

**EVALUASI METODE PREDIKSI RUGI KALOR PADA PLAT YANG TERISOLASI*****Prediction Method Evaluation of Heat Loss on Isulation Plat***Weli Wahyudi<sup>1</sup>, Tri Ayodha Ajiwiguna.<sup>2</sup>, Ahmad Qurthobi<sup>3</sup><sup>1,3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom<sup>1</sup>[weliwahyudi01@gmail.com](mailto:weliwahyudi01@gmail.com) <sup>2</sup>[tri.ayodha@gmail.com](mailto:tri.ayodha@gmail.com) <sup>3</sup>[Qurthobi@gmail.com](mailto:Qurthobi@gmail.com)**1 Abstrak**

Penelitian ini bertujuan agar dapat memprediksi koefisien rugi kalor maksimum pada permukaan dengan melakukan variasi ketebalan dan suhu heater dan mengetahui besar temperatur permukaan setelah diisolasi.

Dalam penelitian ini digunakan plat yang terisolasi secara horizontal dengan metode simulasi dan eksperimen. Untuk bahan plat digunakan stainless steel dan untuk insulasi digunakan *polyfoam*. Eksperimen dilakukan dengan 2 variasi ketebalan yaitu 2cm dan 4cm. Pengambilan data diambil satu persatu dengan variasi suhu 35-100°C hingga mencapai steady state. Data-data yang diambil diantaranya temperatur permukaan, perpindahan kalor dan nilai rugi kalor.

Berdasarkan hasil simulasi dan eksperimen didapatkan bahwa dengan semakin besar ketebalan maka rugi kalor yang dihasilkan semakin kecil. Nilai rugi kalor (Q) data real lebih besar dibandingkan data simulasi, pada tebal 2 cm rugi kalor maksimal sebesar 0,353 J dengan temperatur 39,7°C. Sedangkan data real rugi kalor sebesar 0,37 J dengan temperatur 41,6°C. Pada tebal 4cm data simulasi rugi kalor maksimal sebesar 0,21 J dengan temperatur 36,06°C dan untuk data real rugi kalor maksimum 0,22 J dengan temperatur 36,7°C.

**Kata kunci : rugi kalor, ketebalan, simulasi, eksperimen.**

***Abstract***

This research aims to predict the maximum heat loss coefficient on the surface by varying the thickness and temperature of the heater and knowing large surface temperature after isolation.

The study used a horizontally insulated plate with simulated and experimental methods. For the plate material used stainless steel and for insulating used *polyfoam*. The experiment was done with 2 thickness variations of 2cm and 4cm. Data retrieval is taken one by one with a variation of temperature 35-100 °c to reach steady state. The data is taken including surface temperature, heat transfer and the value of heat loss.

Based on simulated results and experiments gained that with greater thickness the resulting heat loss is smaller. The value of heat loss (Q) of real data is greater than the simulation data, at 2 cm thick the maximum heat loss is 0.353 J with a temperature of 39.7 °C. While the heat loss data is 0.37 J with a temperature of 41.6 °C. At 4cm thick the maximum heat loss simulation data is 0.21 J with a temperature of 36.06 °C and for real data the maximum heat loss is 0.22 J with a temperature of 36.7 °C.

**Keywords: heat loss, thickness, simulation, experiment.**

**1. Pendahuluan**

Perpindahan kalor terjadi karena adanya perbedaan temperatur dan kalor berpindah dari benda temperatur tinggi ke benda temperatur lebih rendah. Perpindahan panas terjadi dengan tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi melalui medium yang diam, misalnya perpindahan panas di dalam benda padat. Sedangkan konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan dengan fluida yang bergerak misalnya dari plat ke udara. Radiasi didefinisikan sebagai perpindahan panas antara dua benda yang tidak membutuhkan medium perantara contohnya panas sinar matahari sampai ke bumi.

