

ANALISIS PERBANDINGAN PENGUJIAN EKSPERIMENTAL DAN SIMULASI KOMPOR SURYA TIPE KOTAK UNTUK MEMASAK NASI DENGAN ERYTHRITOL SEBAGAI PCM

Safri Gunawan^{1,*}, Wilda Rina¹, Abdi Bimardotillah Lubis¹

¹Sekolah Tinggi Teknologi Sinar Husni
*gunpal17@sttsinarhusni.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan energi surya dapat dikonversikan menjadi energi termal dan dapat digunakan untuk memasak, mengeringkan hasil pertanian, dan memanaskan air. Energi surya yang sedang berkembang dan dikonversikan menjadi energi termal untuk keperluan memasak adalah kompor surya. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil penelitian eksperimental dengan simulasi ANSYS 14.0 saat memasak nasi pada kompor surya. Tipe kompor surya yang digunakan adalah tipe kotak dengan menambahkan cermin sebagai reflektor, vessel tembaga sebagai wadah PCM, penyangga untuk mengganjal posisi vessel saat proses memasak, dan vessel aluminium sebagai wadah untuk memasak nasi. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa error yang terjadi antara eksperimental dan simulasi pada menit ke 10, menit ke 60, menit ke 120 dan menit ke 360 adalah 1,15%, 0,84%, 0,79%, dan 0,56%, secara berurut.

Kata kunci: Energi Surya; Kompor Surya; Simulasi Ansys

ABSTRACT

The use of solar energy can be converted to thermal energy and can be used for cooking, drying agricultural products, and heating water. Solar energy developed and converted into thermal energy for cooking is the solar cooker. This study aims to compare the results of experimental research with ANSYS 14.0 simulation when cooking rice on a solar cooker. The type of solar stove used is a box type by adding mirror as a reflector, copper vessel as a PCM container, lug to hold the vessel's position during the cooking process, and aluminum vessel as a container for cooking rice. The result shows that the errors occurred between experimental and simulation at 10 minutes, 60 minutes, 120 minutes and 360 minutes are 1.15%, 0.84%, 0.79%, and 0.56 %, respectively.

Keyword: Solar Energy, Solar Cooker, Ansys Simulation

PENDAHULUAN

Menipisnya persediaan energi yang berasal dari fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam mengharuskan masyarakat beralih menggunakan energi alternatif. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah energi surya. Energi surya merupakan sumber energi alternatif terbarukan yang potensial untuk dikembangkan dan ketersediaannya tidak terbatas

pada daerah tropis dan subtropis. Energi surya dapat dimanfaatkan secara langsung untuk energi

surya fotovoltaik dan energi surya termal. Energi surya fotovoltaik pada umumnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, sedangkan Energi surya termal digunakan untuk memasak, mengeringkan hasil pertanian, dan memanaskan air.

Energi surya adalah energi panas dari matahari yang dipancarkan ke bumi dan umumnya digunakan dengan cara penyerapan secara langsung

maupun tidak langsung. Kategori teknologi surya dikelompokkan dalam teknologi aktif dan teknologi pasif. Teknologi aktif meliputi penggunaan panel fotovoltaik untuk mengubah energi surya ke bentuk energi listrik. Teknologi pasif meliputi pemilihan bahan konstruksi yang memiliki sifat termal yang baik dan digunakan untuk mengurangi kebutuhan sumber daya alam [5].

Penggunaan energi surya dapat dimanfaatkan untuk memasak, mengeringkan hasil pertanian, dan memanaskan air. Energi surya yang sedang berkembang dan dikonversikan menjadi energi termal untuk keperluan memasak adalah kompor surya. Kompor surya adalah suatu alat penukar kalor yang menggunakan energi surya yang didisain untuk proses memasak [1].

Ditinjau dari disain kompor surya yang telah dikembangkan para peneliti, kompor surya dibedakan kedalam tiga jenis yaitu bentuk konsentrasi, bentuk

kotak yang digunakan untuk memasak secara langsung, dan bentuk kotak yang digunakan untuk memasak secara tidak langsung dengan menggunakan material berubah fasa atau Phase Change Material (PCM) sebagai media penyimpanan panas laten [2].

