

GAS DRYER DESIGN FOR VERMICELLI USING MICROCONTROLLER ATMEGA 8535

Akhmad Mufasil And Ida Betanursanti
Industrial Engineering
Muhammadiyah Technology College of Kebumen
Pahlawan Street No. 188 Mertokondo Kebumen
Email: c4h.b46u5@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research is designing a gas dryer for vermicelli using a microcontroller ATmega 8535 that can overcome the obstacles in the drying department. The microcontroller ATmega 8535 used to regulate the temperature of the drying chamber. This tool design is made to compare between conventional dryer and a theoretical gas dryer in the factory.

The method used in this paper is field study in the factory. Based on the experience then theoretical gas dryer design from the factory's datas. A microcontroller Atmega 8535 is added to the dryer to easier the dryer operation.

The result of the theoretical gas dryer design for vermicelli using a microcontroller ATmega 8535, showed a faster time drying for 131,04 kg of vermicelli need 47,72 minutes at a temperature of 40-55° C.

Keywords: Gas dryer, vermicelli and microcontroller ATmega 8535.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada pembuatan produknya, perusahaan sohun melibatkan 5 departemen yaitu departemen pengolahan bahan baku, departemen pemasakan, departemen pencetakan/pengekstrusian, departemen pengeringan/penjemuran, serta departemen pengemasan. Proses pengeringan sohun masih mengandalkan panas dari sinar matahari. Dengan proses yang masih mengandalkan cuaca pada departemen pengeringan seringkali menjadi kendala terutama pada waktu musim penghujan. Cuaca yang mendung/hujan mengakibatkan proses pengeringan sohun akan menjadi lebih lama sehingga proses produksi menurun. Cuaca yang tidak mendukung disamping menurunkan proses produksi mengakibatkan juga kualitas sohun kurang baik. Hal lain yang menjadi kendala adalah lokasi penjemuran yang kurang luas dan sinar matahari terhalang oleh pepohonan disekitar lokasi penjemuran.

Mengingat kegiatan penjemuran merupakan kegiatan yang sangat penting dalam pembuatan produk sohun maka penulis melakukan penelitian dibagian penjemuran produk sohun yaitu dengan melakukan perancangan alat pengering sohun. Dimana alat pengering tersebut diharapkan mampu mengatasi kendala yang dihadapi pada departemen pengeringan sohun sehingga dapat meningkatkan proses produksi.

B. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari latar belakang di atas yaitu merancang alat pengering sohun yang mampu mengatasi kendala pada departemen pengeringan antara lain kendala cuaca pada musim hujan, waktu pengeringan yang lama, kualitas sohun yang kurang baik akibat waktu pengeringan yang lama, benang sohun yang tercecet, membutuhkan banyak tenaga kerja dan lahan penjemuran yang luas.

C. Pembatasan Masalah

1. Penelitian dilakukan hanya pada departemen pengeringan saja.

2. Penelitian dilakukan hanya sebatas perancangan mesin pengering sohun menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 yang dapat mengatasi kendala pada departemen pengeringan.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk merancang mesin pengering sohun menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535 tidak sampai pada pembuatan prototipe atau produknya.

E. Manfaat penelitian

1. Dapat menambah wawasan dan pengalaman dalam mengaplikasikan suatu ilmu pengetahuan yang didapat dari kampus pada suatu karya terutama dalam bidang kendali/mikrokontroler.
2. Dapat membantu perusahaan untuk mengatasi masalah pada departemen pengeringan terutama pada waktu musim hujan, menghemat lahan penjemuran, efisiensi tenaga kerja dan juga diharapkan mampu untuk meningkatkan kapasitas produksi perusahaan.
3. Dapat untuk menambah informasi sumbangan pemikiran dan bahan kajian dalam penelitian.
4. Memberikan informasi kepada pembaca tentang rancangan pembuatan mesin pengering sohun kompor gas menggunakan mikrokontroler ATmega 8535.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Sohun

Sohun cukup akrab di masyarakat dan telah dikenal turun temurun. Bentuknya yang seperti benang, kenyal dan transparan sering menjadi penambah selera dalam masakan soto, sup atau bakso. Sohun merupakan suatu produk bahan makanan kering yang dibuat dari pati dengan khas (SNI 01-3723-1995). Berbagai macam pati sebagai bahan baku sohun dapat berasal dari umbi-umbian, kacang hijau, jagung, ubi jalar (*sweet potato*), sagu, aren, midro/ganyong (*canna eduliker*) dan tapioka.

Jenis olahan pangan lainnya yang bentuknya hampir sama dengan sohun adalah bihun. Namun keduanya mempunyai perbedaan seperti, bihun terbuat dari bahan dasar amilosa dan dalam pembuatannya dikukus atau direbus, sedangkan sohun terbuat dari bahan dasar *amilopektin* dan dalam pembuatannya harus direbus (Astawan, 2004).

B. Proses Produksi Sohun

Proses produksi sohun melalui beberapa tahapan dimulai dari kegiatan pencucian bahan baku, pemasakan, pengekrusian, penjemuran, pengemasan dan penyimpanan. Benang sohun basah mengandung air yang cukup tinggi. Benang sohun memiliki dua komponen utama yaitu air dan bahan kering. Banyaknya air yang dikandung dalam benang sohun disebut kadar air dan dinyatakan dalam persen (%).

Pengeringan makanan merupakan operasi yang paling penting dalam rantai penanganan makanan. Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Pada sohun pengeringan dilakukan karena kadar air benang sohun basah mencapai 55%. Proses pengeringan merupakan proses perpindahan panas dari sebuah permukaan benda sehingga kandungan air pada permukaan benda berkurang (Mahadi, 2007). Sedangkan Brooker *et al.* (1992) menjelaskan bahwa pengeringan adalah proses perpindahan panas dan perpindahan massa secara bersamaan. Panas diperlukan untuk menguapkan kelembaban yang mengalir dari permukaan produk ke media pengeringan eksternal, biasanya udara. Proses pengeringan yang umumnya digunakan pada bahan pangan ada dua cara yaitu pengeringan dengan penjemuran dan pengeringan dengan alat pengering.

Pengeringan alami dengan menjemur atau mengangin-anginkan, dilakukan yaitu dengan

menjemur benang sohun basah yang masih di ancak. Ancak diletakkan di atas rak-rak penjemuran yang terbuat dari bambu. Ancak adalah alat yang terbuat dari seng tipis, dijepit dengan bambu pada setiap sisinya.

Pengeringan buatan dilakukan antara lain dengan menggunakan tenaga mekanis, bahan penyerap air yang umumnya menggunakan mesin pengering/*dryer*. Mekanisme pengeringan buatan yaitu dengan cara menghembuskan udara panas ke arah benang sohun. Proses perpindahan panas terjadi karena suhu sohun lebih rendah dari suhu udara yang dialirkan di sekeliling sohun. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan sohun ada dua golongan, yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengering (suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering, dan kelembaban udara), dan faktor yang berhubungan dengan sifat sohun (ukuran sohun, kadar air awal, dan tekanan parsial dalam sohun).

