

## Analisis Perbandingan Laju Perpindahan Panas *Filler* Material Alumunium dan Plastik pada *Cooling Tower*

Jamaludin<sup>1</sup>, Sumarno<sup>2</sup>, Bambang Suhardi Waluyo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang  
E-mail: jamaludin211183@gmail.com, bagosumarno@gmail.com, bambang\_waluyo@yahoo.com

### Abstract

*Filler is the most influential component on the performance of cooling towers, where the contact between the water and the air is expanded and the time is extended. Filler that is often used is inclined honey comb made of thin sheets PVC (plastic) and the price is very expensive. The purpose of this research was conducted to determine the filler material which affordable and has a high level of effectiveness of the heat transfer that will be generated. Filler to be used in this study is filler made of aluminum material. Whereby we know that aluminum material has greater power than conductive plastic material. The object to be tested is a cooling tower that was commissioned by the compiler to determine the data from the measurement result to be tested. In these measurements the researcher is more focused on the effectiveness of heat transfer performance of the filler is made of aluminum to the cooling tower. Keywords: filler, cooling tower performance.*

**Keywords :** filling material, performance of cooling tower.

### Abstrak

*Filler* (bahan pengisi) merupakan komponen paling berpengaruh besar terhadap kinerja menara pendingin, dimana kontak antara air dengan udara diperluas dan waktunya diperpanjang. Bentuk *Filler* yang sering digunakan adalah bentuk *inclined honey comb* yang terbuat dari lembaran PVC (berbahan plastik) tipis dan harganya sangat mahal. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk menentukan bahan *filler* yang harganya terjangkau dan memiliki tingkat efektifitas sangat tinggi terhadap perpindahan panas yang akan dihasilkan. *Filler* yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah *filler* yang terbuat dari material alumunium. Dimana kita ketahui bahwa material alumunium mempunyai daya penghantar yang lebih besar dibandingkan material plastik. Objek yang akan diuji merupakan menara pendingin yang dibuat khusus oleh penyusun untuk mengetahui data-data dari hasil pengukuran yang akan diuji. Dalam pengukuran ini peneliti lebih menitik beratkan terhadap efektifitas kinerja perpindahan panas *filler* yang terbuat dari alumunium terhadap menara pendingin.

**Kata kunci :** bahan pengisi, kinerja menara pendingin.

### Pendahuluan

Dalam proses sebuah perusahaan, pendingin merupakan hal yang sangat penting. Air digunakan untuk sumber pendingin membutuhkan suatu sarana yang dapat mengembalikan ke kondisi semula. Dalam dunia industri, air pendingin sangat dibutuhkan sebagai media untuk melakukan pertukaran antara fluida yang panas dan air pendingin. Berlangsungnya pertukaran panas tersebut terjadi di dalam suatu *heat exchanger* atau yang lebih spesifik disebut dengan *cooler*. Pertukaran panas tersebut menyebabkan air dingin mengalami perubahan temperatur dimana temperatur air pendingin menjadi naik

karena disebabkan oleh panas yang dibawa oleh suatu fluida yang diserap oleh air.

Air yang mengalami perubahan temperatur tersebut tidak dapat langsung digunakan kembali sebagai pendingin dan juga tak dapat dibuang ke sungai atau ke lingkungan, karena dapat menyebabkan terjadi pengaruh terhadap lingkungan yang disebabkan oleh temperatur air yang dibuang masih sangat tinggi dan tidak memenuhi syarat Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).

Untuk mengatasi itu perlu dilakukan suatu proses pendinginan untuk menurunkan temperatur air tersebut sehingga dapat digunakan kembali sebagai pendingin sehingga dapat dibuang ke

lingkungan. Proses pendinginan air tersebut dapat dilakukan di dalam suatu menara pendingin yang disebut *Cooling Tower*.

Dimana proses pendinginan dapat terjadi dengan bantuan udara luar serta alat untuk mempercepat pendinginan tersebut, yang biasa digunakan di dalam dunia industri adalah kipas. Penggunaan teknologi *cooling tower* (menara pendingin) dewasa ini dirasakan sangat penting dalam tiap industri dalam rangka pelaksanaan efisiensi dan konservasi energi. Oleh karena itu pemahaman tentang prinsip kerja atau operasi *cooling tower* sangat diperlukan.

*Heat Exchanger* merupakan suatu peralatan, dimana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang dengan temperatur lebih tinggi kepada fluida yang temperaturnya lebih rendah. Berdasarkan kontakannya, maka *heat exchanger* dibagi menjadi dua bagian, yaitu : 1. *Direct Contact Heat Exchanger* Fluida yang panas berhubungan langsung dengan fluida dingin dalam suatu bejana atau ruangan tertentu. Contoh : *Cooling Tower*. 2. *Indirect Contact Heat Exchanger* Fluida panas tidak berhubungan langsung dengan fluida dingin, tetapi *heat transfer* melalui media perantara (*wall*). Contoh : *Shell and Tube Heat Exchanger*.