Sifat fisik yang dimiliki PCM yang sering digunakan untuk beragam penelitian seperti pada Tabel 1.1 berikut;

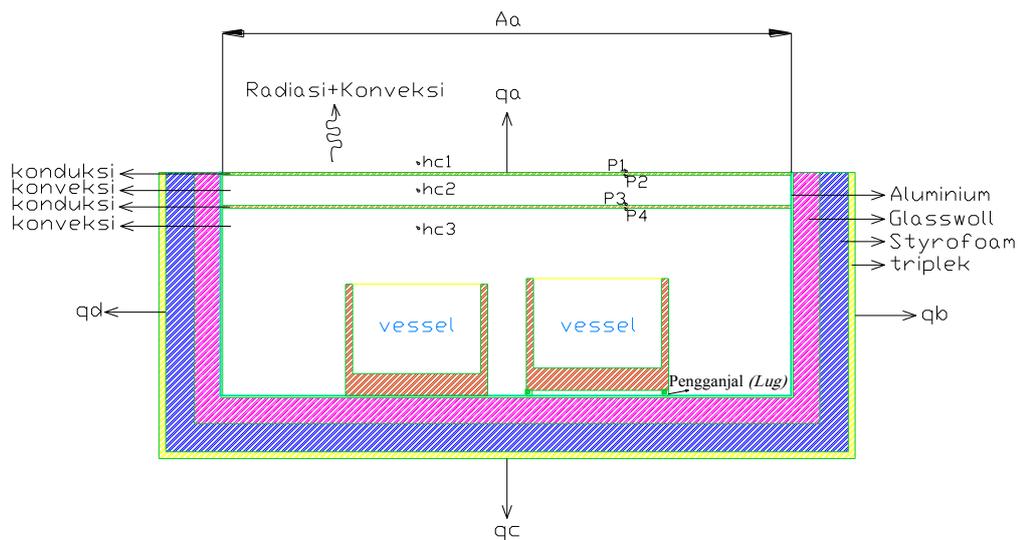
PCM	Titik lebur (°C)	Panas Laten (kJ/kg)	Massa Jenis (kg/m ³)		Panas spesifik (kJ/kg°C)		K (W/m°C)
			Padat	Cair	Padat	Cair	
Stearic Acid	55,1	160	965	848	1,6	2,2	0,172
Acetamide	82	263	1159	998	1,94	1,94	0,5
Acetanilide	118,9	222	1210	1020	2,0	2,0	0,5
Erythritol	118,0	339,8	1480	1300	1,38	2,76	0,326
Paraffin wax	53,5	266	810	780	2,5	-	0,21
Compound	53,5	266	844	814	2,476	-	4,09

Berbagai desain kompor surya telah dibuat secara teoritis seperti penggunaan kombinasi cermin untuk mengoptimalkan kinerja kompor surya yang akan dihasilkan. Kinerja kompor surya sangat dipengaruhi oleh desainnya. Adapun temperatur kolektor surya yang telah diuji berkisaran antara

140°C sampai 160°C dengan variasi disain dan penambahan reflektor [3].

Menambahkan pendapat mengenai peningkatan kinerja kompor surya, Reddy dan Rao mengemukakan bahwa kinerja kompor surya dapat meningkat dengan desain vessel yang merujuk pada material perpindahan panas yang baik, dan memberikan penyangga pada vessel yang digunakan sebagai media penyimpanan panas laten. Hal yang sama juga dijelaskan oleh Narasimha bahwa perpindahan panas pada permukaan bawah vessel akan lebih efektif bila diletakkan penyangga di bawah permukaan karena dapat meningkatkan laju perpindahan panas pada permukaan bawah vessel [4].

Kehilangan energi panas seperti pada gambar 1 terjadi dari bagian atas (q_a), samping kanan (q_b), bawah (q_c), dan samping kiri (q_d). Indikator perubahan panas ditunjukkan pada perubahan temperatur lingkungan (T_L), kaca penutup 1 (T_{K1}), gap udara 1 (T_{G1}), kaca penutup 2 (T_{K2}), gap udara 2 (T_{G2}), plat absorber (T_{PA}), dan PCM (T_M) [7].