C. Laju Pengeringan

Selama periode awal pengeringan, laju pengeringan ditinjau dari tiga parameter pengeringan eksternal yaitu kecepatan udara, suhu udara dan kelembaban udara. Jika kondisi lingkungan konstan, maka laju pengeringan akan konstan (Brooker *et al.*, 1981). Sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Proses pengeringan dengan laju menurun sangat tergantung pada sifat-sifat alami bahan yang dikeringkan. Laju perpindahan massa selama proses ini dikendalikan oleh perpindahan internal bahan (Istadi dkk., 2002). Periode laju pengeringan menurun meliputi dua proses yaitu perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan ke udara sekitar (Henderson and Perry, 1976).

Dalam hall pengeringan, tingkat pengeringan bahan tertentu tergantung pada karakteristik bahan yaitu suhu bahan, kelembaban relatif dan kecepatan udara pengeringan (Sitkei, 1986). Laju penguapan air adalah banyaknya air yang diuapkan setiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu (Yadollahinia *et al.*, 2008).

Parameter pengeringan meliputi:

1. Suhu udara pengering, untuk oven sohun yaitu antara 40°C - 55°C.
2. Kecepatan aliran udara pengering
Untuk pengeringan bahan pangan udara paksa menggunakan kecepatan antara 0,25 – 2,33 m/s (Widyotomo dan Mulato, 2005)..
3. Kelembaban relatif (RH) udara pengering
Uap air tidak langsung keluar dari ruang pengering melainkan menjenuhkan udara di sekitar bahan (Widyotomo dan Mulato, 2005). Kelembaban berkurang disebabkan oleh perbedaan tekanan uap antara permukaan bahan dan lingkungan (Sitkei, 1986).
4. Kadar air
Berat bahan kering atau padatan adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap atau konstan (Safrizal, 2010). Kadar air Soun Ijo Cap Ketela Mas berdasarkan pemeriksaan dari Dinas Kesehatan Kabupaten Banyumas rata-rata adalah 12,43 %.
5. *Moisture Ratio*

D. Catu Daya

Sumber catu daya yang besar adalah sumber arus bolak-balik atau AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. (www.undiksha.ac.id).

E. Sensor Suhu LM 35DZ

IC LM 35DZ merupakan sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC). Output tegangan keluaran LM 35DZ sangat linear dengan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai pengubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar 10 mV/°C yang berarti bahwa setiap kenaikan suhu 1 °C maka akan terjadi kenaikan tegangan output sensor tersebut sebesar 10 mV.

F. LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD merupakan perangkat *display* yang paling umum dipasangkan ke mikrokontroler, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter atau grafik yang lebih baik dibandingkan *display 7 segment*.

Tujuan dari suatu sistem digital adalah untuk mengawali atau melakukan kontrol aktifitas fisik seperti kecepatan putaran motor, pengoperasian relay, penyalan led yang kesemuanya ini biasa disebut dengan *peripheral* keluaran.

G. Mikrokontroler ATmega 8535

Perangkat lunak yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah menggunakan program mikrokontroler ATmega 8535. Unit control terdiri dari mikrokontroler ATmega 8535, yang di dalamnya terdapat fasilitas *ADC Internal*, *EEPROM Internal*, *Timer/Counter*, *PWM (pulse width modulation)*, *Analog Comparator* dll (repository.usu.ac.id). Sistem mikrokontroler akan memproses input dari sensor suhu LM 35DZ untuk menentukan keputusan yang akan diambil.

H. Kompor Gas Satu Tungku

Kompor gas adalah kompor yang menggunakan gas sebagai bahan bakarnya. Kelengkapan kompor gas:

1. Pemantik digunakan untuk meletikkan bunga api pada awal menyalakan kompor.
2. Regulator adalah alat pengatur tekanan gas yang keluar dari tabung LPG.
3. *Burner*, merupakan tempat sumber api.
4. Dudukan burner, yaitu tempat dimana *burner* didudukan.
5. Katup gas adalah alat untuk mengatur besarnya aliran gas yang keluar dari *burner*.
6. Grid yaitu alat untuk menyangga alat masak.

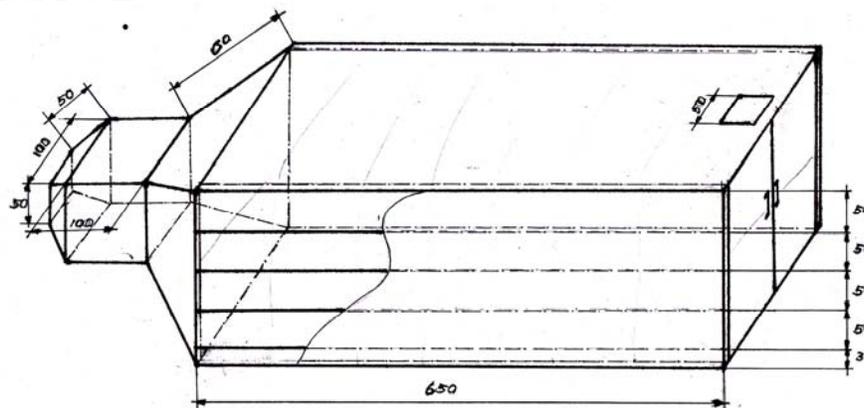
Nilai kalori gas LPG = 49.14 MJ/kg (Sumber: SNI 7368 2007).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari: mesin potong besi (*PORTABLE CUT-OFF*), gerinda tangan, bor tangan listrik, mesin las listrik DC, rivet, gunting seng, palu, meteran.

B. Gambar Desain



Gambar 1. Desain oven suhu

C. Jadwal Perkiraan Pelaksanaan Pekerjaan

Tabel 1. Jadwal perkiraan pelaksanaan pekerjaan

No	Nama Benda	Nama Kegiatan	Hari Ke																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.	Ruang pemanas	- pengukuran bahan																					
		- Pemotongan menggunakan mesin potong besi	■																				
		- Merakit kerangka ruang pemanas menggunakan mesin las listrik	■	■																			
		- Merakit plat dinding ruang pemanas menggunakan paku rivet			■	■																	
2.	Ruang pengering	- Pengukuran bahan					■																
		- Pemotongan menggunakan mesin potong besi					■																
		- Merakit kerangka ruang pengering dan pintu menggunakan mesin las listrik					■	■	■														
		- Merakit plat dinding ruang pengering dan pintu menggunakan paku rivet									■	■	■	■	■	■	■						
3.	Lori	- Pengukuran bahan																					
		- Pemotongan menggunakan mesin potong besi																					
		- Merakit kerangka lori menggunakan mesin las listrik																■	■	■	■		
4.	Mekanik box	- Merakit mekanik box																				■	
5.	Mikro kontroler	- Merakit mikrokontroler																				■	
6.	Software	- Pembuatan perangkat lunak																				■	■

IV. PERANCANGAN SISTEM

A. Konsep Rancangan Mesin Pengering Gas Untuk Sohun Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535

Mesin pengering sohun menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dibuat dengan bentuk konstruksi secara umum yang terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras berupa ruang pemanas, ruang pengering, ruang kontrol, lori, sistem mekanik dan rangkaian pengendali sedangkan perangkat lunak adalah alir diagram program yang dibuat untuk mengatur alur kerja sistem mekanik. Mesin pengering sohun bekerja dengan sistem perpindahan panas koveksi paksa. Udara panas yang ada diruang pemanas dihembuskan ke dalam ruang pengering menggunakan kipas/blower. Sistem yang dirancang tersebut menggunakan komputer sebagai unit pemrograman pada mikrokontroler dan pengendali utama.

