

SIMULASI SUHU RUANG DENGAN DINDING TRANSPARAN MENGGUNAKAN PEMANASAN DENGAN MATAHARI DAN BIOMASSA

Yefri Chan¹, Dhimas Satria¹

¹*Dosen Teknik Mesin Universitas Darma Persada*

ABSTRAK

Panas yang terjadi didalam ruang pemanas sebagai akibat dari energi gelombang pendek yang dipancarkan oleh matahari yang dikenal dengan efek rumah kaca (Green House Effect), diserap benda yang ada didalamnya, sebagian energi ini diserap dan dipantulkan dalam bentuk gelombang panjang yang tidak tembus penutup transparan. Ruang pemanas yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk kubus dengan panjang 3 m, lebar 2 m dan tinggi 1,75 m dan tungku biomassa dengan dengan panjang 40 cm, lebar 30 cm dan tinggi 60 cm. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter awal agar temperatur ruang pemanas yang berada di atas 50 °C. Hasil simulasi menunjukkan bahwasannya untuk mendapat temperatur ruang di atas 50 °C dibutuhkan temperatur keluaran tungku minimal 80 °C untuk intensitas surya minimal 100 W/m².

Kata Kunci: Ruang Pemanas, Temperatur Ruang, Iradiasi Surya, Simulasi.

I. LATAR BELAKANG

Penerapan energi surya untuk pengeringan telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya baik diluar negeri maupun Indonesia. Walaupun demikian manfaat secara praktis untuk tujuan komersial belum banyak dilaporkan. Hal ini disebabkan oleh masih mahalnnya harga sistem yang dikembangkan berdasarkan penelitian tersebut, sehingga sukar dijangkau oleh daya beli petani negeri kita (kamaruddin, 1994).

Tungku pemanas berfungsi untuk menggantikan panas yang dihasilkan oleh matahari sehingga dalam keadaan cuaca yang tidak bagus proses pengeringan bisa tetap berjalan. Tungku pemanas merupakan bagian penting dalam sistem pengeringan yang menggabungkan antara pengeringan dengan panas matahari dengan pengeringan tambahan dengan tungku.

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi temperatur ruang pemanas dengan bantuan cahaya matahari langsung, diharapkan melalui penelitian ini didapatkan gambaran kebutuhan energi untuk mendapatkan temperatur ruang pemanas berada diatas 50 °C. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter-parameter awal yang diperlukan agar temperatur ruang pemanas dapat berada diatas 50 °C.

II. PRINSIP KERJA

Panas yang terjadi didalam ruang pemanas efek rumah kaca sebagai akibat dari energi gelombang pendek yang dipancarkan oleh matahari, diserap benda yang ada didalamnya, sebagian energi ini diserap dan dipantulkan dalam bentuk gelombang panjang yang tidak tembus penutup transparan. Lapisan penutup transparan memungkinkan radiasi gelombang pendek dari matahari masuk dan menyekat radiasi gelombang

panjang. (Kamaruddin A. et al., 1990)

Jika matahari mengenai bahan tembus cahaya, maka sebagian sinar itu diteruskan selain di serap dan dipantulkan kembali. Oleh karena itu penutup transparan memerlukan bahan yang memiliki daya tembus (*transmissivity*) yang tinggi dengan daya serap (*absortivity*) dan daya pantul (*reflectivity*) yang rendah agar dapat memerangkap gelombang pendek sebanyak mungkin. (Kamaruddin A. et al., 1990)

Tabel berikut ini menyajikan karakteristik beberapa bahan tembus cahaya.

Tabel 1. Karakteristik transmitivitas bahan tembus cahaya (Nelson, 1978)

Jenis Bahan	Transmisi Cahaya (%)	Transmisi Panas (%)
Udara	100	100
Kaca (<i>double strength</i>)	90	88
Polyethylene:		
a. 1 lapisan	88	-
b. 2 lapisan	81	-
Fiberglass:		
a. bening (<i>clear</i>)	92-95	63-68
b. warna jade	81	61-68
c. kuning	64	37-43
d. putih salju	63	30-34
e. hijau	62	60-68
f. merah kekuningan (<i>coral</i>)	61	57-66
g. jernih (<i>canary</i>)	25	20-23

