

ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA MINI *BOILER* TIPE PIPA API VERTIKAL

MUHAMMAD REZA
1707230107

Fakultas Teknik universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapten Mucktar Basri No. 3 Medan 20238
Email: mhdreza241@gmail.com

ABSTRAK

Kerugian yang mempengaruhi besar kecil lambat atau cepatnya laju perpindahan panas pada mini *boiler* adalah perbedaan *temperatur* antara kedua permukaan semakin besar perbedaan *temperatur* semakin cepat pula perpindahan panas yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa laju perpindahan panas konduksi dan konveksi yang terjadi pada dinding drum silinder mini *boiler* yang berisikan air dan uap saat tekanan uap mencapai 2 bar. Metode yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah metode *experimen* secara langsung mulai dari menimbang air, bahan bakar hingga set up alat pada titik-titik panas atau data yang akan di ambil untuk melakukan penelitian. Dari hasil analisa diketahui pada saat tekanan uap mencapai 2 bar laju perpindahan panas konduksi pada dinding drum silinder yang berisikan air menghasilkan panas sebesar 55,77 W/det sedangkan untuk dinding drum silinder yang berisikan uap menghasilkan panas sebesar 70,54 W/det dan untuk laju perpindahan panas konveksi yang terjadi pada dinding drum silinder kelungkungan menghasilkan panas terendah sebesar 34,23 W/det hingga mencapai panas tertinggi 34,41 W/det.

Kata kunci : Mini *boiler*, Laju perpindaha panas konduksi dan konveksi

ABSTRACT

The disadvantage that affects the size of the slow or fast heat transfer rate in the mini boiler is the temperature difference between the two surfaces, the greater the temperature difference the faster the heat transfer occurs. a mini cylindrical boiler drum containing water and steam when the steam pressure reaches 2 bar. The method used to conduct this research is a direct experimental method starting from weighing water, fuel to setting up tools at hot points or data to be taken To conduct research. From the analysis, it is known that when the steam pressure reaches 2 bar, the conduction heat transfer rate on the cylindrical drum wall containing water produces 55.77 W/s of heat while the cylindrical drum wall containing steam produces 70.54 W of heat. /s and for the convection heat transfer rate that occurs in the environmental cylinder drum wall produces the lowest heat of 34.23 W/s until it reaches the highest heat of 34.41 W/s.

Key words : Mini *boiler*, conduction and convection heat transfer rate

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini penggunaan uap air sangat luas dalam kehidupan sehari-hari baik dalam rumah tangga maupun dalam industri. Salah satu alat yang mampu menghasilkan uap air adalah ketel uap atau *boiler* (Firdaus & Sirait, n.d.)

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas (*steam*) yang bersuhu sekitar 2500-30000F. Steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses untuk membangkitkan energi. *Volume steam* akan meningkat sekitar 1600 kali dari *volume* air. Steam menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak (Akbar et al., 2009) .

Sistem *boiler* terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam* dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *boiler*. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ketitik pengguna. Pada keseluruhan sistem tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan menggunakan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem (Nugroho, G. 2015)

Boiler tersusun dari beberapa komponen seperti cerobong, *superheater*, *steam* drum, *economizer*, dan komponen penting lainnya. Salah satu komponen terpenting pada sistem *boiler* adalah *economizer* yang berperan membantu

memanaskan *feedwater* yang akan digunakan dalam *boiler* (Akbar et al., 2009)

Perpindahan panas atau ilmu yang mempelajari tentang perpindahan energi pada suatu bahan dikarenakan adanya perbedaan Suhu. Perpindahan panas selalu terjadi dari suatu sistem yang bersuhu tinggi ke sistem lain yang bersuhu lebih rendah dan akan berhenti setelah kedua sistem mencapai *temperatur* yang sama, perbedaan *temperatur* ini merupakan syarat utama terjadinya perpindahan kalor, jika kedua sistem tersebut mempunyai *temperatur* yang sama maka tidak akan ada perpindahan kalor pada kedua sistem tersebut (Eastern et al., 2019).