*Cooling tower* merupakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk pembuatan *cooling tower* yang baik. Air pendingin yang berasal dari alat atau sistem penukar panas didinginkan di menara pendingin dengan cara mengontakkan dengan udara yang dilewatkan secara berlawanan arah. Bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, sebagian dari zat cair itu akan

menguap dan suhu zat cair akan turun. Penurunan suhu zat cair demikian biasanya merupakan tujuan dari berbagai operasi kontak gas dan zat cair, lebih.

*Cooling tower* ini beroperasi menurut prinsip difusi, dimana adanya perubahan temperatur dapat mengakibatkan perbedaan besarnya laju perpindahan massa dan panas yang terjadi. Besarnya laju perpindahan massa dan panas dipengaruhi oleh luas daerah kontak antara fluida panas dengan fluida dingin, waktu kontak, kecepatan fluida dan temperatur fluida. Pada *cooling tower* sebagian air menguap ke udara dan kalor sensibel berpindah dari air panas ke udara yang lebih dingin. Kedua proses itulah yang mengakibatkan turunnya temperatur air dan untuk menjaga keseimbangan air, kita hanya perlu menambahkan air (*make up water*) untuk menggantikan air yang hilang karena penguapan atau terbawa oleh udara.

*Filling material (Filler)* merupakan bagian paling berpengaruh dari menara pendingin yang berfungsi untuk mencampurkan air yang jatuh dengan udara yang bergerak naik. Air masuk yang mempunyai suhu yang cukup tinggi ( $33^{\circ}\text{C}$ ) akan disemprotkan ke *filling material*. Pada *filling material* inilah air yang mengalir turun ke *water basin* akan bertukar kalor dengan udara segar dari atmosfer yang suhunya ( $28^{\circ}\text{C}$ ). Oleh sebab itu, *filling material* harus dapat menimbulkan kontak yang baik antara air dan udara agar terjadi laju perpindahan kalor yang baik. *Filling material* harus kuat, ringan dan tahan lapuk.

## Metode Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April 2022 di Laboratorium Sistem Pendingin Universitas Muhammadiyah Tangerang. Dalam proses pengumpulan data ada beberapa metode yang dilakukan oleh penulis.

Sebelum dilakukan penelitian maka terlebih dahulu dilakukan pembuatan alat yang akan dianalisa, yaitu *cooling tower* (menara pendingin) dengan ukuran yang lebih kecil guna untuk mendapatkan hasil penelitian.

Setelah penulis mendapatkan dasar teori yang dibutuhkan untuk proses *experiment*, penulis melakukan observasi terhadap objek yang akan diteliti guna untuk mendapatkan hasil dari *experiment* alat tersebut, yaitu efektivitas kinerja perpindahan panas terhadap *cooling tower* dengan menggunakan *filler alumunium*.

Setelah melakukan observasi maka yang dibutuhkan terhadap sub bab penelitian yang diinginkan penulis melakukan uji fisik terhadap objek penelitian, Penulis melakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan demi mendapatkan kesimpulan

#### Prosedur Penelitian

##### 1. Pembuatan alat

Adapun langkah-langkah yang ditempuh dalam pembuatan alat uji tersebut adalah :

- a. *Mendesign* alat yang akan dibuat dengan menggunakan *software autocad* dan *solidwork* guna untuk mengetahui bentuk dan ukuran alat yang akan dibuat.
- b. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- c. Membuat kerangka *cooling tower* yang terbuat dari besi kalpanis yang berukuran 20mm x 20mm.
- d. Meyiapkan tong plastik dan membelahnya menjadi dua, lalu dipasang atau dirakit dengan kerangka *cooling tower* yang terbuat dari besi kalpanis tersebut.
- e. Memasang pipa PVC berukuran ½ inci pada *cooling tower* untuk sirkulasi air masuk maupun air keluar.
- f. Memasang plat segitiga sebanyak 4 pcs didalam bodi tong/rumah *cooling tower* sebagai dudukan *filler*.
- g. Memasang plat besi berukuran 20mm x 20mm didalam bodi yang berfungsi sebagai dudukan *blower/kipas*.
- h. Memasang *blower/kipas* dibagian dalam atas rumah *cooling tower* yang berfungsi untuk menarik udara dingin dan mensirkulasikan udara tersebut di dalam menara untuk mendinginkan air.
- i. Memasang *filler* di bawah *blower/kipas* dan dibawah pipa air masuk.

dari hasil akhir penelitian. Pada proses uji fisik penulis melakukan pengukuran terhadap perubahan suhu temperatur yang terjadi pada *cooling tower* dengan menggunakan *filler* plastik dan *filler alumunium*. Setelah kedua data tersebut didapatkan, kemudian data tersebut dibandingkan untuk dibuat sebuah kesimpulan yang mengacu terhadap lebih efisien mana antara *filler* plastik atau *filler alumunium* terhadap perpindahan panas yang terjadi pada *cooling tower*.

