

ANALISA DAN PERHITUNGAN LAJU ALIRAN MASSA AIR PADA COOLING TOWER DI MESIN HEAT CHAMBER

Dany Dewantara

Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana

Email : danydewantara10@gmail.com

Abstrak- *Cooling tower* dewasa ini sangat diperlukan dalam rangka efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit untuk sirkulasi air pendingin. Fungsi *cooling tower* adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada *maen condensor* dan bisa diinjeksikan kembali. Selain itu *cooling tower* juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke atmosfer. Pada bidang industri sangat erat kaitannya dengan pendinginan baik untuk proses pendinginan plant maupun pendinginan mesin-mesin produksi supaya terhindar dari over heat sehingga dapat bekerja dengan optimal. Beberapa sistem pendingin salah satunya adalah sistem pendingin *cooling tower* KMB-125R. Sistem pendingin tersebut digunakan untuk menunjang proses *test and validation* khususnya pendinginan pada mesin *heat chamber*, dengan peran yang sangat besar maka *cooling tower* KMB-125R harus diketahui bagaimana kinerjanya. *Cooling tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Kinerja *cooling tower* dievaluasi untuk mencari kinerja yang optimal dalam mensirkulasikan system pendinginan pada *cooling tower* dengan membandingkan data teori dengan data aktual berdasarkan perhitungan-perhitungan. Pada penelitian ini, akan diteliti hasil nilai laju aliran massa air. Dari beberapa parameter data seperti suhu aliran masuk dan keluar, kelembaban udara, kecepatan udara yang keluar blower, akan dicari laju aliran massa air yang ada pada *cooling tower*. Hasil penelitian analisa performa *cooling tower* khususnya laju aliran massa air akan didapatkan data sebagai referensi dalam menganalisa beban kerja sirkulasi pendinginan pada *cooling tower* yang dipompakan. Laju aliran massa air yang terjadi pada *cooling tower* pada hari ke-1 9.32 Kg/s, hari ke-2 9.91 Kg/s, hari ke-3 10.78 Kg/s, dan hari ke-4 9.23 Kg/s dengan kondisi suhu lingkungan dan kelembaban udara yang berbeda.

Kata Kunci : *Cooling tower*, Laju aliran massa.

Abstract- *Today's cooling tower is needed in the context of efficiency and energy conversion where a device or unit is used for cooling water circulation. The function of the cooling tower is to process hot water into cold water, so that it can be reused as a sprint in condenser and can be injected again. In addition, the cooling tower also functions for the final disposal unit in the form of steam or gas into the atmosphere. In the industrial sector it is closely related to cooling both for the cooling process of the plant and the cooling of production machines in order to avoid over heat so that it can work optimally. One of the cooling systems is the cooling system of the KMB-125R cooling tower. The cooling system is used to support the test and validation process, especially cooling in the heat chamber engine, with a very large role so the KMB-125R cooling tower must be known how it performs. Cooling towers utilize water and air in the heat transfer process which is disposed of in the atmosphere. The cooling tower performance is evaluated to find optimal performance in circulating cooling systems in the cooling tower by comparing theoretical data with actual data based on calculations. In this study, the results of the value of the mass flow rate of water will be examined. From some data parameters such as the temperature of the inlet and outlet, air humidity, the speed of the air coming out of the blower, the mass flow rate of the water in the cooling tower will be sought. The results of the study of the analysis of cooling tower performance, especially the mass flow rate of water, will be obtained as a reference data in analyzing cooling circulation load in pumped cooling tower. Water mass flow rate that occurs in the cooling tower on the first day is 9.32 Kg/s, second day is 9.91 Kg/s, third day 10.78 Kg/s, and fourth day is 9.23 Kg/s with different conditions of ambient temperature and air humidity.*

Key Word : *Cooling tower*, Mass flow rate.

