

## ANALISA ISOLATOR PIPA *BOILER* UNTUK MEMINIMALISIR *HEAT LOSS* SALURAN PERMUKAAN PIPA UAP PADA *BOILER* PABRIK KRUPUK YARKASIH

Fashfahish Shafhal Jamil<sup>1\*</sup>, Qomaruddin<sup>1</sup>, Hera Setiawan<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus  
Desa Gondangmanis, PO. Box 53, Kec. Bae, Kab. Kudus, Jawa Tengah 59324  
Email: fashfahishshafhalj098@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan pada mesin *boiler* yang terdapat di pabrik krupuk Yarkasih Kabupaten Kudus. Terjadi perpindahan panas dari saluran permukaan pipa *boiler* ke lingkungan akan mengakibatkan *heat loss*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan isolator yang terbaik untuk meminimalisir *heat loss* dan kerugian akibat *heat loss* pada permukaan pipa saluran uap. Metode yang digunakan untuk meminimalisir *heat loss* adalah metode isolasi pada saluran pipa uap. Material isolator yang digunakan adalah *rockwool*, *glasswool*, *rockwool* alumunium foil, *glasswool* alumunium foil, dan *glasswool rockwool*. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur suhu saluran pipa uap tanpa isolator dan dengan menggunakan isolator. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa isolator dengan tebal 25 mm yang memiliki nilai *heat loss* terkecil adalah *glasswool* alumunium foil dengan hasil 40,52 W. Terjadi penurunan *heat loss* sebesar 128,20 W (75,98%) dari *heat loss* tanpa isolator sebesar 168,72 W.

**Kata kunci** : *boiler*, *glasswool*, kehilangan panas, *rockwool*, uap panas.

### 1. PENDAHULUAN

Pabrik Yarkasih merupakan salah satu industri krupuk yang berada di daerah Pengkol Kabupaten Kudus. Dalam proses produksinya ada beberapa tahap yang harus dilewati hingga bisa menjadi krupuk. Tahap pertama adalah pembuatan adonan dengan menggunakan mesin pengaduk adonan setelah itu adonan masuk ke tahap kedua yaitu pencetakan krupuk yang dilakukan dengan mesin pencetak krupuk. Setelah krupuk selesai dicetak masuk ke tahap pengukusan menggunakan uap panas. Setelah dikukus krupuk dikeringkan dengan sinar matahari lalu masuk ke proses pemanggangan untuk menurunkan kadar air secara maksimal dan proses terakhir yaitu proses penggorengan. Pada proses pengukusan uap panas dihasilkan dari mesin ketel uap atau *boiler*.

*Boiler* atau ketel uap merupakan suatu alat penghasil *steam* yang di hasilkan dari proses pembakaran. *Steam* yang dihasilkan pada proses pembakaran memiliki suhu dan tekanan tertentu yang dapat dimanfaatkan untuk suatu proses produksi.

*Steam* yang dihasilkan setelah proses pembakaran akan dialirkan melalui pipa dan digunakan untuk proses pengukusan. Perjalanan *steam* dari *outlet steam* hingga digunakan untuk proses pengukusan akan terjadi proses perpindahan panas dari suhu *steam* ke lingkungan, sehingga akan terjadi perbedaan suhu *steam* dari *outlet steam* hingga ke proses pengukusan.

Terjadinya proses perpindahan panas yang terjadi dari pipa yang menghubungkan *outlet steam* hingga menuju proses pengukusan ke lingkungan sangat merugikan, karena suhu *steam* yang ada didalam pipa akan berkurang. Berkurangnya suhu *steam* akan berakibat pada lamanya proses pengukusan krupuk karena suhu *steam* telah berkurang akibat perjalanan dari *outlet steam* ke proses pengukusan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mempertahankan suhu *steam* dengan melakukan pengisolasian saluran pipa sehingga suhu *steam* akan tetap stabil. Pemilihan material isolasi sangat diperlukan karena semakin baik material isolasi yang di gunakan akan dapat memperkecil kehilangan panas yang terjadi pada *steam*.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang perbandingan material isolasi yang digunakan dalam pengisolasian pipa *boiler* saluran *outlet steam* hingga ke proses pengukusan terhadap besarnya kehilangan panas yang terjadi.

