

# **ANALISIS PERFORMANCE COOLING TOWER TIPE INDUCED DRAFT COUNTER FLOW PLTP KAMOJANG UNIT 5**

**Hasan Abdurohman<sup>1</sup>, Juli Mrihardjono<sup>2</sup>, Seno Darmanto<sup>3</sup>**

Sekolah Vokasi Rekayasa Perancangan Mekanik, Departemen Teknologi Industri UNDIP,  
Semarang

e-mail: [hasan.rochman@gmail.com](mailto:hasan.rochman@gmail.com)

## **Abstrak**

*Cooling tower adalah alat penukar kalor yang digunakan untuk mendinginkan air dari kondensor. Proses tersebut dilakukan dengan mengontakan air dengan udara secara langsung dan dibuang ke atmosfer menggunakan fluida udara yang dialirkan secara natural maupun dialirkan oleh fan. Tipe Cooling tower yang digunakan di PLTP Kamojang Unit 5 adalah Induced draft Counter Flow. Peralatan ini sangat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi turbin, oleh karenanya diperlukan perlakuan khusus dengan mengetahui dan mengamati performa Cooling tower agar dapat dianalisa kondisi aktual serta langkah keputusan dalam melakukan perbaikan dan perawatan selanjutnya, hal ini menjadi dasar penelitian yang akan dilakukan dengan mencari nilai dan trendline performa Cooling tower. Metode perhitungan menggunakan standard ASME PTC 23-2003 dan CTI ATC-105 dimana hasilnya berupa baseline perhitungan dan historial trendline performa Cooling tower berdasarkan parameter kondisi operasi 3-cell Cooling tower. Parameter yang diuji yaitu dengan mengambil 5 data yang valid pada PLTP KMJ Unit 5, kemudian diperoleh nilai performa Tower Capability sebagai berikut yaitu pada kondisi awal commissioning nilai performa sebesar 92,1%, Q1 2021 sebesar 78,8%, Q3 2021 sebesar 74,3%, Q4 2021 sebesar 84,7%, dan Q1 2022 sebesar 83,8%. Terjadi penurunan pada Q3 2021. Kemudian terdapat kenaikan trend di Q4 2021 dikarenakan sebelumnya dilakukan kegiatan overhaul pada Cooling tower.*

**Kata kunci:** *Cooling tower, trendline, overhaul, tower capability*

## **Abstract**

*The cooling tower is a heat exchanger used to cool water from the condenser. The process is carried out by contacting water with air directly and discharging it into the atmosphere using air fluid that is flowed naturally or flowed by a fan. The cooling tower type used in PLTP Kamojang Unit 5 is Induced draft Counter Flow. This equipment is more important in increasing turbine efficiency, therefore special treatment is needed by knowing and observing the performance of the Cooling tower so that it can be analyzed in actual conditions and make decisive steps in carrying out further repairs and maintenance, this is the basis of research that will be carried out by looking for value and the Cooling tower performance trendline. The calculation method uses the standard ASME PTC 23-2003 and CTI ATC-105 where the results are the calculation baseline and the historical trendline of Cooling tower performance based on the parameters of the 3-cell Cooling tower operating conditions. The parameters tested are by taking 5 valid data on PLTP KMJ Unit 5, then the Tower Capability performance values are obtained as follows, namely, in the initial commissioning conditions the performance value is 92,1%, Q1 2021 is 78,8%, Q3 2021 is 74, 3%, Q4 2021 is 84,7%, and Q1 2022 is 83,8%. There was a decrease in Q3 2021. Then there was an increase in the trend in Q4 2021 due to previous overhaul activities on the Cooling tower.*

