

# Analisis pengaruh akumulasi pengotor pada filler terhadap kinerja *cooling tower* tipe *induced draft counterflow* di pabrik industri kimia PT. XYZ

Eric Samuel<sup>1</sup>, Leonard Lisapaly<sup>1</sup>, Surjo Abadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta Timur

Penulis Korespondensi : Eric Samuel (ericssamuel323@gmail.com)

## ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri kimia, khususnya memproduksi berbagai macam produk bahan kimia. *Cooling tower* menjadi salah satu komponen penting dalam sistem pendingin di industri kimia untuk mendukung proses sistem pendinginan dengan cara mengontakan air dengan udara sekitar, sehingga air menjadi dingin. *Cooling tower* tipe *induced draft counterflow* yang digunakan mengalami permasalahan pada filler yaitu terbentuknya akumulasi pengotor seperti debu, lumpur, dan mikroorganism. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pengotor yang terbentuk pada filler terhadap kinerja *cooling tower*, serta memberikan wawasan untuk mengatasi terbentuknya pengotor tersebut. Analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *range, approach*, efektivitas pendingin dan kapasitas perpindahan panas. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan bahwa terbentuknya akumulasi pengotor pada filler menyebabkan kenaikan suhu air pendingin dari 30°C menjadi 33°C, penurunan efektivitas *cooling tower* sebesar 17.8%, dan kapasitas perpindahan panas juga menurun dari 686.3 kW menjadi 274.5 kW. Hal ini menunjukkan bahwa pengotor yang menempel pada filler mengganggu proses perpindahan panas pada *cooling tower* sehingga diperlukan perawatan secara berkala untuk menjaga kinerja sistem pendingin.

**KATA KUNCI:** Akumulasi Pengotor, *Cooling Tower*, Perpindahan Panas

## 1. PENDAHULUAN

Industri kimia mempunyai peran penting untuk menunjang kebutuhan berbagai sektor seperti pertanian, dan manufaktur. Dalam proses produksinya, sistem pendingin yang efektif dibutuhkan untuk menjaga kestabilan dan kualitas produk. *Cooling tower* dengan tipe *induced draft counterflow* menjadi salah satu komponen utama dalam sistem pendingin industri kimia khususnya di PT. XYZ. *Cooling tower* merupakan alat penukar kalor yang digunakan untuk mendinginkan air panas melalui kontak langsung dengan udara sehingga air menjadi dingin [1].

Salah satu *cooling tower* yang digunakan oleh PT. XYZ mengalami sebuah permasalahan yaitu terbentuknya akumulasi pengotor yang menempel pada komponen filler. Hal ini terlihat dari suhu air pendingin yang keluar dari *cooling tower* menjadi semakin tinggi yaitu dari 30°C menjadi 33°C. Pengotor atau *fouling* merupakan fenomena pembentukan endapan berupa lumpur, debu, dan mikroorganism yang mengendap pada sistem perpindahan panas, sehingga dapat mengganggu kinerja *cooling tower* [2].

Afriyanti, F. [3] menjelaskan bahwa pengotor yang mengendap pada komponen filler ini menyebabkan efektivitas *cooling tower* menurun, kenaikan suhu air pendingin, serta dapat merusak komponen filler. Menurut penelitiannya, pengotor tersebut disebabkan oleh debu, dan mikroorganism air karena memiliki kandungan bakteri sehingga dilakukan upaya untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan cara demineralisasi dan injeksi sodium hipoklorit.