Gambar 1 Kolektor Surya

Nilai q_a secara matematis seperti persamaan (1.1)

$$q_a = U_a \times A_a \times (T_{PA} - T_L) \quad (1.1)$$

Dimana U_a (W/m².K) dihitung dengan persamaan (1.2)

$$U_a = \frac{1}{\frac{1}{h_{c1} + h_{r1}} + \frac{1}{h_{k1}} + \frac{1}{h_{c2}} + \frac{1}{h_{k2}} + \frac{1}{h_{r2} + h_{c3}}} \quad (1.2)$$

h_{c1} adalah koefisien konversi kehilangan panas akibat angin diatas permukaan kaca penutup 1 dan dapat dihitung dengan persamaan (1.3) dan (1.4) [7].

$$h_{c1} = 5,7 + 3,8w \quad (w < 5m/s) \quad (1.3)$$

$$h_{c1} = 6,47w^{0,78} \quad (w > 5m/s) \quad (1.4)$$

Dimana w adalah kecepatan angin di atas permukaan.

h_{r1} adalah koefisien aliran panas radiasi dan ditentukan oleh perbedaan temperatur

antara permukaan kaca 1 dengan lingkungan seperti persamaan (1.5).

$$h_{r1} = \epsilon_{p1} \sigma \frac{T_{k1}^4 - T_o^4}{T_{k1} - T_a} \quad (1.5)$$

Dimana ϵ_{p1} adalah emisifitas permukaan kaca1 (0,88), σ adalah tetapan Steven-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$), T_{k1} (K) adalah temperatur permukaan kaca 1, dan T_a (K) adalah temperatur lingkungan, T_o adalah temperatur langit cerah yang ditentukan oleh persamaan (1.6).

$$T_o = 0,0552 \cdot (T_a)^{1,5} \quad (1.6)$$

h_{k1} atau h_{k2} adalah koefisien kehilangan energi panas akibat konduktivitas termal kaca penutup 1 atau 2 dan dapat ditentukan dengan persamaan (1.7).

$$h_k = \frac{k_k}{t} \quad (1.7)$$

Dimana k (W/m.K) dan t (m) merupakan konduktivitas termal dan ketebalan kaca penutup. Nilai k pada kaca penutup berbahan *glass* adalah 1.3 W/m.K.

h_{r2} adalah koefisien kehilangan energi panas karena radiasi dari plat absorber dan ditentukan dengan persamaan (1.8).

$$h_{r2} = \frac{\sigma}{\frac{1}{\epsilon_{p4}} + \frac{1}{\epsilon_{abs,p}} - 1} (T_{abs}^2 + T_{p4}^2)(T_{abs} + T_{p4}) \quad (1.8)$$

Dimana σ adalah nilai konstanta Stefan-Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$), ϵ_{p4} dan $\epsilon_{abs,p}$ adalah emisifitas kaca penutup 2 dan plat absorber yang nilainya bergantung dari bahan. Emisifitas kaca penutup berbahan *glass* bernilai 0.88 dan plat absorber dengan lapisan *flat black paint* berkisar antara 0.97-0.99. T_{abs} dan T_{p4} merupakan tempratur plat absorber dan kaca penutup 2 dalam satuan K. h_{c3} dapat dihitung seperti perhitungan h_{c2} . Sedangkan untuk q_b dihitung dengan persamaan (1.9).

$$q_b = U_c \times A_c \times (T_{PA} - T_L) \quad (1.9)$$

Dimana U_b dapat dihitung dengan persamaan (1.10).

$$U_b = \frac{1}{\frac{1}{h_{v-Al}} + \frac{1}{h_{d-Isolasi}} + \frac{1}{h_{r-PA}}} \quad (1.10)$$

Kolektor yang diteliti terdiri dari 4 lapisan isolasi yaitu Aluminium, Glasswool,

Styrofoam, dan Polywood. Dimana nilai k dari masing-masing material seperti ditunjukkan pada tabel 1.2.