- j. Memasang pompa air dan menyambungkan pada pipa *inlet* maupun pipa *outlet*.
  - k. Memasang *hearter* pada tampungan air untuk menaikkan suhu air.
  - l. Memasang termometer ditiga posisi guna untuk mengetahui lajuperpindahan panas yang terjadi.
  - m. Memasang instalasi listrik pada mesin.
- ##### 2. Pengujian dan pengambilan data.
- a. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan.
  - b. Memasang *filler (PVC)* atau *filler alumunium* pada *cooling tower*.
  - c. Memasang termometer pada penampung air dan dan pada posisi dibawah *filler* untuk mengetahui peubahan temperatur yang terjadi.
  - d. Melakukan pengecekan apakah mesin tersebut sudah siap dijalankan.
  - e. Masukan air kedalam penampungan air.
  - f. Hidupkan mesin tanpa beban selama 30 menit
  - g. Melakukan pendataan terhadap perubahan temperatur *cooling tower*.
  - h. Berikan beban pada air 200 watt selama 30 menit.
  - i. Melakukan pendataan terhadap perubahan temperatur *cooling tower*.
  - j. Berikan beban pada air 300 watt selama 30 menit.
  - k. Melakukan pendataan terhadap perubahan temperatur *cooling tower*.
  - l. Setelah pendataan selesai matikan mesin dan bandingkan perubahan temperatur

dengan menggunakan *filler plastik* dan *filler alumunium*.

3. Mengolah data dan membahas hasil penelitian yang telah dilakukan.
4. Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data

### Hasil dan Pembahasan

Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap alat *cooling tower* diperoleh data perbedaan temperatur antara menggunakan *filler plastik* dan *filler alumunium*. Dari data-data yang diperoleh tersebut nantinya akan digunakan untuk memperoleh nilai Reynolds (Re) dan nilai laju perpindahan panas yang terjadi pada alat tersebut. Pada proses pengujian ini menara pendingin bekerja berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Perpindahan kalor berlangsung dari air ke udara. Menara pendingin menggunakan penguapan dimana sebagian air diupkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sehingga air yang didinginkan secara signifikan Air dari

bak/basin mengalir menuju *heater* untuk dipanaskan lalu dipompa untuk dialirkan ke menara pendingin. Air panas yang keluar tersebut secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa karena pengaruh *fan* atau *blower* yang terpasang pada bagian atas menara pendingin, lalu mengalir jatuh ke bahan pengisi *filler*.

Dari grafik di atas bisa kita lihat baik untuk beban dengan laju kalor dan beban dengan laju perpindahan panas untuk *filler alumunium* lebih tinggi dibandingkan dengan *filler plastic* hal ini disebabkan media plastik merupakan salah satu konduktor yang baik sehingga laju perpindahan panasnya cukup kecil dibandingkan dengan *alumunium* yang merupakan penghantar panas yang baik.

Dari grafik juga kita bisa lihat untuk beban 0 watt lebih besar laju kalor ataupun laju perpindahan panasnya dibandingkan dengan beban 300 watt hal ini karena pengaruh dari kuat arus yang tidak bergerak pada saat 0 watt sedangkan pada saat 300 watt kuat arus semakin besar sehingga kecepatan perpindahan panasnya lebih cepat dibandingkan dengan 0 watt.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran perpindahan panas dengan menggunakan *filler plastik*.

No	Beban	Kec Udara Out	Kec. Udara In	Air T. In	Air T. Out	Udara T.in	Udara T.Out
	Watt	(v1)	(v2)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1	0	1,7	0,6	28	27	28	27
2	200	1,7	0,6	33	32	28	27,5
3	300	1,7	0,6	36	35	28	27,8

v	D	$\rho$ ud	$\mu$	Bil Reynolds	k ( Udara )	Bil. Nusselt	h
(m/s)	(m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m.s)	(Re)	(W/m <sup>2</sup> °C)	(Nu)	(W/m <sup>2</sup> °C)
1,100	0,5	1,1840	0,000018	36177,78	0,026	10,91	0,567316
1,100	0,5	1,1840	0,000018	36177,78	0,026	10,91	0,567316
1,100	0,5	1,1840	0,000018	36177,78	0,026	10,91	0,567316