**Keywords:** *Cooling tower, trendline, overhaul, tower capability*

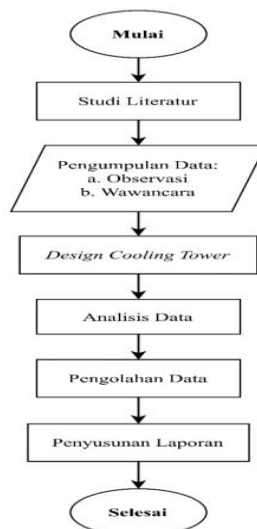
## 1. PENDAHULUAN

**C**ooling tower atau disebut juga dengan menara pendingin dapat didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya ke udara sehingga menguapkan sebagian kecil dari air tersebut. Menurut EL.Wakil, menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang material fluida kerjanya adalah air, dan udara yang berfungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Dalam kebanyakan menara pendingin yang melayani sistem refrigerasi dan penyamanan-udara, menggunakan satu atau lebih kipas propeler untuk menggerakkan udara secara vertikal ke atas atau horisontal melintasi menara[1]. *Cooling tower* pada PLTP KMJ Unit 5 menggunakan tipe *Induced draft Counter Flow* dimana kondensat dari *exhaust* turbin akan dialirkan menggunakan pompa *Hotwell pump* menuju *nozzel Cooling tower* pada bagian atas menara kemudian jatuh masuk melalui kisi-kisi *filler pvc* dan terjadi kontak dengan udara luar dari arah berlawanan dengan bantuan *fan*, maka terjadilah proses konveksi paksa. Hawa panas yang ada didalam air dibuang keluar bersamaan dengan udara (*air flow outlet*) melalui *fan stack*, kemudian air jatuh seperti rintik-rintik air hujan dan tertampung di dalam water basin. Terdapat beberapa komponen peralatan pada *Cooling tower* seperti *fan, filler, drift eliminator, raiser, fan stac*[2].

Performa *Cooling tower* sangat erat kaitannya dengan temperatur air keluar dari *Cooling tower*. Semakin rendah temperatur air yang bisa dihasilkan oleh *Cooling tower*, maka kondisi kondensor akan semakin vakum, dimana hal tersebut berdampak pada efisiensi turbin yang semakin baik. Oleh karena itu, performa *Cooling tower* merupakan satu parameter yang sangat penting untuk menjaga kondisi serta performa keseluruhan dari sebuah sistem pembangkit[3]. Berdasarkan uraian diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah analisis *performance Cooling tower* PLTP Unit 5 untuk mengetahui kinerja berdasarkan perbandingan antara data pada desain dengan data aktual dilapangan melalui perhitungan matematis.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini adalah: studi literatur, pengumpulan data, analisis data, pengolahan data dan penyusunan laporan.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

## 2.1. Studi Literatur

Pengumpulan data dengan cara mempelajari berdasarkan buku – buku, internet, manual book maupun jurnal terkait dengan objek yang akan di amati penulis.

## 2.2. Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, metode pengumpulan data yang dilakukan diantaranya adalah observasi baik ke lapangan maupun data pada DCS dan melakukan wawancara dengan pekerja yang bekerja di PLTP Kamojang.

## 2.3. Design Cooling tower

*Desain Cooling tower* PLTP Kamojang Unit 5 menggunakan tipe *Induced draft Counter Flow* berjumlah 3-cell dengan material struktur fiber reinforced plastic (FRP). *Cooling tower* ini merupakan tipe dari *mechanical draft* dimana *fan* berada pada *exhaust tower*. Tipe ini banyak digunakan oleh industri mengingat konstruksinya lebih rendah, pembangunan murah, dan kecepatan fan bisa diatur sehingga fleksibel[4].

## 2.4. Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk menganalisis perubahan yang terjadi pada proses aktual *Cooling tower* saat beroperasi pada kondisi desain, *commissioning*, data kuartal tahun 2021 hingga saat ini

## 2.5. Pengolahan Data

Objek penelitian ini adalah *historical* data yang diolah menggunakan *excel* sesuai referensi perhitungan (ASME PTC 23-2003 dan CTI ATC-105) dimana hasilnya berupa baseline perhitungan dan historial *trendline* performa *Cooling tower* berdasarkan parameter kondisi operasi 3-cell *Cooling tower*.

Adapun rumus yang akan digunakan untuk memperoleh performa *Cooling tower* adalah sebagai berikut:

### a. Range

*Range* adalah perbedaan atau jarak antara temperature air masuk dan keluar *Cooling tower*.

