

PERHITUNGAN LAJU ALIRAN MASSA AIR PADA UNIT COOLING TOWER DI AREA UTILITY A-1 PT.XYZ

M. Alfi Nugraha

S-1 Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, 41361.

2010631150008@student.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diajukan:

Diterima:

Diterbitkan:

ABSTRAK

Unit utility mengelola dan menyediakan sarana untuk menunjang unit-unit lain dan berfungsi juga untuk mengawasi kelancaran proses produksi dari suatu pabrik terutama unit cooling tower atau pendinginan air. Pada Mechanical Cooling Tower terlihat bahwa pendinginan air dibantu oleh kipas / van yang terletak di atas tower. Jadi udara panas yang menguap dalam cooling tower akan dihisap oleh van / kipas dan dikeluarkan ke atas. 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. Setelah dilakukan penelitian dapat disimpulkan bahwa Laju aliran massa pada hari pertama adalah sebesar 12,70 Kg/s, hari ke-2 sebesar 13,2 Kg/s, hari ke-3 sebesar 10,78 Kg/s, dan hari ke-4 sebesar 10,55 Kg/s.

Kata Kunci: Cooling Tower, laju aliran massa, pengolahan air, utility dan Perpindahan panas

ABSTRACT

The utility unit manages and provides facilities to support other units and also functions to oversee the smooth production process of a factory, especially cooling tower or water cooling units. In the Mechanical Cooling Tower, it can be seen that water cooling is assisted by a fan/van located above the tower. So the hot air that evaporates in the cooling tower will be sucked in by the van / fan and expelled upwards. Cooling towers utilize water and air in the heat transfer process which is discharged into the atmosphere. The performance of the cooling tower is evaluated to find optimal performance in circulating the cooling system 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 several data parameters such as inlet and outlet temperatures, air humidity, air velocity that comes out of the blower, the mass flow rate of water in the cooling tower will be sought. After conducting research it can be concluded that the mass flow rate on the first day is 12.70 Kg /s, the 2nd day was 13.2 Kg/s, the 3rd day was 10.78 Kg/s, and the 4th day was 10.55 Kg/s.

Keywords: Cooling Tower, mass flow rate, water treatment, utility and heat transfer.

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. 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. Dalam kebanyakan cooling tower yang bekerja pada sistem pendinginan udara menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal ke atas melintasi menara. Kinerja cooling tower disini mempunyai peranan sangat penting terhadap pertukaran panas pada heat exchanger. 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. 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. Sekat-sekat menara pendingin merupakan salah satu faktor yang menentukan proses pendinginan dan kinerja menara pendingin. 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.

Pabrik Utility Adalah Pabrik Yang Menyediakan Bahan Baku Dan Penunjang

Untuk Kebutuhan Operasi Seluruh Pabrik xyz 1-A. Diantaranya Adalah Air Minum, Air Bersih, Air Pendingin, Air Proses, Steam, Tenaga Listrik, Ia/Pa, Nitrogen Gas Dan Pengolahan Limbah Cair.

Unit utilitas memegang peranan yang begitu penting dalam operasional sebuah pabrik kimia. Tanpa kehadirannya, proses produksi tidak dapat dijalankan.

Beberapa peran penting utilitas antara lain:

- menjaga mesin-mesin produksi tetap beroperasi dengan normal, seperti kompresor, pompa, dan lain-lain
- menjaga kondisi operasi pabrik tetap stabil sesuai dengan yang diinginkan
- menjaga aspek safety pada proses produksi terlaksana dengan baik

Jumlah utilitas yang diperlukan akan berbeda dari suatu pabrik kimia ke pabrik kimia lainnya. Tentu saja ini karena kebutuhannya yang berbeda. Namun demikian, ada beberapa jenis utilitas pabrik kimia yang umumnya hampir kita dapat temukan pada setiap pabrik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan yaitu dengan cara observasi secara langsung, wawancara operator maintenance, beserta pembimbing di lapangan, dan melakukan studi literatur. Penelitian ini dilakukan di PT. Xyz pada bulan Juni-Juli 2023.

