

ANALISA KINERJA NATURAL DRAFT COOLING TOWER DI PPSDM MIGAS CEPU

Tesya Putirulan¹⁾, Kristofol Waas^{2)*}, Leslie S Loppies³⁾, Agustinus Oktovianus Lopuhaa⁴⁾

¹⁾Prodi Teknologi Rekayasa Sistem Mekanikal Migas, Politeknik Negeri Ambon

^{2,3,4)} Prodi Teknik Produksi Migas Politeknik Negeri Ambon

tesyaputirulan@gmail.com, kristwaas@gmail.com, leslieloppies@gmail.com

ABSTRACT

Human resource development center (PPSDM) a series of production processes such as boiler, power plants, coal testing sites, water treatment, fire and safety, pumps, welding workshops, distribution sites and refinery units, one of which is the cooling tower. The cooling tower is part of the power generation system that has a function as a heat exchanger between hot water coming out of the condenser and air so that the water has a lower temperature and can be reused in the condensation proses. The research on natural draft cooling tower in PPSDM migas aims to find parameters that affect the performance of natural draft cooling tower such as efficiency, make up water and also the heat transfer capacity of the cooling tower unit. In this writing, researchers use direct research methods in the field to find out the phenomena that occur in the colling Tower. While the performance of the natural draft cooling tower is calculated using the calculation method. The research results show an actual of 82,61 %, the recorded cooling capacity is 2417,941 kJ/s and the make up water value is 24,03 %

Keywords: *Cooling tower, Range, Approach, Effectiveness, Cooling Capacity, Make-Up Water.*

ABSTRAK

Pusat pengembangan sumber daya manusia (PPSDM) serangkaian proses produksi seperti *boiler, power plant*, tempat percobaan batu bara, *water treatment, fire and safety*, pompa, bengkel las, tempat distribusi dan unit kilang salah satunya yaitu *cooling tower*. *Cooling tower* adalah bagian dari sistem pembangkit listrik yang mempunyai kegunaan sebagai penukar kalor antara air panas yang keluar dari kondensor dengan udara sehingga air tersebut memiliki temperatur yang lebih rendah dan dapat digunakan kembali dalam proses kondensasi. Penelitian tentang *natural draft cooling tower* di PPSDM migas bertujuan untuk mencari parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja *natural draft cooling tower* seperti *efisiensi, make up water*, dan juga kapasitas perpindahan panas dari unit *cooling tower*. Dalam penulisan ini, peneliti menggunakan metode penelitian langsung di lapangan untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada *cooling tower*. Sedangkan kinerja *Natural Draft Cooling Tower* menggunakan metode perhitungan (kuantitatif). Hasil penelitian menunjukkan aktual 82,61%, Kapasitas pendinginan yang tercatat 2417,941 kJ/s, dan nilai *make-up water* 24,03 m³/jam

Kata kunci: *Cooling tower, Range, Approach, Efektivitas, Kapasitas Pendingin, Make Up Water.*

Pendahuluan

Pusat pengembangan sumber daya manusia (PPSDM) migas adalah instansi pemerintah pusat dibawah badan pengembangan sumber daya mineral, kementerian energi, dan sumber daya mineral.

Tugas utamanya adalah pelaksanaan pendidikan, pelatihan, dan sertifikasi tenaga kerja di sektor minyak dan gas bumi. PPSDM migas bertujuan memajukan kompetensi dan berpengalaman sumber daya manusia di bidang migas supaya mampu bertanding ditingkat nasional maupun internasional. Berlokasi di Cepu, Jawa Tengah, PPSDM migas telah beroperasi selama kurang lebih decade dan menganjurkan berbagai program pelatihan yang meringkus Teknik produksi, penguasaan, pengolahan, serta pengelolaan lingkungan migas. Selain itu, PPSDM Migas juga mengadakan riser dan perluasan demi menunjang industri migas di Indonesia. Dengan bantuan alat laboratorium dan instruktur pengalaman, PPSDM migas

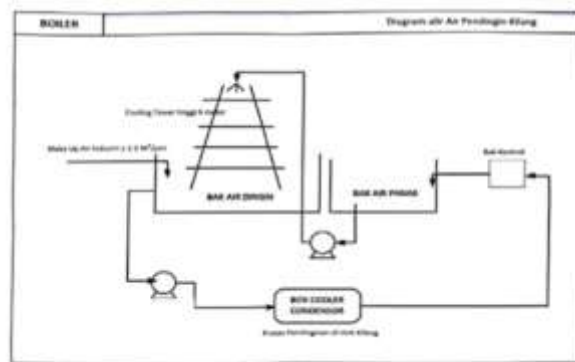
berguna dalam memilih standar keselamatan dan kualitas disektor migas tetap terlindung melalui program-program sertifikasi yang diakui baik di dalam negeri maupun internasional.