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = T_{in} (^{\circ}\text{C}) - T_{out} (^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

### b. Approach

*Approach* adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar *Cooling tower* dan temperatur wet bulb.

$$\text{Approach} = T_{out CT} - T_{wet Bulb} (C) \quad (2)$$

### c. Efektivitas

Efektivitas pendingin adalah perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi nilai perbandingan maka semakin tinggi efektivitas perbandingan pada *Cooling tower*.

$$\text{Efektivitas} = \left[ \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \right] \times 100\% \quad (3)$$

d. *Head Total Pompa*

*Head* pompa yang dihitung merupakan *Head Hotwell Pump (HWP)* sebagai pompa distribusi dari kondesor ke *Cooling tower* yang digunakan sebagai dasar untuk mencari flow aktual inlet *Cooling tower*.

$$H_{pompa} = \left( \Delta Z + \Delta \frac{p}{\rho g} + \Delta \frac{v^2}{2g} \right) + H_{losses} \quad (4)$$

e. *Fan Power*

*Fan power* menyatakan kebutuhan daya yang dipengaruhi oleh konfigurasi *blade* dan *ouput* pembangkitan dimana *fan power* dihitung dari *ampere* aktual motor dan parameter pendekatan dari desain.

$$W = (\sqrt{3} \times V \times I \times PF \times Motor \ Efficiency) - Line \ Loss \quad (5)$$

f. *Tower Capability*

*Tower Capability* dapat didefinisikan dengan seberapa mampukah kondisi aktual *Cooling tower* untuk mencapai kondisi optimalnya dari segi parameter *water flow* yaitu dengan membandingkan *Adjusted water flow* sebagai kondisi aktual dan *predicted water flow* sebagai kondisi optimal.

$$C = \frac{Q_{adj}}{Q_{pred}} \times 100 \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan adalah dengan mengambil 5 data yang valid yaitu data yang lengkap saat ketiga cell pada *Cooling tower* beroperasi optimal. Diantaranya adalah data *commisioning*, Kuartal 1 Q1 2021, Q3 2021, Q4 2021 dan Q1 2022.

Pada uji coba ini akan dilakukan pengujian pada sampel Q1 2021. Dari data tersebut diperoleh parameter perhitungan sebagai berikut.

Tabel 1 Data sampel perhitungan Q1 2022

No	Parameter	Design	Q1 2021
1	Hot Water, °C	42,7	45,8
2	Cold water, °C	26	24,9
3	Dry Bulb, °C	21,1	19,7
4	Wet Bulb, °C	20	17,3
5	Atm, mbar.	851	851
6	Outlet Air Density, kg/m3.	0,931	0,94
8	Waterflow, m3/h.	8810	

#### 3.1. Perhitungan Efektivitas *Cooling tower*

a. *Range*

$$Range \ (^{\circ}C) = 45,82 \ ^{\circ}C - 24,94 \ ^{\circ}C = 20,88 \ ^{\circ}C \quad (1)$$

b. *Approach*

$$Approach = 24,94 \ ^{\circ}C - 17,23 \ ^{\circ}C = 7,71 \ ^{\circ}C \quad (2)$$

c. Efektivitas

$$Efektivitas = \left[ \frac{20,88}{20,88 + 7,71} \right] \times 100\% = 73,03\% \quad (3)$$

3.2. Perhitungan *Tower Capability*

a. Perhitungan *Water flow*

$$H_{pompa} = \left( 2,05 + \frac{\Delta P \times 10^5}{990 \times 9,81} \right) = 2,05 + 10,3 \times 2,71 \quad (4)$$

$$H_{pompa} = 29,96 \text{ m}$$

Dari *head* tersebut maka *waterflow* yang diperoleh berdasarkan *pump curve* adalah 6425 m<sup>3</sup>/h.

