

## PENGARUH BENTUK DAN KONFIGURASI ALUR SEKAT TERHADAP UNJUK KERJA MENARA PENDINGIN (*COOLING TOWER*)

Abdul Hamid<sup>1</sup>, Lailul Karim<sup>1</sup>, Mohammad Jamroni<sup>1</sup>, Ikhwanul Qiram<sup>2</sup>, Gatut Rubiono<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas PGRI Banyuwangi

<sup>2</sup> Staf Pengajar Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas PGRI Banyuwangi Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi 68416

Email: g.rubionov@gmail.com

### ABSTRACT

*Cooling tower is a mechanical equipment which used to decrease hot waste water. One of the factors that influence the performance is the filling components. This research is aimed to get the effect of baffle's shape and configuration due to cooling tower performance. The cooling tower performance is described with range, heat transfer rate and efficiency. The research is done by experiment using laboratory scale cooling tower. The shape is varied as circle and triangle with 2-3 and 3-2 in row configuration. Water flow rate is varied as 30, 60 and 90 ml/dt. Water temperature inlet is varied as 50, 60 and 70°C. The measurements are taken for inlet and outlet water and air temperature for 3 times measurements using K-type thermocouples. The result shows that baffle's shape and configuration has effect due to cooling tower performance. Round shape tends to have bigger performance than triangle shape. The configuration of 2-3 in row tends to have bigger performance than 3-2 configuration.*

*Keywords: cooling tower, performance, baffle's shape, configuration*

### PENDAHULUAN

Proses produksi di dunia industri menggunakan banyak mesin skala besar. Dalam prosesnya, mesin-mesin tersebut menghasilkan panas (kalor) sebagai efek samping dari kerja mesin, sehingga membutuhkan sistem pendinginan untuk kelangsungan kerjanya. Secara umum air banyak digunakan sebagai media penukar kalor dari berbagai kondensor pesawat pendingin ataupun alat-alat penukar kalor dari proses industri.

Air tersebut akan melewati di setiap bagian-bagian mesin dan akan keluar dalam kondisi panas. Apabila air panas tersebut dibuang secara langsung ke lingkungan maka dapat menyebabkan gangguan terhadap ekologi air. Ekologi air adalah hubungan timbal balik antara air, makhluk hidup dan lingkungan sekitar air (baik hewan maupun tumbuhan). Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan sistem pendinginan.

Menara pendingin (*cooling tower*) dapat digunakan dalam proses pendinginan air di dunia industri. Peralatan ini menggunakan prinsip perpindahan panas antara air dan udara pendingin yang dihembuskan. Air panas dialirkan dalam butiran-butiran kecil melalui sekat-sekat pengisi. Air dialirkan dari bagian atas menara sedangkan udara dihembuskan dari bagian bawah.

Penelitian menara pendingin telah banyak dilakukan untuk pengaruh kecepatan udara [1], perancangan menara pendingin skala laboratorium

[2], perancangan sistem kontrol [3], karakteristik menara pendingin dengan bahan isian ijuk [4] dan analisis beban kalor dengan bahan pengisi bambu wulung [5]. Penelitian juga dilakukan untuk yaitu unjuk kerja [6,7,8,9] dan faktor yang mempengaruhinya [9], serta efisiensi menara pendingin [10].

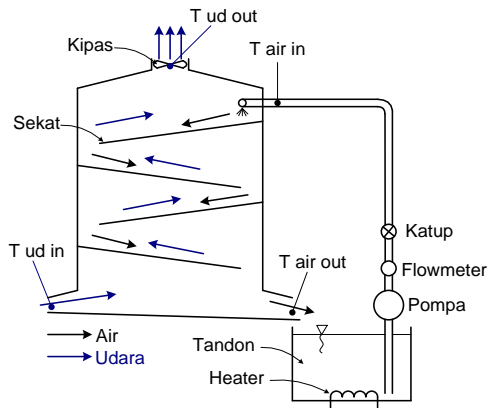
Unjuk kerja menara pendingin dipengaruhi oleh banyak faktor. Salah satu faktor tersebut adalah sekat pengisi [11] yang berfungsi sebagai lapisan permukaan aliran air. Perancangan menara pendingin skala laboratorium dengan mengacu pada tipe *shell* dan *tube* untuk membandingkan luas bidang kontak air dan udara [2]. Sudut kemiringan sekat berpengaruh terhadap unjuk kerja menara pendingin air [12]. Tipe sekat horisontal dan vertikal juga berpengaruh terhadap unjuk kerja [13].