2.1 Kestimbangan Energi Untuk Pemanasan Ruangan

Perhitungan perpindahan panas yang terjadi di dalam pengering ERK didasarkan pada asas keseimbangan energi. Kamaruddin et al (1994) mengembangkan model matematis perhitungan perpindahan panas tersebut pada kondisi *steady state* sebagai berikut :

a. Kestimbangan energi dalam ruang pengering

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = \tau.\alpha.l.A_{fw} + h.A_f.(T_f - T_r) - U.A_w.(T_r - T_a).....(1)$$

b. Kestimbangan energi untuk temperatur lantai

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_f}{dt} = -(h.A)_f(T_f - T_r) + \tau.\alpha.l.A_f - K.A_f \frac{(T_f - T_{fo})}{\Delta x}.....(2)$$

c. Kestimbangan energi dalam ruang pemanas dengan tungku pemanas

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = -U.A_w.(T_r - T_a) + \dot{m}.c_p.(T_{tku} - T_r) - \dot{m}.c_p.(T_r - T_a).....(3)$$

dimana :

T_r = Temperatur ruangan ($^{\circ}\text{C}$)

I = Intensitas surya (W/m^2)

A_{fw} = Luas dinding carbonat yg terkena sinar matahari (m^2)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)

\dot{m} = Laju massa udara (kg/s)

c_p = Panas spesifik udara ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m^2)

A_w = Luas keseluruhan dinding (m^2)

T_a = Temperatur udara luar / lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

A_f = Luas lantai ruang pengering ($^{\circ}\text{C}$)

T_f = Temperatur lantai ($^{\circ}\text{C}$)

K = Koefisien perpindahan panas konduksi ($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

$\tau.\alpha$ = Konstanta transmisi dan absorpsi dari polycarbonat

Δx = Ketebalan lantai (m)

T_{tku} = Temperatur heat exchanger ($^{\circ}\text{C}$)

2.2 Simulasi

Perhitungan pada kondisi *unsteady state* dilakukan untuk menduga/ menggambarkan berapa kebutuhan panas yang diperlukan untuk mencapai suhu/temperatur ruang yang diinginkan. Persamaan *unsteady state* bisa memberikan gambaran perubahan suhu terhadap waktu, berikut ini persamaan yang digunakan dalam simulasi :

a. Kestimbangan energi dalam ruang pengering

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = \tau.\alpha.I.A_{fw} + h.A_f.(T_f - T_r) - U.A_w.(T_r - T_a) \dots \dots \dots (1)$$

b. Kestimbangan energi untuk temperatur lantai

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_f}{dt} = -(h.A_f)(T_f - T_r) + \tau.\alpha.I.A_f - K.A_f \frac{(T_f - T_{fo})}{\Delta x} \dots \dots \dots (2)$$

c. Kestimbangan energi dalam ruang pengering dengan tungku pemanas

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = -U.A_w.(T_r - T_a) + \dot{m}.c_p (T_{tku} - T_r) - \dot{m}.c_p (T_r - T_a) \dots \dots \dots (3)$$

Model- model yang digunakan diatas (persamaan 1 sampai 3) diselesaikan secara simultan.

Kofesien perpindahan panas konveksi pada lantai ruang pemanas dihitung menggunakan persamaan bilangan Grashof dan bilangan Nusselt, berikut persamaan yang digunakan (Raldi Artono K, 2002) :

$$Gr_L = \frac{g.\beta(T_f - T_r).L^3}{\nu^2} \dots \dots \dots (4)$$

$$Nu = \frac{h.L}{k} = 0,14(Gr.Pr)^{1/3} \dots \dots \dots (5)$$

Koefesien perpindahan panas menyeluruh untuk dinding dari ruang pemanas dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\Delta x}{k.A} + \frac{1}{h_o.A_o}} \dots\dots\dots(6)$$

Sedangkan besarnya irradiasi surya disimulasikan dengan menggunakan persamaan (Kamaruddin A, M.Azron K, Katsumi Fujii, 1989):