Setiap permukaan yang memiliki temperatur yang lebih tinggi (lebih panas) bila dibandingkan temperatur sekitarnya akan mengalami pelepasan kalor (rugi kalor atau *heat loss*), sehingga menaikkan temperatur lingkungan menjadi lebih tinggi. Banyaknya panas yang hilang tergantung pada banyak faktor, tapi temperatur permukaan dan ukurannya merupakan faktor yang sangat dominan. Menurut *Ekadewi Anggraini*, untuk mengurangi perpindahan panas ini digunakan isolator termal. Dengan memberikan sebuah lapisan isolator (*insulation*) pada sebuah permukaan panas akan mengurangi temperatur permukaan secara keseluruhan. Dengan adanya isolasi panas pada permukaan panas yang memiliki luasan permukaan yang besar (seperti pada plat, pipa dan bejana), pengaruh relatif dari pengurangan temperatur permukaan tersebut akan lebih besar dampaknya dan panas yang hilang akan berkurang. Situasi yang serupa juga berlaku pada permukaan yang bertemperatur lebih rendah dari sekitarnya.

Semakin rendah penahanan temperatur dan semakin tinggi tekanan kompaksi akan semakin tinggi konduktifitas termalnya. Kerugian energi yang terjadi dapat dikurangi dengan memberikan lapisan isolator panas yang praktis dan ekonomis pada permukaan yang memiliki beda temperatur yang besar dengan sekitarnya.

Pada kesempatan ini, peneliti ingin memprediksi nilai rugi kalor pada plat yang terisolasi secara horizontal. Rugi kalor pada plat juga dianalisis dan dihitung secara analitis dengan memprediksi temperatur permukaan, kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Proses Perpindahan Kalor

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

#### 2.1.1 Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas). Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut

Persamaan Dasar Konduksi :

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

Keterangan :

q = Laju Perpindahan Panas ( $kJ/s$ )

k = Konduktifitas Termal ( $W/m.K$ )

A = Luas Penampang ( $m^2$ )

dT = Perbedaan Temperatur (K)

dX = Perbedaan Jarak (m)

$\Delta T$  = Perubahan Suhu (K)

$dT/dx$  = gradient temperatur kearah perpindahan kalor. Konstanta positif "k" disebut konduktifitas atau kehantaran termal benda itu, sedangkan tanda minus disisipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala temperatur [4].

Dalam penerapan hukum Fourier (persamaan 2.1) pada suatu dinding datar, jika persamaan tersebut diintegrasikan maka akan didapatkan[4] :

$$q_k = -\frac{kA}{\Delta x} (T_2 - T_1) \quad (2.2)$$

#### 2.1.2 Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/ pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan

$$q = -hA(T_w - T_\infty) \quad (2.3)$$

Keterangan :

Q = Laju Perpindahan Panas ( $kJ/s$ )

h = Koefisien perpindahan Panas Konveksi ( $W/m^2.K$ )

A = Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas ( $m^2$ )

$T_w$  = Temperature Dinding (K)

$T_\infty$  = Temperature Sekeliling (K)

Tanda minus ( - ) digunakan untuk memenuhi hukum II termodinamika, sedangkan panas yang dipindahkan selalu mempunyai tanda positif ( + ).

#### 2.1.3 Konveksi Bebas Pelat Horizontal

Perhitungan koefisien konveksi bebas pelat horizontal (h) dilakukan pada bagian luar mesin pendingin ruangan yang bersentuhan dengan udara tenag menggunakan beberapa tahap. Tahap pertama yaitu menghitung bilangan Rayleigh. Bilangan Rayleigh adalah bilangan yang didapat pada konveksi bebas. Aliran laminar mempunyai bilangan Rayleigh dibawah  $10^9$  dan aliran turbulen mempunyai bilangan Rayleigh diatas  $10^9$ . Bilangan Rayleigh dapat dicari dengan persamaan:

$$Ra = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L_c^3}{\nu^2} Pr \quad (2.4)$$

Keterangan :