Berdasarkan uraian ini maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan pengaruh bentuk dan konfigurasi alur sekat terhadap unjuk kerja menara pendingin (*cooling tower*).

### METODOLOGI PENELITIAN

Eksperimen dilakukan dengan peralatan menara pendingin skala laboratorium berukuran panjang 40 cm, lebar 20 cm dan tinggi 70 cm seperti skema pada gambar 1 dan foto alat pada gambar 2. Variabel bebas meliputi bentuk dan konfigurasi

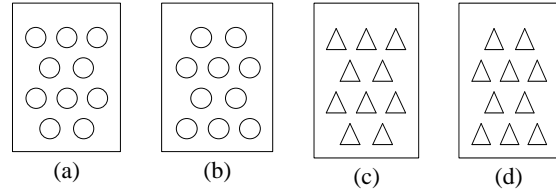
sekat seperti skema gambar 3. Sekat diberi penghalang lingkaran dan segitiga dengan konfigurasi baris 2-3 dan 3-2. Debit aliran air diatur dengan bukaan katup pada pipa air sebesar 50, 75 dan 100 ml/dt. Suhu air masuk divariasikan sebesar 50°, 60° dan 70°C dengan pemanas listrik. Variabel terikat meliputi suhu air masuk dan keluar, suhu udara masuk dan keluar. Pengukuran suhu dilakukan dengan termokopel tipe K. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali.



Gambar 1. Skema menara pendingin



Gambar 2. Foto alat



Gambar 3. Bentuk dan konfigurasi sekat (tampak atas)  
(a) L3-2 (b) L2-3 (c) S3-2 (d) S2-3

Keterangan gambar 3:

L3-2: Konfigurasi lingkaran 3-2 (jumlah baris)

L2-3: Konfigurasi lingkaran 2-3 (jumlah baris)

S3-2: Konfigurasi segitiga 3-2 (jumlah baris)

S2-3: Konfigurasi segitiga 2-3 (jumlah baris)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata. Selanjutnya dilakukan perhitungan *range* dengan selisih suhu air masuk dan air keluar. Perhitungan selanjutnya untuk laju perpindahan panas dan efektifitas panas. Laju perpindahan panas dihitung dengan persamaan:

$$q = \dot{m}.cp.\Delta T.$$

Dengan:

$$\dot{m} = \rho Q$$

$\rho$  = berat jenis (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  = debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

$cp$  = panas spesifik (j/kg K)

$\Delta T$  = beda suhu (K)

Efektivitas panas dihitung dengan persamaan:

$$\eta = \frac{T_{Cin} - T_{Cout}}{T_{Cin} - T_{wb}} \times 100$$

Dengan:

$T_{Cin}$  = suhu air masuk (°C)

$T_{Cout}$  = suhu air keluar (°C)

$T_{wb}$  = suhu bola basah (°C)

Hasil-hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 1, 2 dan 3 berikut:

Tabel 1. *Range* (°C)

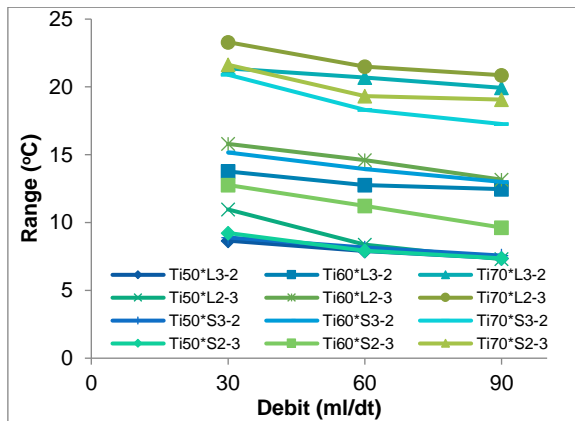
Q (ml/dt)	T <sub>in</sub> 50°C		T <sub>in</sub> 60°C		T <sub>in</sub> 70°C		T <sub>in</sub> 50°C		T <sub>in</sub> 60°C		T <sub>in</sub> 70°C	
	L3-2	L3-2	L3-2	L2-3	L2-3	L2-3	S3-2	S3-2	S3-2	S2-3	S2-3	S2-3
30	8.67	13.77	21.37	10.97	15.80	23.30	8.90	15.17	20.90	9.23	12.77	21.63
60	7.90	12.77	20.70	8.37	14.60	21.50	8.17	13.93	18.30	7.93	11.23	19.33
90	7.37	12.47	19.93	7.30	13.17	20.87	7.57	13.00	17.27	7.37	9.63	19.07

