

## ANALISIS KINERJA COOLING TOWER 8330 CT01 PADA WATER TREATMENT PLANT-2 PT KRAKATAU STEEL (PERSERO). TBK

**Hutriadi Pratama Siallagan**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta  
E-mail: 41315120086@student.mercubuana.ac.id

**Abstrak** -- Pada proses produksi baja sangat erat kaitannya dengan pendinginan baik untuk proses pendinginan baja maupun pendinginan mesin-mesin produksi supaya terhindar dari over heat sehingga dapat bekerja dengan optimal. Pada PT Krakatau Steel menggunakan beberapa sistem pendingin salah satunya adalah sistem pendingin cooling tower 8330 CT 01. Sistem pendingin tersebut digunakan untuk menunjang proses produksi dan juga pendinginan mesin produksi khususnya pada Slab Steel Plant (SSP), dengan peran yang sangat besar maka cooling tower 8330 CT 01 harus diketahui bagaimana kinerjanya. Skripsi ini membahas tentang analisis kinerja Cooling tower 8330 CT 01 dengan membandingkan data teori dengan data aktual berdasarkan perhitungan-perhitungan sehingga dapat diketahui bagaimana kinerja dari Cooling tower 8330 CT 01 tersebut. Dari hasil analisis diperoleh penurunan efisiensi sebesar 22,353%, kapasitas pendinginan 7.033,35 KJ/s, Hal tersebut diakibatkan oleh temperatur air yang masuk Cooling tower 8330 CT 01 tidak terlalu tinggi, karena SSP sedang dalam pengerjaan revitalisasi, agar lebih efektif dan efisien Cooling tower 8330 CT 01 sebaiknya lebih dimanfaatkan lagi untuk pendingin objek lainnya sehingga temperatur air yang masuk tidak terlalu rendah.

**Kata kunci:** Pendinginan, temperatur, Cooling tower 8330 CT 01

### 1. PENDAHULUAN

Dalam proses produksi produk khususnya pada Slab Steel Plant (SSP), sistem pendinginan sangat dibutuhkan baik dalam proses produksi juga untuk menjaga suhu pada mesin produksi agar dapat bekerja secara optimal. Sistem pendingin yang digunakan salah satunya adalah cooling tower. Cooling tower yang dibahas pada penelitian ini adalah cooling tower induced draft 8330 ct 01. Cooling tower didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya keudara sehingga menguapkan sebagian kecil dari air tersebut. 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.

### 2. METODE 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 anrara lain: melakukan studi literature 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 masuk menara;
2. Suhu dry bulb udara masuk menara;
3. Suhu air masuk menara;
4. Suhu air keluar menara;
5. Debit air, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa air L;
6. Debit udara, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa udara G;
7. Untuk beberapa data dapat diasumsikan yaitu:
  - a. Aliran massa udara dikendalikan fan sehingga G konstan.
  - b.  $C_p$  air = 4,19 kJ/kg.K dari Tabel A.3 heat transfer.

Kemudian pengambilan data di PT. Krakatau Steel 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.

Tabel 1. Data Teori Cooling Tower 8330 CT01

No	Parameter	Besaran
1	$T_{wb}$	27 °C
2	$T_{out, udara}$	47,5 °C
3	$T_{in, air}$	58 °C
4	$T_{out, air}$	38 °C
5	Debit Air	641 m <sup>3</sup> /jam
6	Debit Udara	345.600 m <sup>3</sup> /jam
7	Rotasi Motor	1.500 rpm

**3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Dengan data yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data.

**3.1 Data Teori Cooling Tower 8330 CT01**

1. *Range* = Suhu air masuk ( $T_{in}$ , air) – suhu air keluar ( $T_{out}$ , air)  
 $= 58\text{ }^{\circ}\text{C} - 38\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $= 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. *Approach* = Suhu air keluar ( $T_{out}$ , air) – Suhu *wet bulb* ( $T_{wb}$ )  
 $= 38\text{ }^{\circ}\text{C} - 27\text{ }^{\circ}\text{C} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$
3. Efektifitas =  $\frac{range}{approach+range} \times 100\%$   
 $= \left( \frac{T_{w,in}-T_{w,out}}{T_{w,in}-T_{wb}} \right) \times 100\%$   
 $= \frac{20}{11+20} \times 100\%$   
 $= 64.516\%$
4. Laju Aliran Massa Air (L)  
 $L = Q_{air} \times \rho_{air} 58\text{ }^{\circ}\text{C}$