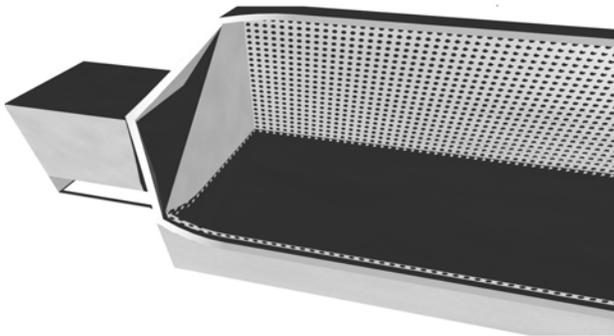
Data sohun Perusahaan Soun Ijo Cap Ketela Mas Tambak

- diameter : 1 mm
- kadar air basah : 55 %
- kadar air kering : 12,43 %
- Berat rata-rata sohun basah : 0,26 kg/ancak
- Berat rata-rata sohun kering : 0,06 kg/ancak

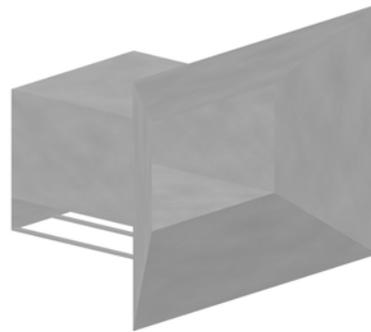
B. LANGKAH KERJA

1. Pembuatan *Hardware*

- a. Pembuatan ruang pengering



Gambar 2. Potongan ruang pengering



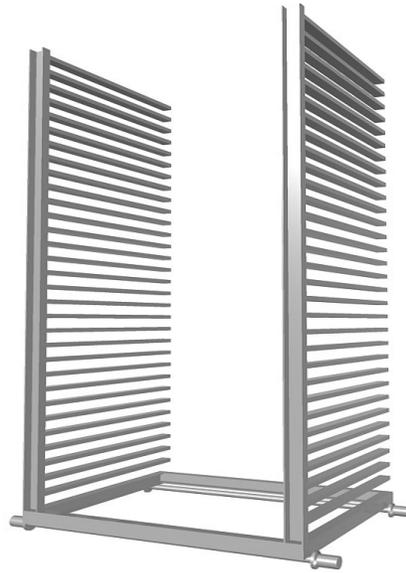
Gambar 3. Ruang pemanas

- b. Pembuatan ruang pemanas
- c. Pembuatan ruang kontrol

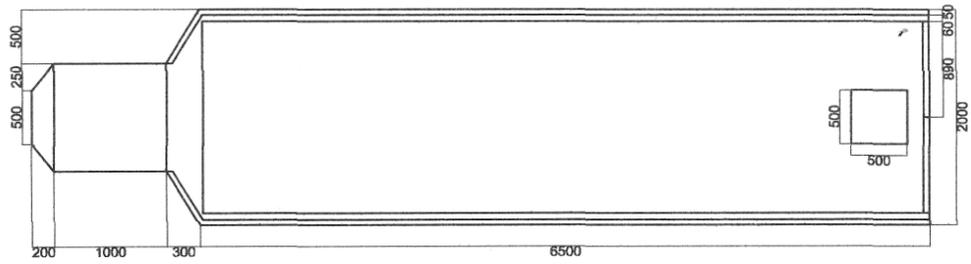


Gambar 4. Mesin pengering penuh

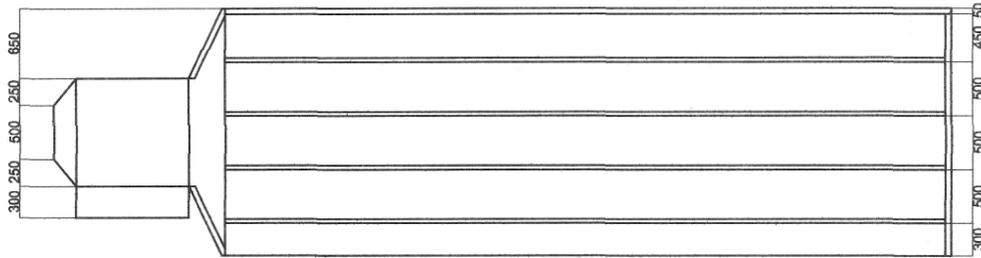
d. Pembuatan lori



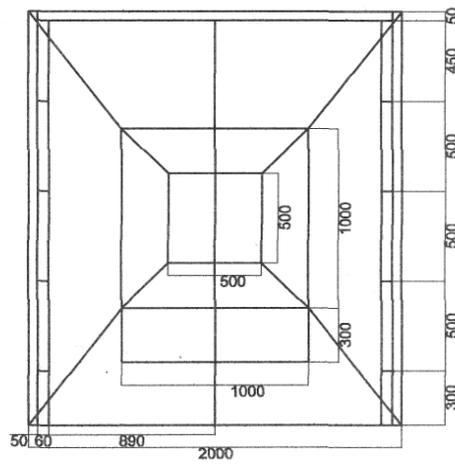
Gambar 5. Lori



Tampak Atas
skala 1:50

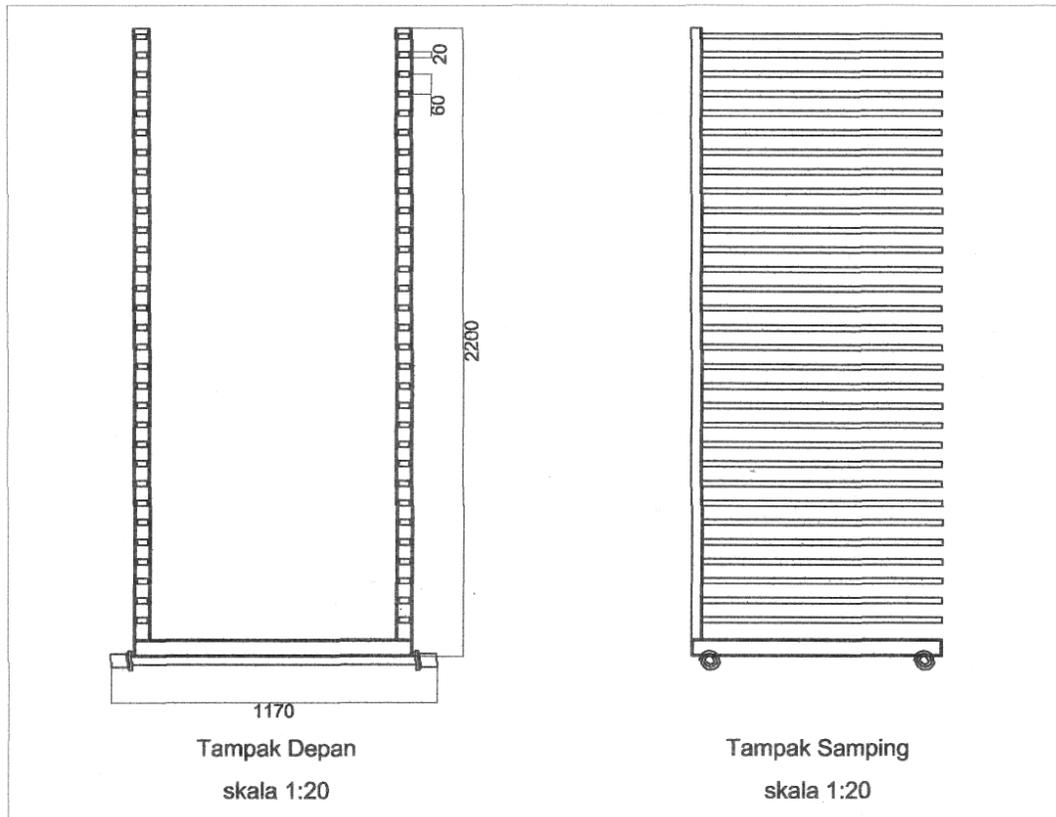
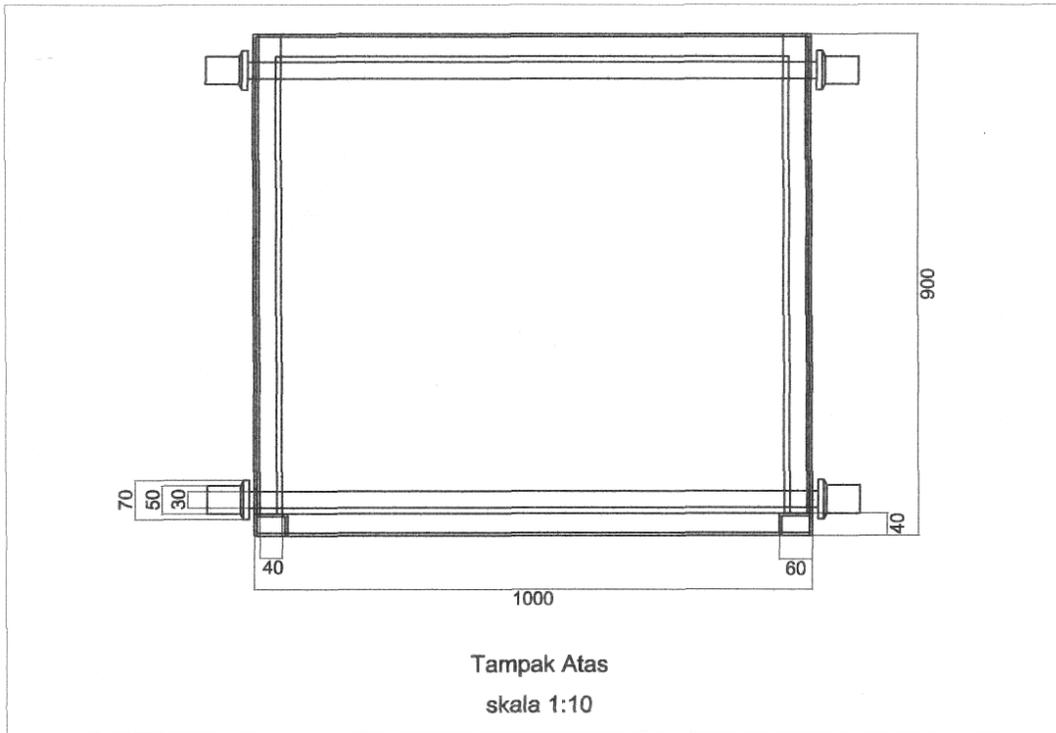


Tampak Samping
skala 1:50



Tampak Depan
skala 1:30

Gambar 6. Mesin pengering tampak atas, samping dan depan



Gambar 7. Lori tampak atas, depan dan samping

Kapasitas ancah rata-rata dapat menampung 0,26 kg sohun basah.

$$\text{Jumlah rak setiap lori} = \frac{\text{tinggilori} - \text{jarakrakke lantai}}{\text{jarakantar rak}} = \frac{220 - 5}{6} = 35,8 \approx 36$$

Dari perhitungan diatas, ditentukan jumlah rak tiap lori 36 buah, sehingga kapasitas lori dapat menampung 72 ancah. Berdasarkan dimensi lori, kapasitas ruang pengering dapat menampung lori sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang pengering} &= 6,5 \text{m} \times 2,3 \text{m} \times 2 \text{m} \\ &= 29,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang antara lori dan dinding kanan dan kiri} &= 6,5 \text{m} \times 0,1 \text{m} \times 2,3 \text{m} \times 2 \\ &= 2,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang diatas lori} &= 6,5 \text{m} \times 2 \text{m} \times 0,1 \text{m} \\ &= 1,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lori} &= 2,2 \text{m} \times 1,9 \text{m} \times 0,9 \text{m} \\ &= 3,76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas ruang pengering} &= \frac{29,9 - (2,99 + 1,3)}{3,76} \\ &= 7,03 \approx 7 \end{aligned}$$