b. Perhitungan *Fan Power*

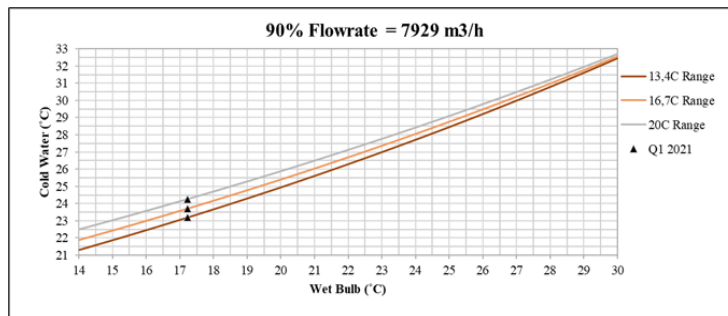
$$W = (\sqrt{3} \times 380 \times 265,83 \times 0,83 \times 95,1) - 1,522 = 143,24 \text{ kW} \quad (5)$$

c. Perhitungan *Adjusted Water flow*

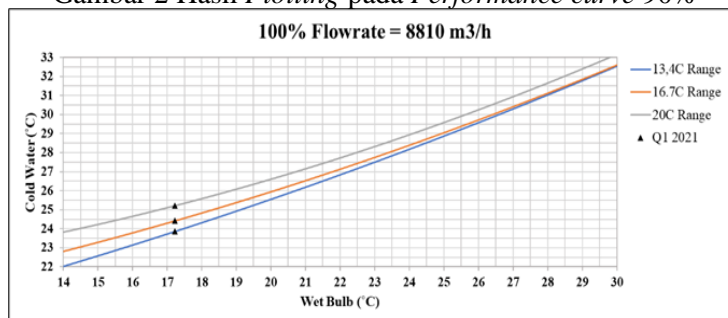
$$Q_{adj} = 6425,56 \times 1,024 \times 1,003 = 6600,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

d. *Plotting Data*

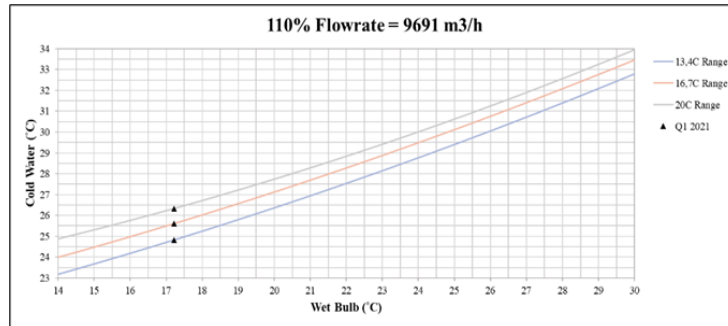
Langkah ini merupakan *Plotting* data WBT aktual pada *performance curve* masing-masing *flowrate*. Dimana grafik ini diberikan oleh vendor sebagai acuan penentuan performa *Cooling tower*.



Gambar 2 Hasil *Plotting* pada *Performance curve* 90%

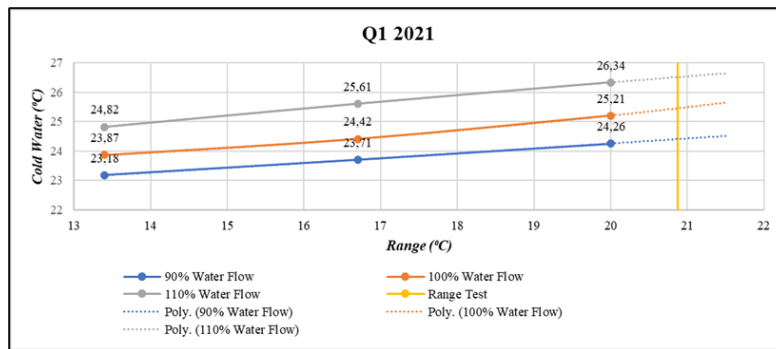


Gambar 3 Hasil *Plotting* pada *Performance curve* 100%



Gambar 4 Hasil Plotting pada Performance curve 110%

Kemudian hasil diatas dibuat grafik dan di-plot Range aktual pada masing masing water flow.