Perpindahan panas secara konduksi jika pada suatu benda terdapat gradient suhu (*temperature gradient*), maka menurut pengalaman akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Kita katakan bahwa energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradient suhu norma.

Perpindahan kalor secara konveksi sebuah pelat logam panas akan cepat menjadi dingin apabila ditempatkan didepan sebuah kipas angin dibandingkan jika hanya dibiarkan di udara diam. Kita sebut bahwa kalor di konveksi keluar dan kita sebut prosesnya perpindahan kalor secara konveksi. Misalkan sebuah pelat dipanaskan suhu pelat adalah T_w dan suhu *fluida* T_f , kecepatan aliran berkurang sampai nol pada pelat karena efek gaya viskos. Karena kecepatan lapisan *fluida* pada dinding nol, kalor hanya ditransfer dengan cara konduksi pada titik ini. Karena itu kita bisa menggunakan persamaan dengan konduktivitas termal *fluida* dan gradien *temperature fluida* pada dinding. Namun kita tetap menyebutnya konveksi karena gradien *temperatur* bergantung atas laju *fluida* dalam mengambil kalor (Rivaldi, 2014).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat yang berupa tangki/drum/*vessel* tertutup yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap melalui proses pemanasan pada pipa – pipa penguap (*evaporator tubes*) dengan sumber panas yang didapat dari proses kimia pembakaran bahan bakar di ruang bakar (*furnace*). Energi termal yang dihasilkan dipindahkan ke *fluida* kerja berupa air (*feedwater*) untuk memproduksi uap yang digunakan untuk berbagai keperluan. *Boiler* sangat berperan penting dalam dunia industri, terlebih pada bidang pembangkitan (Nugroho, G. 2015).

Boiler yang digunakan untuk penelitian ini adalah *boiler* sederhana yang berjenis *boiler* tabung air, *boiler* ini dibuat dari *Stainless Steel* dan menggunakan bahan bakar cangkang sawit sebagai bahan bakar, *boiler* ini terdiri dari ruang bakar (*furnace*), tabung air (*water tube*), dan cerobong asap. Dan juga terdapat komponen-komponen yang lain seperti *safety valve*, *stop kran*, *preassure gauge*, dan *thermometer*.

Perpindahan Panas

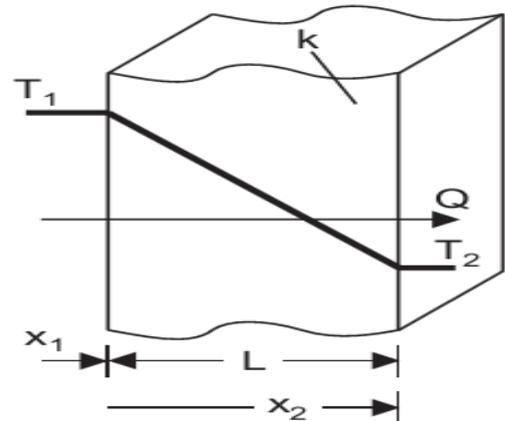
Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor ataupun panas (*heat*) karena adanya perbedaan *temperatur*. Dimana, energi kalor akan berpindah dari *temperatur* media yang lebih tinggi ke *temperatur* media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan *temperatur* yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi (Dina et al., 2015)

Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada suatu media

padat, atau pada media *fluida* yang diam. Konduksi terjadi akibat adanya perbedaan *temperatur* antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut. Konsep yang ada pada konduksi merupakan suatu aktivitas atomik dan molekuler. Sehingga peristiwa yang terjadi pada konduksi adalah perpindahan energi dari partikel yang lebih energetik (molekul yang lebih berenergi atau memiliki *temperatur* tinggi) menuju partikel yang kurang energetik (molekul yang kurang berenergi atau memiliki *temperatur* lebih rendah), akibat adanya interaksi antara partikel-partikel tersebut.