1. PENDAHULUAN

Cooling Tower (CT) merupakan peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikan panas ke atmosfer.[1]

Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada *maen condensor*, *after coler*, *intercondensor* dan bisa diinjeksikan kembali. Selain itu *cooling tower* juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke atmosfer.[2] Dalam kebanyakan *cooling tower* yang bekerja pada sistem pendinginan udara menggunakan pompa *sentrifugal* untuk menggerakkan air vertikal ke atas melintasi menara.[3]

Kinerja *cooling tower* disini mempunyai peranan sangat penting terhadap pertukaran panas pada *heat exchanger*. [4]

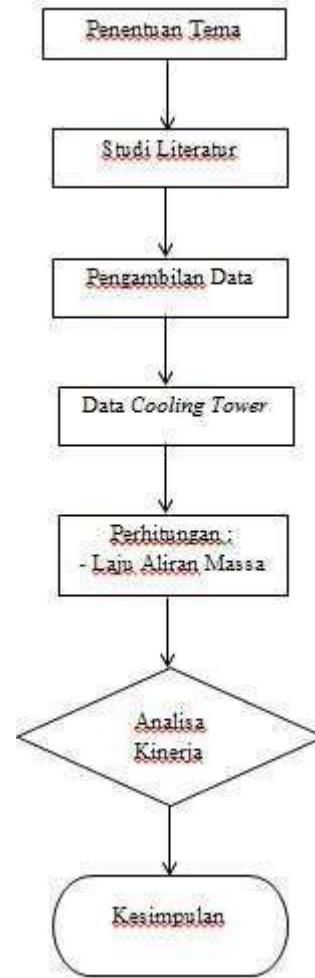
Cooling tower dewasa ini sangat diperlukan di tiap industri khususnya industri otomotif dalam rangka pelaksanaan untuk efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk sirkulasi air pendingin. [5]

Ada beberapa tipe dari menara pendingin. Manara pendingin basah bekerja secara aliran natural, atau aliran mekanis. Menara pendingin aliran mekanis sendiri bias berupa aliran tekan, atau aliran induksi. Aliran udara dan air bisabertipe aliran lawan arah, aliran silang, ataupun keduanya. Masing-masing tipe menara pendingin, punya karakteristik tersendiri. Berdasarkan tipe kontak anantara fluida panas dengan udara pendinginnya, maka menara pendingin dibagi dua, yaitu yang kontak secara langsung, dan kontak tidak langsung. [6] Sekat-sekat menara pendingin merupakan salah satu faktor yang menentukan proses pendinginan dan kinerja menara pendingin.[7]

Dengan peran yang sangat penting maka perlu diketahui bagai mana kinerja dari *cooling tower* dengan membandingkan antara data teori dengan data aktual melalui perhitungan matematis yang pernah dipelajari diwaktu perkuliahan. [8]

2. METODOLOGI

Sistematika dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram aliran berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode penelitian kuantitatif karena data penelitian yang didapat berupa angka-angka. Metode penelitian kualitatif lebih menekankan kepada hasil data dari masing-masing interpretasi yang ditemukan di lapangan. Beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah antara lain: melakukan studi literatur tentang *cooling tower* dengan mengumpulkan data informasi baik dari buku, internet, jurnal dan juga diskusi dengan dosen pembimbing. Menentukan variabel penelitian yaitu parameter-parameter yang akan diteliti seperti:

1. Suhu wet bulb udara keluar *cooling tower*;
2. Suhu dry bulb udara masuk *cooling tower*;
3. Suhu air masuk *cooling tower*;
4. Suhu air keluar *cooling tower*;
5. Debit air, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa air ;
6. Debit udara, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa udara;

7. Kelembaban udara keluar blower;
8. Kecepatan udara keluar blower;
9. Untuk beberapa data dapat diasumsikan yaitu:

- a. C_p air = 4,2 kJ/kg.C dari Tabel A.3 heat transfer.
- b. $T_1 = T_{db} = 30^\circ$, $T_{wb} = 28^\circ C$
- c. $T_2 = T_{db} = 36^\circ$, $T_{wb} = 34^\circ C$

Kemudian pengambilan data baik data teori (data standar) dan juga data aktual pada saat cooling tower beroperasi, pengolahan data yang telah diambil, analisis data dan pembahasan dan penarikan kesimpulan dan saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan data yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data.