Massa jenis air 58 °C pada (Tabel A.3, *Heat Transfer, John H. Lienhard*)  
 $= 983.91\text{ kg/m}^3$   
 $= 641\text{ m}^3/\text{jam} \times 983.91\text{ kg/m}^3$   
 $= 630.686\text{ kg/jam}$   
 $= 175.191\text{ kg/s}$

5. Laju Aliran Massa Udara (G)  
 $G = Q_{udara} \times \rho_{udara} 35\text{ }^{\circ}\text{C}$

Massa jenis udara 35 °C pada (Tabel A.4, *Fundamental of Heat and Mass Transfer, Incopera*) = 1,1348 kg/m<sup>3</sup>  
 $= 345.600\text{ m}^3/\text{jam} \times 1,1348\text{ kg/m}^3$   
 $= 392.180\text{ kg/jam}$   
 $= 108,939\text{ kg/s}$

6. Perbandingan L/G *Cooling Range*  
 $= \frac{630.686\text{ m}^3/\text{jam}}{392.180\text{ m}^3/\text{jam}} = 1.608$

7. Menghitung Kehilangan Air Akibat *Evaporation Loss* ( $W_e$ )  
 $W_e = 0,00085 \times 641\text{ m}^3/\text{jam} \times 20$   
 $= 10,897\text{ m}^3/\text{jam}$

8. Menghitung kehilangan air akibat *Drift Loss* ( $W_d$ )  
 $W_d = 0,2\% \times 641\text{ m}^3/\text{jam}$   
 $= 1,29\text{ m}^3/\text{jam}$

9. Menghitung kehilangan air akibat *Blow down* ( $W_B$ )  
 $W_B = \frac{10,897\text{ m}^3/\text{jam}}{1,7 - 1} = 15,56\text{ m}^3/\text{Jam}$

10. Menghitung *make up water cooling tower*  
 $Make\ up\ water = 15,56\text{ m}^3/\text{jam} + 10,897\text{ m}^3/\text{jam} + 1,29\text{ m}^3/\text{jam}$   
 $= 27,747\text{ m}^3/\text{jam}$

11. Kapasitas Pendingin (Q) *Cooling Tower*

$$Q = 175.191\text{ kg/s} \times 4,19\text{ kJ/kg.K} \times 293\text{ }^{\circ}\text{K} = 215.076,73\text{ kJ/s}$$

12. Diagram Psikrometrik Untuk mencari kelembapan relative (*Relative Humidity*), Rasio Kelembapan (*Humidity Ratio*), dan Enthalpi dari suhu bola basah dan suhu bola kering dengan kondisi:

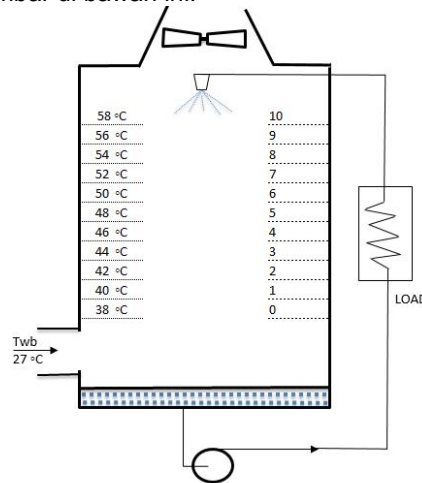
- *Barometric Pressure*: 760 (mm Hg) = 760 (mm Hg)
  - *Atmospheric Pressure*: 101.325 (kPa)
- Maka diperoleh:

Tabel 2. Hasil Psikometrik dengan software COOLERADO HDPsyChart

TDB (°C)	TWB (°C)	RH (%)	W (g/kg)	h (kJ/kg)
35	27	54.146	19.375	84.893

**13. Integrasi Stepwise**

*Cooling tower* terbagi menjadi 10 bagian seperti dalam gambar di bawah, dimana penurunan suhu air 2 °C pada tiap-tiap bagian seperti gambar di bawah ini:



Gambar 1. Pembagian Ruas Volume Data Teori

Keseimbangan energi pada bagian paling bawah (ruas 0 ke ruas 1) akan memberikan hasil dari persamaan berikut:

$$h_{a,1} - h_{a,0} = \frac{L}{G} \times (4,19\text{ kJ/kg.K}) \times (dt\text{ K})$$

$$= 1,608 \times 4,19\text{ kJ/kg.K} \times 2\text{ K}$$

$$= 13,4763\text{ kJ/kg}$$

- a. Air pada ruas bagian ruas ini memiliki suhu rata-rata 39 °C.

