sub>1</sub> (Watt)
15	0.7666	0.060471	4180	48	30	1460	29543.03649
30	0.7666	0.118766	4180	48.5	30	1460	29236.68830
45	0.7666	0.190703	4180	49	30	1460	28598.55993
60	0.7666	0.221641	4180	49	30	1460	27984.28594
75	0.7666	0.27802	4180	50	30	1460	28278.822
90	0.7666	0.328809	4180	51	30	1460	28578.19849
105	0.7666	0.381365	4180	51.5	30	1460	28077.82986
120	0.7666	0.388232	4180	52.5	30	1460	29222.31274
135	0.7666	0.395067	4180	53	30	1460	29707.42065
150	0.7666	0.40187	4180	53	30	1460	29543.91055
165	0.7666	0.412015	4180	53.5	30	1460	29937.03363
180	0.7666	0.422088	4180	53.5	30	1460	29689.66594
195	0.7666	0.435412	4180	53.5	30	1460	29362.46181
210	0.7666	0.435412	4180	53.5	30	1460	29362.46181
225	0.7666	0.435412	4180	53.5	30	1460	29362.46181
240	0.7666	0.435412	4180	53.5	30	1460	29362.46181

Percobaan III							
menit	berat air (kg)	jumlah uap air (kg)	kJ air (j/kg°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>ling</sub> (°C)	kJ bahan (j/kg°C)	Q <sub>1</sub> (Watt)
15	0.72	0.060471	4180	49	30	1460	30259.07329
30	0.72	0.118766	4180	50.5	30	1460	31399.12286
45	0.72	0.190703	4180	51.5	30	1460	31314.54284
60	0.72	0.221641	4180	52	30	1460	31331.52341
75	0.72	0.27802	4180	52	30	1460	30035.3702
90	0.72	0.328809	4180	52.5	30	1460	29523.81588
105	0.72	0.381365	4180	53	30	1460	28916.71722
120	0.72	0.388231	4180	53.5	30	1460	29376.72971
135	0.72	0.395067	4180	53	30	1460	28587.38965
150	0.72	0.40187	4180	53	30	1460	28423.87955
165	0.72	0.412015	4180	53.5	30	1460	28792.65413
180	0.72	0.422088	4180	53.5	30	1460	28545.28644
195	0.72	0.435412	4180	53.5	30	1460	28218.08231
210	0.72	0.435412	4180	53.5	1	1460	63040.39665
225	0.72	0.435412	4180	53	30	1460	27617.69758
240	0.72	0.435412	4180	53	30	1460	27617.69758



Tabel lampiran 6 : Panas yang digunakan untuk menguapkan air bahan ( $Q_2$ )

Percobaan I					
menit	uap air (kg)	panas latent uap (J/kg°C)	Q Penguapan (Watt)	$Q_1$ (Watt)	Q Bahan
15	0.060471	2374749.756	35900.873124	30641.54049	66542.41
30	0.058295	2374749.756	34609.009257	30365.706305	64974.71
45	0.071937	2374749.756	42708.093299	29758.091935	72466.18
60	0.030938	2374749.756	18367.501988	29143.817945	47511.31
75	0.056379	2374749.756	33471.504123	29499.382	62970.88
90	0.050789	2374749.756	30152.791339	29859.786495	60012.57
105	0.052556	2374749.756	31201.837044	29389.931863	60591.76
120	0.006867	2374749.756	4076.8516436	30595.442749	34672.29
135	0.006835	2374749.756	4057.8536456	31111.064655	35168.91
150	0.006803	2374749.756	4038.8556475	30947.55455	34986.41
165	0.010145	2374749.756	6022.9590687	31371.191638	37394.15
180	0.010073	2374749.756	5980.213573	31123.82394	37104.03
195	0.013324	2374749.756	7910.2914372	30796.61981	38706.91
210	0.013324	2374749.756	7910.2914372	30796.61981	38706.91
225	0.013324	2374749.756	7910.2914372	30796.61981	38706.91
240	0.013324	2374749.756	7910.2914372	30796.61981	38706.91