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat menentukan material isoalasi yang terbaik yang digunakan untuk proses pengisolasian pipa *boiler* pada pabrik krupuk Yarkasih. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat menekan biaya penggunaan bahan bakar *boiler* karena dengan

menggunakan material isolasi yang baik kehilangan panas pada boiler tidak terlalu besar sehingga dapat menghemat penggunaan bahan bakar boiler.

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan metode kuantitatif, Somantri (2005) penelitian kuantitatif biasanya mengukur fakta objektif melalui konsep yang diturunkan pada variabel-variabel dan dijabarkan pada indikator-indikator dengan memperhatikan aspek reliabilitas.

### 2.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan metode observasi yang meliputi luas permukaan pipa, jenis dan ketebalan isolasi, suhu operasional, suhu permukaan isolasi dan suhu lingkungan. Serta juga menggunakan metode literature untuk mencari nilai thermal konduktivitas bahan isolasi, aluminium dan thermal konveksi rata-rata.

### 2.2. Metode Analisa Data

Data pengukuran suhu yang sudah terkumpul selanjutnya dilakukan analisa kerugian akibat dari kehilangan panas pada permukaan saluran pipa uap. Tahapan dalam melakukan analisa heat loss saluran pipa uap adalah sebagai berikut (Frank Kreith, 1997):

1. Menghitung kehilangan panas tanpa menggunakan isolasi

$$Q = I \tag{1}$$

Dimana :

$$A = \dots \times l \tag{2}$$

$$\Delta T = T_1 - T_2 \tag{3}$$

*h* dicari menggunakan rumus rumus bilangan Nusselt, Grashof, Reyleigh dan Prandtl (Holman, 1998):

- a. Menentukan nilai  $T_f$  (suhu rata-rata) yang didapatkan dari rata-rata suhu operasional dan suhu lingkungan.
- b. Berdasarkan nilai  $T_f$  diatas maka didapatkan nilai  $\beta$  (koefisien jumlah ekspansi)

$$\beta = \dots \tag{4}$$

- c. Berdasarkan nilai  $T_f$  diatas maka didapatkan nilai  $k$ ,  $Pr$  dan  $\nu$  dengan melihat tabel nilai properti gas sesuai tabel 1.

**Tabel 1. Sifat udara pada tekanan atmosfer**

T K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ kJ/kg.°C	$\mu$ kg/m.s $\times 10^{-5}$	$\nu$ m <sup>2</sup> /s $\times 10^{-6}$	$k$ , W/m.K	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^{-4}$	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680

- d. Dari nilai – nilai diatas maka dapat dihitung nilai Ra, Nu dan  $h$  sebagai berikut:

$$Ra = \frac{g \beta (T_1 - T_2) L^3}{\nu^2} \tag{5}$$

- e. Untuk konveksi bebas dari silinder vertikal menggunakan rumus Nu sebagai berikut:

$$Nu = 0,68 + \frac{0,670 Ra^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)]^{1/4}} \quad \text{untuk } Ra < 10^9 \tag{6}$$

$$Nu^{1/2} = 0,285 + \frac{0,387 Ra^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)]^{1/4}} \quad \text{untuk } 10^{-1} < Ra < 10^{12} \tag{7}$$

- f. Untuk konveksi bebas dari silinder horizontal menggunakan rumus Nu sebagai berikut:

$$Nu^{1/2} = 0,60 + 0,378 \left\{ \frac{Gr Pr}{[1 + (0,559/Pr)^{9/16}]^{1/4}} \right\}^{1/4} \quad 10^{-5} < Gr Pr < 10^{12} \tag{8}$$

$$Nu = 0,36 + \frac{0,518 (Gr_d Pr)}{[1 + (0,559/Pr)]^{1/4}} \quad 10^{-6} < Gr_d Pr < 10^9 \tag{9}$$

- g. Konduktivitas termal konveksi rata-rata dari permukaan pipa ke lingkungan ( $h$ ) didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$h = \tag{10}$$

2. Tahap kedua menghitung kehilangan panas dengan menggunakan isolasi *rockwool*, *glasswool*, *rockwool* alumunium foil, *glasswool* alumunium foil, dan paduan *glasswool rockwool*. analisa difokuskan pada material isolasi, sehingga mengabaikan perpindahan panas pada dinding pipa saluran uap (Muntholib dan Rusdiantoro 2014):