Pusat pengembangan sumber daya manusia (PPSDM) serangkaian proses produksi seperti *boiler*, *power plant*, tempat percobaan batu bara, *water treatment*, *fire and safety*, pompa, bengkel las, tempat distribusi adan unit kilang salah satunya yaitu *cooling tower*.

Cooling tower adalah bagian dari sistem pembangkit listrik yang mempunyai kegunaan sebagai penukar kalor antara air panas yang keluar dari kondensor dengan udara sehingga air tersebut memiliki temperature yang lebih rendah dan dapat digunakan kembali dalam proses kondensasi.

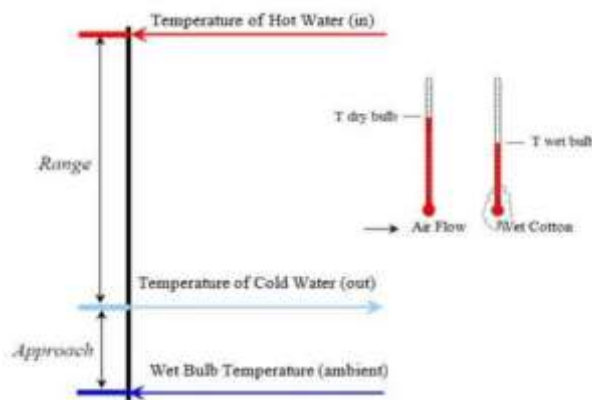
Tinjauan Pustaka

Cooling tower adalah sistem pendingin yang melepaskan panas ke udara. Cara kerjanya melibatkan kontak antara air dan udara untuk melepaskan kalor. Luas permukaan air yang besar dicapai dengan menyemprotkan air ke bawah menuju sekat-sekat (*packing*). *Packing* berfungsi untuk memperbesar area kontak antara air dan udara, sehingga proses perpindahan panas menjadi lebih efisien (Herlambang, 2014).



Gambar 1 Skema kerja *cooling tower* PPSDM migas, 2020 dan skema *cooling tower*

Kemampuan *cooling tower* dalam menghasilkan air pendingin biasanya dinyatakan dalam *range*, *approach* seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 2 *Range* dan *approach* temperatur pada *cooling tower* (Handoyo, 2015)

Range adalah selisih suhu antara suhu air masuk ke *cooling tower* dan suhu air keluar dari *cooling tower*, atau perbedaan antara suhu air panas dan suhu air dingin. *Range* yang tinggi menunjukkan kinerja yang baik karena kemampuan *cooling tower* untuk menurunkan suhu air secara efektif dan *Approach*

merupakan selisih antara suhu air keluar dari *cooling tower* dan suhu bola basah *ambient*. Semakin rendah nilai *Approach*, semakin baik kinerja menara pendingin. *Approach* adalah indikator yang lebih akurat untuk menilai efisiensi kinerja menara pendingin (Handoyo, 2015).

Sedangkan *natural draft cooling tower* adalah bahan pengin yang tidak menggunakan kipas (fan). Prinsip kerja *cooling tower* mengacu pada pemisah kalor dan perpindahan kalor. pergeseran kalor pada menara pendingin terjadi dari air ke udara. *Cooling tower* menggunakan evaporasi dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer, sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan. *Cooling tower* mendukung berbagai proses produksi di industri seperti, Industri kimia untuk pendinginan reaksi dan peralatan, industri minyak dan gas untuk menjaga suhu peralatan dan proses distilasi, Pembangkit listrik untuk menurunkan suhu air yang dipakai dalam sistem pendingin dan industri manufaktur pendinginan mesin dan proses produksi. Selain itu *cooling tower* dibagi ke bagian-bagian yang memerlukan pendinginan, seperti, peralatan proses diantaranya reaktor, distilator, dan *heat exchanger*, sistem HVAC bertujuan untuk pendinginan gedung dan ruang control, pabrik mesin dan alat berat yang menghasilkan panas, sistem pendinginan untuk mengatur suhu air yang digunakan dalam berbagai aplikasi. Dengan cara ini, *cooling tower* berperan penting dalam efisiensi operasional dan menjaga kualitas produk.

Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Menurut Sugiyono (2018;13) data kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan positivistic (data Konkrit) data penelitian berupa angka-angka yang akan diukur menggunakan statistic sebagai alat uji perhitungan, berkaitan masalah yang diteliti untuk menghasilkan suatu kesimpulan. Penulis menggunakan metode analisa data. Kemudian tahapan selanjutnya pengambilan data, analisa data dan pengolahan data. Data manufaktur yang diperoleh dari anwar Setiya Anugrah 2021 merupakan data awal atau rancangan *cooling tower*. dari pengambilan data lapangan, didapatkan data sebagai berikut: Data anwar Setiya Anugrah 2021 Migas Cepu:

Data Anwar Setiya Anugrah 2021 Migas Cepu, Pengambilan lapangan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel. 1 Data Anwar Setiya Anugrah 2021

Suhu air sebelum didinginkan (T_{1t})	38°C
Suhu air yang setelah didinginkan (T_{2t})	28°C
Suhu Wet bulb T(wb)	26°C
Make-up water	3 m ³ / jam
Volume bak air dingin	291,9 m ³
Volume air di bak air dingin	253 m ³
Volume bak air panas	73,07 m ³
Volume air di bak air panas	200 m ³

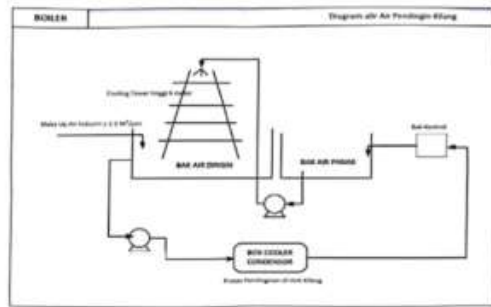
Pengambilan data secara aktual pada 23 april 2024 di *Cooling Tower* PPSDM migas. Sedangkan data actual atau data lapangan, diperoleh sebagai berikut;

Tabel. 2 Data Aktual, 2024

Suhu air sebelum didinginkan (T_{1a})	37,5°C
Suhu air setelah didinginkan (T_{2a})	33,6°C
Suhu welb bulb (T_{wb})	30,2°C
Tekanan pompa menuju cooling tower (P1)	100 (standar arus Listrik dingin)
Tekanan udara (P_2)	: 9,1, kg/m ³ (data Cadangan 8,2 – 9,3 kg/m ³)
Diameter pipa (D)	35 (D)
Tekanan Pompa Air Panas	5,0
Laju aliran air	192 m ³ / jam
Debit udara	135.000 m ³ / jam
Suhu udara	27°C-30°C (tergantung factor eksternal)

Hasil Dan Pembahasan

Perhitungan menggunakan data desain awal



Gambar 3 Desain Awal Natural Draft Cooling Tower (PPSDM,2020)

1. Efektivitas Cooling tower

Untuk menghitung efektivitas teoritis, diperlukan data teoritis suhu air sebelum didinginkan, suhu air setelah didinginkan, dan suhu *wet bulb*. Data tersebut digunakan untuk mencari *Range* dan *approach* (Anwar Setiya Anugrah, 2021).

$$\begin{aligned} \text{Range} &= \text{suhu air panas } (T_{1a}) - \text{suhu air dingin } (T_{2a}) \dots\dots\dots (1) \\ &= 38^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C} \\ &= 10^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Approach} &= \text{suhu air dingin } (T_{2t}) - \text{suhu wet bulb } (T_{wb}) \dots\dots\dots (2) \\ &= 28^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C} \\ &= 2^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{Efektifitas} \dots\dots\dots = \left[\frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{10}{10+2} \right] \times 100\% \\ &= 83\% \end{aligned}$$

2. Make up water

Data *make-up water* secara teoritis didapat dari desain awal *cooling tower*. secara ideal, *make-up water natural draf cooling tower* adalah 3 m³/jam

3. Kapasitas Pendinginan

Untuk mengetahui berapa kapasitas pendinginan pada *cooling tower* maka berapa laju aliran massanya. Dimana pada data teori debit sudah diketahui sebesar 120 m³/jam

a. Laju Aliran Massa Air

Berdasarkan grafik densitas air (Lampiran 2), massa jenis air pada suhu 38°C = 993 kg/m³, didapatkan dari grafik massa jenis air.