$R_a$  = Bilangan rayleigh

$g$  = percepatan gravitasi

$\beta$  = koefisien ekspansi volume

$T_s$  = temperatur permukaan

$T_\infty$  = temperatur fluida

$P_r$  = bilangan Prandtl

$L_c$  = karakteristik panjang

$\nu$  = viskositas

Tahap selanjutnya adalah menghitung bilangan Nusselt untuk aliran laminar dengan persamaan:

$$N_u = 0.54Ra_L^{1/4} \quad (2.5)$$

Untuk aliran turbulen, bilangan Nusselt dihitung dengan persamaan:

$$N_u = 0.15Ra_L^{1/3} \quad (2.6)$$

Tahap berikutnya adalah menghitung koefisien konveksi ( $h_L$ ) dengan rumus:

$$h_L = \frac{N_u k}{L_c} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$h_L$  = koefisien konveksi

$k$  = Konduktivitas Termal fluida

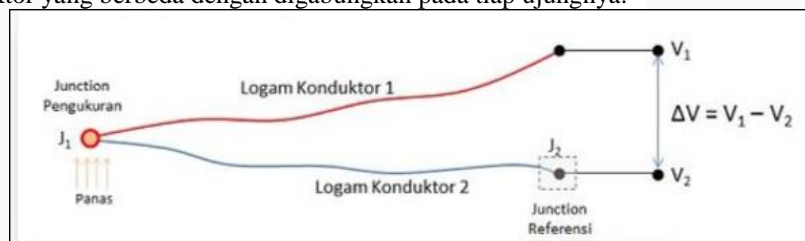
$N_u$  = Bilangan Nuselt

## 2.2 Heater

*Heater* merupakan salah satu jenis dari *Heat Exchanger* yang berfungsi untuk memanaskan. *Heater* adalah suatu objek yang memancarkan atau menyebabkan suatu bagian badan yang lain menerima temperatur yang lebih tinggi.

## 2.3 Termokopel

Termokopel adalah suatu alat sensor suhu yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengukur suhu, melalui dua jenis logam konduktor yang berbeda dengan digabungkan pada tiap ujungnya.



Gambar 2. 1 Skematika Termokopel [6]

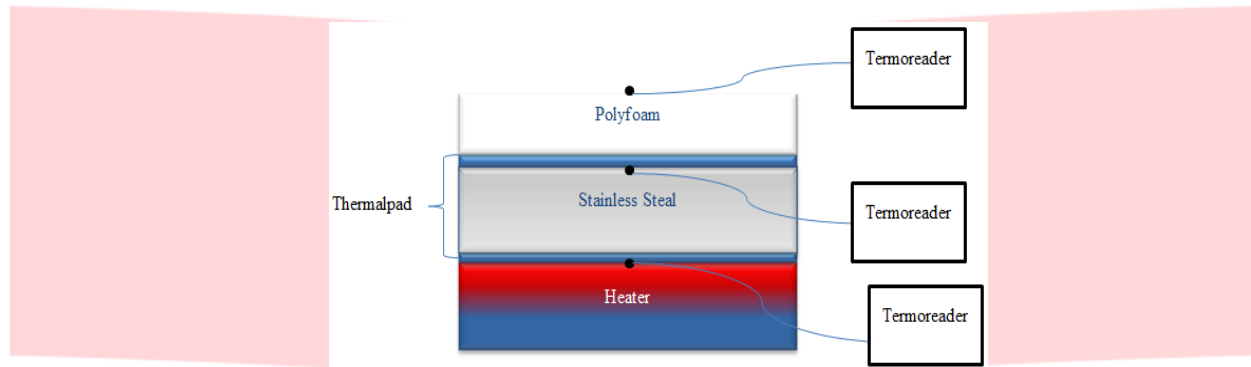
## 2.4 Polyfoam

*Polyfoam*, lembaran bahan *polyesterene* yg diproses dalam bentuk foamboard, sering disebut PS foam board. Bahan *polyfoam* ini sejenis Styrofoam, hanya saja *Polyfoam* sangat ringan, permukaan lebih rata dan mulus di kedua sisi dengan warna putih dan hitam gloss. Dengan karakteristiknya sebagai insulasi termal, *polyfoam* dapat digunakan sebagai dinding maupun kulit bangunan dimana ia akan menghambat hantaran panas matahari dari luar ke dalam ruangan..

## 3. Metodologi

### 3.1 Deskripsi Peralatan Pengujian

Pembuatan alat ini dimaksudkan untuk pengambilan data pengujian rugi kalor pada plat terisolasi, dengan plat stainless steel sebagai konduktor, polyfoam sebagai isolator dan termoelektrik sebagai heater, fluida dengan arah aliran horizontal.



