

ANALISA *EFFECTIVENESS FIN-FAN HEAT EXCHANGER* SEBAGAI *LUBE OIL COOLER* TURBIN GAS DENGAN BANTUAN PENDINGINAN EVAPORATIF

Setyo Alvaro^{1*}

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293, Indonesia

*E-mail : ¹setyoalvaro30@gmail.com, ²rahmat.iman@yahoo.com

ABSTRAK

Turbin gas memiliki komponen bergerak yang banyak sehingga memerlukan sistem pelumasan yang baik. Pelumas harus dipertahankan pada temperatur optimalnya agar kinerja dari pelumas tersebut tetap baik. *Lube oil cooler* merupakan *fin-fan heat exchanger* dengan udara sebagai fluida media pendinginannya sehingga dapat menurunkan temperatur pelumas. Permasalahan muncul ketika temperatur udara sekitar yang digunakan sebagai media pendinginan terlalu panas sehingga temperatur oli yang keluar dari *lube oil cooler* masih terlalu tinggi. Penerapan pendinginan evaporatif dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini. Pada hasil perhitungan, diperoleh hasil penurunan temperatur udara maksimal pada siang hari sebesar 13°C sehingga *effectiveness* dari *lube oil cooler* berada di 36,5%. Hasil tersebut menunjukkan kinerja yang baik pada kondisi siang hari.

Kata Kunci : *pendinginan evaporatif, pendingin pelumas, penukar kalor, efektivitas*

ABSTRACT

Gas turbines have many moving components that require a good lubrication system. The lubricant must be maintained at its optimum temperature so that the performance of the lubricant remains good. *Lube oil cooler* is a *fin-fan heat exchanger* with air as its cooling media fluid so that it can reduce lubricant temperature. Problems arise when the ambient air temperature used as a cooling medium is too hot so that the oil apparatus coming out of the *lube oil cooler* is still too high. The application of evaporative cooling is carried out to overcome this problem. In the calculation results, the maximum air temperature reduction during the day is 13°C so that the *effectiveness* of the *lube oil cooler* is at 36.5%. These results show good performance during daytime conditions.

Keywords : *evaporative cooling, lube oil cooler, psychometric chart, effectiveness*

PENDAHULUAN

Turbin gas pada PLTG memegang peranan penting dalam memasok kebutuhan listrik. Salah satu komponen yang mendukung operasional turbin gas adalah *lube oil* yang berfungsi untuk melumasi seluruh elemen yang bergerak sehingga dapat mencegah keausan pada komponen turbin. *Lube oil* berkerja pada temperatur operasional yang tinggi sehingga diperlukan suatu proses pendinginan agar sistem pelumasan memiliki kinerja yang optimal. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, digunakan perangkat *lube oil cooler* berupa *heat exchanger* tipe *crossflow* dengan media pendinginan udara.

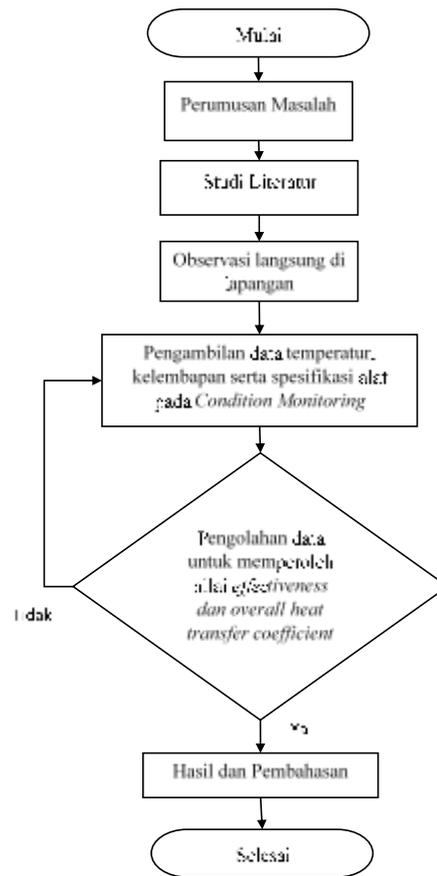
Lube oil cooler merupakan komponen yang sangat penting untuk mendukung kinerja turbin gas pada PLTG. *Lube oil cooler* merupakan komponen pendingin oli berupa *fin-fan heat exchanger* yang berperan dalam menjaga temperatur pelumasan untuk turbin sehingga tetap berada pada temperatur kerja yang optimal. Temperatur pelumas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan viskositas, oksidasi, penguapan yang tinggi, penurunan aditif, kavitasi, dan berbagai masalah lainnya yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada komponen yang dilumasi. Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja *lube oil cooler* dalam