Kerja praktek dilaksanakan dari tanggal 12 Juni hingga 12 Juli 2022. Tempat pelaksanaannya di salah satu anak perusahaan Pupuk Indonesia, yaitu PT xyz Cikampek di Bagian Pabrik 1-A

2.1. Rumus

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.

$$Q_{air} = M_{air} \cdot Cp \cdot (\Delta T)$$

b. Q pada udara

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

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

2.3. Alat dan Bahan

2.3.1 Alat

1. Heat Exchanger

Heat exchanger adalah salah satu peralatan penting yang sering ditemukan di lokasi industri. Umumnya, alat ini bisa dimanfaatkan untuk sistem pemanas maupun pendingin. Namun pada banyak sektor industri, terutama di dalam pabrik, alat satu ini lebih sering digunakan sebagai sistem pendingin.

2. Pompa air

Pompa Air Cooling Tower adalah mesin pompa yang bekerja untuk mengalirkan air dari cooling tower menuju mesin-mesin yang membutuhkan sistem pendinginan. Pompa ini tersusun seperti halnya pompa sirkulasi diatas. Bagian-bagiannya sama, hanya ukurannya lebih besar. Yang membedakan ialah kapasitas muatan, daya dan ukurannya. Untuk pompa ini, dayanya lebih besar daripada pompa sirkulasi. Untuk penggunaan dalam chiller, pompa ini bekerja dengan mengalirkan cooling water dari cooling tower menuju condenser chiller untuk proses pendinginan Freon. Outlet dari condenser akan kembali menuju cooling tower.

3. Basin

Basin cooling tower terletak pada bagian bawah cooling tower dan menampung air hasil kondensasi yang mengalir turun karena gravitasi setelah didinginkan pada cooling tower. Proses pendinginan pada cooling tower menggunakan fan yang beroperasi.

2.3.2 Bahan

1. Klorine, untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah timbulnya lumut
2. Asam fosfat, untuk mencegah timbulnya kerak pada pipa exchanger
3. Asam sulfat, untuk mengatur pH air

pendingin

4. Seng Kromat, sebagai anti korosi
5. Dispersent, untuk mencegah penggumpalan dan mengendapnya kotoran-kotoran yang terdapat dalam air pendingin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengertian Cooling Tower (Air Pendingin)

Air pendingin adalah air yang digunakan untuk mendinginkan alat dengan melewatkannya melalui alat penukar panas (HE) sehingga terjadi pertukaran panas. Penggunaan air pendingin dalam suatu industri mutlak diperlukan. Air pendingin yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat antara lain: tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Menara pendingin yang digunakan terbuat dari kerangka kayu yang kokoh dari jenis kayu Red Wood yang telah diproses agar tahan air asam dan basa. Proses yang terjadi sebagai berikut:

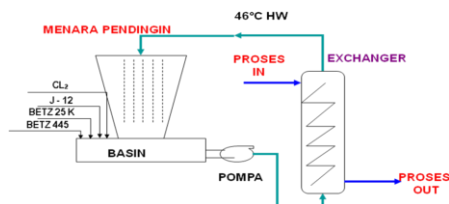
Air panas dari alat penukar panas dengan temperatur 460C dialirkan ke bagian atas menara pendingin dan dialirkan melalui distributor. Air dicurahkan ke bawah melalui lubang saluran air (swirl) sambil melepaskan panas karena kontak dengan udara yang masuk melalui kisi-kisi bagian samping menara, sehingga udara yang mengalir ke atas mengalami kontak dengan air dan akan menghasilkan efek pendinginan air karena adanya perpindahan panas sehingga sebagian air ikut menguap. Uap air dan udara mengalir melalui bagian atas menara pendingin, Kemudian air yang sudah dingin dengan temperatur sekitar 32°C ditampung dalam bak penampung yang ada di bagian bawah menara, dipompa dan didistribusikan sebagian besar ke alat penukar panas di unit ammonia, sisanya ke unit urea dan unit utilitas. Kebutuhan air pendingin adalah 573,4 m³/jam. Untuk mempertahankan kondisi air agar seperti yang diinginkan, maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Klorine, untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah

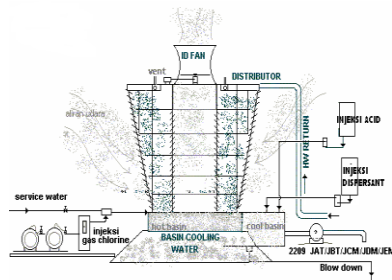
- timbulnya lumut
- Asam fosfat, untuk mencegah timbulnya kerak pada pipa exchanger
- Asam sulfat, untuk mengatur pH air pendingin
- Seng Kromat, sebagai anti korosi
- Dispersent, untuk mencegah penggumpalan dan mengendapnya kotoran-kotoran yang terdapat dalam air pendingin.

Batasan operasi pada menara pendingin (cooling tower) adalah:

- pH = 6,5-7,8
- Cl2 = 0,5-1,0 ppm
- PO4 = 13-18 ppm
- Kekeruhan = 3-20 ppm



Gambar 1. Proses pada Cooling tower



Gambar.2 Cooling Tower

Tabel.1 Karakteristik Umpan Air

Karakteristik Umpan Air	Karakteristik Air Pendingin
Kekeruhan lebih kecil dari 0,5 pH antara 7,0 sampai 7,5 kadar Cl2 \leq 0,5 ppm kesadahan lebih kecil dari 50 ppm	kekeruhan mencapai 0,5 atau kurang mempunyai pH antara 7,0-7,8 kadar Cl kurang dari 0,5 ppm,

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

- Termometer (alat ukur temperature)
- Higrometer (alat ukur kelembapan)
- Anemometer (alat ukur kecepatan udara)

1. Kelembaban Udara

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

2. Kecepatan Udara

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

3. Entalphy Cooling Tower

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

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.

2. Kelembaban Udara

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

3.Kecepatan Udara

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

4. Entalphy Cooling Tower

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

Dari berbagai parameter perhitungan yang dilakukan selama 4 hari dalam rentang 4 (empat) waktu yang berbeda

3.3. Perhitungan

3.3.1. Persamaan 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{Hari ke-1} &= \\
 Q_{\text{air}} &= m_{\text{air}} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \\
 &= m_{\text{air}} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (35,25 - 32,50) C^\circ \\
 &= m_{\text{air}} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (2,75) C^\circ \\
 &= m_{\text{air}} \cdot 11,55 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hari ke-2} &= \\
 Q_{\text{air}} &= m_{\text{air}} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \\
 &= m_{\text{air}} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (34 - 31) C^\circ \\
 &= m_{\text{air}} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (3) C^\circ \\
 &= m_{\text{air}} \cdot 12,6 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hari ke-3} &= \\
 Q_{\text{air}} &= m_{\text{air}} \cdot C_p \cdot (\Delta T)
 \end{aligned}$$

$$= m \text{ air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (35,50 - 31,75) \text{ C}^\circ$$

$$= m \text{ air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (3,75) \text{ C}^\circ$$

$$= m \text{ air} \cdot 15,75 \text{ kJ/Kg}$$

Hari ke-4 =

$$Q \text{ air} = m \text{ air} \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

$$= m \text{ air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (35,75 - 32,25) \text{ C}^\circ$$

$$= m \text{ air} \cdot 4,2 \text{ kJ/Kg} \cdot C \cdot (3,5) \text{ C}^\circ$$

$$= m \text{ air} \cdot 14,7 \text{ kJ/Kg}$$

3.3.2. Persamaan 2 :

Hari ke-1 =

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

$$M \text{ udara} = V_{ud} \times A$$

$$= 6,025 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,79 \text{ m}^2$$

$$= 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \text{ udara} = 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \times V_{sp}$$