Proses perpindahan panas secara konduksi pada steady state melalui dinding datar suatu dimensi seperti ditunjukkan pada Gambar.2.16



Gambar 2.16 Perpindahan panas konduksi pada bidang datar

Persamaan laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier (*Fourier Law of Heat Conduction*) tentang konduksi, yang persamaannya matematikanya dituliskan sebagai berikut :

$$q_{kond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Tanda (-) diselipkan agar memenuhi hukum Termodinamika II, yang menyebutkan bahwa, panas dari media bertemperatur lebih tinggi akan bergerak menuju media yang memiliki temperatur lebih rendah.

Perpindahan Panas Konveksi

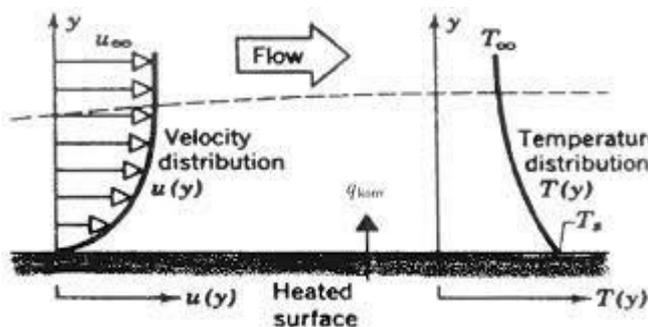
Perpindahan panas secara konveksi adalah

perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau *fluida* yang diam menuju *fluida* yang mengalir atau bergerak, begitu pula sebaliknya, yang terjadi akibat adanya perbedaan *temperatur*. Ilustrasi perpindahan panas secara konveksi digambarkan seperti Gambar 2.17



Gambar 2.17 Proses perpindahan panas secara konveksi

Suatu *fluida* memiliki *temperatur* (T) yang bergerak dengan kecepatan (V), di atas permukaan benda padat (Gambar 2.18). *Temperatur* media padat lebih tinggi dari *temperatur fluida*, maka akan terjadi perpindahan panas secara konveksi dari benda padat ke *fluida* yang mengalir.



Gambar 2.18 Perpindahan panas konveksi dari permukaan media padat ke *fluida* yang mengalir

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada Hukum *Newton* tentang pendinginan (*Newton's Law of Cooling*) (*Incopera and De Witt*), dimana:

$$q_{konv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_\infty)$$

Sedangkan untuk menghitung koefisien perpindahan panas konveksi (h) kita dapat menggunakan persamaan dibawah ini, dimana :

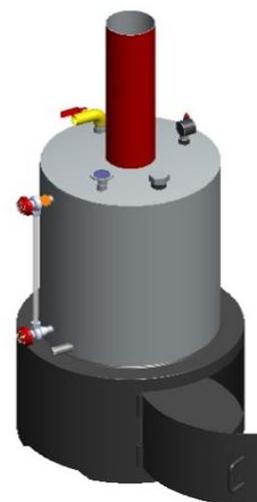
$$h = 0,664 \cdot \frac{k}{L} \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,333}$$

Menurut perpindahan panas konveksi, aliran *fluida* dapat diklasifikasikan menjadi:

- Konveksi paksa (*forced convection*). Terjadi bila aliran *fluida* disebabkan oleh gaya luar. Seperti: *blower*, pompa, dan kipas angin.
- Konveksi alamiah (*natural convection*). Terjadi bila aliran *fluida* disebabkan oleh efek gaya apungnya (*bouyancy forced effect*). Pada *fluida*, *temperatur* berbanding terbalik dengan massa jenis (*density*). Dimana, semakin tinggi *temperatur* suatu *fluida* maka massa jenisnya akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya (Rivaldi, 2014).