pendinginan pelumas adalah dengan pengondisian udara yang digunakan sebagai media pendingin pada *heat exchanger* dengan memanfaatkan prinsip pendinginan evaporatif. Proses ini memerlukan penyemprotan air dalam bentuk *mist* untuk menyerap kalor laten dari udara sehingga dapat memberikan biaya tambahan untuk melangsungkan prosesnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis efektivitas untuk memperoleh hasil yang optimal dan efisien pada proses ini. Pada penulisan ini, akan dilakukan perhitungan dan analisa *effectiveness* dan *overall heat transfer coefficient* dari *heat exchanger* yang digunakan untuk menentukan kinerja yang dihasilkan pada kondisi yang berbeda.

Analisa pada *heat exchanger* dapat dilakukan dengan menggunakan menggunakan metode LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) dan *effectiveness-NTU*. Kedua metode ini melibatkan suatu parameter yang bernama *overall heat transfer coefficient*. Besaran ini menyatakan kemampuan *heat exchanger* untuk memindahkan panas pada kedua fluida. Metode LMTD sangat mudah untuk dilakukan ketika temperatur keluar dari kedua fluida diketahui. Akan tetapi, ketika temperatur *output* dari salah satu fluida tersebut tidak diketahui, metode ini akan memerlukan iterasi yang banyak sehingga sangat tidak praktis untuk dilakukan sehingga pada kasus tersebut metode *effectiveness-NTU* lebih mudah untuk dilakukan.

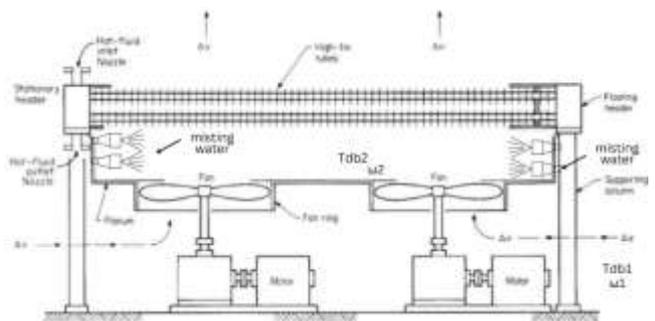
METODE

Metode yang digunakan pada analisa *lube oil cooler* ini adalah dengan observasi langsung di lapangan sehingga gambaran terhadap permasalahan dapat diperoleh dengan akurat yang kemudian di analisis untuk mendapatkan hasil yang valid. Penelitian dimulai dengan identifikasi masalah yang ada pada PLTG, dalam kasus ini adalah temperatur pelumas pada turbin yang terlalu tinggi kemudian dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi, teori serta metode untuk mendukung penyelesaian masalah. Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada *monitoring record* di *control room* untuk meperoleh data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan dan analisa. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Skema perangkat *lube oil cooler* ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Skema Perangkat Lube Oil Cooler

Lube oil cooler yang digunakan sebagai objek penelitian memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tube Outside Diameter : 1 inch
- Tube Length : 24 inch
- Fin Diameter : 2,25 inch
- Fin Thickness : 0,016 inch
- Number of Fins/tube : 264
- Number of Tubes : 232
- Oil flowrate : 525 gal/min

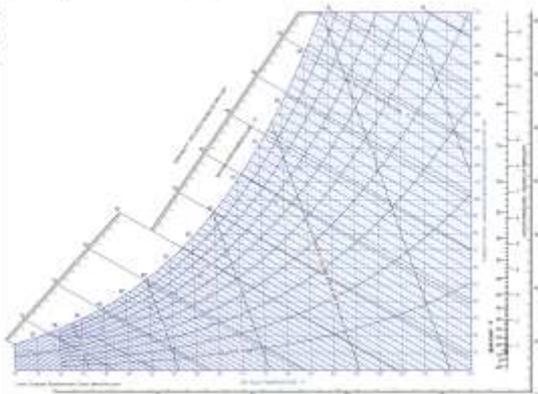
Air Flowrate from Fan : 113.900 CFM
 Water Mist Flowrate : 11 L/min
 Oil Specific Heat : 0,5 Btu/lb°F

Data operasional *lube oil cooler* pada tanggal 30 Agustus 2024 dapat diamati pada tabel 1.