- b. Entalpi udara yang meninggalkan bagian paling bawah ( $h_{a,1}$ ) adalah:  
 $h_{a,1} = h_{a,0} + 13,989\text{ kJ/kg}$   
 $= (84,893 + 13,989)\text{ kJ/kg}$   
 $= 98,369\text{ kJ/kg}$

Maka rata-rata entalphi  $h_a$  pada ruas ini adalah:  
 $(84,893\text{ kJ/kg} + 98,369\text{ kJ/kg}) / 2$

$$= 91,631 \text{ kJ/kg}$$

$$= 8,69 \text{ }^\circ\text{C}$$

c. Pada bagian paling bawah, air mempunyai suhu  $39 \text{ }^\circ\text{C}$  dan entalpi udara jenuh pada suhu air ini adalah  $158,445 \text{ kJ/kg}$  pada (tabel A.2 *W.F.Stoecker*)

2. *Approach* = Suhu air keluar ( $T_{\text{out, air}}$ ) – Suhu *wet bulb* ( $T_{\text{wb}}$ )  
 $= 36,42 \text{ }^\circ\text{C} - 24,50 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $= 11,92 \text{ }^\circ\text{C}$

d. Harga  $(h_i - h_a)_m$  dalam bagian paling bawah ini yaitu:

$$158,445 \text{ kJ/kg} - 91,631 \text{ kJ/kg}$$

$$= 66,814 \text{ kJ/kg}$$

3. Efektifitas =  $\frac{\text{range}}{\text{approach+range}} \times 100\%$   
 $= \frac{8,69}{11,92+8,69} \times 100\%$   
 $= 42,163 \%$

$$\text{Maka, } \frac{1}{(h_i - h_a)_m} = \frac{1}{66814} \text{ kJ/kg}$$

$$= 0,01496 \text{ kJ/kg}$$

4. Laju Aliran Massa Air (L)  
 $L = Q_{\text{air}} \times \rho_{\text{air}} \text{ } 45,11 \text{ }^\circ\text{C}$

e. Bergerak ke atas menuju bagian kedua dari bawah, untuk mencari  $(h_i - h_a)_m$  dilakukan prosedur yang sama. Entalpi udara yang masuk ke bagian kedua dari bawah sama dengan entalpi udara yang meninggalkan bagian pertama yaitu  $98,369 \text{ kJ/kg}$ . Perhitungan-perhitungan untuk mencari jumlah  $1/(h_i - h_a)_m$  hingga ke ruas ke sepuluh.

Massa jenis air  $45,11 \text{ }^\circ\text{C}$  pada (Tabel A.3 *John H. Lienhard*)

$$\text{adalah } 990,056 \text{ kg/m}^3$$

$$= 641 \text{ m}^3/\text{jam} \times 990,056 \text{ kg/m}^3$$

$$= 634.625 \text{ kg/jam}$$

$$= 176,284 \text{ kg/s}$$

5. Laju Aliran Massa Udara (G)  
 $G = Q_{\text{udara}} \times \rho_{\text{udara}} \text{ } 29,24 \text{ }^\circ\text{C}$

Dengan demikian dapat diketahui tingkat panas yang dilepas dari air:

$$\frac{h_c A}{c_{pm}} = 4,19 L \Delta t \sum \frac{1}{(h_i - h_a)_m}$$

$$= 4,19 \cdot 175,191 \text{ kJ/s} \cdot 2 \text{ K} \cdot 0,1033280$$

$$= 151,696 \text{ kJ/s}$$

$$Dq = L \cdot (4,19 \text{ kJ/kg.K}) \cdot dt$$

$$= G \cdot dh_a = 108,939 \text{ kg/s} \cdot (212,918 -$$

$$91,631 \text{ kJ/kg}) = 13.212,878 \text{ kJ/s}$$

Massa jenis udara  $29,24 \text{ }^\circ\text{C}$  pada (Tabel A.4 *Incopera*) =  $1,1539 \text{ kg/m}^3$