Tabel 2. Laju perpindahan panas (W/dt)

Q (ml/dt)	T <sub>in</sub> 50°C		T <sub>in</sub> 60°C		T <sub>in</sub> 70°C		T <sub>in</sub> 50°C		T <sub>in</sub> 60°C		T <sub>in</sub> 70°C	
	L3-2	L3-2	L3-2	L2-3	L2-3	L2-3	S3-2	S3-2	S3-2	S2-3	S2-3	S2-3
30	58.07	59.12	60.69	58.55	59.54	61.09	58.12	59.41	60.59	58.19	58.92	60.75
60	57.91	58.92	60.55	58.01	59.30	60.72	57.97	59.16	60.06	57.92	58.60	60.27
90	57.80	58.86	60.39	57.79	59.00	60.59	57.85	58.97	59.85	57.80	58.27	60.22

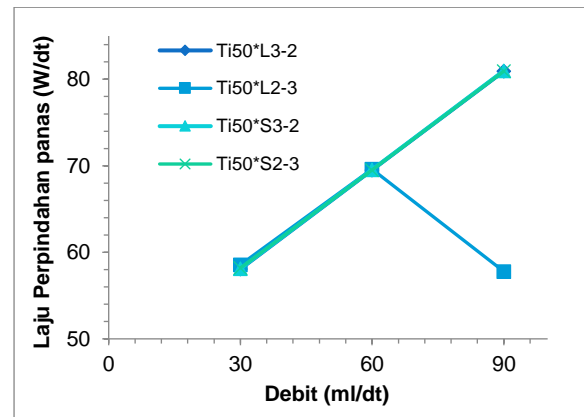
Tabel 3. Efektifitas panas (%)

Q (ml/dt)	T <sub>in</sub> 50°C		T <sub>in</sub> 60°C		T <sub>in</sub> 70°C		T <sub>in</sub> 50°C		T <sub>in</sub> 60°C		T <sub>in</sub> 70°C	
	L3-2	L3-2	L3-2	L2-3	L2-3	L2-3	S3-2	S3-2	S3-2	S2-3	S2-3	S2-3
30	49.81	50.06	56.88	62.79	57.66	61.86	51.15	55.22	55.29	52.46	46.76	58.00
60	52.09	50.59	58.86	56.15	58.01	61.43	52.92	55.44	51.99	51.85	44.64	55.24
90	62.25	56.16	62.62	62.04	59.94	65.55	62.88	59.63	54.53	59.89	44.19	60.08