Jadi kapasitas maksimal ruang pengering 7 buah lori/504 ancah, sehingga jumlah sohun yang dikeringkan 131,04 kg.

Bahan dipotong menggunakan mesin potong besi sesuai dengan ukuran dibawah.

Proses pembuatan:

- Gandar roda lori 14 buah.
- Besi hollow ukuran 20x40 mm dengan panjang 0,9 m sebanyak 504 buah.
- Besi kanal U 40x60 dengan panjang 2,1 m sebanyak 14 buah.

e. Perhitungan kalor

Adapun data-data yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

Berat sohun basah (W_{sb})	: 131,04 kg
Berat sohun kering (W_{sk})	: 30,24 kg
Temperatur akhir (T_d)	: 55 °C (55+273 = 328 °K)
Temperatur awal (T_a)	: 30 °C (30+273 = 303 °K)
Kecepatan udara pengering (v)	: 2 m/s
Panas jenis udara (C_p)	: 1,007 kJ/kgK
Panas jenis sohun (C_p)	: 1825 J/kgK
Massa udara (ρ)	: 1,185 kg/ m ³
Panas laten penguapan air (h_{fg})	: 2257 kJ/kg
Nilai kalor bahan bakar LPG (NKB)	: 49140000 J/kg
1 Pk	: 746 W
δ = Konstanta Stefan-Boltzman	: 5,669 x10 ⁻⁸ w/m ² k ⁴

Tabel 2. Sifat fisik logam

Physical properties of some metals						
metal (in alphabetical order)	density ρ (10^3 kg/m^3)	melting point ($^{\circ}\text{C}$)	specific heat C_p (kJ/kg K)	linear expansion coefficient α ($10^{-6}/\text{K}$)	heat conductivity coefficient λ (W/mK)	thermal conductivity a ($10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)
aluminium	2.70	660	0.922	24	237	0.095
chromium	7.14	1800	0.448	7	94	0.029
cobalt	8.9	1495	0.419	12	69	0.019
copper	8.96	1083	0.386	16.2	403	0.117
gold	19.3	1063	0.130	14.2	318	0.127
iron	7.87	1540	0.469	12	80.4	0.022
lead	11.34	327	0.130	28.9	35.3	0.024
magnesium	1.74	1247	1.02	26	156	0.021
manganese	7.2	1244	0.478	22	8.3	0.0024
mercury	13.55	-39	0.138	182 (cub.)	3.3	0.0044
nickel	8.85	1455	0.461	13.2	90.9	0.022
platinum	21.45	1773	0.134	8.9	71.6	0.025
plutonium	19.84	641	0.134	54	8	0.0030
potassium	0.86	64	0.754	83	99	0.153
silver	10.5	962	0.235	19.3	429	0.174
sodium	0.97	98	1.23	70	1.34	0.0011
tantalum	16.6	2996	0.143	6.5	54	0.023
tin	5.75	230	0.235	29	16.8	0.049
titanium	4.5	1660	0.524	8.5	0.2	0.0008
uranium	19.05	1132	0.117	13.4	0.25	0.0001
wolfram	19.35	3410	0.134	4.5	178	0.069
zinc	7.12	419	0.390	30	116	0.042