Gambar 3. 1 Rancangan alat

### 3.1.1 Heater

Heater adalah suatu objek yang memancarkan atau menyebabkan suatu bagian badan yang lain menerima temperatur yang lebih tinggi. Heater pada penelitian ini menggunakan SP1848.

### 3.1.2 Plat Stainless steel

Pada pengujian ini menggunakan heat exchanger tipe plat dengan spesifikasi:

No	Spesifikasi	Nilai
1	Panjang	4 cm
2	Lebar	4 cm
3	Tinggi	2,5 cm
4	Konduktivitas	$15 \text{ W/m.K}$

### 3.1.3 Termokopel

Termokopel adalah suatu alat sensor suhu yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengukur suhu, melalui dua jenis logam konduktor yang berbeda dengan digabungkan pada tiap ujungnya.

### 3.1.4 Thermalpad

Thermal Pad ini memiliki bentuk seperti lembaran karet yang begitu tipis, namun sebenarnya berbahan silikon dan dengan campuran bahan lainnya. Alat ini dapat difungsikan sebagai pelindung yang mampu menyerap dan menghantarkan panas sehingga perangkat menjadi lebih baik.

## 3.2 Pengujian

### 3.2.1 Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu melakukan beberapa persiapan agar pengujian yang akan dilakukan dapat berlangsung aman dan lancar, yaitu :

1. Memastikan semua alat-alat percobaan dalam kondisi baik.
2. Memastikan termokopel 1 s.d. termokopel 3 sudah terpasang dengan baik dan dapat terbaca pada termoreader.
3. Menyiapkan stopwatch dan memastikan stopwatch dapat dioperasikan dengan baik.
4. Memastikan heater dapat bekerja.
5. Melakukan kalibrasi termokopel (T1, T2, T3).

### 3.2.2 Prosedur Pengujian

Langkah Langkah yang dilakukan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengatur heater (SP1848) pada suhu 35,40,45 hingga 100°C.
2. Setelah mencapai posisi steady maka perubahan temperatur pada termokopel T1, T2, T3 dicatat Untuk mempermudah pengambilan data perubahan temperatur pada tiap termokopel kita menggunakan perangkat thermo reader.

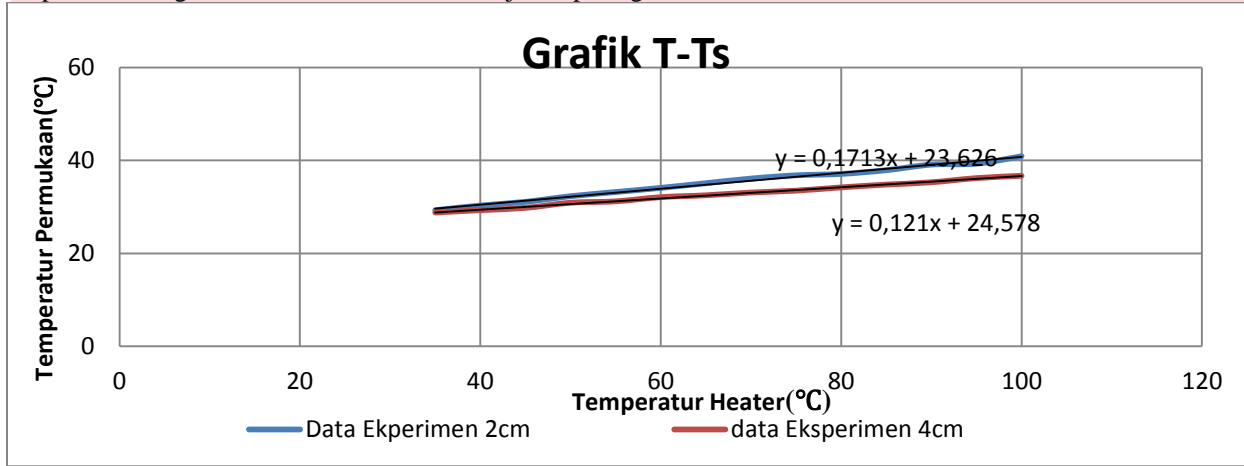
### 3.2.3 Pengambilan data

1. Data perubahan temperatur pada setiap termokopel yaitu termokopel T1, T2, T3 yang didapat dari termoreader
2. Laju aliran konduksi
3. Laju aliran Konveksi
4. Rugi kalor