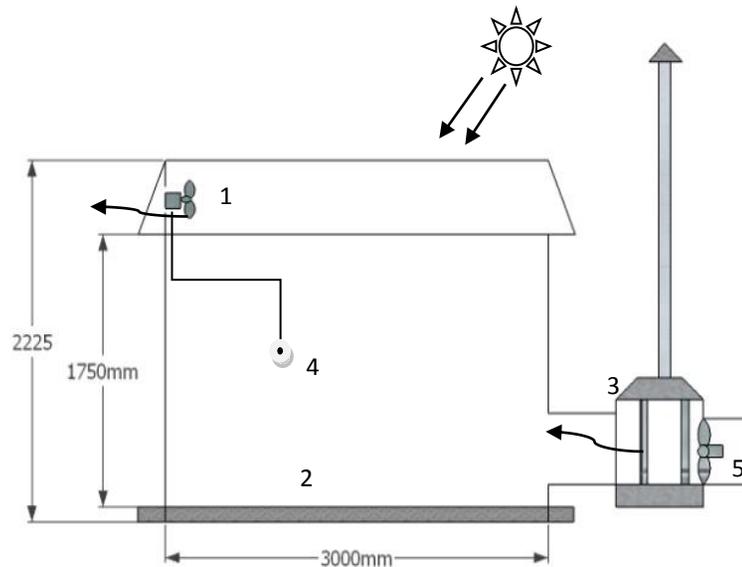
$$I_t = a_o \cdot \sin \frac{\pi \cdot n}{t} + b \dots\dots\dots(7)$$

Tabel 2. Data awal yang digunakan dalam simulasi

	Simbol (Satuan)	Nilai
• Debit udara	m (kg/s)	0.128
• Panas spesifik udara	C _p (kJ/kg.K)	1.007
• Koefesien perpindahan panas lantai	h (W/m ² .K)	3.1
• Koefesien perpindahan panas overall dinding	U (W/m ² .K)	2
• Luas dinding	A _w (m ²)	28
• Luas lantai	A _f (m ²)	6
• Transmisivitas dan absorptivitas dinding	α.T	0.8
Suhu Tungku	T _{tku} (°C)	80
Suhu lingkungan	T _a (°C)	31
Irradiasi surya	I (W/m ²)	200

III. PERALATAN PERCOBAAN

Dimensi dari ruang pemanas ini adalah panjang 3m, lebar 2m dan tinggi 2,25 m. Lantai dari batu bata yang berwarna hitam dindingnya menggunakan polycarbonate pada dindingnya terdapat *butterfly* (pintu udara) dan satu buah kipas angin dibagian samping atas untuk sirkulasi udara .



Gambar 1. Skema alat Percobaan

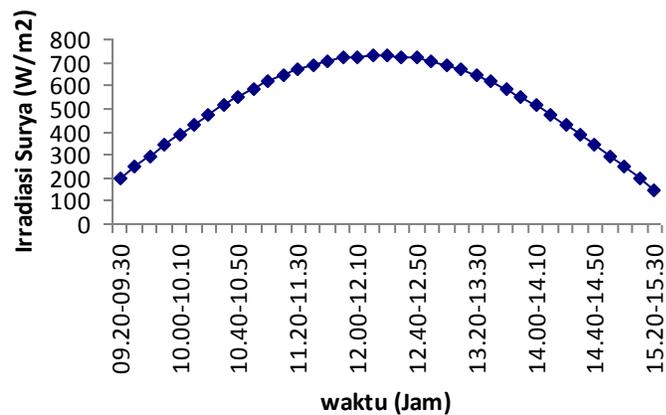
Keterangan gambar :

1. Kipas outlet
2. Lantai
3. Tungku biomassa
4. Sensor temperatur
5. Kipas inlet

IV. HASIL & ANALISA

Hasil simulasi terhadap ruang pemanas ini terdiri dari simulasi irradiansi surya, simulasi suhu ruang pemanas tanpa tungku bimassa, simulasi suhu lantai ruang pemanas dan simulasi suhu ruang pemanas dengan tungku biomassa.