$L = Q_{air} \times \rho_{air}$ pada suhu air masuk

$$L = 120 \frac{m^3}{jam} \times 993 \frac{kg}{m^3}$$

$$L = 119160 \frac{kg}{jam}$$

$$L = 33,1 \frac{kg}{s}$$

b. Kapasitas Pendingin.

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

$$Q = 33,1 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} \times 10 K$$

$$Q = 1383,58 \frac{kJ}{s}$$

Maka di ketahui kapasitas pendingin unit *cooling tower* sebesar 1383,58 $\frac{kJ}{s}$.

Perhitungan menggunakan data aktual, PPSDM (April 2024)

1. Efektivitas *Cooling tower*

Untuk menghitung efektivitas aktual, diperlukan data aktual dari pengukuran langsung seperti suhu air sebelum didinginkan, suhu air setelah didinginkan, dan suhu *wet bulb*. Data tersebut digunakan untuk mencari *Range* dan *Approach*.

$$\begin{aligned} \text{Range} &= \text{suhu air panas (T1a)} - \text{suhu air dingin (T2a)} \dots\dots\dots (1) \\ &= 37,5^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C} \\ &= 9,5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Approach} &= \text{suhu air dingin (T2a)} - \text{suhu wet bulb (Twb)} \dots\dots\dots (2) \\ &= 28^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} \\ &= 2^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{Efektifitas} = \left[\frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$= \left[\frac{9,5}{9,5+2} \right] \times 100\%$$

$$= 82,61\%$$

2. Make up water

Untuk mengetahui beberapa *make-up water*, diperlukan beberapa data yaitu *evaporation loss*, *drift loss*, dan *blowdown* untuk mendapatkan data-data tersebut perlu menghitung debit air.

Untuk mengetahui berapa debit airnya, perlu diketahui terlebih dahulu berapa nilai koefisien kekesaran pipa (f) dan untuk mengetahui berapa besarnya kecepatan air (v)

a. Nilai kekesaran pipa (f)

Dimana nilai di dapat pada tabel Lewis F. Moody Nilai $\epsilon = 0.00026$ m

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \log \left(\frac{2\epsilon}{D} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \log \left(\frac{2 \times 0,00026}{0,1778} \right)$$

$$f = 0,02$$

b. Debit

Saat koefisien kekesaran pipa sudah didapatkan maka nilai kecepatan air bisa dicari. Data aktual Panjang pipa 35 m.

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho \left(4f \frac{Lx}{D} + 1 \right)}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(411879 - 100800)}{\frac{35}{998(4 \times 0,02 \times \frac{0,1778}{0,1778} + 1)}}$$

$$v = 2,64 \frac{m}{s}$$

Debit diperoleh dengan rumus $Wc = V \cdot A$

$$A = \frac{\pi}{4} x D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} x 0,1778^2$$

$$A = 0,0248 \text{ m}^2$$

Jika kecepatan (v) dan luas penampang pipa (A) sudah diketahui maka debit bisa dicari dengan:

$$Wc = A \cdot v$$

$$Wc = 0,0248 \times 2,64$$

$$Wc = 0,65472 \frac{m^3}{s}$$

$$Wc = 0,65472 \times 3600$$

$$Wc = 2356,99 \frac{m^3}{jam}$$

c. *Evaporator Loss*

Evaporator loss adalah besarnya kehilangan air akibat penguapan.