$$= 345.600 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,1539 \text{ kg/m}^3$$

$$= 398.803,488 \text{ kg/jam}$$

$$= 110,778 \text{ kg/s}$$

6. Perbandingan L/G *Cooling Range* =  
 $\frac{634.625 \text{ m}^3/\text{jam}}{398.803 \text{ m}^3/\text{jam}} = 1,591$

7. Menghitung Kehilangan Air Akibat *Evaporation Loss* ( $W_e$ )

$$W_e = 0,00085 \times 641 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8,65$$

$$= 4,712 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 3.2 Data Aktual *Cooling Tower 8330 CT01*

Tabel 3. Data Aktual *Cooling Tower 8330 CT01*

No	Parameter	Besaran
1	$T_{\text{wb}}$	$24,50 \text{ }^\circ\text{C}$
2	$T_{\text{db}}$	$29,37 \text{ }^\circ\text{C}$
3	$T_{\text{out, udara}}$	$36,21 \text{ }^\circ\text{C}$
4	$T_{\text{in, air}}$	$45,11 \text{ }^\circ\text{C}$
5	$T_{\text{out, air}}$	$36,42 \text{ }^\circ\text{C}$
6	Debit Air	$641 \text{ m}^3/\text{jam}$
7	Debit Udara	$345.600 \text{ m}^3/\text{jam}$
8	Rotasi Motor	$1500 \text{ rpm}$

8. Menghitung kehilangan air akibat *Drift Loss* ( $W_D$ )

$$W_d = 0,2 \text{ \%} \times 641 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1,29 \text{ m}^3/\text{jam}$$

9. Menghitung kehilangan air akibat *Blow down* ( $W_B$ )

$$W_B = \frac{4,712 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,7 - 1} = 6,73 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

10. Menghitung *make up water cooling tower*

$$\text{Make up water} = 6,73 \text{ m}^3/\text{jam} + 4,712 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$+ 1,29 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 12,732 \text{ m}^3/\text{jam}$$

11. Kapasitas Pendingin (Q) *Cooling Tower*

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 176,284 \text{ kg/s} \times 4,19 \text{ kJ/kg.K} \times 281,69 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$= 208.064,673 \text{ kJ/s}$$

12. Diagram Psikometrik

Untuk mencari kelembapan relative (*Relative Humidity*), Rasio Kelembapan (*Humidity Ratio*), dan Enthalpi dari suhu bola basah dan suhu bola dengan kondisi.

*Barometric Pressure: 760 (mm Hg)*

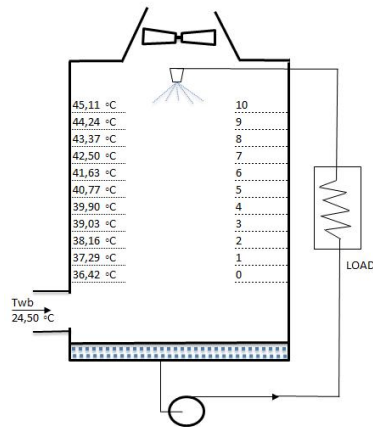
Atmospheric Pressure: 101.325 (kPa)

Tabel 4. Hasil Psikometrik dengan soft ware COOLERADO HDPsyChart

TDB (°C)	TWB (°C)	RH (%)	W (g/kg)	H (kJ/kg)
29.37	24.50	67.38	17.49	74.201

13. Integrasi Stepwise

Cooling tower terbagi menjadi 10 bagian seperti dalam gambar dibawah, dimana penurunan suhu air 0,865 °C pada tiap-tiap bagian seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. Ruas Cooling tower Data Aktual