**4. Pengolahan Analisis Data**

**4.1 Data Hasil Eksperimen**

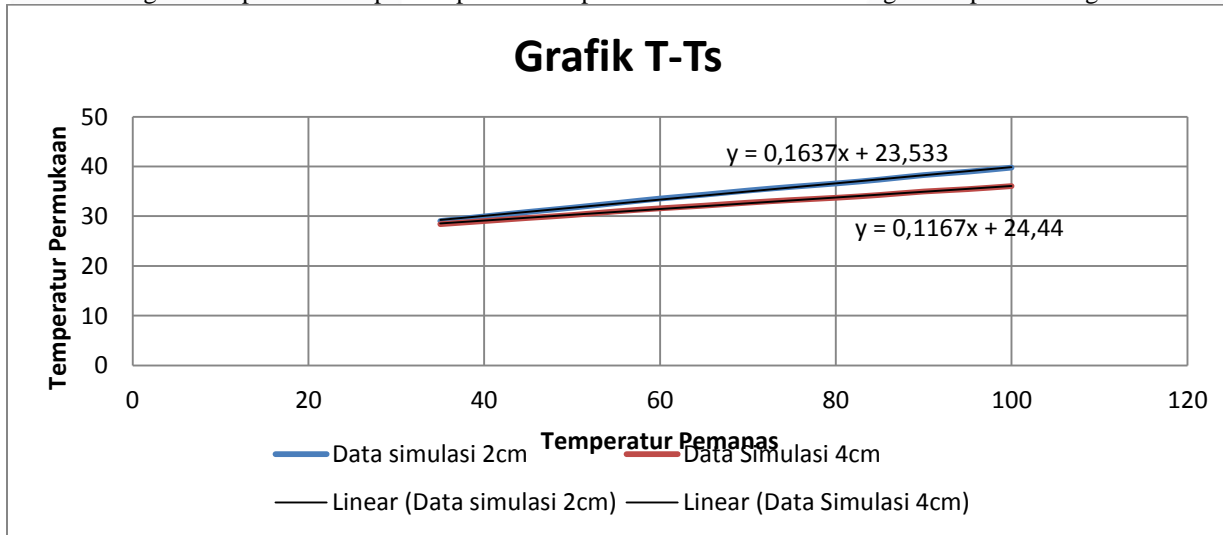
Data hasil Eksperimen diperoleh dengan melakukan pengujian pada plat stainless steel yang diisolasi oleh polyfoam dengan tebal 2 dan 4 cm. Data eksperimen yang diperoleh akan dikomparasi dengan data hasil simulasi. Data eksperimen dengan ketebalan 2 dan 4 cm ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik T-Ts tebal 2 dan 4 cm

**4.2 Data Hasil Simulasi**

Data simulasi yang diperoleh digunakan sebagai komparasi data hasil eksperimen. Data simulasi ditunjukkan pada tabel 4.6 dengan memprediksi temperatur permukaan pada ketebalan 2 dan 4 cm agar didapat nilai rugi kalor.