$$= 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,85 \text{ kg/m}^3$$

$$= 4,04 \text{ kg/s}$$

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

$$= 4,04 \text{ kg/s} \times (h_2 - h_1)$$

$$= 4,04 \text{ kg/s} \cdot (122,28 - 85,95) \text{ kJ/kg}$$

$$= 4,04 \text{ kg/s} \cdot (36,33) \text{ kJ/kg}$$

$$= 146,8 \text{ kJ/s}$$

Hari ke-2 =

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

$$M \text{ udara} = V_{ud} \times A$$

$$= 6,325 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,79 \text{ m}^2$$

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

$$M \text{ udara}$$

$$= 4,75 \text{ m}^3/\text{s} \times V_{sp}$$

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

$$= 4,25 \text{ kg/s}$$

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

$$= 4,25 \text{ kg/s} \times (h_2 - h_1)$$

$$= 4,25 \text{ kg/s} \cdot (125,68 - 86,48) \text{ kJ/kg}$$

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

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

Hari ke-3 =

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

$$M \text{ udara} = V_{ud} \times A$$

$$= 6,575 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,79 \text{ m}^2$$

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

$$M \text{ udara}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Hari ke-4 =

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

$$M \text{ udara} = V_{ud} \times A$$

$$= 6,25 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,79 \text{ m}^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3.3. Persamaan 1 & 2

Hari ke-1 =

$$Q \text{ air} = Q_{ud}$$

$$M \text{ air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) = m \text{ udara} \cdot (\Delta h)$$

$$M \text{ air} \cdot 11,55 \text{ kJ/Kg} = 146,8 \text{ kJ/s}$$

$$m \text{ air} = 12,70 \text{ Kg/s}$$

Hari ke-2 =

$$Q \text{ air} = Q_{ud}$$

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

$$M \text{ air} \cdot 12,6 \text{ kJ/Kg} = 166,6 \text{ kJ/s}$$

$$m \text{ air} = 13,2 \text{ Kg/s}$$

Hari ke-3 =

$$Q \text{ air} = Q_{ud}$$

$$M \text{ air} \cdot C_p \cdot (\Delta T) = m \text{ udara} \cdot (\Delta h)$$

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

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

Hari ke-4 =

$$Q \text{ air} = Q_{ud}$$

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

$$M \text{ air} \cdot 14,7 \text{ kJ/Kg} = 155,1 \text{ kJ/s}$$

$$m \text{ air} = 10,55 \text{ Kg/s}$$

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. Hasil perhitungan

HARI KE	Laju aliran massa air	
	Kg/s	Avg(Kg/s)
1	12,70	
2	13,2	
3	10,78	
4	10,55	

HARI KE	Laju aliran massa air	
	Kg/s	Avg(Kg/s)
Rata-rata		11,80

4. KESIMPULAN DAN SARAN

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 12,70 Kg/s, hari ke-2 sebesar 13,2 Kg/s, hari ke-3 sebesar 10,78 Kg/s, dan hari ke-4 sebesar 10,55 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

UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada: Bapak Dr. H. Maman Suryaman, M. M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang; Bapak Rizal Hanifi, S.T., M.T., sebagai Koordinator Program Studi S1-Teknik Mesin; Bapak Kardiman, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Kerja Praktek; Bapak Rian dan Bapak Rian dan Bapak Wira Nugroho selaku Pembimbing Lapangan Kerja Praktek PT. Xyz ; Kedua Orang Tua dan Keluarga penulis yang sudah mendukung serta mendoakan penulis selama menimba ilmu di Univeritas Singaperbangsa Karawang; dan kepada teman-teman penulis yang senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. RACHMAN, "COOLING TOWER: PRINSIP KERJA, SEBERAPA PENTING, JENIS," 23 FEBRUARI 2023. [ONLINE]. AVAILABLE: <HTTPS://RAKHMANNET/POWER-PLANTS-ID/COOLING-TOWER/>.
- [2] ADMIN_ALFSTUDIO, "PEMBAHASAN LENGKAP COOLING TOWER," 28 AGUSTUS 2021. [ONLINE]. AVAILABLE: <HTTPS://WWW.TEKNIKELEKTRO.COM/2021/08/COOLING-TOWER.HTML>.
- [3] Y. HANDOYO, "ANALISIS PERFORMA COOLING TOWER LCT 400 PADA P.T. XYZ, TAMBUN BEKASI," JURNAL IMIAH TEKNIK MESIN, VOL. 3, NO.1 FEBRUARI 2015 UNIVERSITAS ISLAM 45 BEKASI, P. 15, 2015.
- [4] A. MELKIAS, "ANALISA PERFORMA PADA COOLING TOWER JENIS MECHANICAL DRAFT CROSSFLOW," JURNAL TEKNIK ENERGI VOLUME 10 NOMOR 1 , P. 5, 2020.
- [5] NIZAM, "POMPA COOLING TOWER UNTUK CHILLER," 20 JANUARI 2022. [ONLINE]. AVAILABLE: <HTTPS://DISTRIBUTORPOMPAAIR.COM/POMPA-COOLING-TOWER-UNTUK-CHILLER/#:~:TEXT=POMPA%20AIR%20COOLING%20TOWER%20ADALAH,SAMA%20HANYA%20UKURANNYA%20LEBIH%20BESAR..>
- [6] A. S. P. ROMI ARIFIN, "ANALISIS COST – BENEFIT INJEKSI NAOH," JURNAL ONLINE POROS TEKNIK MESIN VOLUME 8 NOMOR 2 , P. 12, 2018.
- [7] E. E. MANIK, "LAPORAN KERJA PRAKTIK INDUSTRI," TEKNIK KIMIA UPN "VETERAN" YOGYAKARTA, YOGYAKARTA, 2016.

- [8] A. P. PUSPITASARI, "PENYEDIAAN DAN PENGOLAHAN AIR DI PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK, JAWA BARAT," TEKNIK PENYEDIAAN AIR INDUSTRI, SEMARANG, 2014.
- [9] M. A. A. P. SANTOSA, "PERHITUNGAN KEBUTUHAN COOLING TOWER PADA RANCANG BANGUN UNTAI UJI SISTEM KENDALI REAKTOR RISE," VOL. 9, PP. 34-41, 2012.
- [10] S. YULIANTO, "PERANCANGAN COOLING TOWER UNTUK ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE KAPASITAS SKALA LABORATORIUM," SINTEK, VOL. 7, NO. 1, PP. 1-11, 2013.
- [11] K. S. A. P. T. P. PT, "ANALISIS KINERJA COOLING TOWER 8330 CT01 PADA WATER TREATMENT," VOL. 06, NO. 3,, PP. 215-219, 2017.
- [12] M. A. HAMIDI, "KARAKTERISTIK UNJUK KERJA MENARA PENDINGIN SISTEM TERTUTUP," 2013.
- [13] " PRINSIP KERJA COOLING TOWER," 29 JULY 2018. [ONLINE]. AVAILABLE: [HTTP://WWW.RUANG-SERVER.COM/2018/07/PRINSIP-KERJA-COOLING-TOWER.HTML](http://www.ruang-server.com/2018/07/prinsip-kerja-cooling-tower.html).
- [14] P. INDONESIA, "SISTEM PENGOLAHAN AIR COOLING TOWER," 22 OKTOBER 2019. [ONLINE]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.DELTAPURO.COM/2019/10/SISTEM-PENGOLAHAN-AIR-COOLING-TOWER.HTML](https://www.deltapuro.com/2019/10/sistem-pengolahan-air-cooling-tower.html).
- [15] P. T. MEKADATA, "MEMPELAJARI PRINSIP KERJA COOLING TOWER," PT.CLIMANUSA, 2 SEPTEMBER 2020. [ONLINE]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.CLIMANUSA.COM/BERIT A-CLIMANUSA/MEMPELAJARI-PRINSIP-KERJA-COOLING-TOWER/](https://www.climanusa.com/berita-climanusa/mempelajari-prinsip-kerja-cooling-tower/). [ACCESSED 29 JULY 2023].