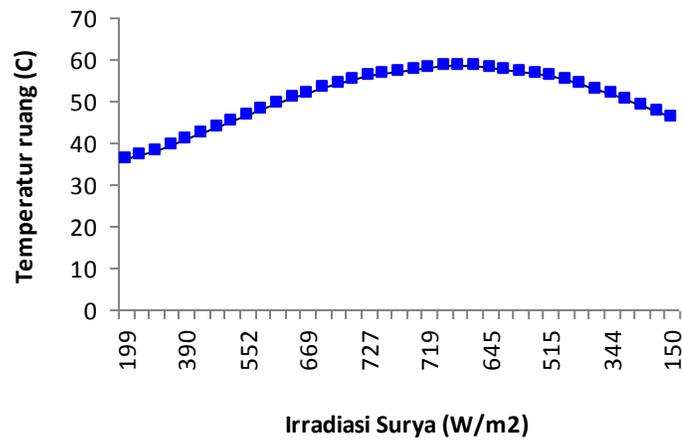
4.1. Simulasi Irradiansi Surya.



Gambar 2. Grafik hubungan irradiansi surya ruang dengan waktu

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai besarnya irradiansi surya yang masuk kedalam ruang pemanas selama proses pengujian berlangsung, dari gambar 1 diatas dapat terlihat bahwa irradiansi surya terbesar yaitu 731 W/m^2 pada pukul 12.30 WIB dan intensitas terkecil 150 W/m^2 pada pukul 15.30 WIB

4.2 Simulasi Suhu Ruang Pemanas Tanpa Tungku biomassa



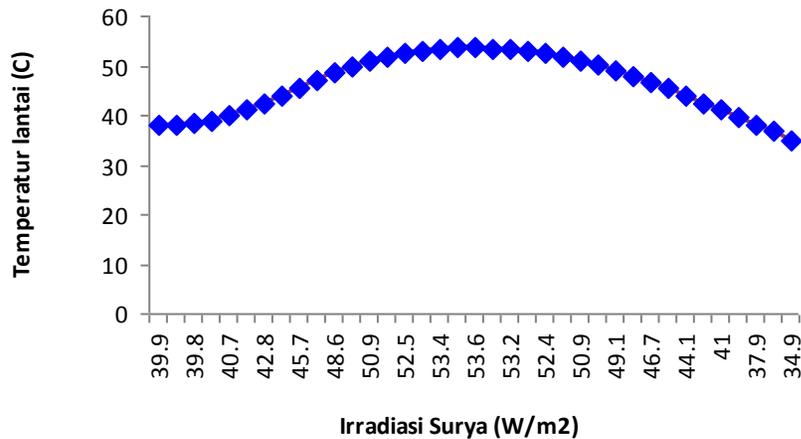
Grafik 3. Grafik hubungan temperatur ruang dengan irradiansi surya

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai temperatur ruang pemanas, dari gambar 3 dan tabel 3 dapat dilihat bahwa suhu ruang pemanas di pengaruhi oleh besarnya irradiansi surya dimana semakin besar irradiansi surya maka semakin besar pula temperatur ruang, temperatur ruang tertinggi $53.01 \text{ }^\circ\text{C}$ terjadi pada saat irradiansi surya 731 W/m^2 , dan terendah 35.96 pada 150 W/m^2 .

Tabel 3. Data hasil simulasi temperatur ruang pemanas

No	Waktu (t)	T_a (C)	$\tau \cdot \alpha \cdot A_{fw}$ (m^2)	$h \cdot A_f$ (W/m^2)	$U \cdot A_w$ (W/m^2)	I (W/m^2)	T_r (C)
1	0.167	30	4.2	18.6	126	199.319	37.97
2	0.334	30	4.2	18.6	126	248.282	37.99
3	0.501	30	4.2	18.6	126	296.538	38.18
4	0.668	30	4.2	18.6	126	343.738	38.62
5	0.835	30	4.2	18.6	126	389.542	39.34