Gambar 5 Grafik WBT Aktual vs Range

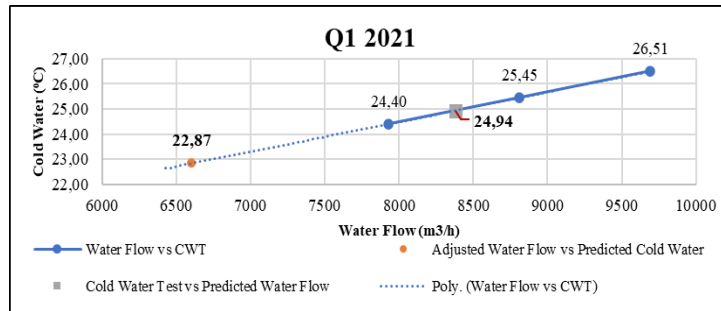
Tabel 2 Hasil Plot Range Aktual pada Grafik Range vs CWT

Q1 2021				
Range	20,88			°C
	Water Flow			Unit
	90%	100%	110%	%
	7929	8810	9691	m3/h
Cold Water	24,40	25,45	26,51	°C

Tabel 3 Hasil Plot CWT Aktual dan Adjusted Water flow

Water flow	CWT
<b>Data Tabel diatas</b>	
7929	24,40
8810	25,45
9691	26,51
<b>Hasil interpolasi</b>	
6600,25	<b>22,87</b>
<b>8378,82</b>	24,94

Kemudian hasil diatas dibuat grafik CWT vs Water flow :



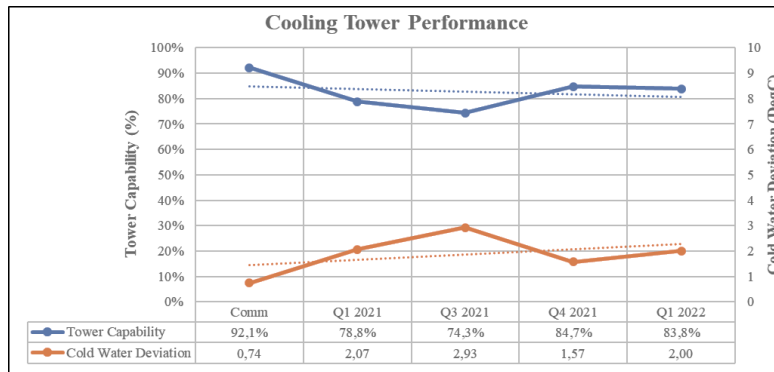
Gambar 6 Grafik CWT vs Water flow

Kemudian, *output* dari grafik diatas yaitu *predicted water flow* dan *predicted cold water* akan menjadi dasar perhitungan *Tower Capability* dan *Cold water Deviation* yang akan dihitung dan dihipun menjadi satu melalui tabel kesimpulan berikut ini.

$$C = \frac{Q_{adj}}{Q_{pred}} \times 100 = \frac{6600,25 \text{ m}^3/\text{h}}{8378,82 \text{ m}^3/\text{h}} \times 100 = 78,8 \% \quad (6)$$

$$\text{Cold Water Deviation} = 24,94^\circ\text{C} - 22,87^\circ\text{C} = 2,07^\circ\text{C}$$

Kemudian pengujian dilanjutkan dengan mengambil sampel berikutnya yaitu Q1 2021, Q3 2021, Q4 2021 dan Q1 2022 untuk melihat *trend* dari performa *Cooling tower* dengan kesimpulan berupa grafik dibawah ini.