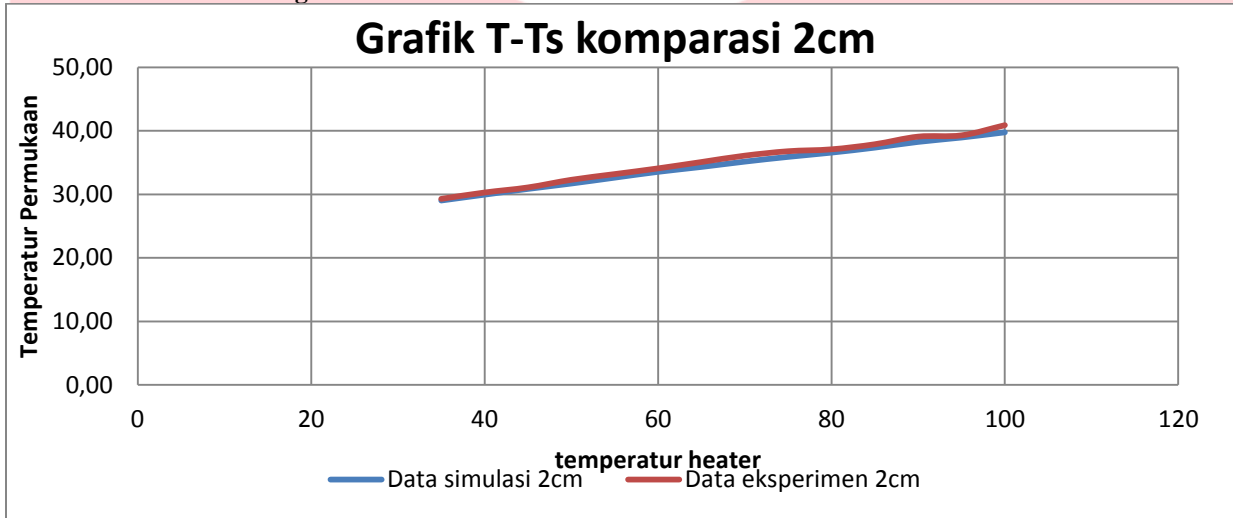


Gambar 4. 2 Grafik T-Ts simulasi tebal 2 dan 4 cm

**4.3 Analisis Data**

Data eksperimen yang diperoleh dari hasil pengolahan data pada grafik 4.1 dikomparasikan dengan data simulasi pada grafik 4.2 lalu disusun dalam bentuk grafik T-Ts komparasi.

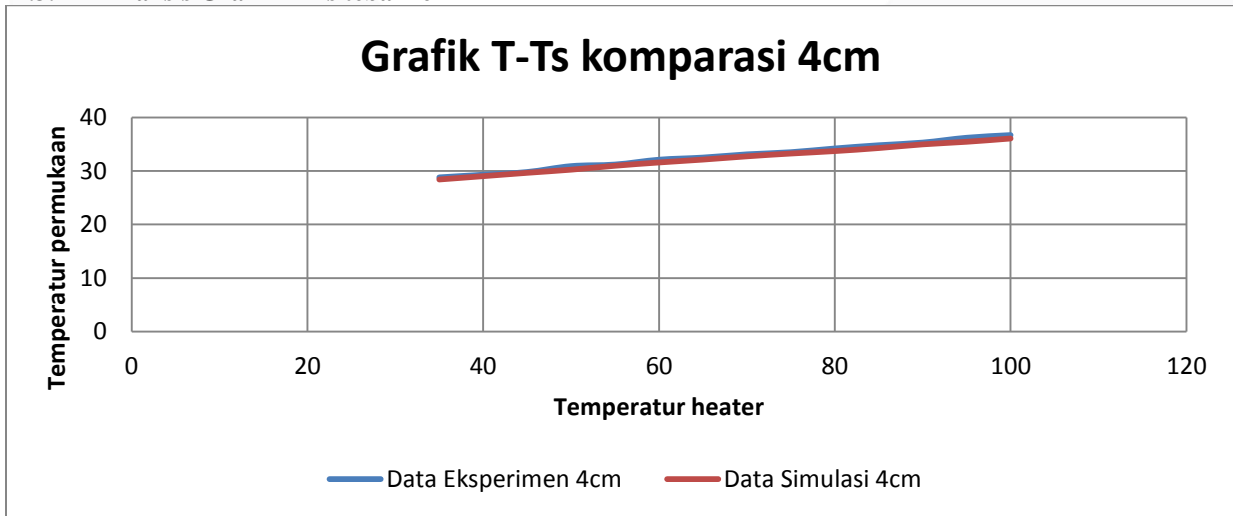
4.3.1 Analisis grafik T-Ts tebal 2cm



Gambar 4. 2 Grafik T-Ts komparasi 2 cm

Pada gambar diatas menunjukkan hubungan nilai temperatur stainless steal dengan temperatur permukaan dengan variasi suhu 35°C sampai 100°C. Pada penelitian memperlihatkan temperatur permukaan data eksperimen lebih panas dibanding temperatur simulasi dikarenakan berbagai faktor alat dan human error.