Tabel 1.2. Nilai konduktivitas termal material

Material [7]	k (W/m.K)
Aluminium	240
Glasswool	0,038
Styrofoam	0,036
Polywood	0,1154

Nilai koefisien U_s dianggap sama dengan U_c karena ketebalan isolasi dan kondisi lingkungan yang sama. Sedangkan luas permukaan sisi kolektor samping (A_s) merupakan luas total dari ke-4 sisi samping kolektor yaitu 2 sisi panjang dikali tinggi dengan 2 sisi lebar dikali tinggi. Sehingga q_s dihitung dengan persamaan (1.11).

$$q_s = U_s \times A_s \times (T_{PA} - T_L) \quad (1.11)$$

Sehingga kehilangan energy panas total pada kolektor saat memasak (q_{loses}) seperti persamaan (1.12).

$$q_{loses} = q_a + q_b + q_s \quad (1.12)$$

Dari uraian di atas disimpulkan bahwa kinerja kompor surya sangat dipengaruhi oleh material penyimpanan panas laten (PCM) yang digunakan, desain, metode, dan posisi vessel dalam box solar cooker. Hal inilah yang membuat peneliti ingin melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui efesiensi termal box kolektor surya pada saat memasak dengan metode eksperimental dan membandingkan hasil eksperimental dengan simulasi pada ANSYS 14.0.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat Penelitian

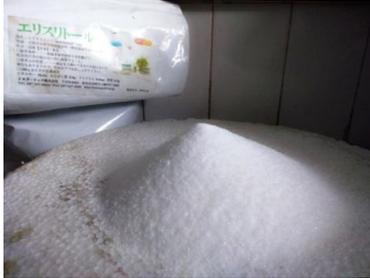
Peralatan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Ukut Temperatur (Agilent (34972 A))
2. Termokopel
3. Station Data Logger Hobo Micro Station
4. Vessel Aluminium
5. Vessel Tembaga
6. Box Solar Cooker
7. Timbangan
8. Laptop

B. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- (1) Erhythritol yang berfungsi sebagai PCM, Erhythritol yang digunakan seperti pada gambar 1 berikut;



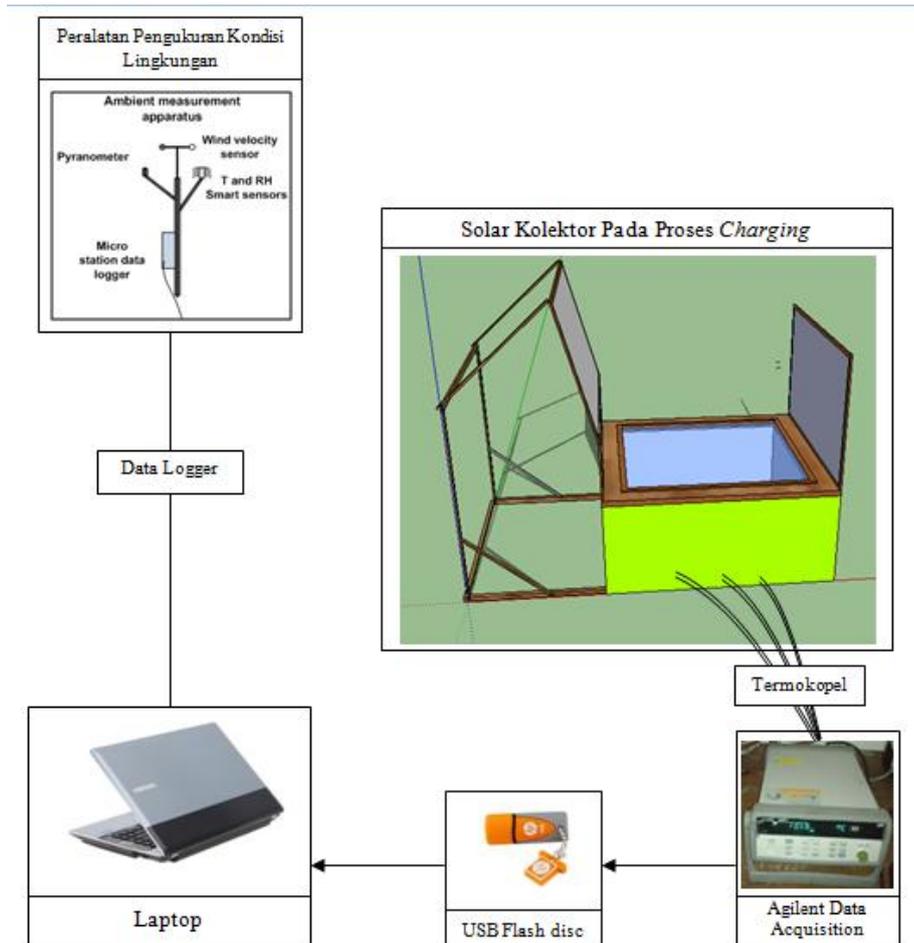
Gambar 2 Erhythritol ($C_4H_{10}O_4$)