Tabel 1. Data Operasional *Lube Oil Cooler*

Tanggal/Waktu	T ambient (°F)	Relative Humidity	Toil in (°F)	Toil Out (°F)
30/07/2024 09:00	86	63%	182	143
30/07/2024 12:00	93	47%	183	145
30/07/2024 15:00	91	51%	182	145
30/07/2024 18:00	84	65%	182	142
30/07/2024 21:00	80	74%	182	142

Data yang telah ditabulasikan akan dihitung dengan pendekatan berdasarkan prinsip-prinsip termodinamika yang berlaku. Hasil perhitungan diperoleh dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan diagram psikometrik sehingga diperoleh nilai dari penurunan *dry-bulb temperature* udara serta *effectiveness* dan *overall heat transfer coefficient* pada *lube oil cooler*. Diagram psikometrik yang digunakan sebagai referensi dapat dilihat pada gambar 3.



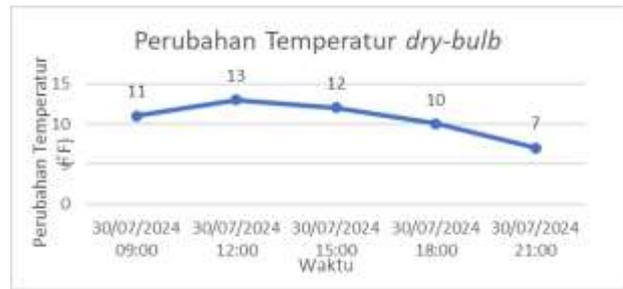
Gambar 3. Diagram Psikometrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengolahan data *evaporative cooler* dapat diamati pada tabel 2 dan gambar 4.

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data *Evaporative Cooler*

Tanggal/Waktu	Tdb1 (°F)	Relative Humidity	ω_1	Twb (°F)	ω_2	Tdb2 (°F)	ΔT (°F)
30/07/2024 09:00	86	63%	0,016571	75	0,019	75	11
30/07/2024 12:00	93	47%	0,015714	76	0,018	80	13
30/07/2024 15:00	91	51%	0,016	76	0,019	79	12
30/07/2024 18:00	84	65%	0,016	74	0,019	74	10
30/07/2024 21:00	80	74%	0,016	73	0,019	73	7

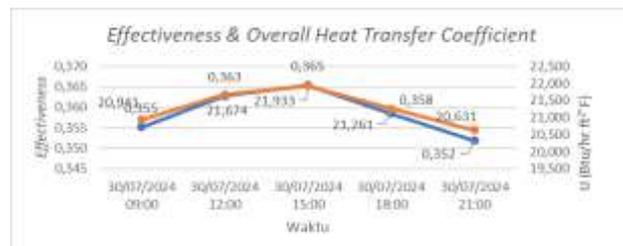


Gambar 4. Grafik Perubahan Temperatur *Dry-Bulb*

Penentuan penurunan *dry-bulb temperature* dilakukan dengan menarik garis *wet-bulb temperature* yang konstan pada diagram psikometrik dengan acuan *humidity ratio* berdasarkan kesetimbangan massa udara kering dan uap. Ketika debit air yang dibutuhkan konstan di 11 L/min, perubahan temperatur terbesar dan terkecil berada disaat pukul 12:00 dan 21:00. Efek dari *evaporative cooling* akan terasa maksimal ketika udara sekitar memiliki kelembapan yang rendah sehingga penurunan temperatur terbesar akan terjadi di siang hari dimana penurunan temperatur udara dapat mencapai 13°F. Pada malam hari, pengkabutan air dengan debit yang sama akan kurang efektif karena tingkat kelembapan udara pada malam hari yang sangat tinggi sehingga air akan sangat sulit untuk menguap dan udara akan sangat mudah mencapai kondisi jenuh. Tabel 3 dan gambar 5 menunjukkan hasil pengolahan data pada *fin-fan heat exchanger*.

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data *Fin-Fan Heat Exchanger*

Tanggal/Waktu	Tail In (°F)	Toil In (°F)	Toil Out (°F)	Co	Cn	Q	ε	Qmax	ε	NTU	UA	U
	(°F)	(°F)	(°F)			(Btu/hr)		(Btu/hr)			(W)	(Btu/hr ft²)
30/07/2024 09:00	75	181	144			68723,67	0,887	193209,8	0,353	0,812		20,941
30/07/2024 12:00	81	181	143			68911,216	0,887	184463,4	0,363	0,571		21,874
30/07/2024 15:00	79	181	143	0,089,8	1,008,43	68723,67	0,887	188080,6	0,365	0,578	3888	21,833
30/07/2024 18:00	74	180	143			68723,67	0,887	191097,8	0,358	0,568		21,281
30/07/2024 21:00	73	181	143			68723,67	0,887	190314,2	0,352	0,544		20,831



Gambar 5. Grafik *Effectiveness* dan *Overall Heat Transfer Coefficient*

Effectiveness tertinggi pada *lube oil cooler* tersebut berada pada sore hari ketika pukul 15:00 dimana

nilai dari *effectiveness*-nya mencapai 36,5%, begitu juga dengan *overall heat transfer coefficient*-nya yang mencapai 21,933 Btu/hr ft² °F . Pengkabutan air pada *lube oil cooler* dapat meningkatkan *effectiveness* dari *lube oil cooler* hingga melebihi pada kondisi malam hari. Pengkabutan air dapat menurunkan temperatur udara yang berfungsi sebagai media pendingin pelumas sehingga potensi perpindahan kalor maksimum pada *fin-fan heat exchanger* akan bertambah. Sedangkan pada saat malam hari, pengkabutan air sangat sulit untuk dilakukan sehingga penurunan temperatur media pendingin tidak begitu sebanding dengan jumlah air yang disuplai ke udara dan hanya akan menyebabkan pemborosan.

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan pada penelitian ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Evaporative cooling* merupakan proses pengkondisian udara dengan penguapan air dimana proses penguapan ini akan menyerap kalor laten dari udara sehingga temperatur udara akan turun dan kelembapannya meningkat.
2. Pada kondisi relative humidity yang tinggi, penguapan air akan sangat terbatas karena udara sudah mendekati kondisi jenuh. Temperatur lingkungan akan mempengaruhi jumlah massa uap maksimal yang dapat ditahan oleh udara. Penurunan temperatur maksimum terjadi pada siang hari pukul 15:00 yaitu mencapai 13°F kaerena kondisi udara yang panas dan kering dapat meningkatkan jumlah uap maksimum yang dapat diberikan pada udara..
3. Pengkabutan air dapat memberikan *effectiveness* yang baik pada siang hari yaitu pada pukul 15:00 dengan nilai maksimal yag diperoleh sebesar 0,365 dan *overall heat transfer coefficient* sebesar 21,993 Btu/hr ft² °F.

DAFTAR PUSTAKA

Al Hajri, E., Islam, M. D., Khan, T. S., & Sharma, A. 2018. Morphological Study Of External Fouling On Air Cooled Fin Tube Heat Exchangers In Oil

- & Gas Processing Plant. *Research and Development Petroleum Conference and Exhibition 2018* (Vol. 2018, No. 1, pp. 168-171). European Association of Geoscientists & Engineers.
- Amer, O., Boukhanouf, R., & Ibrahim, H. G. (2015). A Review Of Evaporative Cooling Technologies. *International Journal Of Environmental Science And Development*, 6(2), 111.
- Astuti, D. I. (2023). *Desain Heat Exchanger Shell And Tube Sebagai Usulan Pengganti Fin Fan E-0101 Pt. Pertamina Ep Regional 4 Zona 11 Cepu Field, Jawa Tengah*. Doctoral dissertation. Yogyakarta: UPN" Veteran".
- Cengel, Yunus A. & Boles, Michael A., 2014. *Thermodynamics An Engineering Approach*. 8th ed. New York: McGraw-Hill Education
- Cengel, Yunus A. & Ghajar, Afshin J., 2020. *Heat & Mass Transfer: Fundamentals & Applications*. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education
- Chaudhari, B. D., Sonawane, T. R., Patil, S. M., & Dube, A. (2015). A Review On Evaporative Cooling Technology. *International Journal of Research in Advent Technology*, 3(2), 88-96.
- Fisenko, S. P., Brin, A. A., & Petruichik, A. I. (2004). Evaporative Cooling Of Water In A Mechanical Draft Cooling Tower. *International Journal Of Heat And Mass Transfer*, 47(1), 165-177.
- Jevnrizen, David., Aziz, Azridjal., & Mainil, Rahmat I., 2015. Pengaruh Laju Aliran Air Sistem Evaporative Cooling Terhadap Temperatur Sistem Mesin Pengkondisian Udara. *Jom FTEKNIK Volume 2 No. 2 Oktober 2015*
- Moran, Michael J. & Shapiro, Howard N., 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 5th ed. Chicester: John Wiley & Sons
- Raihan, R. M. (2023). An Optimasi Lube Oil Cooler Fan Saat Unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap Priok Reverse Shutdown. *Energi & Kelistrikan*, 15(1), 51-59.
- Rosady, Siti D.N. & Dwiyantoro, Bambang A., 2014. Re-Design Lube Oil Cooler pada Turbin Gas dengan Analisa Termodinamika dan Perpindahan Panas. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 3, No. 2, (2014) ISSN: 2301-9271