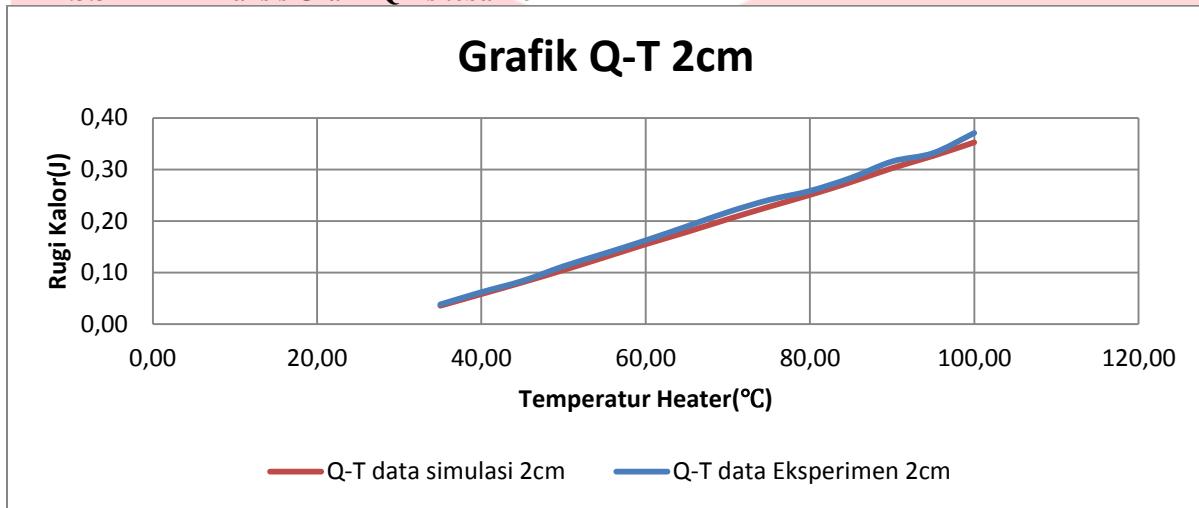
4.3.2 Analisis Grafik T-Ts tebal 4cm



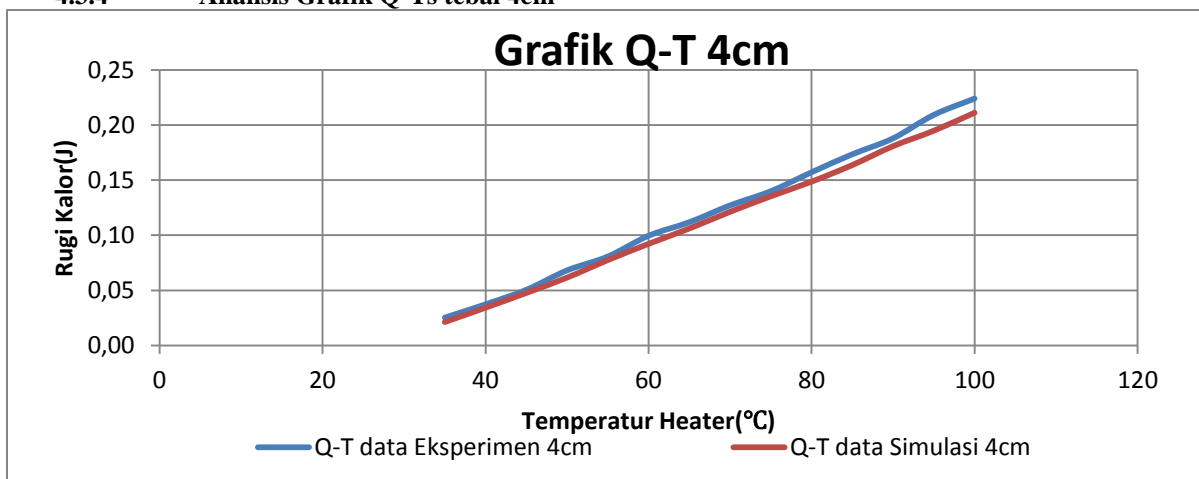
Gambar 4. 3 Grafik T-Ts komparasi 4 cm

Pada gambar diatas menunjukkan hubungan nilai temperatur stainless steal dengan temperatur permukaan dengan variasi suhu 35°C sampai 100°C dengan ketebalan 4 cm. Pada penelitian memperlihatkan temperatur permukaan data eksperimen mendekati temperatur simulasi dikarenakan tebal yang lebih panjang mengakibatkan isolasi lebih efektif.

#### 4.3.3 Analisis Grafik Q-Ts tebal 2cm



#### 4.3.4 Analisis Grafik Q-Ts tebal 4cm



Pada gambar diatas dengan tebal 2 cm dan 4 cm nilai rugi kalor(Q) data real lebih besar dibandingkan data simulasi, pada tebal 2 cm rugi kalor maksimal sebesar 0,353 J dengan temperatur 39,7°C. Sedangkan data real rugi kalor sebesar 0,37 J dengan temperatur 41,6°C. Pada tebal 4cm data simulasi rugi kalor maksimal sebesar 0,21 J dengan temperatur 36,06°C dan untuk data real rugi kalor maksimum 0,22 J dengan temperatur 36,7°C.

Nilai kalor data real lebih besar dikarenakan suhu permukaan lebih besar yang mengakibatkan nilai bilangan reynold, bilangan nusselt dan koefisien konveksi lebih besar dibanding data simulasi. Suhu lingkungan pun berpengaruh pada data real karena tiap waktu suhu lingkungan berubah yang menyebabkan nilai suhu data real berbeda.

## 5 Simpulan

Berdasarkan hasil-hasil yang dicapai dari analisis maupun hasil dari pengambilan data maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur permukaan data eksperimen lebih panas dibanding temperatur simulasi dikarenakan berbagai faktor alat dan human error namun pada tebal 4cm nilai temperatur hampir mendekati diakibatkan ketebalan yang menyebabkan isolasi lebih efektif.