- (2) Beras dan air
Beras dan air yang akan dimasak menjadi nasi seperti pada gambar 2 berikut;

Gambar 3 Beras ($C_6H_{12}O_6$) dan Air (H_2O)

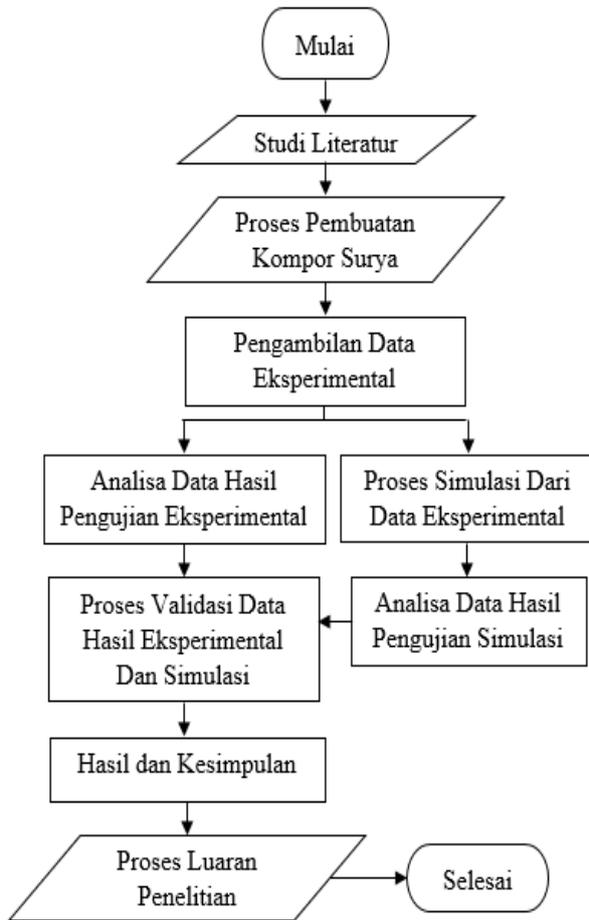


C. Teknik Pengukuran



D. Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan dan analisa data dibagi kedalam dua bagian utama, yaitu pada secara eksperimental dan simulasi menggunakan ANSYS 14.0. Adapun tahapan yang akan dilaksanakan terlihat seperti pada gambar 5.



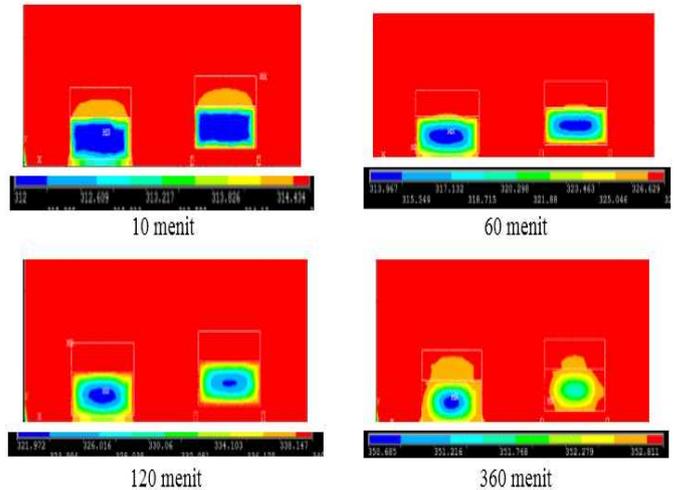
Gambar 5 Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan simulasi. Dimana hasil data secara eksperimental akan divalidasi dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak ANSYS APDL 14.0. Data yang disimulasikan adalah data dari pengujian langit cerah, dikarenakan pada saat langit cerah diperoleh data yang maksimal. Hasil simulasi seperti diperlihatkan pada gambar 6 selama 6 jam masa pengujian. Dalam gambar tersebut terlihat laju temperatur dan perubahan *contour* pada PCM dan air-beras pada