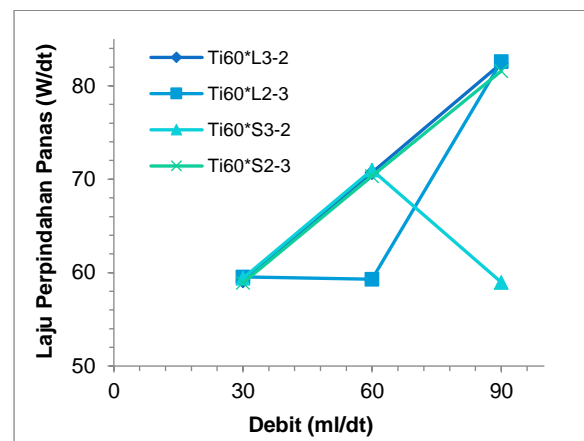


Gambar 4. Grafik range

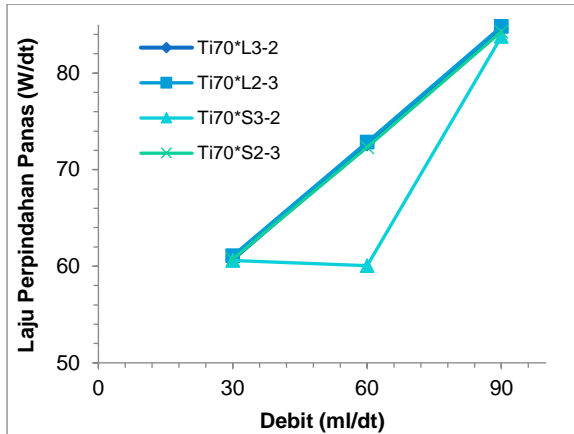
Grafik *range* pada gambar 4 menunjukkan bahwa *range* cenderung menurun dengan kenaikan debit aliran. Hal ini disebabkan karena penambahan debit menyebabkan volume air yang mengalir menjadi lebih besar. Jumlah air yang didinginkan menjadi lebih banyak sehingga menyebabkan pendinginan tidak optimal dan pengurangan suhu air menjadi lebih rendah. Grafik pada gambar 4 juga menunjukkan bahwa bentuk lingkaran cenderung memiliki nilai *range* yang lebih besar dibandingkan dengan bentuk segitiga. Selain itu, konfigurasi 2-3 memiliki *range* yang lebih besar dibanding konfigurasi 3-2. Selisih suhu maksimum terjadi pada variasi suhu air masuk 60°C, bentuk lingkaran dengan konfigurasi 2-3 yaitu sebesar 23,30°C. Selisih suhu minimum terjadi pada variasi suhu air masuk 50°C, bentuk lingkaran dengan konfigurasi 3-2 yaitu sebesar 7,30°C.



Gambar 5. Laju perpindahan panas untuk T<sub>in</sub> 50°C

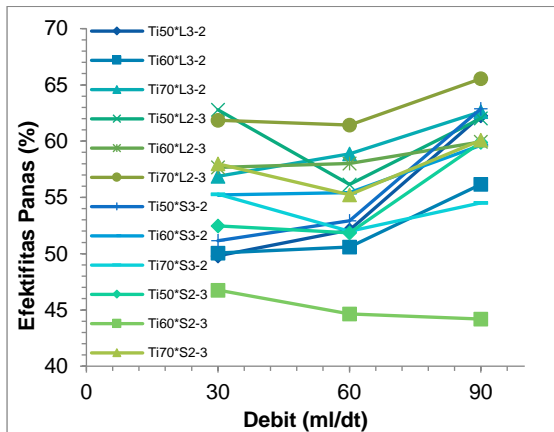


Gambar 6. Laju perpindahan panas untuk T<sub>in</sub> 60°C



Gambar 7. Laju perpindahan panas untuk  $T_{in} = 70^{\circ}C$

Grafik laju perpindahan panas pada gambar 5, 6 dan 7 menunjukkan bahwa laju perpindahan panas cenderung meningkat dengan penambahan besar debit aliran. Peningkatan debit dalam hal ini meningkatkan laju aliran massa. Kenaikan debit menyebabkan *range* menjadi berkurang tetapi hal ini tidak berpengaruh secara dominan. Dalam hal ini, debit aliran lebih berperan dalam laju perpindahan panas. Pada faktor bentuk dan konfigurasi sekat, terjadi kecenderungan yang sama dengan *range*. Bentuk lingkaran cenderung memiliki laju perpindahan panas yang lebih besar dibanding bentuk segitiga. Demikian pula halnya dengan konfigurasi 2-3. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk lingkaran dan konfigurasi 2-3 dapat menjadi penghalang yang menyebabkan kinerja pendinginan yang lebih optimal.



Gambar 8. Grafik efektifitas panas

Grafik efektifitas panas pada gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran maka efektifitas panas juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu menyebabkan laju perpindahan panasnya juga meningkat. Laju perpindahan panas dalam hal ini menunjukkan kinerja pertukaran panas antara aliran air panas dan aliran udara pendingin. Peningkatan laju perpindahan panas ini menjadi indikator kinerja

menara pendingin dari aspek efektifitas panas. Fenomena ini tidak terjadi pada beberapa variasi yaitu  $Ti50^{\circ}L2-3$ ,  $Ti50^{\circ}S2-3$ ,  $Ti60^{\circ}S2-3$  dan  $Ti70^{\circ}S2-3$ . Hal ini disebabkan konfigurasi-konfigurasi ini kurang dapat menahan gerakan air sehingga proses pertukaran panas menjadi lebih rendah.