- a. Perpindahan panas di dalam isolasi setiap satuan panjang:

$$q = \frac{2 \pi K_{iso} l}{\ln r_2/r_1} (T_2 - T_3) = \tag{11}$$

- b. Perpindahan panas di dalam alumunium sheet diperoleh:

$$q = \frac{2 \pi K_{al} l}{\ln r_4/r_3} (T_3 - T_4) = \tag{12}$$

- c. Perpindahan panas dari permukaan alumunium ke udara secara konveksi:

$$q = 2 \pi r_4 l h_{ca} (T_4 - T_{ca}) = \tag{13}$$

- d. Nilai Q di dapat dengan menjumlahkan ke 3 persamaan suhu diatas, sehingga diperoleh:

$$Q = \text{dengan } R \text{ total tahanan} \tag{14}$$

$$\sum R = \frac{1 \times \frac{R_2}{R_1}}{2 \pi k_{iso}} + \frac{1 \times \frac{R_4}{R_3}}{2 \pi k_{alm}} + \frac{1}{h} \tag{15}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan luas permukaan pipa saluran *steam*, suhu operasional, suhu lingkungan dan suhu permukaan isolator. Dalam analisa ini menggunakan data dari *boiler* pada pabrik krupuk Yarkasih sesuai tabel 1.

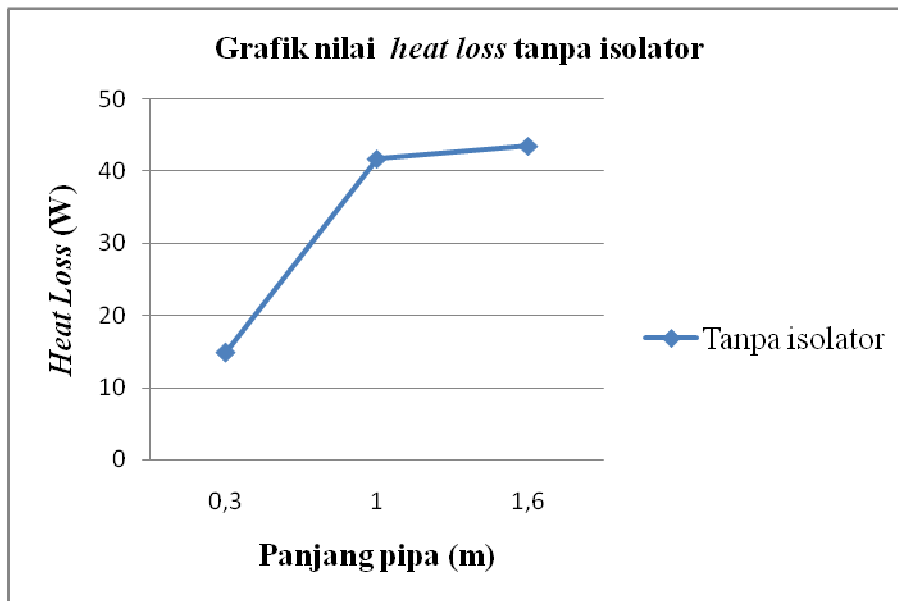
**Tabel 2. Data hasil penelitian tanpa isolasi dan menggunakan isolasi**

No	Isolator	Panjang pipa (m)	Pengukuran suhu Ta (°C)				Tu (°C)
			1	2	3	Rata-rata	
1.	Tanpa Isolator	0,3	86	85	87	86	31
		1	81	83	82	82	
		1,6	78	73	75	75,33	
2.	Rockwool	0,3	44	45	43	44	31
		1	42	40	41	41	
		1,6	37	39	39	38,33	
3.	Glasswool	0,3	43	44	42	42	31
		1	40	43	40	41	
		1,6	38	38	39	38,33	
4.	Rockwool	0,3	40	41	41	40,67	31
		1	39	38	39	38,67	
		1,6	37	36	36	36,33	
5.	Alumunium foil	0,3	41	40	40	40,33	31
		1	38	38	37	37,67	
		1,6	35	36	36	35,67	
6.	Glasswool	0,3	43	42	42	42,33	31
		1	40	41	40	40,33	
		1,6	39	38	38	38,33	