Untuk mencari *evaporator loss* digunakan rumus:

$$We = wc \times 0,00085 \times (T1a - T2a)$$

$$We = 2256,99 \times 0,00085 \times 9,5$$

$$We = 19,32 \frac{m^3}{jam}$$

d. Menghitung kehilangan akibat *drift loss* (Wd)

$$Wd = 0,2\% \times Wc$$

$$Wd = 0,2\% \times 2356,99$$

$$W_d = 4,71 \frac{m^3}{jam}$$

Setelah didapatkan nilai *evaporation loss*, *drift loss* dan *blown* maka *make up water* akan diketahui

$$\text{Make up water} = W_e + W_d$$

$$= 19,32 + 4,71$$

$$= 24,03 \frac{m^3}{jam}$$

Maka secara aktual *make up water* diperoleh sebesar 24,03 m³/ jam.

3. Kapasitas Pendingin

Untuk mengetahui berapa kapasitas pendinginnya secara actual maka harus diketahui laju aliran massa secara actual yaitu:

Laju aliran massa air (L)

Berdasarkan grafik densitas air massa jenis air pada suhu 37,5 °C = 993 kg/m³.

$L = Q_{air} \times \rho_{air}$ pada suhu air masuk.

$$L = 2356,99 \frac{m^3}{jam} \times 993 \frac{kg}{m^3}$$

$$L = 219200,07 \frac{kg}{jam}$$

$$L = 60,89 \frac{kg}{s}$$

Kapasitas pendingin (Q)

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

$$Q = 60,89 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} \times 9,5$$

$$Q = 2417,941 \frac{kJ}{s}$$

Kapasitas pendingin *Cooling Tower* secara actual adalah 2417,941 kJ/s.

Tabel 3. Perbandingan hasil antara desain awal dengan kondisi aktual.

Parameter	Manufaktur	Actual
Efektivitas	83%	82,61 %
Kapasitas	1383,58 kJ/s	2417,941 kJ/s
Make up	3 m ³ / jam	24,03 m ³ / jam
Range	10°C	9,5 °C
Approach	2°C	2°C

Hasil dari perhitungan yang dilakukan ditampilkan dalam tabel 3. Dapat dilihat bahwa efektivitas hasilnya lebih kecil dari pada kondisi desain awal, dan *make up water* hasilnya lebih besar. Sedangkan kapasitas kondisi aktual lebih besar dari pada kondisi desain awal.

Hasil dan Pembahasan

1. Efektivitas

Efektivitas diukur dengan membandingkan selisih antara *range* dan *approach*. *Range* adalah selisih suhu sebelum dan sesudah proses pendinginan, sedangkan *approach* adalah selisih suhu setelah pendinginan dengan suhu *wet bulb*. Perbandingan ini menunjukkan kemampuan pendinginan *Natural Draft Cooling Tower* di PPSDM Migas dalam bentuk persentase.

Secara teoritis, efektivitas *Natural Draft Cooling Tower* dianggap optimal dengan nilai 83%, sementara perhitungan aktual menunjukkan 82,61%. Ini mengindikasikan bahwa *Natural Draft Cooling Tower* beroperasi dalam kondisi optimal karena nilai efektivitas aktual mendekati nilai teoritis.

Perubahan suhu air yang signifikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk suhu lingkungan, kecepatan angin, lokasi pengambilan sampel suhu, dan kecepatan aliran air. Meskipun kondisi fisik bangunan *Cooling Tower* terlihat berkarat dan ditumbuhi lumut, performanya masih terjaga dengan baik.

2. Kapasitas Pendingin

Kapasitas pendinginan menggambarkan jumlah energi atau perpindahan panas per detik pada air yang keluar. Nilai ini dipengaruhi oleh debit dan perubahan suhu; semakin besar perubahan suhu, semakin tinggi kapasitas pendinginan. Kapasitas yang tinggi mencerminkan seberapa baik *Cooling Tower* dapat melakukan pendinginan. Secara teoritis, kapasitas pendinginan optimal adalah 1383,58 kJ/s, sementara nilai aktual tercatat 2417,941 kJ/s, yang berarti kapasitas aktual melebihi batas optimal. Hal ini mungkin disebabkan oleh jumlah air yang lebih banyak daripada yang direncanakan untuk penggunaan optimal, tergantung pada kebutuhan air untuk pengolahan minyak dan jumlah pompa yang aktif, sehingga debit pada *Cooling Tower* lebih tinggi daripada desain optimal. Jika debit aktual adalah 120 m³/jam (setara dengan desain optimal), maka seharusnya kapasitas pendinginan aktual lebih rendah dari kapasitas optimal karena perbedaan suhu yang lebih kecil. Ini menunjukkan bahwa kapasitas pendinginan *Natural Draft Cooling Tower* di PPSDM Migas mengalami penurunan kemampuan dalam mendinginkan air, dan debit yang tinggi mengindikasikan penggunaan air yang boros.