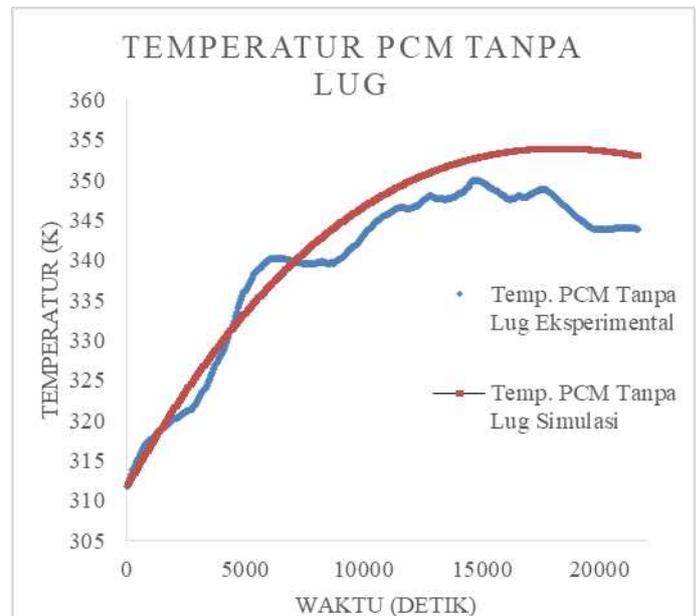
menit ke 10, menit ke 60, menit ke 120 dan menit ke 360.

Hasil simulasi untuk *vessel* PCM tanpa penyangga, *vessel* nasi tanpa penyangga, *vessel* PCM dengan penyangga, dan *vessel* nasi

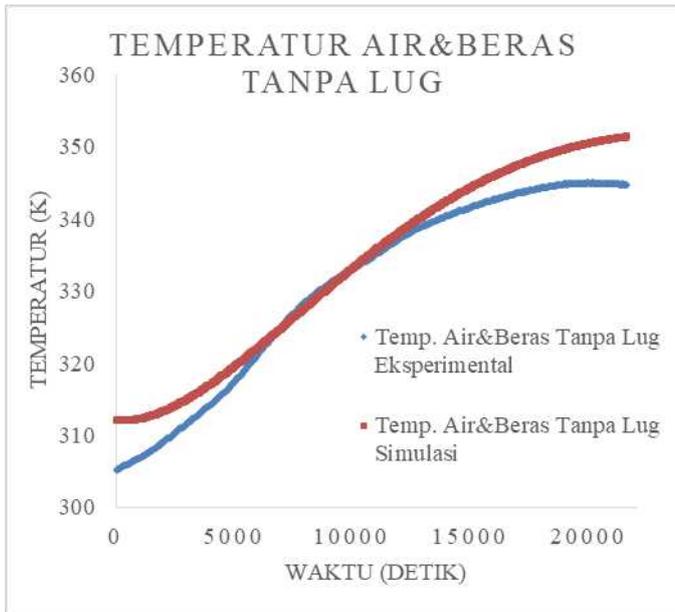


Gambar 6 *Contour* PCM dan air-beras pada menit ke 10, menit ke 60, menit ke 120 dan menit ke 360 selama proses *charging*

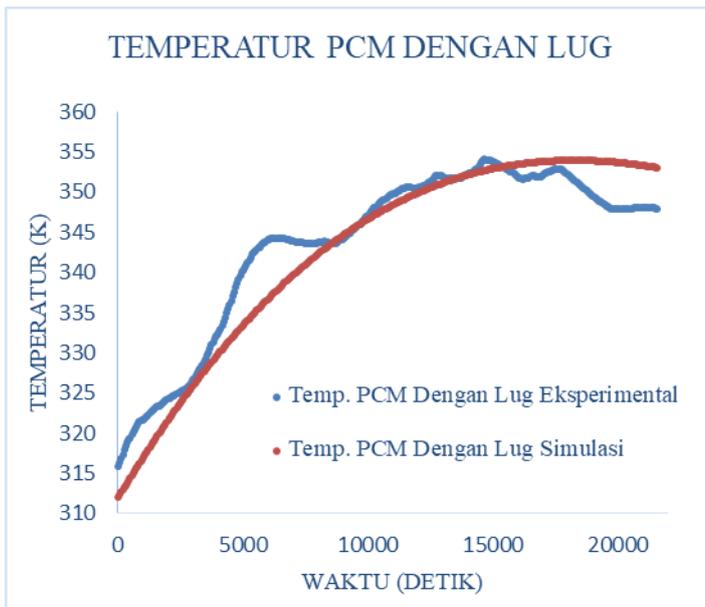
Perbandingan temperatur *vessel* secara simulasi dan eksperimental ditunjukkan secara grafik seperti pada gambar 7, gambar 8, gambar 9, dan gambar 10.