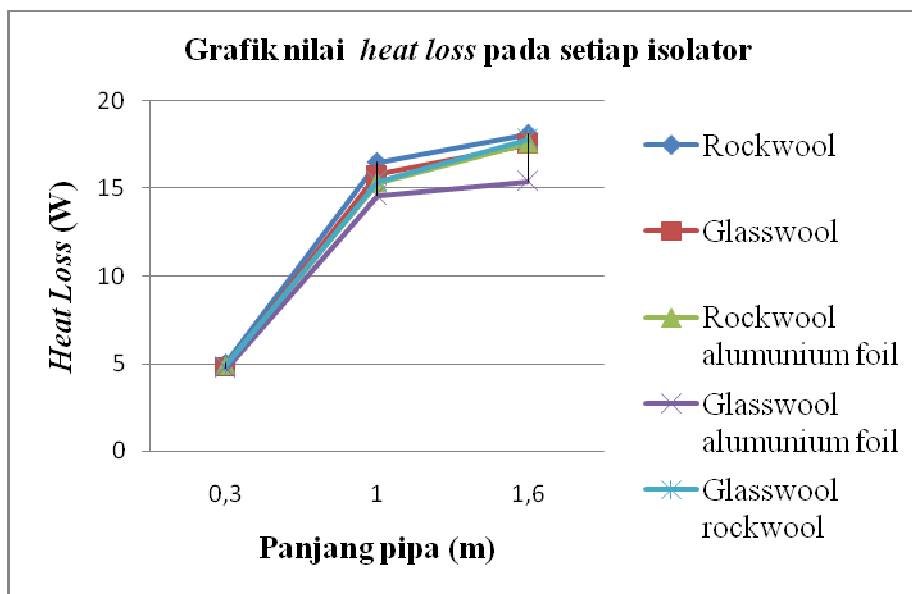
Ringkasan hasil perhitungan dari penelitian yang telah dilakukan di jabarkan pada tabel 3 dan digambarkan pada grafik 1 dan 2 hubungan antara panjang pipa dan *heat loss*

**Tabel 3. Tabel hasil perhitungan *heat loss* saluran permukaan pipa *steam***

No	Isolator	Panjang pipa (m)	Heat Loss (W)	Jumlah Heat Loss (W)
1.	Tanpa Isolator	0,3	14,85	100,04
		1	41,70	
		1,6	43,49	
2.	Rockwool	0,3	5,04	39,63
		1	16,50	
		1,6	18,09	
3.	Glasswool	0,3	4,84	38,14
		1	15,78	
		1,6	17,52	
4.	Rockwool	0,3	4,91	37,81
		1	15,31	
		1,6	17,59	
5.	Alumunium foil	0,3	4,72	36,14
		1	14,57	
		1,6	16,85	
6.	Glasswool	0,3	4,90	38,10
		1	15,40	
		1,6	17,80	



Gambar 1. Grafik nilai *heat loss* tanpa isolator



Gambar 2. Grafik *heat loss* dengan isolator

**3.1 Pembahasan**

Berdasarkan gambar 1 pengujian *heat loss* tanpa menggunakan isolator yang dilakukan pada permukaan pipa boiler dengan panjang pipa 0,3 meter, 1 meter, dan 1,6 meter. Pada pengujian permukaan pipa tanpa isolator titik pertama dengan panjang pipa 0,3 meter nilai *heat loss* = 14,85 W. Pada pengujian permukaan pipa tanpa isolator titik kedua dengan panjang pipa 1 meter nilai *heat loss* = 41,7 W. Pada pengujian permukaan pipa tanpa isolator titik ketiga dengan panjang pipa 1,6 meter nilai *heat loss* = 43,49 W. Dari pengujian tanpa isolator total *heat loss* dari tiga kali pengujian adalah 100,04 W.

Berdasarkan gambar 2 pengujian *heat loss* menggunakan isolator pada pipa dengan panjang 0,3 meter, 1 meter, dan 1,6 meter. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan isolator rockwool. Pada pengujian menggunakan isolator rockwool titik pertama dengan panjang pipa 0,3 meter nilai *heat loss* = 5,04 W. Pada pengujian menggunakan isolator rockwool titik kedua

dengan panjang pipa 1 meter nilai *heat loss* = 16,50 W. Pada pengujian ketiga dengan menggunakan isolator *rockwool* titik ketiga dengan panjang pipa 1,6 meter nilai *heat loss* = 18,09 W. Dari pengujian menggunakan isolator *rockwool* total *heat loss* dari tiga kali pengujian adalah 39,63 W.

Pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan isolator *glasswool*. Pada pengujian menggunakan isolator *glasswool* titik pertama dengan panjang pipa 0,3 meter nilai *heat loss* = 4,84 W. Pada pengujian menggunakan isolator *glasswool* titik kedua dengan panjang pipa 1 meter nilai *heat loss* = 15,78 W. Pada pengujian ketiga dengan menggunakan isolator *glasswool* titik ketiga dengan panjang pipa 1,6 meter nilai *heat loss* = 17,52 W. Dari pengujian menggunakan isolator *glasswool* total *heat loss* dari tiga kali pengujian adalah 38,14 W.

Pengujian ketiga dilakukan dengan menggunakan isolator *rockwool* alumunium foil. Pada pengujian menggunakan isolator *rockwool* alumunium foil titik pertama dengan panjang pipa 0,3 meter nilai *heat loss* = 4,91 W. Pada pengujian menggunakan isolator *rockwool* alumunium foil titik kedua dengan panjang pipa 1 meter nilai *heat loss* = 15,31 W. Pada pengujian ketiga dengan menggunakan isolator *rockwool* alumunium foil titik ketiga dengan panjang pipa 1,6 meter nilai *heat loss* = 17,59 W. Dari pengujian menggunakan isolator *rockwool* alumunium foil total *heat loss* dari tiga kali pengujian adalah 37,81 W.

Pengujian keempat dilakukan dengan menggunakan isolator *glasswool* alumunium foil. Pada pengujian menggunakan isolator *glasswool* alumunium foil titik pertama dengan panjang pipa 0,3 meter nilai *heat loss* = 4,72 W. Pada pengujian menggunakan isolator *glasswool* alumunium foil titik kedua dengan panjang pipa 1 meter nilai *heat loss* = 14,57 W. Pada pengujian ketiga dengan menggunakan isolator *glasswool* alumunium foil titik ketiga dengan panjang pipa 1,6 meter nilai *heat loss* = 16,85 W. Dari pengujian menggunakan isolator *glasswool* alumunium foil total *heat loss* dari tiga kali pengujian adalah 36,14 W.

Pengujian terakhir dilakukan dengan menggunakan isolator gabungan antara *glasswool* dan *rockwool*. Pada pengujian menggunakan isolator *glasswool rockwool* titik pertama dengan panjang pipa 0,3 meter nilai *heat loss* = 4,90 W. Pada pengujian menggunakan isolator *glasswool rockwool* titik kedua dengan panjang pipa 1 meter nilai *heat loss* = 15,40 W. Pada pengujian ketiga dengan menggunakan isolator *glasswool rockwool* titik ketiga dengan panjang pipa 1,6 meter nilai *heat loss* = 17,80 W. Dari pengujian menggunakan isolator *glasswool rockwool* total *heat loss* dari tiga kali pengujian adalah 38,10 W.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian *heat loss* pada permukaan saluran pipa uap dan kerugian akibat *heat loss* dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai *heat loss* pada saluran pipa uap tanpa menggunakan isolator sebesar 100,04 W.
2. Isolator yang memiliki nilai *heat loss* terkecil adalah isolator *glasswool* alumunium foil dengan nilai *heat loss* 36,14 W.
3. Dengan penggunaan isolator *glasswool* alumunium foil dapat menurunkan *heat loss* sebesar 63,90 W (63,87%) dari nilai *heat loss* tanpa menggunakan isolator.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Frank Kreith, 1997, *Prinsip Perpindahan Panas*, edisi 3, Erlangga, Jakarta.
- Holman J.P., 1984, *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.
- Muntolib dan Rusdiyantoro, 2014, Analisa Bahan Isolasi Pipa Saluran Uap Panas Pada Boiler Untuk Meminimalisasi Heat Loss, *Jurnal Teknik Waktu*, No. 02, Vol. 12, Hal. 50-56.
- Somantri G.R., 2005, Memahami Metode Kualitatif, Makara, Sosial Humaniora, No. 02, Vol.9, Hal. 57-65.