3. Kemampuan *Natural draft Cooling Tower* Keadaan Unit Kilang Maksimum

Unit kilang PPSDM Migas memiliki kapasitas pengolahan minyak mentah sebesar 600 kL per hari. Dalam proses pengolahan ini, kondensor dan *cooler* diperlukan untuk mendinginkan produk sebelum disimpan dalam tangki. *Natural Draft Cooling Tower* berperan penting dalam mendinginkan air dari kondensor dan *cooler* yang menerima panas dari minyak. Saat kilang beroperasi pada kapasitas maksimal, kebutuhan air menjadi sangat besar, sehingga *Cooling Tower* juga harus bekerja secara optimal untuk menampung dan mendistribusikan air dalam jumlah yang cukup.

Meskipun efektivitas *Cooling Tower* menunjukkan sedikit penurunan, nilai efektivitasnya masih dapat diterima, meskipun dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu. Kapasitas pendinginan aktual juga lebih tinggi daripada desain optimal. Jika debit awal dan aktual sebanding, kapasitas pendinginan aktual akan menunjukkan penurunan kemampuan mendinginkan air, tetapi penurunan ini tidak signifikan. Kenaikan kebutuhan air berdampak pada peningkatan debit air. Saat ini, *Cooling Tower* masih dapat beroperasi dengan baik, meskipun debit air yang tinggi dapat membahayakan struktur dan komponen *Cooling Tower*, terutama karena banyak bagian yang sudah tidak layak pakai, seperti kayu yang lapuk dan besi yang berkarat



Gambar 4. Natural draft Cooling Tower PPSDM Migas

4. Make-up Water

Make up water adalah jumlah air yang diperlukan untuk mengatasi kehilangan air selama proses pendinginan di *Natural Draft cooling tower*. Nilai *make up water* menunjukkan seberapa banyak air yang hilang selama proses tersebut. Jika nilai *make water* tinggi, itu menandakan bahwa *cooling tower* tidak berfungsi dengan baik, karena kehilangan air tersebut harus ditutupi dengan jumlah yang setara. Penambahan air yang signifikan menunjukkan bahwa penggunaan air terlalu boros. Secara optimal, kebutuhan *make up water* adalah 3 m³/jam untuk menutupi kehilangan akibat evaporasi dan *drift loss*, sedangkan kebutuhan aktual tercatat 24,03 m³/jam. Ini menunjukkan bahwa selama operasi, kehilangan air tidak terlalu banyak, sehingga penambahan air yang diperlukan lebih sedikit dibandingkan dengan rencana optimal. Kondisi ini dipengaruhi oleh factor lingkungan, cuaca, dan suhu air dari unit kilang yang tidak terlalu panas, sehingga kehilangan air dapat diminimalkan.

Penutup

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa *Analisis Natural Draft Cooling Tower* di PPSDM Migas Cepu, Disimpulkan:

- Efektivitas dan kapasitas pendinginan, meskipun efektivitas aktual (82,61%) sedikit lebih rendah dibandingkan dengan nilai teoritis (83%).
- Kapasitas pendinginan yang tercatat (2417,941 kJ/s) melebihi kapasitas optimal (1383,58 kJ/s), yang menunjukkan adanya penggunaan air yang lebih besar dari yang direncanakan. Meskipun debit air yang tinggi mengindikasikan potensi boros, sistem tetap dapat beroperasi dengan baik pada tingkat maksimum.
- *Make-up* aktual (6,11 m³/jam) juga lebih tinggi daripada yang optimal (3 m³/jam), yang menunjukkan pengelolaan yang efektif dalam mengatasi kehilangan air.

Dengan demikian secara keseluruhan, *cooling tower* di PPSDM Migas menunjukkan performa yang baik, dengan kapasitas pendinginan melebihi kapasitas optimal. Namun, tingginya kebutuhan air *make up* menunjukkan area yang perlu diperhatikan untuk efisiensi sumber daya. Efektivitas dan *range* suhu menunjukkan bahwa *cooling tower* beroperasi dengan baik, tetapi pemantauan dan pengelolaan air yang lebih baik akan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan.