3. METODE PENELITIAN

Pada eksperimen ini saya akan melakukan penelitian untuk mencari laju perpindahan panas konduksi dan konveksi pada dinding silinder *mini boiler* pipa api vertikal. *Mini boiler* yang digunakan adalah seperti pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 *Mini Boiler*

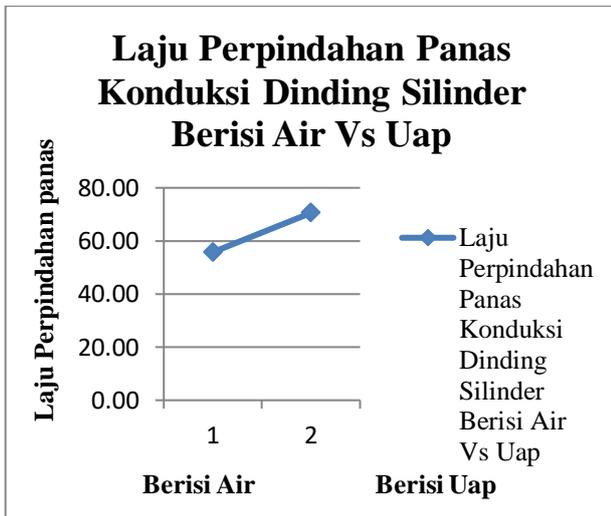
Untuk pengambilan data pada eksperimen ini diperoleh dari komponen dan alat ukur yang ada pada *mini boiler* pada gambar diatas. Dimana ditunjukkan alat ukur yang akan digunakan dalam penelitian ini. Berikut alat ukur yang digunakan pada gambar 3.1.

1. Katup uap
2. *Pressure Gauge*
3. *Thermometer Uap*
4. *Thermometer Air*

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *experimen (experimental study)*. Data yang dikumpulkan adalah data primer dari hasil eksperimen dan didukung data skunder.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju perpindahan panas konduksi pada dinding drum silinder

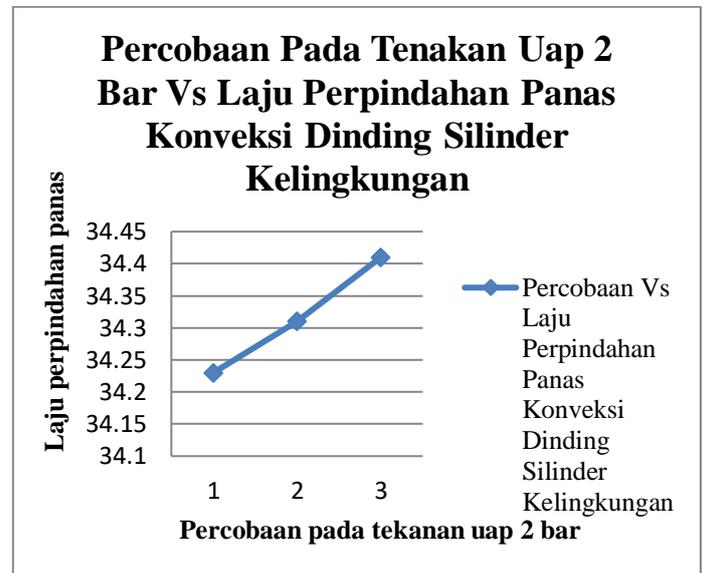


il

Gambar 4.1 Grafik Laju Perpindahan Panas Konduksi Drum Silinder

Grafik diatas menunjukkan bahwa hasil dari laju perpindahan panas konduksi yang terjadi pada dinding drum silinder yang berisikan air dan uap menghasilkan panas yang berbeda, dikarenakan panas pada dinding yang berisikan air lebih panas dari pada dinding yang berisikan uap sehingga terjadinya perbedaan *temperatur* yang membuat panas yang terjadi pada dinding berisikan air akan lebih cepat melaju kedinding yang lebih rendah *temperatur* nya sehingga laju perpindahan panas pada dindinding berisikan air sebesar 55,77 W/det dan yang berisikan uap lebih tinggi yaitu sebesar 70,54 W/det.

Laju perpindahan panas konveksi pada dinding drum silinder kelingkungan.