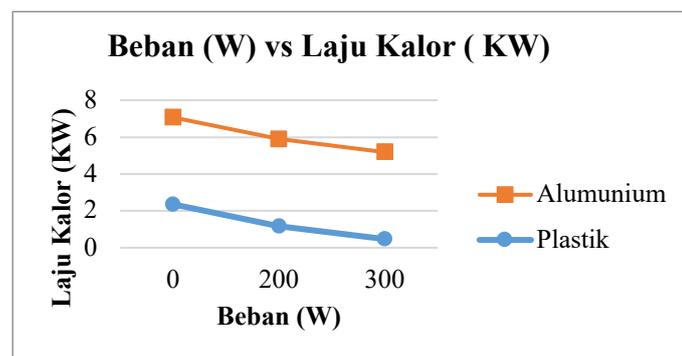
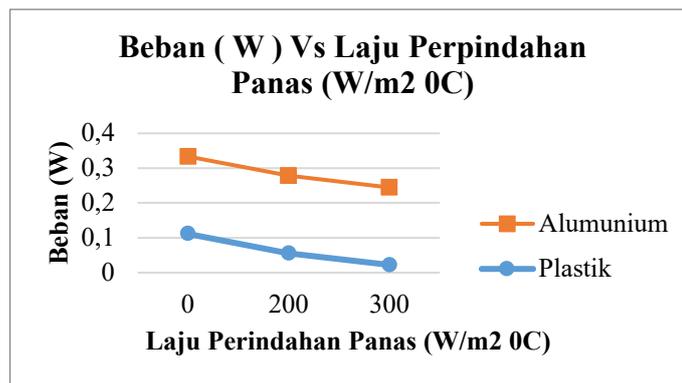
A	$\Delta T$	q	Q	$\rho$ air	Cp Air	m	Q'
(m <sup>2</sup> )	(oC)	(W/m <sup>2</sup> °C)	(m <sup>3</sup> /s)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kJ/kg.C)	(kg/s)	KW
0,2	1	0,111	0,0006	996	4,18	0,564	2,3564
0,2	0,5	0,056	0,0006	996	4,18	0,564	1,1782
0,2	0,2	0,022	0,0006	996	4,18	0,564	0,4713

**Tabel 2.** Hasil pengukuran perpindahan panas dengan menggunakan *filler* aluminium.

No	Beban	Kec Udara Out	Kec. Udara In	Air T. In	Air T. Out	Udara T.in	Udara T.Out
	Watt	(v1)	(v2)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1	0	1,7	0,6	29	27	28	25
2	200	1,7	0,6	33	31	28	25,5
3	300	1,7	0,6	36	34	28	25,8

$v$ (m/s)	$D$ (m)	$\rho$ ud (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/m.s)	Bil Reynolds (Re)	$k$ (Udara) (W/m <sup>2</sup> °C)	Bil. Nusselt (Nu)	$h$ (W/m <sup>2</sup> °C)
1,100	0,5	1,1840	0,000018	36177,78	0,026	10,91	0,567316
1,100	0,5	1,1840	0,000018	36177,78	0,026	10,91	0,567316
1,100	0,5	1,1840	0,000018	36177,78	0,026	10,91	0,567316

A (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	$q$ (W/m <sup>2</sup> °C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$ air (kg/m <sup>3</sup> )	Cp Air (kJ/kg.C)	m (kg/s)	Q' KW
0,2	3	0,334	0,0006	996	4,18	0,564	7,0692
0,2	2,5	0,278	0,0006	996	4,18	0,564	5,891
0,2	2,2	0,245	0,0006	996	4,18	0,564	5,1841



**Gambar 1.** Hasil beban dengan laju perpindahan

## Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka diketahui laju perpindahan panas pada *cooling tower* dengan menggunakan *filler* plastik ( $q = 0,111 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) dan untuk laju aliran air pada *filler* plastik  $\dot{Q} = 2,353 \text{ KW}$ . Sedangkan untuk perpindahan panas pada *cooling tower* dengan menggunakan *filler* aluminium ( $q = 0,3332 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) dan laju aliran air pada *filler* aluminium  $\dot{Q} = 7,06 \text{ KW}$ . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *filler* aluminium memiliki efektifitas perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan *filler* plastik.

## Daftar pustaka

- Cengel, Yunus. A (2002). *Heat Transfer A Practical Approach*. New York: Mc Graw-Hill Companies Inc.
- Frank Kreith, Arko Prijono M.Sc. 1997. Prinsip-prinsip perpindahan panas. Jakarta.: Erlangga
- Frank P Incropera. 2007 *Fundamentals of heat and mass transfer*. United States of America
- Frank M. White. 1996. *Mekanika Fluida Edisi kedua jilid 1*. Jakarta :Erlangga.
- J.P. Holman, Ir. Jasjfi. 1997. *Perpindahan Kalor*. Jakarta.: Erlangga
- M.M. El-Wakil. 1984. *Powerplant Teknologi*