Selain itu, untuk mengatasi pengotor yang terbentuk pada filler juga dapat dilakukan dengan cara penggunaan bahan kimia anti *fouling* [4], dan penggantian komponen filler jika terjadi kerusakan struktural [5]. Hal ini terbukti berhasil untuk mengatasi pengotor yang mengendap pada filler sehingga dapat meningkatkan kinerja *cooling tower*.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah mengevaluasi perubahan temperatur air pendingin dari waktu ke waktu yang diakibatkan oleh terbentuknya akumulasi pengotor pada filler. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis seberapa besar pengaruh akumulasi pengotor yang terbentuk pada filler terhadap kinerja *cooling tower*,

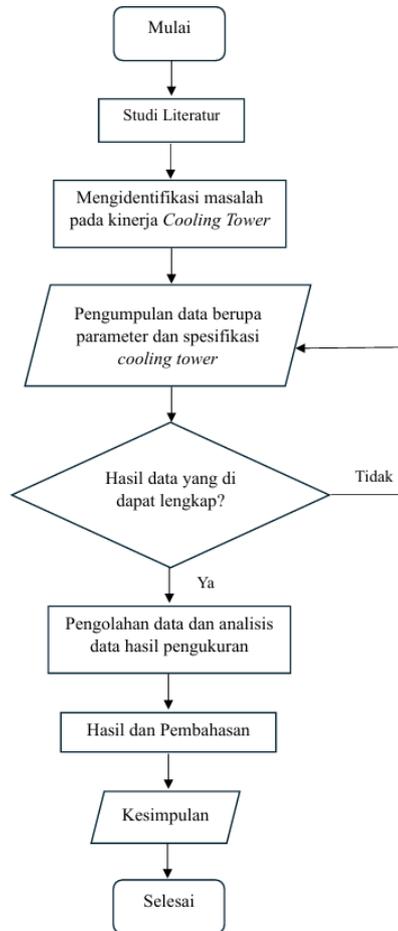
serta memberikan wawasan rekomendasi teknis yang tepat, untuk mengatasi akumulasi pengotor yang terbentuk berdasarkan studi terdahulu.

**2. BAHAN DAN METODE**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode pendekatan kuantitatif dengan cara studi literatur, pengumpulan data parameter kinerja *cooling tower*, dan analisis data dengan menggunakan *range*, *approach*, efektivitas *cooling tower*, serta kapasitas perpindahan panas.

**Tahapan Penelitian**

Berikut ini adalah tahapan penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

**Studi Literatur**

Studi literatur dalam penelitian ini digunakan untuk memahami prinsip dasar kinerja *cooling tower* dengan mempelajari buku, dan jurnal ilmiah yang relevan sehingga dapat memberikan pemahaman terkait kinerja *cooling tower* untuk melakukan pengumpulan data.

**Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan untuk mengetahui pengaruh pengotor yang terbentuk pada filler dalam penelitian ini berupa foto kondisi aktual pengotor yang terbentuk pada filler, serta data kondisi operasional *cooling tower* seperti temperatur air masuk, temperatur air keluar,

temperatur *wet bulb*, dan laju aliran air. Pengumpulan data dilakukan selama satu bulan untuk mengevaluasi seberapa besar pengotor yang terbentuk pada filler mempengaruhi kinerja termal *cooling tower*.



Gambar 2. Kondisi aktual pengotor yang terbentuk pada filler

**Analisis Data**

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengotor yang terbentuk pada filler terhadap kinerja *cooling tower*, yaitu dengan menggunakan metode perhitungan sebagai berikut:

**1. Range**

$$Range (°C) = Tin (°C) - Tout (°C) \tag{1}$$

Keterangan :

*Tin* = Temperatur air masuk (°C)  
*Tout* = Temperatur air keluar (°C)

**2. Approach**

$$Approach (°C) = Tout - Twb \tag{2}$$

Keterangan :

*Twb* = Temperatur bola basah (°C)