Saran

Adapun saran untuk kelanjutan penelitian ini yaitu dengan dilakukannya pengambilan data dengan lingkungan dan cuaca yang berbeda dan melihat dampak dari kinerja *Natural Draft Cooling Tower*. Selain itu lebih teliti dalam membaca termogan Ketika mengukur suhu bola basah dan bola kering pada air masuk dan air keluar serta lebih memperhatikan dan meningkatkan perawatan dari *Natural Draft Cooling Tower*.

Referensi

- Anwar Setiya Anugrah, Fadel Aji Firmansyah, Raka Ade Illhamsyah, Mukhamad Faeshol Umam. 2021 "Analisis kinerja Natural Draft Cooling Tower di unit kilang pusat pengembangan sumber daya manusia minyak dan gas bumi <https://www.researchgate.net/publication/351212405>
- Bureau of energy efficiency. (t.thn.), di ambil Kembali dari <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/3Ch7.pdf>
- Handoyo, Y., 2015. *Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T.XYZ, Tambun Bekasi. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Volume 3, No.1.* Universitas Islam Bekasi.
- Herlambang, R. 2014. Di Ambil Kembali Dari Eprints UNDIP: [Http://Eprints.Undip.Ac.Id/44134/3/BAB_II.Pdf](http://Eprints.Undip.Ac.Id/44134/3/BAB_II.Pdf)

<https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sainstech/article/download/494/462>

<https://jbptppolban-gdl-hafizhtau-14766-3-bab2-0>

https://www.researchgate.net/publication/351212405_Analisa_Kinerja_Natural_Draft_Colling_Tower_di_Unit_Kilang_Pusat_Pengembangan_Sumber_Daya_Manusia_minyak_dan_Gas_bumi/link/61c99a35b5667ab463/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmtpY2F0Aw9UiIWlCZSI6InB1YmtpY2F0aW9uIn19.

<http://repository.stei.ac.id/2117/3/BAB%203.pdf>

Irwan Saputra, Aqil amaursadin. 2021 “*Analisis temperature lingkungan terhadap kinerja cooling tower di PT. Indocoment Tunggal Prakarsa TBK P-12*” *jurnal content VOL 3, no 2, tarjun Kalimantan selatan.*
<https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot/article/view/4140>

Khairul Amril, Alvera Apridalanti Melkias, Ali Mashar 2022 “*Analisis pengaruh musim kemarau dan musim hujan terhadap kinerja cooling tower di PLTU Cirebon unit 1*” *vol 11 no 2.*
https://www.academia.edu/107955922/analisis_pengaruh_musim_kemarau_dan_musim_hujan_terhadap_kinerja_cooling_tower_Di_PLTU_Cirebon_unit_1

Menengok Kilang PPSDM Migas, Salah Satu Kilang Tertua di Indonesia | kumparan.com

Mohamad Azfijam Irwan, Harwan Ahyadi 2020 “*Analisis temperatur lingkungan terhadap kinerja cooling tower tipe induced draft unit 2 pada PT. X*” *vol 30 nov, no 1,*

PPSDM Migas 2020. *Standard Operating Prosedur Cooling Tower Unit Pengolahan Minyak Bumi. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi. Cepu*

Pranto Busono, S.P. 2020. *Analisa Kebutuhan Make Up Water Cooling Tower.* *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, 38-44.*

Yopi Handoyo, 2015 “*Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada PT.XYZ, Tambun bekasi.*” *jumlah ilmiah teknik mesin, vol. 3, no.1, Universitas Islam 45 bekasi,* <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>

Putra, R.S 2015. *Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower,* *Jurnal Teknik Mesin, 56.*

Putra, S, R., Soekardi, C., 2015. *Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastic.* *JTM Vol.04, No.2., Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.*

Siallagan, P, H., 2017. *Analisa Kinerja Cooling Tower 8330 CT01 Pada Water Treatment Plant-2 PT Krakatau Steel (Persero).* *TBK. Jurnal Teknik Mesin. Vol.06, No.3.*

Sugiyono, 2018. *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* penerbit Alfabeta; Bandung.