4.3 Temperatur Lantai Tanpa Tungku biomassa



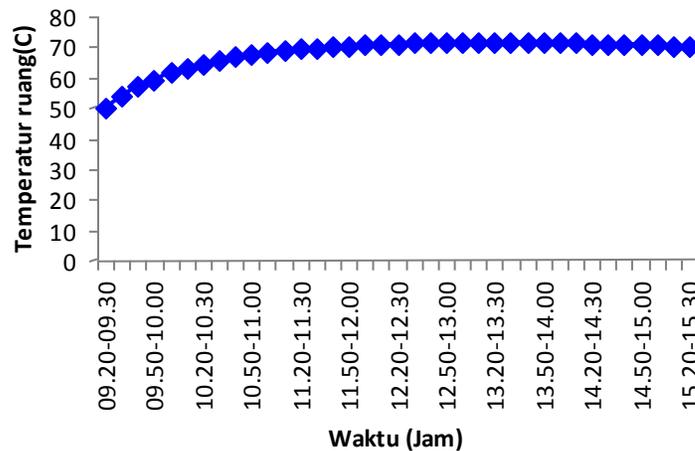
Gambar 4. Grafik hubungan temperatur lantai dengan irradiasi surya

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai temperatur lantai dari ruang pemanas, dari gambar 4 dan tabel 3 dapat dilihat bahwa temperatur lantai dipengaruhi oleh temperatur ruang pemanas dan irradiasi surya. Temperatur lantai tertinggi 53.57 °C terjadi pada saat irradiasi surya 731 W/m², dan terendah 34.87 °C pada 150 W/m².

Tabel 4. Data hasil simulasi temperatur lantai

No	Waktu (t)	T _a (C)	$\tau \cdot \alpha \cdot A_{fw}$ (m ²)	h. A _f (W/m ²)	U. A _w (W/m ²)	I (W/m ²)	T _s (C)	T _f (C)
1	0.167	30	4.2	18.6	126	199.319	31	39.86
2	0.334	30	4.2	18.6	126	248.282	31	39.73
3	0.501	30	4.2	18.6	126	296.538	31	39.75
4	0.668	30	4.2	18.6	126	343.738	31	40.03
5	0.835	30	4.2	18.6	126	389.542	31	40.66

4.4 Temperatur Ruang dengan Tungku Biomassa.



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur ruang hasil simulasi dengan temperatur ruang hasil percobaan dengan pemanas tambahan dari tungku biomassa.

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai temperatur ruang pemanas dengan pemanas tambahan dari tungku biomassa, dari gambar 5 dan table 4 dapat dilihat bahwa temperatur ruang dengan panas tambahan dari tungku biomassa sangat dipengaruhi oleh irradiasi surya dan suhu tungku biomasanya.

Tabel 5. Data hasil simulasi temperatur ruang dengan tambahan tungku biomassa

No	Waktu (t)	T_a (C)	$\tau \cdot \alpha \cdot A_{fw}$ (m^2)	$h \cdot A_f$ (W/m^2)	$U \cdot A_w$ (W/m^2)	I (W/m^2)	T_t (C)	T_r (C)
1	0.167	30	4.2	18.6	126	80.55	80	55.82
2	0.334	30	4.2	18.6	126	110.87	80	61.09
3	0.501	30	4.2	18.6	126	140.76	80	63.67
4	0.668	30	4.2	18.6	126	169.99	80	64.93
5	0.835	30	4.2	18.6	126	198.36	80	65.57

V. KESIMPULAN

- Temperatur ruang pemanas tanpa tungku biomassa paling tinggi adalah 58.4 °C dan temperatur lantai ruang pemanas paling tinggi 53.6 °C pada irradiasi surya 731 W/m².
- Temperatur ruang pemanas dengan tambahan tungku biomassa agar berada diatas temperatur 50 °C dibutuhkan temperatur keluaran tungku yang masuk kedalam ruang pemanas minimal 80 °C, untuk irradiasi surya sekitar 100 W/m².

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Kamaruddin Abdullah. **Rancangan Sistem Termal**. CREATA – LP IPB .Bogor 1997.
2. Kamaruddin Abdullah, A.H Tambunan, Harsono Soepardjo. **Penerapan Energi Terbarukan Untuk Proses Termal**. LPPM IPB. Bogor 2005.
3. Endriyani, Abdurrachim, adjar Pratoto. **Analisis Efisiensi Pengeringan Ikan Nila Pada Pengering surya Aktif Tidak langsung**. April 2009.
4. Raldi Artono K. **Perpindahan Kalor**. Penerbit Salemba Teknik 2002.
5. Kamaruddin Abdullah, M. Azron Dhalhar, Katsumi Fujii. **Matematika Terapan**. IPB 1989.