Keseimbangan energi pada bagian paling bawah (ruas 0 ke ruas 1) akan memberikan hasil dari persamaan berikut:

$$h_{a,1} - h_{a,0} = \frac{L}{G} \times (4,19 \text{ kJ/kg.K}) \times (dt \text{ K})$$

$$= 1,591 \cdot 4,19 \text{ kJ/kg.K} \cdot 0,869 \text{ K}$$

$$= 5,794 \text{ kJ/kg}$$

a) Air pada ruas bagian ini memiliki suhu rata-rata 36,85 °C

b) Entalpi udara yang meninggalkan bagian paling bawah ( $h_{a,1}$ ) adalah:

$$h_{a,1} = h_{a,0} + 5,794 \text{ kJ/kg}$$

$$= (74,201 + 5,794) \text{ kJ/kg}$$

$$= 79,995 \text{ kJ/kg}$$

Maka rata-rata entalpi  $h_a$  pada ruas ini adalah,  $(74,201 \text{ kJ/kg} + 79,995 \text{ kJ/kg}) / 2 = 77,098 \text{ kJ/kg}$

c) Pada bagian paling bawah, air mempunyai suhu 36,85 °C dan entalpi udara jenuh pada suhu air ini adalah 142,177 kJ/kg Pada (tabel A.2 W.F.Stoecker)

d) Harga  $(h_i - h_a)_m$  dalam bagian paling bawah ini yaitu:

$$142,177 \text{ kJ/kg} - 77,098 \text{ kJ/kg}$$

$$= 65,079 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{1}{(h_i - h_a)} = \frac{1}{90,574} \text{ kJ/kg}$$

$$= 0,015365 \text{ kJ/kg}$$

e) Bergerak ke atas menuju bagian kedua dari bawah, untuk mencari  $(h_i - h_a)_m$  dilakukan prosedur yang sama. Entalpi udara yang masuk ke bagian kedua dari bawah sama dengan entalpi udara yang meninggalkan bagian pertama yaitu 79,995 kJ/kg. Perhitungan-perhitungan untuk mencari jumlah  $1 / (h_i - h_a)_m$  hingga ke ruas ke sepuluh.

Dengan demikian dapat diketahui tingkat panas yang dilepas dari air:

$$\frac{h_c A}{c_{pm}} = 4,19 L \Delta t \sum \frac{1}{(h_i - h_a)_m}$$

$$= 4,19 \cdot 176,284 \text{ kg/s} \cdot 0,869 \text{ K} \cdot 0,139997 \text{ KJ/kg}$$

$$= 89,859 \text{ kJ/s}$$

$$dq = L \cdot (4,19 \text{ kJ/kg.K}) \cdot dt$$

$$= G \cdot dh_a$$

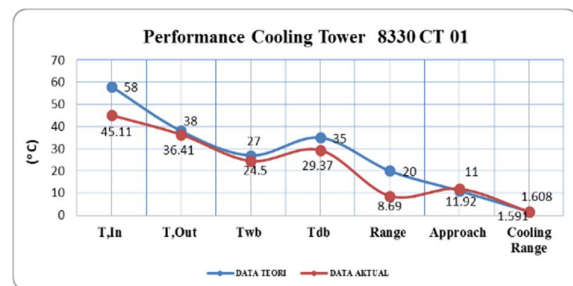
$$= 110,778 \text{ kg/s} \cdot (129,244 - 77,098 \text{ kJ/kg})$$

$$= 5.776,629 \text{ kJ/s}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diperoleh hasil;

Tabel 5. Hasil Perhitungan Range, Approach, Cooling Range

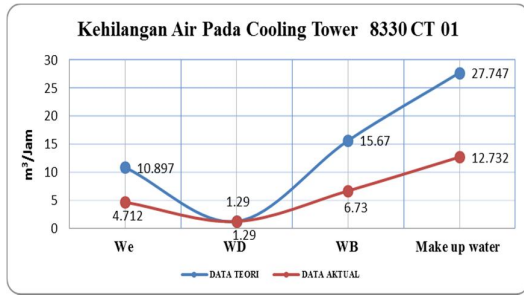
DATA	T <sub>In</sub> (°C)	T <sub>Out</sub> (°C)	T <sub>wb</sub> (°C)	T <sub>db</sub> (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Cooling Range
DATA TEORI	58	38	27	35	20	11	1.608
DATA AKTUAL	45.11	36.41	24.5	29.37	8.69	11.92	1.591



Gambar. 3 Grafik kinerja cooling tower

Tabel 6. Hasil Perhitungan evaporation loss, drift loss, blow down, dan makeup water

DATA	We (m³/jam)	WD (m³/jam)	WB (m³/jam)	Make up water (m³/jam)
Data Teori	10.897	1.29	15.67	27.747
Data Aktual	4.712	1.29	6.73	12.732