(Sumber: Transport Phenomena Data Companion, Janssen and Warmoeskerken)

Tabel 3. Sifat fisik gas

Properties of some gases at 25 $^{\circ}$ C and atmospheric pressure

		η 10^{-6} Pas	ρ kg/m^3	C_p kJ/kgK	λ 10^{-3} W/mK	a $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	Pr -
acetylene	C ₂ H ₂	10.4	1.08	1.69	20	11	0.88
air		18.3	1.185	1.007	26	22	0.71
ammonia	NH ₃	10.0	0.706	2.10	24	16	0.88
carbon dioxide	CO ₂	14.8	1.81	0.846	16	10	0.78
chlorine	Cl ₂	13.4	0.440	0.478	9	43	0.71
helium	He	19.7	0.163	5.20	150	177	0.68
hydrogen	H ₂	8.90	0.082	14.3	190	162	0.67
hydrogen sulfide	H ₂ S	12.6	1.41	1.01	14	9.8	0.91
methane	CH ₄	11.0	0.657	2.23	35	24	0.70
nitrogen	N ₂	17.7	1.15	1.04	26	21	0.71
oxygen	O ₂	20.5	1.31	0.913	27	23	0.69
propane	C ₃ H ₈	8.15	1.84	1.67	17	5.5	0.80
sulfur dioxide	SO ₂	12.8	2.68	0.608	9	26	0.86

(Sumber: Transport Phenomena Data Companion, Janssen and Waroeskerken)

Energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan sohun per siklus.
Kebutuhan panas dihitung menggunakan neraca panas, yaitu panas masuk + panas dibutuhkan = panas keluar + akumulasi panas + panas hilang.

1).Panas masuk = Q udara kering

Udara kering dapat dihitung dengan rumus: C_p udara kering x V
ruang pengering x ρ udara x $(T_d - T_a) \times ((32 \times 0,2 \times 0,97) +$
 $(28 \times 0,8 \times 0,97) + (18 \times 0,03))$

Udara mengandung unsur beberapa unsur yaitu O₂ ~ 20%, N₂ ~ 80%, dan H₂O
~ 3 %, seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. O₂, N₂ dan H₂O

	O ₂	N ₂	H ₂ O
Cp A	28,106	31,150	32,243
Cp B	-3,680 E-6	-1,356 E-2	1,923 E-3
Cp C	1,745 E-5	2,679 E-5	1,055 E-5
Cp D	-1,065 E-8	-1,168 E-8	-3,596 E-9

Harga Cp udara kering dapat dihitung dengan rumus di bawah:

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_p A + C_p BxT + C_p CxT^2 + C_p DxT^3 \\
 O_2 &= 28,106 + (-3,680E^{-6}(328-303)) + (1,75E^{-5}(328^2-303^2)) + \\
 &\quad (-1,065E^{-8}(328^3-303^3)) \\
 &= 28,30163237 \\
 &= 28,30163237 \times (0,2 \times 0,97) \\
 &= 5,490516681 \\
 N_2 &= 31,150 + (-1,356E^{-2}(328-303)) + (2,679E^{-5}(328^2-303^2)) + \\
 &\quad (-1,168E^{-8}(328^3-303^3)) \\
 &= 31,14636937 \\
 &= 31,14636937 \times (0,8 \times 0,97) \\
 &= 24,16958263 \\
 H_2O &= 32,243 + (1,923E^{-3}(328-303)) + (1,055E^{-5}(328^2-303^2)) + \\
 &\quad (-3,596E^{-8}(328^3-303^3)) \\
 &= 32,38304695 \\
 &= 32,38304695 \times 0,3 \\
 &= 9,714914084 \\
 C_p \text{ udara} &= 5,490516681 + 24,16958263 + 9,714914084 \\
 &= 39,37501339 \text{ kJ/kgK}
 \end{aligned}$$

Udara kering dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 Q \text{ udara kering} &= C_p \text{ udara kering} \times V \text{ ruang pengering} \times \rho \text{ udara} \times \\
 &\quad (T_d - T_a) \times ((32 \times 0,2 \times 0,97) + (28 \times 0,8 \times 0,97) + \\
 &\quad (18 \times 0,03)) \\
 &= 39,37501339 \times 1,185 \times (328 - 303) \times ((32 \times 0,2 \times 0,97) + \\
 &\quad (28 \times 0,8 \times 0,97) + (18 \times 0,03)) \\
 &= 993182,9 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2). \text{ Panas keluar} &= Q \text{ udara basah} + Q \text{ laten penguapan} + Q \text{ sohun} \\
 \text{Udara basah} &= C_p \times V \text{ ruang pengering} \times \rho \text{ udara} \times (328 - 303) \times \\
 &\quad ((32 \times 0,2 \times 0,45) + (28 \times 0,8 \times 0,45) + (18 \times 0,55)) \\
 &= 39,37501339 \times 29,9 \times 1,185 \times (328 - 303) \times \\
 &\quad ((32 \times 0,2 \times 0,45) + (28 \times 0,8 \times 0,45) + (18 \times 0,55)) \\
 &= 797308,7 \text{ J}
 \end{aligned}$$

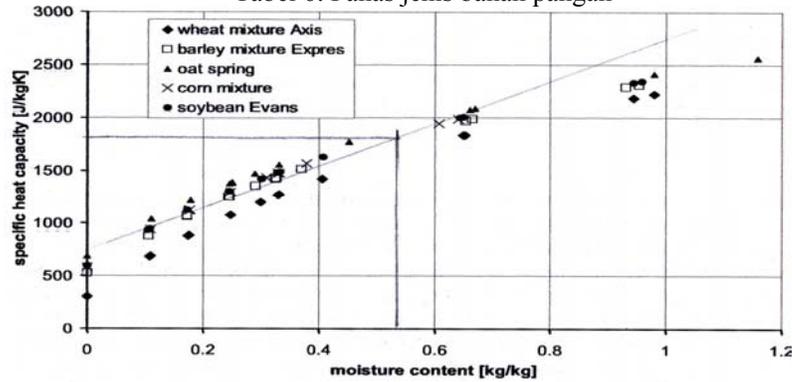
Tabel 5. Panas laten penguapan fluida

Product	Latent Heat of Evaporation ^{*)}	
	(kJ/kg)	(Btu/lb)
Glycerine	974	419
Helium	21	9
Heptane	318	137
Hexane	365	157
Hydrogen	461	198
Iodine	164	71
Kerosene	251	108
Mercury	295	127
Methyl chloride	406	
Nitrogen	199	86
Octane	298	128
Oxygen	214	92
Propane	428	184
Propylene	342	147
Propylene glycol	914	393
Sulphur	1510	650
Sulfur dioxide		164
Toluene	351	151
Turpentine	293	126
Water	2257	970.4

(Sumber: Chemical Engineering, Coulson and Richardson)

$$\begin{aligned}
 Q \text{ laten penguapan} &= (131,04 \times 0,55) \times 2257000 \\
 &= 162666504 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Panas jenis bahan pangan



(Sumber: Chemical Engineering, Coulson and Richardson)

Panas jenis sohun diasumsikan sama dengan panas jenis jagung pada suhu 55 °C diperoleh 1825 J/kgK. seperti pada tabel diatas.

$$Q \text{ sohun} = 131,04 \times 1825 \times (328 - 303) = 5978700 \text{ J}$$

$$Panas \text{ keluar} = 797308,7 \text{ J} + 162666504 \text{ J} + 5978700 \text{ J} = 169442512,7 \text{ J}$$

Panas akumulasi = Q konduksi + Q konveksi + Q radiasi

- Konduksi adalah proses perpindahan panas dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah dengan media penghantar panas yaitu udara pada ruang pemanas.