Percobaan II					
menit	uap air (kg)	panas latent uap (J/kg°C)	Q Penguapan (Watt)	$Q_1$ (Watt)	Q Bahan
15	0.048954	2374280.78	29057.635326	29543.03649	58600.67
30	0.100984	2374280.78	59941.092572	29236.688305	89177.78
45	0.080416	2374280.78	47732.540801	28598.559935	76331.10
60	0.014157	2374280.78	8403.1732506	27984.285945	36387.45
75	0.020978	2374280.78	12451.9155507	28278.822	40730.73
90	0.077666	2374280.78	46100.222765	28578.198495	74678.42
105	0.006555	2374280.78	3890.8526282	28077.829863	31968.68
120	0.009774	2374280.78	5801.5550859	29222.312749	35023.86
135	0.003242	2374280.78	1924.3545722	29707.420655	31631.77
150	0.003235	2374280.78	1920.1995808	29543.91055	31464.11
165	0.006448	2374280.78	3827.3406174	29937.033638	33764.37
180	0.006418	2374280.78	3809.5335115	29689.66594	33499.19
195	0.009571	2374280.78	5681.0603363	29362.46181	35043.52
210	0.006343	2374280.78	3765.0157469	29362.46181	33127.47
225	0.006343	2374280.78	3765.0157469	29362.46181	33127.47
240	0.006343	2374280.78	3765.0157469	29362.46181	33127.47

Percobaan III					
menit	uap air (kg)	panas latent uap (j/kg°C)	Q Penguapan (Watt)	Q <sub>1</sub> (Watt)	Q Bahan
15	0.035111	2372639.366	20826.435195	30259.073295	51085.50
30	0.011521	2372639.366	6833.7945339	31399.122865	38232.91
45	0.026538	2372639.366	15741.2758737	31314.542848	47055.81
60	0.033428	2372639.366	19828.147182	31331.52341	51159.67
75	0.126411	2372639.366	74981.928724	30035.3702	105017.2
90	0.033177	2372639.366	19679.264061	29523.815888	49203.07
105	0.029186	2372639.366	17311.963134	28916.717225	46228.68
120	0.019114	2372639.366	11337.6572104	29376.729718	40714.38
135	0.015723	2372639.366	9326.2521879	28587.389655	37913.64
150	0.009346	2372639.366	5543.6718787	28423.87955	33967.55
165	0.006194	2372639.366	3674.0320583	28792.654138	32466.68
180	0.006165	2372639.366	3656.8304228	28545.28644	32202.11
195	0.003072	2372639.366	1822.1870331	28218.08231	30040.26
210	0.003065	2372639.366	1818.0349142	63040.39665	64858.43
225	0.003065	2372639.366	1818.0349142	27617.69758	29435.73
240	0.003065	2372639.366	1818.0349142	27617.69758	29435.73

Tabel Lampiran 6. Efisiensi panas

Percobaan I			
Menit	Q Bahan	Q input (Watt)	Efisiensi (%)
15	66542.413614	140136.1128	47.484%
30	64974.715562	148294.81401	43.815%
45	72466.185234	152240.57537	47.600%
60	47511.319933	152240.57537	31.208%
75	62970.886123	156186.31694	40.318%
90	60012.577834	164077.87923	36.576%
105	60591.768907	164077.87923	36.929%
120	34672.294392	164077.87923	21.132%
135	35168.918301	160132.08819	21.962%
150	34986.410198	164077.87923	21.323%
165	37394.150706	164077.87923	22.790%
180	37104.037513	168035.08968	22.081%
195	38706.911247	168035.08968	23.035%
210	38706.911247	164077.87923	23.591%
225	38706.911247	164077.87923	23.591%
240	38706.911247	160132.05454	24.172%

Percobaan II			
Menit	Q Bahan	Q input (Watt)	Efisiensi (%)
15	58600.671816	161139.22514	36.366%
30	89177.780877	161139.22514	55.342%
45	76331.100736	170735.60944	44.707%
60	36387.459196	180331.0792	20.178%
75	40730.737551	189928.35396	21.445%
90	74678.42126	199524.78639	37.428%
105	31968.682491	204336.93716	15.645%
120	35023.867835	204336.93716	17.140%
135	31631.775227	204336.93716	15.480%
150	31464.110131	199524.78639	15.770%
165	33764.374255	199524.78639	16.922%
180	33499.199452	204336.93716	16.394%
195	35043.522146	204336.93716	17.150%
210	33127.477557	204336.93716	16.212%
225	33127.477557	204336.93716	16.212%
240	33127.477557	204336.93716	16.212%

Percobaan III			
Menit	Q Bahan	Q Input (Watt)	Efisiensi (%)
15	51085.50849	199777.57053	25.571%
30	38232.917399	217640.97353	17.567%
45	47055.818721	217640.97353	21.621%
60	51159.670592	229521.15562	22.290%
75	105017.298924	241418.55386	43.500%
90	49203.079949	247367.31265	19.891%
105	46228.680359	247367.31265	18.688%
120	40714.386928	253333.28758	16.071%
135	37913.641843	253333.33234	14.966%
150	33967.551429	253333.28758	13.408%
165	32466.686196	253333.28758	12.816%
180	32202.116863	247367.31265	13.018%
195	30040.269343	253333.33234	11.858%
210	64858.431564	253333.33234	25.602%
225	29435.732494	253333.33234	11.619%
240	29435.732494	253333.33234	11.619%