Gambar 4.2 Grafik Laju Perpindahan Panas Konveksi Pada Dinding Silinder Kelingkungan

Grafik diatas menunjukkan bahwa hasil dari laju perpindahan panas konveksi yang terjadi pada dinding drum silinder kelingkungan atau panas sekitar setiap percobaan selalu meningkat mulai dari 34,23 W/det hingga panas tertinggi mencapai 34,41 W/det.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan ananlisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Laju perpindahan panas konduksi pada drum silinder yang berisi air dan uap menghasilkan panas yang berbeda yaitu untuk air menghasilkan panas sebesar 55,77 W/det sedangkan untuk uap menghasilkan panas sebesar 70,54 W/det pada saat tekanan uap mencapai 2 bar.
2. Laju perpindahan panas konveksi pada drum silinder ke lingkungan sekitar menghasilkan panas terendah sebesar

34,23 W/det hingga mencapai panas tertinggi 34,41 W/det pada saat tekanan uap mencapai 2 bar.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. S., Suryadi, F., & Prastyo, D. D. (2009). Kinerja economizer pada boiler. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 72–81.
- Buchori, L. (2011). Perpindahan Panas (Heat Transfer). *Buku Ajar Perpindahan Panas Bagian I*, 1–94.
- CMSAdmin. (2019). *JENIS ALAT UKUR SUHU / TEMPERATUR UNTUK INDUSTRI BESERTA FUNGSINYA*. <http://momentous.id/2019/12/06/jenis-alat-ukur-suhu-temperatur-untuk-industri-beserta-fungsinya/>
- Dina, Farah, S., & Rambe, siti masriani. (2015). Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Bergelombang Untuk Pengering Bunga Kamboja Dengan Empat Sisi Kolektor. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 108–114. <http://ejournal.kemenerin.go.id/jtt/article/view/4669%0Ahttp://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/925%0Ahttp://dinamika.unram.ac.id/index.php/DTM/article/view/50/45%0Ahttp://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/8676%0Ahttp://eju>
- Eastern, P. T., Flour, P., & Fuada, N. (2019). Analisis Heat Loss pada Sistem Uap dan Performance Boiler Indomarine di PT. Eastern Pearl Flour Mills Nur. *Jurnal Analisis Heat Loss Pada Sistem Uap Dan Performance Boiler Indomarine Di PT. Eastern Pearl Flour Mills*, 17–24.
- Fathurohman, A. (2015). *Cara Membuat Boiler Pipa Api Sederhana*. <http://thermodinamic-amanahfiransilady.blogspot.com/2015/03/cara-membuat-boiler-pipa-api-sederhana.html>
- Fatimura, M. (2015). Tinjauan Teoritis Permasalahan Boiler Feed Water pada Pengoperasian Boiler yang Dipergunakan dalam Industri. *Jurnal Media Teknik*, 12(1), 24–32.
- Firdaus, A., & Sirait, E. (2015). *Analisa Pengaruh Variasi Kapasitas Uap Terhadap Efisiensi Ketel*. 111–230.
- Hardi, D. (2019). *Safety Valve dan Pressure Safety Valve*. <http://dhevilsmehanic.blogspot.com/2019/07/safety-valve-dan-pressure-safety-valve.html>
- Industri Boiler. (2020). *Cara kerja Blower KeongNo*. <https://industriboiler.blogspot.com/2020/07/cara-kerja-blower-keong.html>
- Nugroho, G. (2015). Analisis Perpindahan Panas Di Final Superheater Pada Boiler Pltu Unit Iii Pt Pjb Up Gresik Heat Transfer Analysis for Final. *Skripsi Perpindahan Panas*.
- PT. Amanah Nusantara sejahtera. (2016). *BALL VALVE*. <https://valve-ans.com/apa-itu-valve/ball-valve/>
- Rivaldi, M. (2014). Analisa Perpindahan Panas Pada Marcet Boiler Kapasitas Tekanan Uap 5 Bar. *Skripsi Perpindahan Panas Pada Marcet Boiler*.
- Rivaldi, M. (2014). *Analisa Perpindahan Panas Pada Marcet Boiler Kapasitas Tekanan Uap 5 Bar*.
- Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. (2022). *Pengukuran tekanan*. https://id.wikipedia.org/wiki/Pengukuran_tekanan
- Umurani, K., & Muharnif, M. (2019). Pengaruh Diameter Lubang Pembangkit Vorteks Winglet Melengkung Terhadap Unjuk Kerja Apk Tipe Kompak Studi Eksperimental. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(1), 84–93. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2.3072>