Grafik pada gambar 8 juga menunjukkan bahwa bentuk lingkaran cenderung memiliki efektifitas panas yang lebih besar dibandingkan bentuk segitiga. Konfigurasi 2-3 juga memiliki efektifitas panas yang cenderung lebih besar dibanding konfigurasi 3-2. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk lingkaran dan konfigurasi 2-3 memiliki fungsi yang lebih optimal dalam menghambat gerakan air di atas permukaan sekat. Gerakan yang lebih terhambat ini menyebabkan waktu kontak dengan udara pendingin menjadi lebih besar sehingga proses pendinginan menjadi lebih optimal.

### KESIMPULAN

1. Bentuk dan konfigurasi alur sekat berpengaruh terhadap kinerja menara pendingin.
2. Bentuk lingkaran cenderung memiliki kinerja yang lebih besar dibanding bentuk segitiga.
3. Konfigurasi 2-3 cenderung memiliki kinerja yang lebih besar dibanding konfigurasi 3-2.

### SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan memvariasikan bentuk-bentuk alur sekat yang lain seperti bentuk segi empat atau segi banyak.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan skim Program Kreativitas Mahasiswa–Penelitian (PKM-P) kemenristek Dikti tahun anggaran 2017.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Walujodjati, A., 2005. *Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Temperatur Bola Basah, Temperatur Bola Kering pada Menara Pendingin*, Momentum 1(2): 5-9
- [2] Yulianto, S., Urbiantoro, A., 2013. *Perancangan Cooling Tower untuk Alat Penukar Kalor Shell and Tube Kapasitas Skala Laboratorium*, Sintek 7(1): 11
- [3] Effendi, A., Wirza, R., 2013. *Perencanaan Sistem Scada Cooling Tower Menggunakan Siemens Simatic Step 7 dan Wincc*, Jurnal Teknoif 1(1): 6-14
- [4] Johannes, S., 2010. *Karakteristik Menara Pendingin dengan Bahan Isian Ijuk*, Forum Teknik 33(3): 188-194
- [5] Taufik, HA, Listyadi, SD, Sutjahjono, H, 2014. *Analisis Beban Kalor Cooling Tower Induced Draft Counterflow Dengan Bahan*

- Pengisi Bambu Wulung*, Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa, Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Jember
- [6] Homzah, O.S., *Analisa Performasi pada Menara Pendingin dengan Menggunakan Analisis Eksergi*, Jurnal Desiminasi Teknologi 2(1): 23-28
- [7] Yadav, B.K., Soni, S.L., 2015. *Experimental Study of the Performance of Cooling Tower*, International Journal of Science and Research (IJSR) 4(8): 2035-2038
- [8] Handoyo, Y., 2015. *Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 pada PT. XYZ, Tambun Bekasi*, Jurnal Imiah Teknik Mesin 3(1):38-52
- [9] Wang, M, Tian, Z., Liu, K., 2011, *Research on Influence Factors of Cooling Tower Performance*, Advanced Materials Research ISSN: 1662-8985, Vol. 280: 119-123
- [10] Vishwakarma, K.S., Bhojar A.S., Larokar, S.K., Hote, V.V., Bhudhbaware, S., 2015. *Study the Factors on Which Efficiency of Cooling Tower can be Critically Acclaimed (a Case Study)*, International. Journal of Engineering Research and Applications 5(4): 73-79
- [11] Kulkarni, S.J., Goswami, A.K., 2015. *Studies and Experimentation on Cooling Towers: a Review*, International. Journal of Engineering and Technology 02(05): 279-282
- [12] Fuhaid, .N, 2008, *Pengaruh Sudut Kemiringan Sekat Terhadap Unjuk Kerja Menara Pendingin Air*, Widya Teknika 16(2): 45-53
- [13] Patel, K., Mohite, N.V., 2015. *Experimental Investigation of Forced Draft Counter Flow Cooling Tower with Twisted Tape Insert: Horizontal & Vertical*, International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication 3(5): 2795-2798