Dinyatakan dengan rumus $6,5q = -kA \frac{dT}{dx}$

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Zincalume terbuat dari campuran aluminium dan zinc, dengan perbandingan 55% aluminium.

$$\begin{aligned} \text{Jadi } K \text{ Zincalume} &= (55\% \times \text{koefisien pindah panas Al}) + (45\% \times \text{koefisien pindah panas Zn}) \\ &= (55\% \times 237) + (45\% \times 116) \\ &= 130,35 + 52,2 \\ &= 182,55 \text{ W/mK} \end{aligned}$$

$$6,5q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$\begin{aligned} 6,5q &= -182,55(2 \times 2,3) \times (55 - 30) \\ &= -20,99325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ konduksi} &= -20,99325 / 6,5 \\ &= -3229,731 \text{ J} \end{aligned}$$

- Konveksi yaitu perpindahan panas yang terjadi diantara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas).

$$\begin{aligned} Q \text{ konveksi} &= \rho \text{ udarax}(\text{luas dinding})^2 \times c_p \text{ udara} (T_d - T_a) \\ &= 1,185 \times (6,5 \times 2)^2 \times 1007 \times (328 - 303) \\ &= 30,81 \times 25,175 \\ &= 775641,8 \text{ J} \end{aligned}$$

- Radiasi yaitu perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektro magnetik tanpa memerlukan media perantara.

$$\begin{aligned}
 - Q \text{ radiasi} &= A \cdot T^4 \cdot \delta \\
 &= (6,5 \times 2,3) \times (328^4 - 303^4) \times 5,669 \times 10^{-8} \\
 &= 5331,5922 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi panas} &= Q \text{ konduksi} + Q \text{ konveksi} + Q \text{ radiasi} \\
 &= -3229,731 \text{ J} + 775641,8 \text{ J} + 5331,5922 \text{ J} \\
 &= 775643852 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Jadi panas yang dibutuhkan untuk pengeringan sohun dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 Q \text{ Total} &= Q \text{ udara basah} + Q \text{ laten penguapan} + Q \text{ sohun} + \\
 &\quad \text{Akumulasi panas} \\
 &= 797308,7 \text{ J} + 162666504 \text{ J} + 5978700 \text{ J} + 777743,61 \text{ J} \\
 &= 170220256,3 \text{ J}
 \end{aligned}$$

3). Kebutuhan LPG dalam setiap siklus pengeringan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= Q \text{ Total} / \text{NKB LPG} \\
 &= 170220256,3 \text{ J} / 49140000 \text{ J/kg} \\
 &= 3,463986 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4). Lama waktu pengeringan per siklus dapat dihitung dengan perbandingan pengeringan konvensional. Pengeringan konvensional dengan panas rata-rata 35 °C selama 75 menit.

$$\text{Pengering mesin} = \frac{35}{55} \cdot \frac{T}{75}$$

$$T = 47,72 \text{ menit}$$

5). Kapasitas produksi

$$\text{Jam kerja per hari} = 8 \text{ jam} / 480 \text{ menit}$$

Produksi konvensional

$$\text{Kapasitas lahan penjemuran} = 700 \text{ ancak}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah siklus per hari} &= \frac{480}{75} \\
 &= 6,4 \approx 7 \text{ kali}
 \end{aligned}$$

$$\text{Produksi konvensional/hari} = 7 \times 700 \times 0,06$$

$$= 294 \text{ kg}$$

Produksi mesin pengering

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah siklus per hari} &= \frac{480}{47,72} = 10,058
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi mesin pengering/hari} &= 10 \times 504 \times 0,06 \\
 &= 302 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6). Kebutuhan listrik *blower* dan *exhaust* per hari:

Blower dan *exhaust* 20" dengan daya 550 watt menyala secara bergantian dengan tegangan 220 V. Tarif dasar listrik per Kwh untuk industri Rp 1.112.

$$550 \text{ watt} = 550 \text{ wh}$$

$$550 \text{ wh} = 550 / 1000$$

$$= 0,55 \text{ Kwh}$$

$$\text{Rp/jam listrik} = 0,55 \times \text{Tdl per Kwh}$$

$$= 0,55 \times \text{Rp } 1.112$$

$$= \text{Rp } 611,6$$

$$\text{Daya pemakaian per hari} = 0,55 \times 8$$

$$= 4,4 \text{ Kwh}$$

$$\text{Pemakaian per hari} = 4,4 \times \text{Rp } 1.112$$

$$= \text{Rp } 4892,8 \approx \text{Rp } 4.900$$

f. Analisa biaya pengeringan menggunakan alat pengering per hari.

Untuk menghitung analisa biaya yang terjadi selama satu hari perlu dilihat data-data sebagai berikut:

$$-1 \text{ hari} = 8 \text{ jam kerja}$$

- Tenaga kerja = 14 orang

1). Biaya produksi

- Biaya tetap

Komponen-komponen biaya yang termasuk di dalam biaya tetap:

Pembuatan alat pengering = Rp 45.666.750.

Pembuatan ancak 1008 buah = $1.008 \times \text{Rp } 10.000$
= Rp 10.080.000

Lori sohun 5 buah = $5 \times \text{Rp } 500.000$
= 2.500.000

Mesin Extrusi = Rp 15.000.000

Mixer 1,5 Pk 3 buah = $3 \times 1.500.000$
= Rp 4.500.000

Pompa air = Rp 1000.000

Sewa Bangunan = Rp 15.000.000

- Biaya Variabel

Komponen-komponen biaya yang termasuk ke dalam biaya variabel pengeringan sohun adalah:

Bahan baku sohun (aci aren) = 589kg

Harga aci = Rp 3.000/kg

Biaya bahan baku satu hari = $\text{Rp } 3.000 \times 589$
= Rp 1.767.000

Ongkos tenaga kerja = Rp 25000/orang/hari

Jumlah ongkos tenaga kerja 14 = $\text{Rp } 25.000 \times 14$
= Rp 350.000

Biaya listrik blower = Rp 4.900

Daya listrik 3 mixer/hari (pengaduk bahan baku & adonan)
= $(3 \times 1,5 \text{ Pk}) 746 \text{ W} \times 8 \text{ jam}$
= 26.856 Wh
= $26.856 / 1000$
= 26,856 Kwh

Biaya listrik 3 mixer = $26,856 \times \text{Rp } 1.112 = \text{Rp } 29.863,87$

Daya listrik pompa air /hari = $250 \text{ W} \times 8 \text{ jam}$
= 2000Wh
= $2000 / 1000$
= 2 Kwh

Biaya listrik pompa air = $2 \times \text{Rp } 1.112$
= Rp 2.224

Bahan bakar = Rp 5000

Biaya bahan bakar per hari = $3,463986 \times 10 \times \text{Rp } 5000$
= Rp 173.199,3 \approx Rp 173.200

Total biaya produksi untuk pengeringan sohun menggunakan mesin pengering per hari seperti tabel berikut.