2. Nilai rugi kalor(Q) data real lebih besar dibandingkan data simulasi, pada tebal 2 cm rugi kalor maksimal sebesar 0,160579 W dengan temperatur 39,7°C. Sedangkan data real rugi kalor sebesar 0,231607 dengan temperatur 41,6°C.
3. Data real rugi kalor sebesar 0,231607 dengan temperatur 41,6°C. Pada tebal 4cm data simulasi rugi kalor maksimal sebesar 0,085122 W dengan temperatur 36,06°C dan untuk data real rugi kalor maksimum 0,14037 W dengan temperatur 36,7°C.

4. Nilai kalor data real lebih besar dikarenakan suhu permukaan lebih besar yang mengakibatkan nilai bilangan reynold, bilangan nusselt dan koefisien konveksi lebih besar dibanding data simulasi. Suhu lingkungan pun berpengaruh pada data real karena tiap waktu suhu lingkungan berubah yang menyebabkan nilai suhu data real berbeda.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfandias, M. R. (2014). Penentuan nilai Heat loss pada tanaman kentang, manusia dan domba menggunakan visual basic microsoft excel.
- [2] Anggraini Handoyo, Eka Dewi (2000). Pengaruh Tebal Isolasi Termal Terhadap Efektivitas Plate Heat Exchanger. Jurnal Teknik Mesin Vol.2, NO.2. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Kristen Petra
- [3] Mandela, Pure (2011). Kaji Eksperimental Penggunaan Papan Serbuk Gergaji Dan Kertas Koran Sebagai Bahan Isolator Terhadap Penurunan Temperatur Dinding Tungku Biomassa. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
- [4] Holman, J.P., 2002, Perpindahan Kalor, Jakarta: Erlangga
- [5] Richardson, F. (2014). Heater : Fungsi dan Kegunaannya.
- [6] Teknik Elektronika. Pengertian Thermocouple dan Prinsip Kerjanya Tersedia pada : <http://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsipkerjanya/>