

# ANALISIS TEMPERATUR LINGKUNGAN TERHADAP KINERJA *COOLING TOWER* TIPE *INDUCED DRAFT* UNIT 2 PADA PT. X.

,Mohamad Azfijam Irawan<sup>1</sup> Harwan Ahyadi<sup>2</sup>  
Teknik Mesin S1, Institut Sains Dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jakarta Selatan 12630  
[moh.azfijam.irawan@gmail.com](mailto:moh.azfijam.irawan@gmail.com)<sup>1</sup>.  
[harwanfti@yahoo.co.id](mailto:harwanfti@yahoo.co.id)<sup>2</sup>

## ABSTRACT

*Cooling tower is very necessary in every industry, especially in the geothermal power plant industry in the framework of implementation for efficiency and energy conversion where a tool or unit is used for circulation of cooling water. The function of the cooling tower is to process hot water into cold water, so that it can be used again. In the cooling tower specification data, the range value is 16.7 °C, with an approach of 6.5 °C, and with an efficiency of 71.98%. The results of the calculation of the analysis obtained a range value of 22.3 °C, with an approach of 6.3 °C, and with an efficiency of 77.97%. From the results of the analysis, the range, approach, and efficiency values were increased by 5.92% compared to the cooling tower specification data.*

*Keywords: Cooling Tower, Inducted Draft, Range, Approach, Efficiency*

## ABSTRAK

*Cooling tower ini sangat diperlukan di setiap industri khususnya industri pembangkit listrik tenaga panas bumi dalam rangka pelaksanaan untuk efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk sirkulasi air pendingin. Fungsi cooling tower adalah memproses air yang panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali. Penelitian dilakukan dengan mengambil data dengan mengukur debit air, temperature air masuk dan temperature air keluar, dengan nilai range sebesar 16,7 °C, dengan approach sebesar 6,5 °C, dan dengan efisiensi sebesar 71,98 %. Dari analisis diperoleh nilai range sebesar 22,3 °C, dengan approach sebesar 6,3 °C, dan dengan efisiensi sebesar 77,97 %. Dari hasil analisis maka didapat nilai range, approach, dan efisiensi mengalami kenaikan sebesar 5,92% jika dibandingkan dengan data spesifikasi cooling tower.*

*Kata kunci : Cooling Tower, Inducted Draft, Range, Approach, Efisiensi*

## 1.PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat diperlukan masyarakat. Segala aktifitas selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi listrik. Untuk pembangkitannya sendiri di Indonesia, listrik dapat dihasilkan dari pemanfaatan batu bara, minyak bumi, air, angin serta panas bumi. Semua sumber energi tersebut tersedia melimpah di Indonesia. Untuk panas bumi atau geotermal memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan dan dapat dimanfaatkan untuk skala besar. Energi geotermal dihasilkan dari inti perut bumi akibat terjadinya aktivitas magma.

*Cooling tower* ini sangat diperlukan di setiap industri khususnya industri Pembangkit listrik tenaga panas bumi dalam rangka pelaksanaan untuk efisiensi dan konversi energi dimana digunakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk sirkulasi air pendingin. Air pendingin yang berasal dari alat atau sistem penukar panas didinginkan di menara pendingin dengan cara mengontakkan dengan udara yang dilewatkan bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair akan turun. Fungsi *cooling tower* adalah memproses air yang panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali.

Penelitian untuk menganalisis yang berkaitan dengan pengaruh *temperature* lingkungan terhadap *cooling tower* serta faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *cooling tower*, antara lain: pengaruh temperatur ambient (*dry bulb* dan *wet bulb*). Pengukuran efektifitas dilakukan dengan memperhatikan dua hal penting yaitu nilai *approach* dan nilai *range*. *Range* merupakan perbedaan atau jarak antar temperature air masuk dan keluar menara pendingin, jadi nilai *Range* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik, Sedangkan *Approach* adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *wetbulb ambient*, semakin rendah *approach* semakin baik kinerja *cooling tower*.

## 2. METODA

Penelitian dilakukan pada pembangkit listrik tenaga Panas Bumi (PLTP) "Kamojang PLTP Gunung Salak, Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juni 2109.

Dalam penelitian pertama-tama yang dilakukan dengan melakukan survey lapangan dengan alat-alat yang dipergunakan flow meter, temperature dan kelembaban serta peralatan yang akan dilakukan penelitian adalah *cooling Tower* dengan jenis *induce draft double flow crossflow*. Air kondensat keluaran dari kondensor akan dipompakan oleh dua buah pompa pendingin utama (*main cooling water pump*) ke *cooling tower*. Di

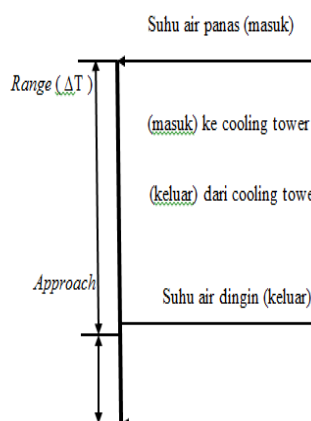
atas *cooling tower* terdapat dua bak air panas (*hot water basin*) sehingga aliran air yang melewati pipa utama kan di bagi menjadi dua aliran ketika berada diatas *cooling tower*. Air panas akan mengalir melewati *nozel-nozel* secara gravitasi. Kemudian air ini akan jatuh dan kontak langsung dengan udara pendingin melalui *fill*. Aliran udara yang mendinginkan air berlawanan arah dengan aliran air. Dengan menggunakan *fan* yang dipasang di atas akan menarik udara yang berasal dari udara luar untuk mendinginkan air panas. *Fan* akan menarik udara panas yang ada di dalam *cooling tower* untuk keluar dari *cooling tower* melalui *fan stack* sehingga uap panas akan dengan cepat keluar dan diganti dengan udara yang lebih tinggi. Dan selanjutnya air dingin akan dikumpulkan di bak air pendingin (*cold water basin*) yang berada di bawah *cooling tower* untuk disirkulasikan kembali ke kondensor.

Sumber pasokan air sebagai make up water dari sungai Cisaketi. Kapasitas air yang dibutuhkan oleh *cooling tower* adalah sebesar 2.825.283 m<sup>3</sup>/h. dengan lebar basin *cooling tower* sebesar 1,65 – 2 m. Adapun penyelesaian dalam penelitian dipergunakan rumus-rumus sebagai berikut :

### COOLING TOWER

Bagian ini menjelaskan tentang bagaimana kinerja tenaga pendinginan dapat dikaji. Kinerja *cooling tower* di evaluasi untuk mengkaji tingkat *approach* dan *range* saat ini terhadap nilai desain, mengidentifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan. Selama evaluasi kinerja, peralatan pemantauan yang portable digunakan untuk mengukur parameter-parameter berikut :

- Menghitung *range* dan *approach*  
*Range* dan *approach temperature* tersaji pada gambar 1.



Gambar 1 *Range dan Approach Temperature*

- **Range**

Untuk mengetahui nilai *range cooling tower* ini, harus mengetahui terlebih dahulu nilai dari temperatur air masuk ( $T_{in}$ ) dan temperatur air keluar ( $T_{out}$ ). Temperatur air masuk ( $T_{in}$ ) dan temperatur air keluar ( $T_{out}$ ) ini memiliki nilai batasan. Untuk temperatur air masuk ( $T_{in}$ ) memiliki suhu ideal antara 40°C-55°C, temperatur air menurunkan temperatur air secara efektif, dan kinerjanya bagus. U masuk ( $T_{in}$ ) ini tidak boleh kurang dari 40°C dan juga tidak boleh lebih dari 55°C.

Karena apabila suhu air masuk kurang dari 40°C, maka akan mengakibatkan suhu air menjadi kurang panas yang akan menyebabkan berkurangnya uap yang akan dihasilkan oleh PLTP.

Sedangkan jika temperatur air masuk ( $T_{in}$ ) ini melebihi 55°C maka akan mengakibatkan suhu air menjadi sangat panas, yang akan menyebabkan pipa uap bocor karena terlalu banyak uap yang diproduksi. Dan untuk temperatur air keluar ( $T_{out}$ ) memiliki suhu ideal antara 26 C-30°C. Temperatur air keluar ( $T_{out}$ ) ini tidak boleh kurang dari 26°C, karena akan mengakibatkan suhu air menjadi terlalu dingin. Sedangkan jika temperatur air keluar ( $T_{out}$ ) melebihi 30°C maka akan mengakibatkan suhu air menjadi hangat, yang akan menyebabkan sistem pendingin tidak bekerja optimal. Untuk menghitung *range cooling tower* dapat menggunakan persamaan 2.1.

$$RangeCT=[T_{in}-T_{out}].....(2.1)$$

Dimana :

Range CT = Range cooling tower (°C)

$T_{in}$  = Temperatur masuk *cooling tower* (°C)

$T_{out}$  = Temperatur keluar *cooling tower* (°C)

- **Approach**

Untuk menghitung approach cooling tower dapat menggunakan persamaan 2.2.

$$Approach CT=[T_{out}-T_{wb}].....(2.2)$$

Dimana :

Approach CT = Approach cooling tower (°C)

$T_{wb}$  = Temperatur *wet bulb cooling tower* (°C)

- **Efektifitas**

Merupakan perbandingan antara range dan range ideal (dalam persentase),

yaitu perbedaan antara temperatur masuk air pendingin dan temperatur *wet bulb* ambien, atau dengan kata lain adalah =  $Range/(Range + Approach)$ . Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektifitas menara pendingin. Untuk menghitung efektifitas cooling tower dapat menggunakan persamaan 2.3

$$Efektifitas Cooling Tower (\%) = \frac{100\% \times (T_{in}-T_{out})}{(T_{in}-T_{out})+(T_{out}-T_{wb})} .....(2.3)$$

- **Kapasitas Pendinginan (Qct)**

Merupakan jumlah panas yang dibuang dari air, sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik dan perbedaan suhu. Untuk menghitung kapasitas pendingin pada cooling tower dapat menggunakan persamaan 2.4

$$Qct= mct \times (T_{in} - T_{out}) .....(2.4)$$

Dimana :

mct = Laju aliran massa pada cooling tower (kg/h)

- **Rugi Penguapan (We)**

Merupakan jumlah air yang diuapkan agar terjadi pendinginan. Jumlah air yang menguap dipengaruhi oleh panas laten air itu sendiri. Apabila semakin besar jumlah kalor yang diserap oleh *cooling tower* maka semakin besar juga kehilangan penguapannya. Begitupun sebaliknya, semakin sedikit jumlah kalor cooling tower maka akan sedikit juga kehilangan penguapannya. Hal ini disebabkan oleh faktor dari suhu lingkungan, dimana apabila pada pagi hari kehilangan penguapan pada yang kecil. Tapi apabila pada siang hari, tower memiliki nilai yang tinggi. Untuk menghitung rugi penguapan tower dapat menggunakan persamaan 3.5

Rugi Penguapan (m3/jam)

$$We = 0,00085 \times m_{ct} \times 1,8 \times (T_{in} - T_{out}) .(2.5)$$

**3.HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1.Spesifikasi Data**

Dari hasil data aktual yang diambil pada tanggal 13 - 19 Desember 2018, data design sudah terlampir pada table 1 spesifikasi thermal *cooling tower*. Data aktual yang diambil adalah sebagai berikut yang terlampir pada tabel Tabel 1 dan 2 Data Pengamatan *Cooling Tower* Jam 12.00

**Tabel 1** Data Pengamatan *Cooling Tower* Jam 12.00

Tanggal	T/h	Bar	°C	°C	°C	kJ/kg	kJ/kg
	mct <sub>in</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>wb</sub>	H <sub>in</sub>	H <sub>out</sub>
13	9793	2.2	54.4	31.9	23	227.7	133.7
14	9582	2.1	54.2	31.8	23	226.9	133.3
15	9447	2.2	53.6	31.3	25	224.4	131.2
16	9558	2.2	53.4	31.2	21	223.6	130.8
17	9133	2.2	53.6	31.1	22	224.4	130.3
18	9037	2.1	54.2	31.5	25	226.9	136
19	9190	2.1	54.4	31.6	22	227.7	132.4

**Tabel 2** Data Pengamatan *Cooling Tower* Jam 00.00

Tanggal	T/h	Bar	°C	°C	°C	kJ/kg	kJ/kg
	mct <sub>in</sub>	P <sub>in</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>wb</sub>	H <sub>in</sub>	H <sub>out</sub>
13	9922	2.2	53.1	30.9	19	222.3	129.51
14	9702	2.2	53.1	30.8	18	222.3	129.09
15	9804	2.2	52.6	30.5	20	220.21	127.83
16	8816	2.2	51.8	29.7	16	216.86	124.45
17	9124	2.2	51.7	30.2	21	216.44	126.58
18	8918	2.2	52.2	30	20	218.53	125.74
19	8987	2.2	52.3	29.8	19	218.95	124.91

### 3.2 Hasil perhitungan Efektifitas *Cooling Tower* diperoleh

Dimana diperoleh data sebagai berikut :

- T<sub>in</sub> = 53,6 °C
- T<sub>out</sub> = 31,3 °C
- T<sub>wb</sub> = 25 °C

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Range } (^{\circ}\text{C}) &= (T_{in}^{\circ}\text{C} - T_{out}^{\circ}\text{C}) \\
 &= (53,6 - 31,3) \\
 &= 22,3 \text{ } ^{\circ}\text{C} \\
 2. \text{ Approach } (^{\circ}\text{C}) &= (T_{out}^{\circ}\text{C} - T_{wb}^{\circ}\text{C}) \\
 &= (31,3 - 25) \\
 &= 6,3 \text{ } ^{\circ}\text{C} \\
 3. \text{ Efektifitas} &= 100\% \times \frac{T_{in} - T_{out}}{(T_{in} - T_{out}) + (T_{out} - T_{wb})} \\
 &= 100\% \times \frac{\text{Range}}{(\text{Range} + \text{Approach})} \\
 &= 100\% \times \frac{22,3}{(22,3 + 6,3)} \\
 &= 77,97\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada sajian tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Kalor yang Diserap

Efektifitas		
Tanggal	Jam 00.00	Jam 12.00
13 Des 2018	65,10%	71,70%
14 Des 2018	63,50%	71,80%
15 Des 2018	67,80%	78%
16 Des 2018	61,70%	68,70%
17 Des 2018	70%	71,20%
18 Des 2018	68,90%	77,70%
19 Des 2018	67,60%	70,40%

### 3.3. Perhitungan Kalor Yang Diserap

Dimana diperoleh data sebagai berikut :

- H<sub>in</sub> = 224,39 kJ/kg
- H<sub>out</sub> = 131,18 kJ/kg
- mct = 9447 T/h

$$Q_{ct} = mct \times (H_{in} - H_{out}) = 9447 \text{ T/h} \times (224,39 \text{ kJ/kg} - 131,18 \text{ kJ/kg}) = 880554.87 \text{ T/h}$$

Dari hasil perhitungan di atas terlihat bahwa kemampuan *cooling tower* dalam menyerap kalor yang terkandung dalam *condensate* adalah sebesar 880554.87 T/h.

Hasil Perhitungan Kalor yang diserap pada waktu yang telah ditentukan dapat dilihat dalam sajian tabel 4

**Tabel 4** Hasil Perhitungan Kalor yang Diserap.

Kalor Yang Diserap		
Tanggal	Jam 00.00	Jam 12.00
13 Des 2018	920662,38 T/h	920933,72 T/h
14 Des 2018	904323,42 T/h	897066,84 T/h
15 Des 2018	905693,52 T/h	880554,87 T/h
16 Des 2018	814686,56 T/h	886886,82 T/h
17 Des 2018	819882,64 T/h	858958,65 T/h
18 Des 2018	827501,22 T/h	821192,19 T/h
19 Des 2018	845137,48 T/h	875807 T/h

### 3.4. Perhitungan *Evaporation Loss*

Dimana diperoleh data sebagai berikut :

- T<sub>in</sub> = 53,6 °C
- T<sub>out</sub> = 31,3 °C
- mct = 9447 T/h

Penyelesaian :

$$We = 0,00085 \times m_{ct} \times 1,8 \times (T_{in} - T_{out})$$

$$We = 0,00085 \times 9447 \times 1,8 \times (53,6 - 31,3)$$

$$We = 322,32 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil perhitungan evaporation loss setiap waktu penelitian dapat dilihat pada sajian tabel 5 dibawah ini

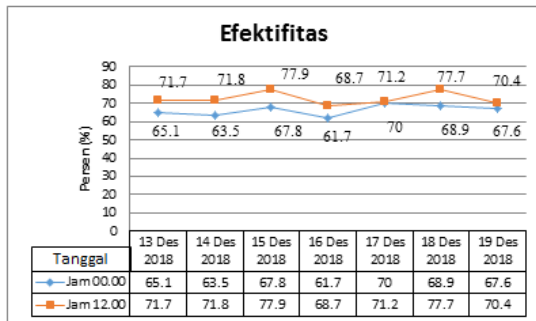
Tabel 5 Hasil Perhitungan *Evaporation Loss*

<i>Evaporation Loss</i>		
Tanggal	Jam 00.00	Jam 12.00
13 Des 2018	337,01 m <sup>3</sup> /jam	337,12 m <sup>3</sup> /jam
14 Des 2018	331,02 m <sup>3</sup> /jam	328,39 m <sup>3</sup> /jam
15 Des 2018	331,5 m <sup>3</sup> /jam	322,32 m <sup>3</sup> /jam
16 Des 2018	298,1 m <sup>3</sup> /jam	327,57 m <sup>3</sup> /jam
17 Des 2018	300,13 m <sup>3</sup> /jam	314,4 m <sup>3</sup> /jam
18 Des 2018	302,91 m <sup>3</sup> /jam	313,86 m <sup>3</sup> /jam
19 Des 2018	309,38 m <sup>3</sup> /jam	320,58 m <sup>3</sup> /jam

### 3.5. Pembahasan

Dari hasil perhitungan dilanjutkan dalam pembahasan

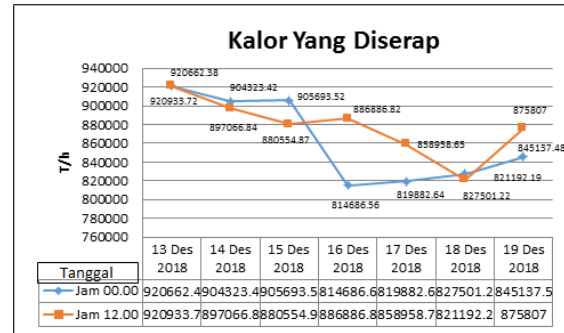
#### 3.5.a. Analisis Perhitungan Efektifitas *Cooling Tower*



Gambar 3 Grafik Efektifitas *Cooling Tower*

Jika dilihat pada sajian gambar 3 menunjukkan bahwa nilai Efektifitas (%) terendah memiliki nilai sebesar 61,7 % pada tanggal 16 Desember 2018 pukul 00.00 dan memiliki nilai Efektifitas tertinggi 77,9 % pada tanggal 15 Desember 2018 pukul 12.00. Dari nilai tersebut dapat dikatakan nilai efektifitas *cooling tower* pada siang hari lebih baik daripada malam hari, karena untuk dapat dikatakan baik nilai efektifitas haruslah diatas 70 %.

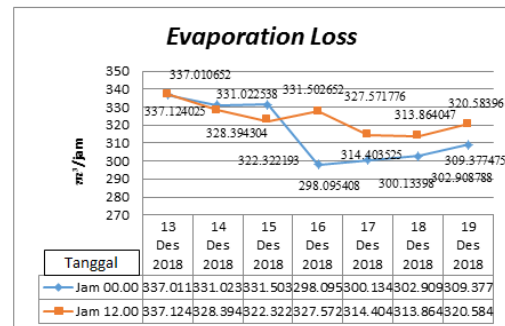
#### 3.5.b. Analisis Perhitungan Kalor Yang Diserap



Gambar 4. Grafik Perhitungan Kalor Yang Diserap

Pada sajian gambar 4. dapat disimpulkan bahwa kemampuan tertinggi *cooling tower* dalam menyerap kalor yang terkandung dalam *condensate* adalah sebesar 920933,72 T/h pada tanggal 13 Desember 2018 jam 12.00 dengan temperatur lingkungan sebesar 23°C. Sedangkan kemampuan terendah *cooling tower* dalam menyerap kalor yang terkandung dalam *condensate* adalah sebesar 814686,56 T/h pada tanggal 16 Desember 2018 jam 00.00 dengan temperatur lingkungan sebesar 16°C.

#### 3.5.c. Evaporator Loss



Gambar 5. Grafik Perhitungan *Evaporation Loss*

Pada sajian gambar 5 bahwa nilai kehilangan penguapan (*evaporation loss*) terendah pada tanggal 16 Desember 2018 jam 00.00 sebesar 298,1 m<sup>3</sup>/jam dengan temperatur lingkungan sebesar 16°C. Sedangkan nilai kehilangan penguapan (*evaporation loss*) tertinggi pada tanggal 13 Desember 2018 jam 12.00 sebesar 337,12 m<sup>3</sup>/jam dengan temperatur lingkungan sebesar 23°C.

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada data design temperatur air masuknya (Tin) memiliki nilai 42,7 °C, dan temperatur air keluaranya (Tout) memiliki nilai 26 °C. Sehingga dapat dikatakan bahwa temperatur air masuk dan temperatur air keluar pada data design dalam keadaan baik, karena berada diantara suhu idealnya yaitu untuk temperatur air masuk memiliki suhu ideal antara 40 °C - 55 °C. dan untuk temperatur air keluar memiliki suhu ideal antara 26 °C – 35°C.
2. Pada data aktual temperatur air masuknya (Tin) memiliki suhu terendah sebesar 51,7°C dan memiliki suhu tertinggi sebesar 54,4°C dan temperatur air keluaranya (Tout) memiliki suhu terendah sebesar 29,7°C dan memiliki suhu tertinggi sebesar 31,9°C. Sehingga dapat dikatakan bahwa temperatur air masuk dan temperatur air keluar pada data aktual dalam keadaan baik, karena berada diantara suhu idealnya yaitu untuk temperatur air masuk memiliki suhu ideal antara 40°C-55 C, dan untuk temperatur air keluar memiliki suhu ideal antara 26°C-35°C.
3. Apabila Semakin banyak jumlah kalor yang diserap cooling tower yaitu sebesar 920933,72 T/h pada tanggal 13 Desember 2018 jam 12.00 maka kehilangan penguapan sebesar sebesar 337,12 m<sup>3</sup>/jam dengan temperatur lingkungan sebesar 23°C. Semakin besar jumlah kalor yang diserap oleh cooling tower maka semakin besar juga kehilangan penguapannya, hal ini disebabkan oleh faktor suhu lingkungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. *American society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers*. ASHRAE Handbook. 4th Edition. 2001
2. *ASHRAE, ASHRAE Handbook 2007. HVAC Application Chapter*
3. SI Edition, Atlanta:published by the *American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers*, Inc.
4. ANSALDO ENERGIA S.p.A, *Section C Cooling Tower Operation / Maintenance*, 2009
5. Departemen Pertambangan dan Energi, (1988), *Proyek PLTP Kamojang Unit 2&3 (2 x 55 MW)*, Jakarta.
6. Elvani, Sulistya. 2017. “*Maintenance Pada Cooling Tower Di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang*”.Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
7. Jaber H, Webb RL. 1989. “*Design of Cooling Tower by Effectiveness-NTU Method*”. ASME J Heat Transf. 43 pp
8. John C Hensley. 2006. *Cooling tower Fundamentals*. SPX Cooling Technologies. Kansas. USA
9. Trika, Restu. 2016. “*Prosedur Pemeliharaan dan Perbaikan Cooling Tower di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang*”. Bandung : Universitas Pasundan Bandung.
10. *Maintenance Manual Cooling Tower Gunung Salak Unit 2*.
11. Mulyadasari Viska, 2011, *Cooling Tower Slection and Sizing*, KLM Technology Group, Johor Baru