3.1 Data Aktual Cooling Tower KMB-125R

Pada pengambilan data dilapangan alat yang digunakan ada 2, yaitu:

- a. Termometer (alat ukur temperature)
- b. Higrometer (alat ukur kelembapan)
- c. Anemometer (alat ukur kecepatan udara)

Parameter yang diujikan adalah:

- a. Q pada air

Q air disini adalah air yang keluar dari mesin heat chamber dengan suhu panas tertentu dan mengalir menuju cooling tower.

$$Q_{air} = m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \quad (1)$$

- b. Q pada udara

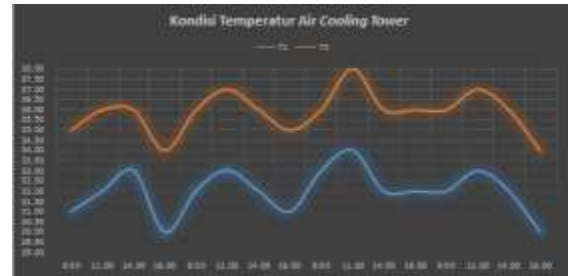
Q udara merupakan jumlah udara yang dilepaskan setelah proses pelepasan panas oleh udara

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h) \quad (2)$$

Dari serangkaian pengukuran pada cooling tower didapatkan data-data sebagai berikut:

1. Temperatur

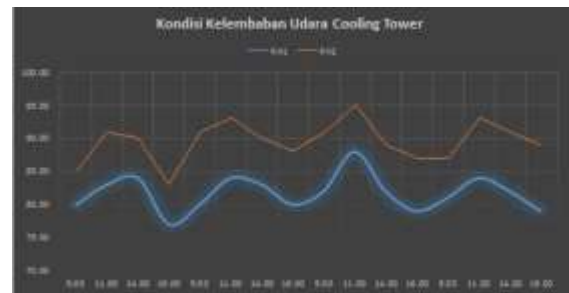
Air yang keluar dari mesin heat chamber dan air yang masuk kembali diukur dan dimasukkan kedalam tabel pengukuran.



Gambar 2. Grafik temperature air

2. Kelembaban Udara

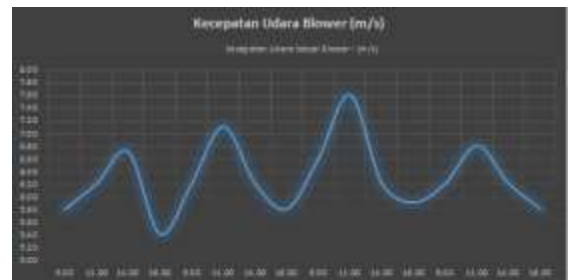
Udara yang masuk kedalam cooling tower dan udara yang keluar blower cooling tower dilakukan pengukuran untuk mendapatkan kelembaban udara.



Gambar 3. Grafik Kelembaban udara

3. Kecepatan Udara

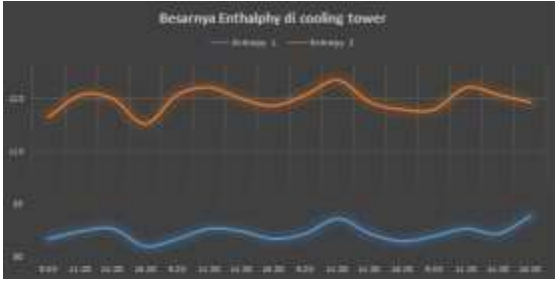
Kecepatan udara diukur pada udara yang keluar dari blower cooling tower dengan rentan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 4. Grafik Kecepatan udara

4. Entalphy Cooling Tower

Dari kelembaban, dry bulb temperature dan wet bulb temperature didapatkan entalphi dari kalkulasi pkometric.



Gambar 5. Grafik entalphy

Dari berbagai parameter perhitungan yang dilakukan selama 4 hari dalam rentang 4 (empat) waktu yang berbeda, maka didapat tabel pengukuran sebagai berikut :

Tabel1. Hasil pengambilan Data

Waktu	Temp. Air	Temp. Udara	Kelemb. Udara	Kelemb. Air	Kelemb. Relatif	Kelemb. Absolut	Kelemb. Maksimal	Kelemb. Defisit	Kelemb. Defisit Potensial	Kelemb. Defisit Aktual	Kelemb. Defisit Efektif	Kelemb. Defisit Efektif Potensial
1	36,50	32,75	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,50	32,75	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,50	32,75	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,50	32,75	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
2	35,25	31,50	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	35,25	31,50	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	35,25	31,50	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	35,25	31,50	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
3	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
4	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100
	36,00	32,00	75	100	75	10,5	12,8	2,3	100	2,3	2,3	100

Gambar 3.5 Hasil pengambilan data

Dari parameter perhitungan yang sudah diambil datanya, maka dicari rata-rata nya yang akan dijadikan nilai perhitungan untuk mencari persamaan sebagai berikut :

A. Persamaan 1 :

Hari ke-1 =

$$\begin{aligned}
 Q_{air} &= m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (35,25-31,50)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (3,75)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 15,75 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

Hari ke-2 =

$$\begin{aligned}
 Q_{air} &= m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (36-32)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (4)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 16,8 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

Hari ke-3 =

$$Q_{air} = m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

$$\begin{aligned}
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (36,50-32,75)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (3,75)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 15,75 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

Hari ke-4 =

$$\begin{aligned}
 Q_{air} &= m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (35,75-31,75)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg.C.} (4)^\circ\text{C} \\
 &= m_{air} \cdot 16,8 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

B. Persamaan 2 :

Hari ke-1 =

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h), \text{ dimana :}$$

$$\begin{aligned}
 m_{udara} &= V_{ud} \times A \\
 &= 6,025 \text{ m/s} \times 0,79 \text{ m}^2 \\
 &= 4,75 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{udara} &= 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \times V_{sp} \\
 &= 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,85 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4,04 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ud} &= m_{udara} \cdot (\Delta h) \\
 &= 4,04 \text{ kg/s} \times (h_2-h_1) \\
 &= 4,04 \text{ kg/s.} (122,28-85,95) \text{ kJ/kg} \\
 &= 4,04 \text{ kg/s.} (36,33) \text{ kJ/kg} \\
 &= 146,8 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

Hari ke-2 =

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h), \text{ dimana :}$$

$$\begin{aligned}
 m_{udara} &= V_{ud} \times A \\
 &= 6,325 \text{ m/s} \times 0,79 \text{ m}^2 \\
 &= 5 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{udara} &= 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \times V_{sp} \\
 &= 5 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,85 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4,25 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ud} &= m_{udara} \cdot (\Delta h) \\
 &= 4,25 \text{ kg/s} \times (h_2-h_1) \\
 &= 4,25 \text{ kg/s.} (125,68-86,48) \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$= 4,25 \text{ kg/s} \cdot (39,20 \text{ kJ/kg})$$

$$= 166,6 \text{ kJ/s}$$

Hari ke-3 =

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h), \text{ dimana :}$$

$$m_{udara} = V_{ud} \times A$$

$$= 6,575 \text{ m/s} \times 0,79 \text{ m}^2$$

$$= 5,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_{udara} = 5,2 \text{ m}^3/\text{s} \times V_{sp}$$

$$= 5,2 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,85 \text{ kg/m}^3$$

$$= 4,42 \text{ kg/s}$$

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h)$$

$$= 4,42 \text{ kg/s} \times (h_2 - h_1)$$

$$= 4,42 \text{ kg/s} \cdot (125,68 - 87,23) \text{ kJ/kg}$$

$$= 4,42 \text{ kg/s} \cdot (38,45) \text{ kJ/kg}$$

$$= 169,9 \text{ kJ/s}$$

Hari ke-4 =

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h), \text{ dimana :}$$

$$m_{udara} = V_{ud} \times A$$

$$= 6,25 \text{ m/s} \times 0,79 \text{ m}^2$$

$$= 4,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_{udara} = 4,93 \text{ m}^3/\text{s} \times V_{sp}$$

$$= 4,93 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,85 \text{ kg/m}^3$$

$$= 4,19 \text{ kg/s}$$

$$Q_{ud} = m_{udara} \cdot (\Delta h)$$

$$= 4,19 \text{ kg/s} \times (h_2 - h_1)$$

$$= 4,19 \text{ kg/s} \cdot (125,15 - 88,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 4,19 \text{ kg/s} \cdot (37,02) \text{ kJ/kg}$$

$$= 155,1 \text{ kJ/s}$$

C. Persamaan 1&2

Hari ke-1 =

$$Q_{air} = Q_{ud}$$

$$m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) = m_{udara} \cdot (\Delta h)$$