Tabel 7. Biaya produksi menggunakan mesin pengering per hari

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga	Jumlah Harga
I	Biaya Tetap				
1.	Alat pengering	Unit	1	45.666.750	45.928.080
2.	Ancak	Buah	1008	10.000	10.080.000
3.	Lori sohun	Buah	5	500.000	2.500.000
4.	Mesin Extrusi	Buah	1	15.000.000	15.000.000
5.	Mixer 1,5 Pk	Buah	3	1.500.000	4.500.000
6.	Pompa air	Buah	1	1.000.000	1.000.000
7.	Sewa Bangunan	Buah	1	15.000.000	15.000.000
Total Biaya Tetap					94.008.080
II	Biaya Variabel				
1.	Bahan Baku	Kg	589	3.000	1.767.000
2.	Tenaga Kerja	Orang	14	25.000	350.000
3.	Listrik blower ruang pengering	Kwh	4,4	1.112	4.900
4.	Listrik Mixer 3 (pengaduk bahan baku & adonan)	Kwh	26,856	1.112	29.863,87
5.	Listrik pompa air	Kwh	2	1.112	2.224
6.	Bahan Bakar	Kg	34,63986	5.000	173.200
Total Biaya Variabel					2.327.188
Total Biaya Produksi (I+II)					96.335.268

2). Biaya penerimaan

Biaya penerimaan ini dihitung untuk satu hari produksi pengeringan sohun.

Biaya penerimaan untuk satu hari produksi adalah:

1 kg sohun kering = Rp 10.000

1 hari produksi menghasilkan = 302 kg

Biaya penerimaan per hari = 302x Rp 10.000

= Rp 3.020.000.

Jadi biaya penerimaan untuk sehari pengeringan adalah Rp 3.020.000.

3). Analisis titik impas (*Break event point*)

Nilai BEP dalam jumlah pengeringan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{Biaya tetap}}{\text{Biaya penerimaan} - \text{Biaya variabel}} \\
 &= \frac{94.008.080}{3.020.000 - 2.327.188} \\
 &= 135,6906 \approx 136 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- g. Analisa biaya pengeringan dengan cara konvensional per hari.
Untuk menghitung analisa biaya yang terjadi selama satu hari perlu dilihat data-data sebagai berikut:

-1 hari = 8 jam kerja
- Tenaga kerja = 20 orang

1). Biaya produksi

- Biaya tetap

Biaya tetap adalah biaya yang sifatnya tidak dipengaruhi oleh besarnya produksi. Komponen-komponen biaya yang termasuk di dalam biaya tetap:

Sewa lahan penjemuran = Rp 5.000.000.

Pembuatan ancak 1400 buah = $1.400 \times \text{Rp } 10.000$
= Rp 14.000.000

Lori sohun 10 buah = $10 \times \text{Rp } 500.000$
= 5.000.000

Mesin Extrusi = Rp 15.000.000

Mixer 1,5 Pk 3 buah = $3 \times 1.500.000$
= Rp 4.500.000

Pompa air = Rp 1000.000

Sewa Bangunan = Rp 15.000.000

Pembuatan rak penjemuran = Rp 2.000.000

(rak penjemuran terbuat dari bambu bertahan 3 tahun)

- Biaya Variabel

Biaya variabel adalah biaya yang besar kecilnya tergantung pada jumlah produk yang dihasilkan. Komponen-komponen biaya yang termasuk ke dalam biaya variabel pengeringan sohun adalah:

Bahan baku sohun (aci aren) = 573kg

Harga aci = Rp 3.000/kg

Biaya bahan baku satu hari = $\text{Rp } 3.000 \times 573$
= Rp 1.719.000

Ongkos tenaga kerja = Rp 25000/orang/hari

Jumlah ongkos tenaga kerja 20 = $\text{Rp } 25.000 \times 20$
= Rp 500.000

Daya listrik 3 mixer/hari (pengaduk bahan baku & adonan)
= $(3 \times 1,5 \text{ Pk}) 746 \text{ W} \times 8 \text{ jam}$
= 26.856 Wh

Kwh = $26.856 / 1000$

Biaya listrik 3 mixer = 26,856 Kwh
= $26,856 \times \text{Rp } 1.112$
= Rp 29.863,87

Daya listrik pompa air /hari = $250 \text{ W} \times 8 \text{ jam}$
= 2000Wh

Kwh = $2000 / 1000$

Biaya listrik pompa air = $2 \times \text{Rp } 1.112$
= Rp 2.224

Total biaya produksi untuk pengeringan sohun konvensional per hari seperti tabel dibawah.

Tabel 8. Biaya produksi sohun secara konvensional per hari

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga	Jumlah Harga
I	Biaya Tetap				
1.	Sewa lahan penjemuran	Bidang	1	5.000.000	5.000.000
2.	Ancak	Buah	1400	10.000	14.000.000
3.	Lori sohun	Buah	10	500.000	5.000.000
4.	Mesin Extrusi	Buah	1	15.000.000	15.000.000
5.	Mixer 1,5 Pk	Buah	3	1.500.000	4.500.000
6.	Pompa air	Buah	1	1.000.000	1.000.000
7.	Sewa Bangunan	Buah	1	15.000.000	15.000.000
8.	Rak penjemuran	Buah	16	125.000	2.000.000
Total Biaya Tetap					61.500.000
II	Biaya Variabel				
1.	Bahan Baku	Kg	573	3.000	1.719.000
2.	Tenaga Kerja	Orang	20	25.000	500.000
3.	Listrik Mixer 3 (pengaduk bahan baku dan adonan)	Kwh	26,856	1.112	29.863,87
4.	Listrik pompa air	Kwh	2	1.112	2.224
Total Biaya Variabel					2.251.088
Total Biaya Produksi (I+II)					63.751.088

2). Biaya penerimaan

Biaya penerimaan adalah biaya yang diterima melalui penjualan sohun yang telah dikeringkan. Biaya penerimaan ini dihitung untuk satu hari produksi pengeringan sohun.

Biaya penerimaan untuk satu hari produksi adalah:

1 kg sohun kering = Rp 10.000
 1 hari produksi menghasilkan = 294 kg
 Biaya penerimaan per hari = 294x Rp 10.000
 = Rp 2.940.000.

Jadi biaya penerimaan untuk sehari pengeringan adalah Rp 2.940.000.

3). Analisis titik impas (*Break event point*)

Nilai BEP dalam jumlah pengeringan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{Biayatetap}}{\text{Biayapenerimaan} - \text{Biaya variabel}} \\
 &= \frac{61.500.000}{2.940.000 - 2.251.088} \\
 &= 89,27 \approx 90 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

4). Perbandingan analisa biaya antara pengering oven dan pengering konvensional.