Gambar 7 Grafik Kesimpulan Performa *Cooling tower* PLTP Unit 5

Diperoleh kondisi awal *commisioning* nilai performa sebesar 92,1%, Q1 2021 sebesar 78,8%, dan Q3 2021 sebesar 74,3%. Terlihat penurunan performa terjadi selama kuartal 1 hingga kuartal 3. Kemudian pada Q4 2021 terdapat peningkatan performa dikarenakan pada bulan sebelumnya dilakukan kegiatan *overhaul*, yaitu *maintenance Cooling tower*. Kemudian terdapat sedikit penurunan performa pada kondisi Q1 2022 sebesar 83,8% hal ini umum terjadi pada mesin peralatan yang beroperasi terus menerus.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis performance *Cooling tower* tipe *Induced draft Counter Flow* PLTP KMJ unit 5 diperoleh kesimpulan dari beberapa data yang diambil dimulai pada saat *commisioning* yaitu 92,1%, Q1 2021 sebesar 78,8%, Q3 2021 sebesar 74,3%, Q4 2021 sebesar 84,7% dan Q1 2022 sebesar 83,8%. Terdapat penurunan performa di kuartal Q3 dikarenakan adanya gangguan pada peralatan pendukung *Cooling tower*, namun setelah dilakukan

maintenance performa *Cooling tower* meningkat di kuartal ke 4 2021. Perhitungan performa CT ini dapat dijadikan sebagai dasar pengambilan keputusan dari aktivitas condition monitoring menjadi lebih akurat, dari yang sebelumnya berdasarkan parameter effectiveness saja (hanya mempertimbangkan suhu).

## 5. SARAN

Diperlukan alat ukur tambahan untuk mengganti parameter pendekatan agar nilai yang dihasilkan aktual dan dapat diukur langsung dilapangan seperti menambah ultrasonic flowmeter di inlet *Cooling tower* agar hasil perhitungan pada penelitian selanjutnya diperoleh data yang lebih akurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PGE Area Kamojang yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini terutama fungsi operasi dan maintenance atas ilmu yang telah diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Sentana, DS and Taufik A. Hadianata. (2005). *sistem operasi dan analisis menara pendingin (Cooling tower) pltp kamojang*. Bandung: Universitas Pasundan
- [2] American Society of Mechanical Engineers. (2003). *Atmospheric Water Cooling Equipment*. Three Park Avenue, New York: ASME International.
- [3] Cooling Technology Institute. (2019). *CTI ATC-105 "Acceptance Test Code for Water Cooling tower."* Cooling Technology Institute.
- [4] Damaputra, M. K., Rachmat, A., & koswara, E. (2019). *PROSES PENDINGINAN DAN PERBANDINGAN EFISIENSI COOLING TOWER UNIT 3*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka.
- [5] El Wakil, M.M., (1984), *Powerplant Technology*, McGraw Hill International, Singapore.
- [6] Fauzi, Danial Ahmad., Rudyanto, Bayu. *Analisa Performa Menara Pendingin Pada PT Geo Dipa Energi Unit Dieng*. Jurnal Ilmiah Rotari, Vol 1 Agustus 2016.
- [7] Handoyo, Yoppy. *Analisis Perfoma Cooling Tiwer LCT 400 pada PT XYZ Tambun Bekasi*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol.3 Februari 2015
- [8] Hewitt, G.F. G.L Shires. T.R. Bott. 2000. *Process Heat Transfer*. United States of America: Begell House, Inc.
- [9] Melkias, A. A. (2020). *Analisa Performa Pada Cooling tower Tipe Mechanical Draft Crossflow*. Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung.
- [10] Muhsin, Ahmad., Pratama Zicko. *Analisis Efektivitas Mesin Cooling tower Menggunakan Range and Approach*. Jurnal OPSI Vol II No.2 Desember 2018.
- [11] PT Pertamina Geothermal Energy, 2015. *EPCC Panasbumi Unit 5 1 x 35MW*.
- [12] PT Pertamina Geothermal Energy, 2015. *Manual Book PLTP Unit 5 1 x 35MW*.
- [13] Purbianto, A., & Adji, B. S. (2021). *ANALISIS PERFORMA MAIN COOLING WATER PUMP PLTP PT.X*. Fakultas Teknik dan Informatika, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia.
- [14] Saptadji, N. M. (2003). *Teknik Panas Bumi*. Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral: Institut Teknologi Bandung.
- [15] Wuryanti, Sri. 2020. *Peningkatan Efektivitas Cooling tower dengan Metode Air High Speed*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung