

Analisa Sistem Pendingin Berdasarkan Besar Daya Listrik Yang Di Bangkitkan Pada PLTP Lahendong

Glen Jonathan Samola ¹⁾, Lily S. Patras ²⁾, Glanny M. C. Mangindaan ³⁾,

Fakultas Teknik

Prodi Teknik Elektro

Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

Email: samolaglen7@gmail.com

Abstract— The cooling system is to circulate water where the water that has been condensed from the condenser is flowed to the cooling tower to be cooled. In the cooling system there are equipment or machines to process the cooling system. The Lahendong PLTP has a large electrical power generated of 2 x 20 MW. Over time, the working machines can cause the heat released by the equipment to be cooled using an air basin that comes from the cooling tower. Every power generated by the generator, the temperature of the cooling system equipment will increase, sometimes it will also increase. Where, to keep the temperature on the equipment optimal and work for a long time, coordination is needed to check the parameters/gauges in the field. 522797.63, then the cooling capacity with the average value of $T_c = 522797.63$ kcal.

Keywords: Cooling System, Temperature, Heat Transfer

Sistem pendingin yaitu untuk mensirkulasikan air dimana air yang telah dikondensasikan dari condenser di alirkan menuju ke cooling tower untuk di dinginkan. Dalam sistem pendingin terdapat peralatan atau mesin-mesin untuk proses jalannya sistem pendingin. Pada PLTP Lahendong memiliki besar daya listrik yang dibangkitkan sebesar 2 x 20 MW. Seiring berjalan waktu, mesin-mesin yang bekerja dapat menimbulkan panas yang di keluarkan peralatan tersebut didinginkan dengan menggunakan air basin yang berasal dari cooling tower. Setiap daya yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut, temperature pada peralatan sistem pendingin akan semakin naik kadang juga akan . Dimana, untuk menjaga agar temperature pada peralatan tetap optimal dan bekerja dalam jangka waktu yang lama diperlukan koordinasi untuk mengecek parameter/gauge dilapangan. Dari analisa yang telah di dapat di PLTP Lahendong tentang proses sistem pendingin berdasarkan daya listrik yang di bangkitkan dimana nilai keseimbangan pada cooling tower dengan beban 16 MW sampai dengan 20 MW rata-rata temperature yaitu 33°C dan juga berdasarkan nilai laju pendinginan di setiap peralatan dengan jumlah rata-rata semua komponen yaitu

522797.63, kemudian kapasitas pendingin dengan nilai rata-rata $T_c = 522797.63$ kkal.

Kata kunci : Sistem Pendingin, Temperature, Perpindahan Panas

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu pembangkit listrik khususnya di PLTP Lahendong, di dalam satu system pendingin berbicara tentang panas yang di dihasilkan. Contohnya seperti lube oil cooler dalam halnya mendinginkan oli, Generator Air Cooler, dan lain sebagainya. Panas yang di dihasilkan dari komponen tersebut di karenakan adanya mesin-mesin yang berputar atau kinerja lainnya yang beroperasi dalam jangka waktu yang lama sehingga memicu timbulnya panas pada komponen tersebut.

Pada PLTP Lahendong Unit 5 &6 memiliki daya listrik yang di dihasilkan sebesar 2x20 MW. Dalam sistem pendingin memiliki komponen utama yaitu Condenser, Hot Well Pump, dan Cooling Tower. Semakin besar beban yang dihasilkan oleh pembangkit maka proses kinerja pada peralatan tersebut akan meningkat dan panas yang di dikeluarkan dari peralatan tersebut akan naik. Oleh karena itu diperlukan namanya sistem pendinginn untuk menyalurkan air agar komponen atau mesin-mesin yang bekerja dengan normal dan tidak akan terjadi overheat pada peralatan tersebut.

1) Kalor

Kalor adalah suatu energi yang mudah diterima dan mudah sekali dilepaskan sehingga dapat mengubah temperatur zat tersebut menjadi naik atau turun. Kalor juga bisa berpindah dari satu zat ke zat yang lain melalui medium atau perantara. Ternyata Kalor adalah bentuk energi yang tidak dapat dilihat ataupun terlihat. Dan ternyata Energi kalor juga dapat berubah menjadi bentuk energi lain, seperti cahaya, gerak, listrik, kimia dan lain-lain.

Misalkan, dua buah zat yang memiliki temperatur berbeda dicampurkan pada sebuah wadah. Maka temperatur kedua benda tersebut akan menjadi sama. Besarnya temperatur akhir berada di antara temperatur awal kedua zat tersebut. Pada

gejala ini, kalor berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah hingga mencapai temperatur setimbangnya. Satuan internasional dari kalor yaitu J (joule), dan satuan lainnya yaitu kal (kalori).

2) Asas Black

Kalor yaitu energi yang di pindahkan dari benda yang memiliki temperature tinggi ke benda yang memiliki temperature rendah sehingga pengukuran kalor selalu berhubungan dengan perpindahan energi. Bunyi Asas Black adalah sebagai berikut :

“Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang di lepas zat yang suhunya lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang di terima zat yang suhunya lebih rendah”.

Energi adalah kekal sehingga benda yang memiliki temperature lebih tinggi akan melepaskan energi sebesar Q_L dan benda yang memiliki temperature lebih rendah akan menerima energi sebesar Q_T dengan besar yang sama.

Bunyi dari Asas Black, persamaanya adalah sebagai berikut :

$$Q_{Lepas} = Q_{Terima}$$

Ket :

Q_{Lepas} = Jumlah kalor yang dilepaskan oleh zat (joule)

Q_{Terima} = Jumlah kalor yang diterima oleh zat (joule)

Seperti yang telah tercantum persamaan di atas, persamaan yang di gunakan tersebut berhubungan dengan besar perpindahan kalor. Dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) dapat di jabarkan sebagai berikut :

$$Q_{Lepas} = Q_{Terima}$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$\Delta T_1 = T_1 - T_c$$

$$\Delta T_2 = T_c - T_2$$

Dengan persamaan di atas dapat di gabungkan persamaan sebagai berikut :

$$m_1 c_1 (T_1 - T_c) = m_2 c_2 (T_c - T_2)$$

Ket :

- m_1 = massa benda 1 yang suhunya tinggi (kg)
- m_2 = massa benda 2 yang suhunya rendah (kg)
- c_1 = kalor jenis benda 1 (J/kg°C)
- c_2 = kalor jenis benda 2 (J/kg°C)
- T_1 = suhu mula-mula benda 1 (°C atau K)
- T_2 = suhu mula-mula benda 2 (°C atau K)
- T_c = suhu akhir atau suhu campuran (°C atau K)

3) Proses Perpindahan Panas

Perpindahan panas yaitu tentang laju perpindahan panas di antara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu. Suatu panas akan mengalir dari suhu tinggi ke suhu terendah. Ada beberapa mekanisme dalam proses perpindahan panas yaitu :

1) Konduksi (hantaran)

Perpindahan panas konduksi adalah proses pemindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap.

Perpindahan panas secara konduksi tidak hanya terjadi pada padatan saja tetapi bias juga terjadi pada cairan ataupun gas, hanya saja konduktivitas terbesar ada pada padatan. Jadi, konduktivitas padatan > konduktivitas cairan dan gas.

Jika media perpindahan panas konduksi berupa gas, molekul-molekul gas yang suhunya tinggi akan bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi daripada molekul gas yang suhunya lebih rendah. Jika ada perbedaan suhu, molekul-molekul pada daerah yang suhunya tinggi akan memberikan panasnya kepada molekul yang suhunya lebih rendah pada saat terjadi tumbukan dengan molekul yang suhunya lebih rendah.

Jika media perpindahan panas konduksi berupa cairan, mekanisme perpindahan panas yang terjadi sama dengan konduksi dengan media gas, hanya kecepatan gerak molekul cairan lebih lambat daripada molekul gas. Tetapi jarak antara molekul-molekul pada fase gas.

2) Konveksi (aliran/edaran)

Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cairan atau gas. Perpindahan panas secara konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection) menurut cara menggerakkan alirannya. Bila gerakan mencampur berlangsung semata – mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, maka disebut konveksi bebas atau alamiah (natural) . Bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa. Keefektifan perpindahan panas dengan cara konveksi tergantung sebagian besarnya pada gerakan mencampur

fluida . akibatnya studi perpindahan panas konveksi didasarkan pada pengetahuan tentang ciri – ciri aliran fluida.

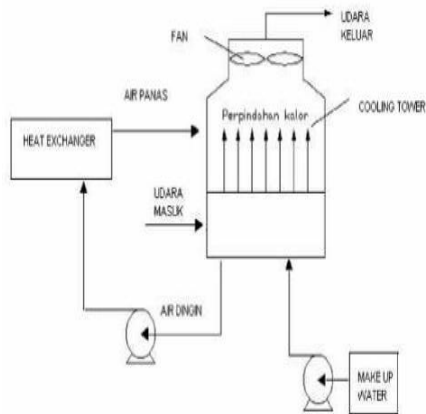
Rumus Konveksi adalah sebagai berikut :

Laju Perpindahan Kalor Nilai laju perpindahan kalor dipengaruhi oleh nilai koefisien perpindahan kalor konveksi (h_c), luas penampang (A) dan perbedaan suhu. Sehingga besarnya laju perpindahan kalor dapat dicari dengan rumus:

$$q = h_c \times A \times \Delta T$$

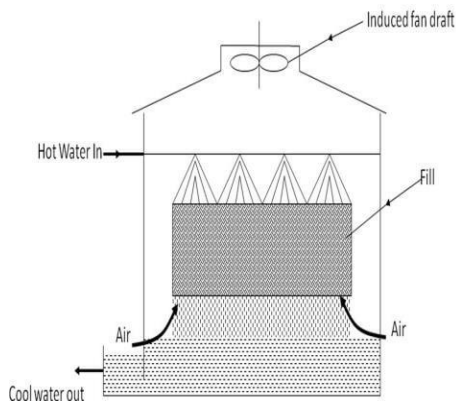
4) Proses Perpindahan panas Pada Cooling Tower

Prinsip kerja cooling tower berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Perpindahan kalor pada cooling tower berlangsung dari air ke udara. Cooling tower menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer, sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan.



Gambar 2.1 Skema Sistem Pendingin

Proses perpindahan panas pada menara dingin atau cooling tower terjadi antara 2 fluida yang terdapat di dalamnya, yaitu udara dan air yang berperan sebagai pendingin. Terjadi kontak secara langsung dan terus menerus terhadap udara dan air di cooling tower. Pada jenis mechanical draft cross flow tower, air yang sudah mendinginkan sebuah proses tertentu dikembalikan melalui pipa sebagai perantara ke cooling tower dengan suhu yang lebih tinggi. Kemudian akan diterima oleh hot water basin. Dari hot water basin tersebut, air didistribusikan dan melewati fill. Di sisi lain, udara masuk melalui inlet louvers yang terletak di bagian samping menara pendingin. Udara tersebut dihembuskan oleh beberapa kipas yang terletak di bagian atas tengah cooling tower.



Gambar 2.2 Cooling Tower

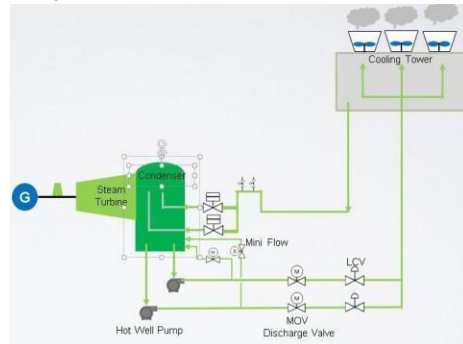
Pada proses fill inilah terjadi kontak antara udara dan air. Panas pada air diserap ke dalam udara, sehingga suhu pada air mengalami penurunan setelah terjadi kontak dengan udara.

Air yang sudah mengalami proses pendinginan tersebut ditampung di cold water basin yang dipasang pada bagian paling bawah menara pendingin atau cooling tower. Selanjutnya, air yang sudah mengalami pendinginan tersebut didistribusikan kembali ke proses melalui pompa untuk digunakan sebagai media pendingin.

5) Komponen Utama Pada Sistem Pendingin

Pada sistem pendingin di suatu pembangkit terutama pada PLTP unit 5&6, tujuan pada sistem ini yaitu untuk memproses sirkulasi air dari condenser yang telah di kondensasi adanya spray nozzle dan selanjutnya di alirkan ke cooling tower untuk di dinginkan. Ada beberapa komponen utama dalam proses pendingin :

1. Condenser
2. Hot Well Pump
3. Cooling Tower



Gambar 2.3 Sistem Pendingin

A. Condenser

Condenser yaitu suatu peralatan dengan fungsi utama sebagai untuk mengkondensasikan uap yang berasal dari turbin. Proses terjadinya kondensasi uap dikarenakan adanya cooling water yang berasal dari cooling tower yang telah di sirkulasi ke condenser untuk mengkondensasikan uap dengan adanya spray nozzle dalam proses kondensasi steam/uap.

Setelah terkondensasikan oleh spray nozzle, air tersebut di tampung ke dalam condenser dan akan di sirkulasi/di alirkan oleh Hot Well Pump. Dalam suatu steam/uap terdapat adanya NCG (Non Condensable Gases) atau di katakan adanya gas yang tidak dapat di kondensasikan. Gas yang terkandung di dalamnya seperti Karbon Dioksida (CO_2), Hidrogen (H_2), Karbon Monoksida (CO), dan lain-lain. Dan gas tersebut nantinya akan di tarik keluar melalui cooling tower dan di buang ke atmosfer.



Gambar 2.4 Condenser

B. Hot Well Pump

Hot Well Pump yaitu sebuah peralatan yang berfungsi untuk menyalurkan hasil kondensasi steam/uap yang berasal dari condenser dan hasil dari kondensasi tersebut di alirkan menuju ke cooling tower.



Gambar 2.5 Hot Well Pump

C. Cooling Tower

Cooling Tower yaitu suatu peralatan dengan tujuan utama pada peralatan ini untuk membuang temperature panas ke atmosfer guna juga mendapatkan air yang lebih dingin untuk dapat di sirkulasikan kembali ke condenser dan juga peralatan-peralatan lainnya yang memerlukan air dingin dari cooling tower.

Pada dasarnya coolingtower memiliki beberapa tipe yaitu sebagai berikut :

1. Natural Fan

Pada dasarnya cooling tower tipe natural fan/atmosfere cooling tower fan biasanya dengan adanya bangunan cimney yang sangat tinggi , dengan air di sirkulasikan sebesar 200.000 gpm, dan tipe dari cooling tower ini biasanya terdapat pada bagian eropa dan sekitarnya atau pada daerah sub tropis.

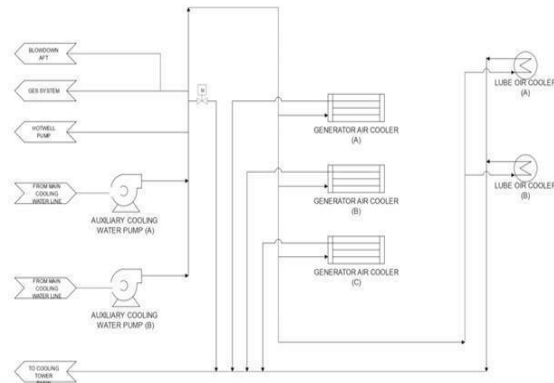
2. Mechanical Cooling Tower

Pada tipe ini menggunakan bantuan dengan adanya mesin untuk mensirkulasikan udara seperti fan, blower, dan lain-lain. Tipe inilah yang di gunakan pada PLTP lahendong. Proses tersebut dengan adanya sebuah mesin atau speed reducer untuk menggerakkan fan dengan kecepatan tertentu. Sehingga fan/kipas dapat menarik temperature pada air dan di buang ke atmosfer.

6) Komponen-komponen Yang Di dinginkan Melalui Cooling Tower

Di dalam suatu alat yang bekerja pada pembangkit listrik terutama pembangkit listrik tenaga panas bumi, tujuan utama pada cooling tower yaitu untuk mengurangi temperature air dan air tersebut akan di gunakan untuk menyalurkan air tersebut ke komponen-komponen yang memerlukan air agar pada komponen-komponen tersebut tidak akan terjadi peningkatan temperature atau tidak akan overheat agar pada saat beroperasi akan tetap stabil. Komponen yang di gunakan

untuk mengalirkan air dari cooling tower yaitu *Auxilliary Cooling Water System*.



2.12 Sistem Pengaliran Air Dari ACWP

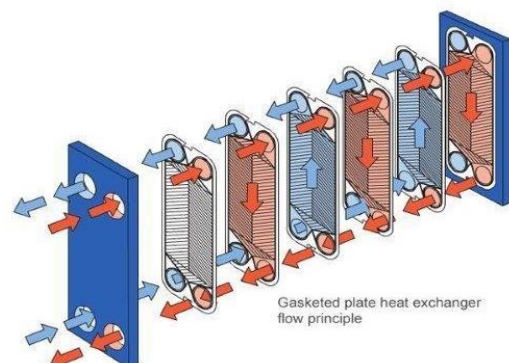
Komponen-komponen yang di dinginkan adalah sebagai berikut :

1) Condenser

Air pada condenser itu berasal dari cooling tower. Tujuan utama air yang di alirkan ke condenser untuk mengkondensasikan steam yang berasal dari turbine. Di sisi lain juga, air yang di alirkan melalui cooling tower bertujuan juga untuk mengurangi temperature dari hasil yang telah di kondensasikan sehingga pada saat steam sudah terkondensasi, air tersebut tidak terlalu panas.

2) Lube Oil Cooler

Lube Oil Cooler yaitu sebuah alat yang berfungsi untuk mendinginkan oli yang berasal dari Main Oil Tank dan oli/pelumas tersebut di salurkan ke bearing turbin agar tidak mudah korosi/karat. Prinsip kerja dalam mendinginkan suatu oli yaitu dengan arah aliran berlawanan melalui plat exchanger.



Gambar 2.13 Plat Heat Exchanger

3) Intercondenser

Intercondenser sama halnya dengan condenser yaitu pada umumnya untuk mengkondensasikan steam serta juga mengurangi temperature dari steam tersebut. Air yang berasal dari cooling tower, di alirkan menuju ke spray nozzle untuk di kondensasikan dan hasil yang telah di kondensasikan di alirkan kembali menuju ke condenser.

4) Hot Well Pump Mechanical Seal

Tujuan dari Hot Well Pump yaitu untuk mengalirkan air yang telah di kondensasikan dari condenser menuju ke cooling tower. Air yang di pompakan dari ACWP menuju ke mechanical seal Hot Well Pump untuk mengurangi temperature dari seal Hot Well Pump agar tidak terjadi overheat.

5) Generator Air Cooler

Generator Air Cooler yaitu sebagai pendingin udara generator dengan fungsi untuk mempertahankan temperature udara di dalam suatu generator agar dapat beroperasi sesuai dengan operasi normal pada generator. Cara kerja dalam mempertahankan temperature generator yaitu untuk memindahkan udara panas yang ada di dalam generator ke air pendingin.

6) Vacuum Pump Water Seal

Air pendingin yang di pompakan oleh ACWP (Auxiliary Cooling Water Pump) masuk ke dalam Vacuum Pump. Tujuannya juga dari air tersebut untuk membantu prosesnya vacuum yang ada di dalam Vacuum Pump dan juga sebagai pendingin dalam mengoperasikan Vacuum Pump tersebut.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini dilakukan selama 23 hari. Penelitian dimulai dari tanggal 1 November 2021 sampai dengan 23 November 2021. Tempat penelitian dilakukan di PLTP Lahendong unit 5 dan 6 di Tompas. Perhitungan dan analisa penelitian di rumah tinggal penulis dan di Laboratorium Tenaga

Listrik Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan terdiri dari:

- 1) Mencari data dan mengumpulkan referensi yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan.
- 2) Melakukan analisa terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit dalam sistem pendingin.
- 3) Menganalisa perubahan temperature yang dihasilkan oleh tiap komponen pada sistem pendingin.
- 4) Menganalisa volume air yang dialirkan dari cooling tower ke peralatan sistem pendingin.
- 5) Merangkum semua analisa/data yang didapat.
- 6) Membuat laporan penelitian

C. Tinjauan Plant

Secara langsung lokasi dalam tinjauan plant dan melakukan penelitian pada PLTP Lahendong Unit 5&6. Hal yang dilakukan yaitu dengan mengamati sistem pendingin sesuai daya listrik yang dikeluarkan.

Setelah mengamati proses sistem pendingin, hal yang dilakukan yaitu pengambilan data terhadap perubahan temperature di tiap peralatan sistem pendingin, volume air yang masuk di peralatan sistem pendingin.

Sesudah pengambilan data, langkah selanjutnya menghitung kapasitas pendinginan, keseimbangan temperature cooling tower, dan laju pendinginan.

D. Perhitungan dan Analisa Pada Sistem Pendingin

1) Proses Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan yaitu untuk mengetahui kemampuan dari sistem dingin dalam menghilangkan panas. Kapasitas Pendinginan ruangan dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Ket :

- m = laju massa pendinginan (kg/s)
- Cp = panas spesifik (air) J/Kg°C, (4180 J/Kg°C)
- ΔT = perubahan suhu (°C)
- T₁ = suhu yang masuk
- T₂ = suhu yang keluar

2) Laju Pendinginan

Laju Pendinginan yaitu suatu kecepatan dalam penurunan temperature dari suatu sistem terhadap waktu tertentu atau selang waktu (t). Laju pendinginan ruangan (q_r) dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$q_r = m \cdot Cp \cdot \frac{dT}{dt} \quad (2.4)$$

Ket :

- m = massa (kg)
- Cp = Panas spesifik udara KJ/kg.K
- dT = beda temperatur (°C)
- T₁ = suhu masuk (°C)

T_2 = suhu keluar ($^{\circ}\text{C}$)
 dt = selang waktu (menit)

- 3) Proses Keseimbangan Cooling Tower (Asas Black)
 Tujuan dari roses ini yaitu untuk mengetahui titik keseimbangan antara input dan output pada cooling tower.

$$m_1c_1(T_1 - T_c) = m_2c_2(T_c - T_2)$$

Ket :

m_1 = massa benda 1 yang suhunya tinggi (kg)
 m_2 = massa benda 2 yang suhunya rendah (kg)
 c_1 = kalor jenis benda 1 ($\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$)
 c_2 = kalor jenis benda 2 ($\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$)
 T_1 = suhu mula-mula benda 1 ($^{\circ}\text{C}$ atau K)
 T_2 = suhu mula-mula benda 2 ($^{\circ}\text{C}$ atau K)
 T_c = suhu akhir atau suhu campuran ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

$$q_r = 13800 \cdot \frac{9,13}{60}$$

$$q_r = 13800 \cdot 0,15$$

$$q_r = 2070$$

2. Generator Air Cooler
 $q_r = 19,5 \cdot 1000 \cdot \frac{60,93-40,17}{60}$

$$q_r = 19500 \cdot 0,346$$

$$q_r = 6747$$

3. Hot Well Pump
 $q_r = 0,6 \cdot 1000 \cdot \frac{73,74-37,73}{60}$

$$q_r = 363,1$$

4. Intercondenser
 $q_r = 24,16 \cdot 1000 \cdot \frac{40,01-36,52}{60}$

$$q_r = 1405$$

5. Vacuum Pump
 $q_r = 8,8 \cdot 1000 \cdot \frac{56,82-26,52}{60}$

III. Hasil dan Analisa

I Analisa Sistem Pendingin Berdasarkan Besar Daya Listrik Yang Di Bangkitkan Pada PLTP Lahendong

Untuk Analisa Perhitungan Sistem pendingin sesuai beban, maka secara langsung di lakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai sesuai dengan beban yang ada seperti kapasitas pendinginan, laju pendinginan, kesetimbangan cooling tower dengan menggunakan persamaan Asas Black.

1) Perhitungan Analisa Sistem Pendingin Berdasarkan Daya Listrik Yang Di Bangkitkan

A. Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan yaitu panas yang di buang dalam bentuk kKal/jam (KW), hasil dari massa aliran air, kalor spesifik air ($4200 \text{ kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$), dan perbedaan temperature dari suatu komponen tersebut. Rumus untuk mencari kapasitas pendingin adalah sebagai berikut ():

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Ket :

Q = Kapasitas pendinginan (kW)
 m = laju massa aliran air (kg/s)
 c = kalor spesifik air ($\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$) (4200)
 ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

1. Lube oil Cooler
 $Q = 13,8 \cdot 4200 \cdot 9,13$
 $Q = 529.174,8$
2. Generator Air Cooler
 $Q = 19,5 \cdot 4200 \cdot 20,76$
 $= 1.700.244$
3. Intercondenser
 $Q = 24,16 \cdot 4200 \cdot 3,49$
 $Q = 354.137,28$
4. Hot Well Pump
 $Q = 0,6 \cdot 4200 \cdot 36,31$
 $Q = 91.501,2$
5. Vacuum Pump
 $Q = 8,8 \cdot 4200 \cdot 20,3$
 $Q = 750.288$

B. Laju Pendinginan

Pada perhitungan laju pendinginan, m/massa (kg) di ambil pada volume air. Panas spesifik udara/ c_p ($1000 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$) dengan rumus ()

1. Lube Oil Cooler
 $q_r = 13,8 \cdot 1000 \cdot \frac{54,08-44,95}{60}$

2. Analisa Perhitungan Sistem Pendingin Berdasarkan Daya Yang Di Bangkitkan Pada PLTP Lahendong

Berdasarkan nilai yang di peroleh maka hasil perhitungan sesuai isi tabel 4.1, tabel 4.2, dan tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.1

Hasil Perhitungan Kapasitas Pendingin

| No | Beban | Waktu | m (kg/s) | ΔT (°C) | Q (kkal) |
|-----------|-------|-------|----------|-----------------|-----------|
| 1 | 16,8 | 08:00 | 13,8 | 9,13 | 529174,8 |
| 2 | 16,2 | 10:00 | 13,86 | 9,17 | 533804,04 |
| 3 | 18 | 12:00 | 13,9 | 9,38 | 547604,4 |
| 4 | 18,2 | 14:00 | 13,94 | 8,84 | 517564,32 |
| 5 | 18,7 | 16:00 | 14,02 | 8,71 | 512879,64 |
| 6 | 19 | 18:00 | 14,08 | 8,25 | 487872 |
| 7 | 19,2 | 20:00 | 14,1 | 8,38 | 527058 |
| 8 | 20,1 | 22:00 | 14,08 | 8,9 | 526310,4 |
| Rata-rata | | | | | 522797.63 |

Tabel 4.2

Hasil Perhitungan Laju Pendinginan

| No | Beban (MW) | Waktu | dT (°C) | dt (menit) | m (kg) | Cp (kJ/kg.K) | qr |
|-----------|------------|-------|---------|------------|--------|--------------|---------|
| 1 | 16,8 | 08:00 | 9,13 | 60 | 13,8 | 1000 | 2070 |
| 2 | 16,2 | 10:00 | 9,17 | 60 | 13,86 | 1000 | 2079 |
| 3 | 18 | 12:00 | 9,38 | 60 | 13,9 | 1000 | 2173 |
| 4 | 18,2 | 14:00 | 8,84 | 60 | 13,94 | 1000 | 1951,6 |
| 5 | 18,7 | 16:00 | 8,71 | 60 | 14,02 | 1000 | 2035 |
| 6 | 19 | 18:00 | 8,25 | 60 | 14,02 | 1000 | 1925 |
| 7 | 19,2 | 20:00 | 8,38 | 60 | 14,08 | 1000 | 1830 |
| 8 | 20,1 | 22:00 | 8,9 | 60 | 14,1 | 1000 | 1974 |
| Rata-rata | | | | | | | 2005.38 |

Tabel 4.3**Hasil Keseimbangan Temperature Cooling Tower**

| NO | Beban (MW) | Waktu | m ₁ | m ₂ | c ₁ | c ₂ | T ₁ | T ₂ | T _c |
|----|------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 16,8 | 08:00 | 1000 | 7900 | 4200 | 450 | 37 | 27 | 32 |
| 2 | 16,2 | 10:00 | 1081 | 7900 | 4200 | 450 | 37,10 | 27,42 | 32,6 |
| 3 | 18 | 12:00 | 1089 | 7900 | 4200 | 450 | 38,25 | 28,10 | 33,5 |
| 4 | 18,2 | 14:00 | 1096 | 7900 | 4200 | 450 | 38,40 | 28,44 | 33,8 |
| 5 | 18,7 | 16:00 | 1101 | 7900 | 4200 | 450 | 38,88 | 29,13 | 34,4 |
| 6 | 19 | 18:00 | 1114 | 7900 | 4200 | 450 | 38,88 | 29,33 | 35,04 |
| 7 | 19,2 | 20:00 | 1125 | 7900 | 4200 | 450 | 39,56 | 29,79 | 35,08 |
| 8 | 20,1 | 22:00 | 1159 | 7900 | 4200 | 450 | 39,90 | 29,98 | 35,3 |

III. KESIMPULAN DAN SARAN**A. Kesimpulan**

Berdasarkan dengan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan :

1. Beban yang dihasilkan oleh suatu pembangkit semakin besar atau beban maksimum temperature yang dihasilkan oleh suatu peralatan akan semakin meningkat. Dan juga sebaliknya jika beban yang dihasilkan semakin menurun maka temperature yang dihasilkan oleh komponen tersebut akan semakin menurun. Beban yang di atur melalui valve pada turbin. Sehingga valve yang berada pada input cooling tower dan output cooling tower tidak akan terpengaruh.
2. Jika nilai temperature lebih besar maka kapasitas pendinginan akan lebih besar walaupun volume air tetap.
3. Nilai dari Laju Pendinginan hanya bergantung pada volume air di setiap peralatan. Semakin besar massa yang dihasilkan atau semakin besar volume maka semakin kecil proses laju pendinginan. Begitu pula sebaliknya.
4. Nilai temperature dari cooling tower sangat berpengaruh terhadap keseimbangan temperature cooling tower. Jika perbedaan temperature semakin meningkat maka

keseimbangan temperature akan meningkangt sesuai beban yang ada. Begitu pula sebaliknya.

B. Saran

Pembahasan dan hasil untuk nilai baik kapasitas pendinginan, laju pendinginan maupun keseimbangan pada cooling tower pada PLTP Lahendong, kiranya juga dapat menjadi bahan referensi dan juga dalam penelitian bisa juga di gunakan ke dalam pembangkit lainnya.

IV. KUTIPAN

- [1] Alvera Apridalianti Melkias, Analisa Performa Pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow. Jurnal Energi Volume 10 Nomor 1 November 2020.
- [2] Buku Panduan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PT. Pertamina Geothermal lahendong.
- [3] Cooling Tower Fundamentals, John C. Hensley, SPX Cooling Technologies, Inc. Overland Park, Kansas USA.
- [4] I Komang Gede Sastrawan1), Rachmat Subagyo2), ANALISA PERPINDAHAN PANAS COOLING TOWER (INDUCED DRAFT) PLTU I PULANG PISAU (2 x 60 MW).
- [5] I Putu Yudi Aryawan, Hendra Wijaksana dan I Nengah SuarnadwipaJurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali (2016).
- [6] Introduction to Heat Transfer, Frank P. Incropera, (1981)

- [7] Luqman Buchori, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Perpindahan Panas, Semarang (2009). Yopi
- [8] Handoyo1 Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi.
- [9] Yopi Handoyo1 Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T.XYZ, Tambun Bekasi

TENTANG PENULIS



Glen Jonathan Samola lahir 01 Februari 2000, pada tahun 2017 memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2019. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja

Praktek yang bertempat di PLTP Lahendong Unit 5 & 6 di Tompaso pada tanggal 25 Januari 2021 dan selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado tahun 2021, minat penelitiannya tentang Analisa Sistem Pendingin Berdasarkan Besar Daya Listrik Yang Di Bangkitkan Pada PLTP Lahendong