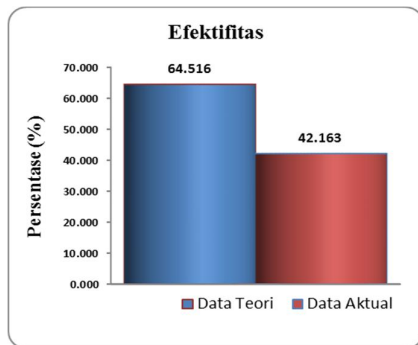


Gambar 4. Grafik *evaporation loss, drift loss, blow down, dan makeup water*

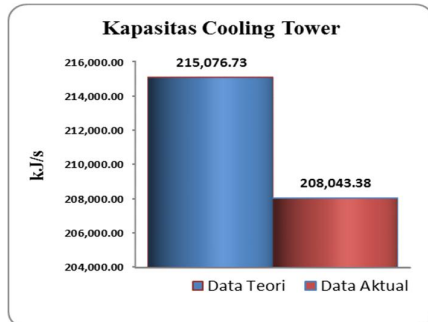
Tabel 7. Hasil Perhitungan Efektifitas dan Tingkat Panas yang Dilepas dan kapasitas *Cooling Tower*

DATA	Efektifitas (%)	$h_c A / C_{pm}$ (kJ/s)	Kapasitas Cooling Tower (kJ/s)
Data Teori	64,516	151,70	215.076,73
Data Aktual	42,163	89,86	208.043,38

Dari tabel di atas dapat digambarkan grafik efektifitas dan tingkat panas yang dilepas antara data teori dengan data aktual *Cooling Tower* 8330 CT 01.



Gambar 5. Grafik efektifitas



Gambar 6. Grafik efektifitas dan kapasitas *Cooling Tower*

## 6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis yang dibahas pada tugas akhir ini dengan judul

analisis kinerja *cooling tower* 8330 ct 01 pada *water treatment plant-2* PT Krakatau Steel Persero.Tbk adalah sebagai berikut:

- Dari hasil analisis kinerja *cooling tower* 8330 ct 01 dapat dikatakan kurang efektif karena kurang optimalnya kemampuan *cooling tower* akibat temperatur air yang akan didinginkan pada data aktual jauh lebih rendah dibandingkan dengan data teori.
- Untuk perbandingan *performance* antara data teori dengan data aktual adalah sebagai berikut:
  - Efektifitas dari *Cooling Tower* 8330 CT01 untuk data teori adalah 64,51%, data aktual 42,16% terdapat penurunan sebesar 22,35;
  - Kalor yang dilepas air ke udara (dq) untuk data teori adalah 13.212,878 kJ/s, data aktual 5.776,629 kJ/s;
  - kapasitas pendinginan dari *Cooling Tower* 8330 CT01 untuk data teori adalah 215.076,73 KJ/s sedangkan data aktual 208.043,38 KJ/s terdapat penurunan sebesar 7.033,35 KJ/s;
  - Besarnya kehilangan air akibat evaporasi sehingga perlu adanya tambahan air (make up water) dari *Cooling Tower* 8330 CT01 untuk data teori adalah 27,747 m<sup>3</sup>/jam sedangkan data aktual 12,732 m<sup>3</sup>/jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Awwaludin,M.,Santosa,P.,&Suwardiyono. (2013). Perhitungan Kebutuhan *Cooling Tower* Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset. *Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN*, 9(1), 38-41.
- EL-WAKIL,M.M.,&Jasjfi,E.(1992). *Instansi Pembangkit Daya Power PlantTechnology*.Jakarta: Erlangga.
- (2015). Analisis performa *Cooling Tower* LCT 400 pada PT XYZ, Tambun Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 2-5.
- Abdunnaser. (2013). Studi perbandingan dari pengaruh variasi temperatur austenitisasi yang dilakukan sampai pada terciptanya dua fasa yaitu fasa austenite dan ferlit.*Bina Teknika*, 9 (2) 208-214.
- Stoecker,W.F.,Jones.W.J., & Hara.S. (1996).*RefrigrasidanPengkondisian Udara*. Jakarta: Erlangga.
- TaufikAch,H.,Digdo Listyadi,S.& Hary,S. (2014). Analisis Beban Kalor *Cooling Tower Induced Draft Counter Flow* Dengan Bahan Pengisi Bamboo Wulung.Jember. *Universitas Jember*, 1(1), 2-3.