Tabel 9. Analisa biaya antara pengering mesin dan pengering konvensional

Jenis Pengeringan	Biaya Penerimaan/hari	Biaya Variabel/hari
Mesin	3.020.000	2.327.188
Konvensional	2.940.000	2.251.088

h. Tahap perakitan komponen

Tahap perakitan adalah memasang komponen sesuai dengan tata letak dan menyolder komponen-komponen yang sudah dipasang tersebut.

i. Regulator

Regulator yang digunakan adalah yang dapat menghasilkan tegangan 5 volt dan 12 volt. Rangkaian regulator tersusun dari sebuah transformator penurun tegangan, dioda penyearah dan kapasitor penghilang *ripple*. IC regulator LM 7805 membatasi tegangan menjadi 5 volt dari tegangan *input* sebesar 7-20 volt. IC regulator LM 7812 membatasi tegangan menjadi 12 volt. Tegangan hasil penyearah dioda cukup untuk mencatu IC LM 7805 dan IC LM 7812 (Nurrohman, 2009). Rangkaian regulator dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

j. Sistem *Actuator*

Sistem rangkaian *actuator* terdiri dari dua buah bagian yaitu rangkaian *actuator* untuk *blower* pada ruang pemanas dan *exhaust* pada ruang pengering.

2. Pembuatan *Software*

Pada sistem alat pengering sohun menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 tersebut, program dibuat dengan bahasa pemrograman BASCOM. Dengan menggunakan perangkat lunak BASCOM-AVR, file ini kemudian *decompile* menjadi file heksadesimal dengan ekstensi file *.hex. File .hex tersebut kemudian didownload ke dalam mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak ISP Programmer (Nurrohman, 2009). Tujuan umum kinerja dari alat yang dibuat adalah untuk mengatur suhu ruang pengering sohun. Diagram blok dari rangkaian alat pengering sohun menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Secara garis besar, sistem kerja dari rangkaian yang dirancang di atas adalah sebagai berikut :

Sensor suhu LM 35 DZ yang terpasang pada ruang pengering sohun, akan memberikan sinyal analog yang selanjutnya akan diubah menjadi sinyal digital oleh ADC internal dari mikrokontroler ATmega 8535, kemudian data digital akan diproses oleh mikrokontroler ATmega 8535 agar sistem dapat berjalan sesuai dengan keinginan. Data suhu yang diinginkan dapat dimasukkan melalui *keypad*, sehingga relay yang menuju *blower* akan *on*.

Setelah suhu ruang pengering sohun mencapai suhu yang diinginkan yaitu suhu diantara suhu batas bawah dan suhu batas atas yang telah diset pada *keypad*, maka relay yang menuju *blower* pada ruang pemanas akan *off*. Pendinginan terjadi apabila suhu

ruang pengering telah melebihi suhu batas atas yang telah diset pada *keypad* sehingga *exhaust* pada ruang pengering akan *on* dan *blower* pada ruang pemanas akan *off* . Apabila suhu ruang pengering sudah telah kembali turun di bawah suhu yang diinginkan, maka *blower* pada ruang pemanas akan *on* . Pemantauan suhu ruang pengering dapat dilihat melalui LCD.

V.KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari perancangan oven pengering sudah dapat dikelompokkan menjadi:

1. Spesifikasi mesin pengering
 - a. Ruang pengering : panjang 6,5 m, lebar 2 m dan tinggi 2,3 m.
 - b. Ruang pemanas : panjang, lebar dan tinggi 1 m
 - c. Lori : panjang 1 m, lebar 0,9 m, tinggi 2,2 m.
 - d. Daya listrik : 550 Watt
 - e. Panas yang dihasilkan : 170220256,3 J/siklus
2. Perbandingan pengeringan ATmega 8535 dan yang ada saat ini/konvensional.

Jenis Pengeringan	Tenaga Kerja	Listrik Oven/ Hari	Listrik /hari	Sewa Lahan /tahun(Rp)	Waktu Pengeringan /siklus	Kapasitas Pengeringan n/hari	BEP
Pengering Buatan	14 orang	4,4 Kwh	28,2 Kwh	15.000.000	47,72 menit	302 kg	135 hari
Pengering Konvensional	20 orang	-	28,2 Kwh	20.000.000	75 menit	294 kg	90 hari

Dengan membandingkan antara pengering ATmega 8535 dan konvensional, maka pengering buatan membutuhkan tenaga kerja lebih sedikit, tidak memerlukan lahan yang luas dan waktu pengeringan lebih cepat.

B. Saran

Khususnya bagi yang ingin melanjutkan penelitian ini diharapkan:

1. Untuk meningkatkan kinerja alat pengering yang lebih baik perlu penyempurnaan desain alat pengering dengan menambahkan ruang pengontrol.
2. Sistem pemanas dapat dibuat fleksibel tidak harus menggunakan LPG.
3. Bila diperlukan *scale-up* , mikrokontroler ATmega 8535 tetap bisa diaplikasikan.

VI.DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Astawan, M., 2004. *Membuat Mie dan Bihun* . Penebar Swadaya, Jakarta.
- [2]. Brooker, D. B., F. W. Bakker-arkema and C. W. Hall. 1981. *Drying Cereal Grains* . Avi Publishing Company Inc. West Port, Connecticut.
- [3]. Brooker, D. B., F. W. Bakker-arkema and C. W. Hall. 1992. *Drying and Storage of Grains and Oilseeds* . Avi Published by Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- [4]. Coulson, J. M. and J.F. Richardson. 1989. *Chemical Engineering Volume 6* . Maxwell Macmillan International Edition.
- [5]. Henderson, S. M. and R. L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering. 3rd ed* . The AVI Publ. Co., Inc, Wesport, Connecticut, USA.
- [6]. Janssen, L.P.B.M. and M.M.C.G. Warmoskerken. 1991. *Transport Phenomena Data Companion* . Deltse Uitgevers Maatschappij.
- [7]. Jirickova, Milena, Zbysek Pavlik and Robert Cerny. 2006. *Thermal Properties Of Biological Agricultural Materials* . Proceedings Of The Seminar.
- [8]. Mahadi. 2007. *Model Sistem dan Analisa Pengering Produk Makanan* . USU Repository. Universitas Sumatera Utara.

- [9]. Nurrohman, Afif. 2009. *Alat Pengering Gabah Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [10]. Safrizal, Refli. 2010. *Kadar Air Bahan*. Teknik Pasca Panen. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala.
- [11]. Sitkei, György. 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Developments in Agricultural Engineering 8. Elsevier Science Publishers. Budapest, Hungary.
- [12]. Widyotomo, S. dan Sri Mulato. 2005. *Penentuan Karakteristik Pengeringan Kopi Robusta Lapis Tebal. Study of Drying Characteristic Robusta Coffe with Thick Layer Drying Method*. Buletin Ilmiah INSTIPER Vol. 12, No. 1, Page 15-37.
- [13]. Yadollahinia, A.R., M. Omid and S. Rafiee. 2008. *Design and Fabrication of Experimental Dryer for Studying Agricultural Products*. Int. J. Agri.Bio., Vol. 10, Page 61-65