$$m_{air} \cdot 15,75 \text{ kJ/Kg} = 146,8 \text{ kJ/s}$$

$$m_{air} = 9,32 \text{ Kg/s}$$

Hari ke-2 =

$$Q_{air} = Q_{ud}$$

$$m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) = m_{udara} \cdot (\Delta h)$$

$$m_{air} \cdot 16,8 \text{ kJ/Kg} = 166,6 \text{ kJ/s}$$

$$m_{air} = 9,91 \text{ Kg/s}$$

Hari ke-3 =

$$Q_{air} = Q_{ud}$$

$$m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) = m_{udara} \cdot (\Delta h)$$

$$m_{air} \cdot 15,75 \text{ kJ/Kg} = 169,9 \text{ kJ/s}$$

$$m_{air} = 10,78 \text{ Kg/s}$$

Hari ke-4 =

$$Q_{air} = Q_{ud}$$

$$m_{air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) = m_{udara} \cdot (\Delta h)$$

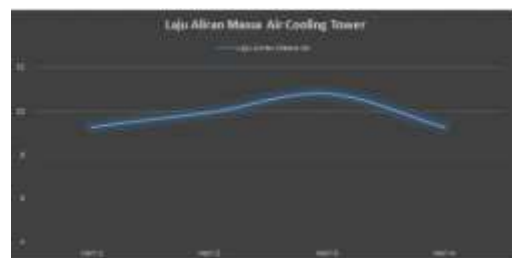
$$m_{air} \cdot 16,8 \text{ kJ/Kg} = 155,1 \text{ kJ/s}$$

$$m_{air} = 9,23 \text{ Kg/s}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka didapat hasil perhitungan laju aliran massa air pada cooling tower berdasarkan pengambilan data dari 4 hari yang masing-masing dilakukan perhitungan, adapun hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Laju Aliran Massa

Hari Ke-	Laju Aliran Massa Air	
	Kg/s	Avg (Kg/s)
1	9.32	
2	9.91	
3	10.78	
4	9.23	
		9.81



Gambar 6 Grafik laju aliran massa air

5 KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan melalui perhitungan actual dari data lapangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh suhu lingkungan terhadap pengaruh suhu air sangat besar, dan dapat mempengaruhi dalam kinerja cooling tower.
2. Laju aliran massa pada hari pertama adalah sebesar 9,32 Kg/s, hari ke-2 sebesar 9,91 Kg/s, hari ke-3 sebesar 10,78 Kg/s, dan hari ke-4 sebesar 9,23 Kg/s.
3. Pengaruh yang ditimbulkan apabila suhu tidak stabil pada mesin *heat chamber* akan terjadinya pendinginan yang tidak sesuai sehingga suhu pada mesin tidak stabil yang akan mempengaruhi performa dari akurasi mesin itu sendiri.

Daftar Pustaka

- [1] N. P. Pratiwi, G. Nugroho, and N. L. Hamidah, "Induced Draft Tipe Lbc W-300 Terhadap," *J. Tek. Pomits*, vol. 7, no. 7, pp. 1–6, 2014.
- [2] D. A. Fauzi *et al.*, "Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt . Geo Dipa," *J. Ilm. Rotari*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [3] S. Yulianto, "Perancangan Cooling Tower Untuk Alat Penukar Kalor Shell and Tube Kapasitas Skala Laboratorium," *Sintek*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2013.
- [4] M. Awwaluddin and P. Santosa, "Perhitungan Kebutuhan Cooling Tower Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset," vol. 9, pp. 34–41, 2012.
- [5] Y. Handoyo, "Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 38–52, 2015.
- [6] M. A. Hamidi, "Karakteristik Unjuk Kerja Menara Pendingin Sistem Tertutup," 2013.
- [7] G. R. A. Ardani, I. Qiram, "Pengaruh sudut alur sekat terhadap unjuk kerja menara pendingin (cooling tower)," *Din. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 21–29, 2018.
- [8] P. Pt, K. Steel, and P. Tbk, "Analisis Kinerja Cooling Tower 8330 Ct01 Pada Water Treatment," vol. 06, no. 3, pp. 215–219, 2017.