Gambar 7 Grafik perbandingan temperatur *vessel* PCM tanpa penyangga secara simulasi dan eksperimental



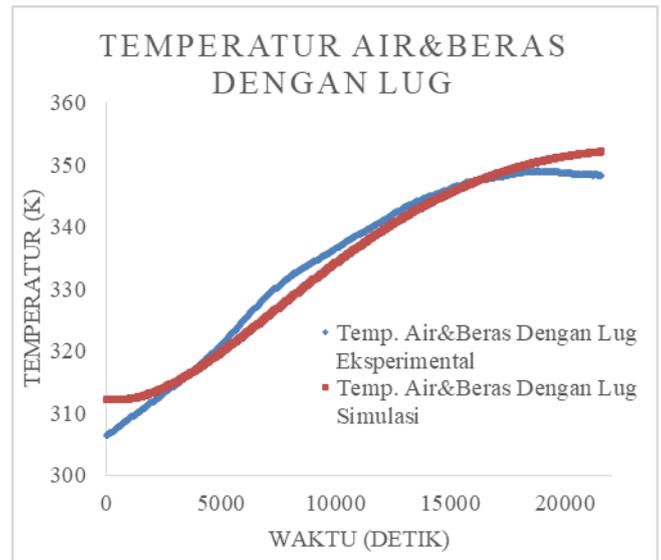
Gambar 8 Grafik perbandingan temperatur vessel air dan beras tanpa penyangga secara simulasi dan eksperimental



Gambar 9 Grafik perbandingan temperatur vessel PCM dengan penyangga secara simulasi dan eksperimental

Perbedaan temperatur vessel antara eksperimental dengan simulasi dimungkinkan terjadi karena *boundary condition* dan *refine meshing* pada saat simulasi. Laju temperatur pada proses *charging* pada vessel PCM tanpa penyangga, vessel air dan beras tanpa penyangga, vessel PCM dengan penyangga, vessel air dan beras dengan penyangga secara

berturut adalah 0,106°C/menit, 0,111°C/menit, 0,106°C, dan 0,118°C.



Gambar 10 Grafik perbandingan temperatur vessel air&beras dengan penyangga secara simulasi dan eksperimental

Kesimpulan

Dari data hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian eksperimental yang dilakukan dengan prosedur yang benar dan simulasi yang sesuai dengan kondisi saat ekperimental menghasilkan galat hingga 0,56%. Perbedaan hasil simulasi dan ekperimental terjadi karena saat kondisi intermiten matahari saat eksperimental.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Aremu A.K, Igbeka J.C, *Energetic and Exergetic Evaluation of Box-Type Solar Cookers Using Different Insulation Materials*, 2015
- [2].Sharma A, Tyagi VV, Chen C.R., Buddhi D. *Review on Thermal Energy Storage with Phase Change Materials and Applications. Renewable and sustainable Energy Reviews*, 2009;13:318–345
- [3].Mirdha U.S, Dhariwal S.R, “*Design Optimization of Solar Cooker*”, India; 2007
- [4].Francis C, Jose V., *A Review on Performance Improvements in Box Type Solar Cookers*, 2015

- [5].Google, (online), Energi Surya, https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_surya
- [6].Sharma A, Tyagi VV, Chen C.R., Buddhi D. *Review on Thermal Energy Storage with Phase Change Materials and Applications. Renewable and sustainable Energy Reviews*, 2009;13:318–345
- [7].Jufrizal, Studi Eksperimental *Performansi Thermal Energy Storage yang Terintegrasi Dalam Kolektor Surya Plat Datar*, USU; 2013