**3. Efektivitas Cooling Tower**

$$Efektivitas = \frac{range}{range + approach} \times 100\% \tag{3}$$

**4. Kapasitas Perpindahan Panas**

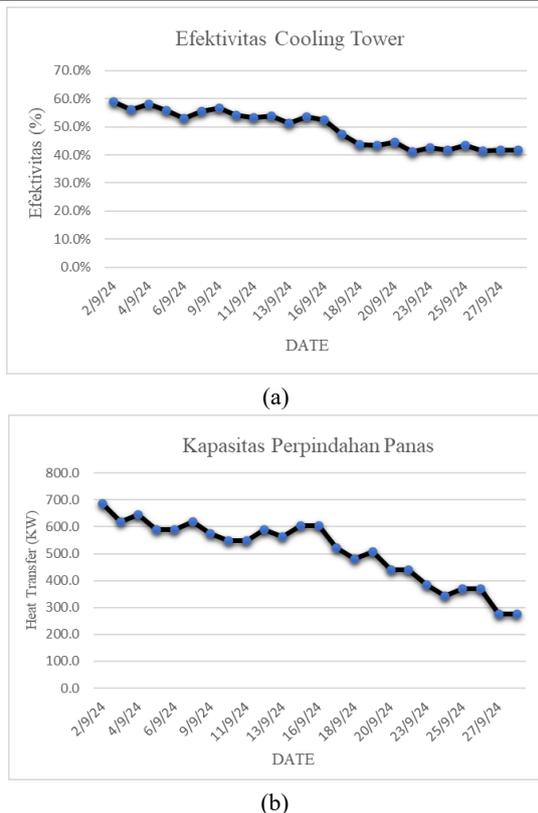
$$Q = \dot{m} \times Cp \times \Delta T \tag{4}$$

Keterangan :

*Q* = Kapasitas perpindahan panas (kW)  
 $\dot{m}$  = Laju aliran massa air (kg/s)  
*Cp* = Kalor spesifik air (kJ/kg.K)  
 $\Delta T$  = Selisih suhu air masuk dengan suhu air keluar (°C)

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah dilakukan analisis data, berikut ini akan disajikan hasil analisis dalam bentuk grafik mengenai pengaruh pengotor yang terbentuk pada filler terhadap efektivitas *cooling tower* dan kapasitas perpindahan panas, dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Hal ini bertujuan untuk memberikan visualisasi yang lebih jelas mengenai hubungan antara akumulasi pengotor yang terbentuk dari waktu ke waktu sehingga mempengaruhi kinerja termal *cooling tower*.



Gambar 3. Grafik efektivitas *cooling tower* (a) dan kapasitas perpindahan panas (b)

Berdasarkan hasil analisis pengaruh terbentuknya akumulasi pengotor pada filler terhadap kinerja *cooling tower*, ditemukan bahwa pengotor yang mengendap pada filler menyebabkan penurunan efektivitas *cooling tower* dari 58.8% menjadi 41%, dan kapasitas perpindahan panas juga menurun dari 686.3 kW hingga menjadi 274.5 kW. Penurunan ini disebabkan karena akumulasi pengotor yang mengendap pada filler menyebabkan penyumbatan sehingga mempersempit luas kontak antara udara dengan air.

Hal ini mengakibatkan proses perpindahan panas antara air dengan udara yang terjadi pada komponen filler menjadi terhambat, sehingga selisih perbedaan antara suhu air panas yang masuk dengan suhu air pendingin yang keluar menjadi lebih kecil. Penurunan ini menjelaskan bahwa, *cooling tower* tidak mampu mendinginkan suhu air panas dengan efektif, hal ini terlihat dari suhu air pendingin yang keluar mengalami peningkatan. Dengan demikian, diperlukan perawatan secara berkala untuk menghilangkan akumulasi pengotor yang terbentuk pada filler, hal ini bertujuan untuk menjaga kinerja *cooling tower* tetap optimal saat proses berlangsung.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan bahwa, akumulasi pengotor yang terbentuk pada filler di dalam *cooling tower* menyebabkan proses perpindahan panas menjadi terhambat, karena mengurangi luas kontak antara air dengan udara sehingga suhu air pendingin mengalami peningkatan 3°C.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, efektivitas *cooling tower* mengalami penurunan mencapai 17.8% selama periode pengamatan, selain itu kapasitas perpindahan panas juga menurun. Hal ini dikarenakan akumulasi pengotor yang terbentuk pada filler menyebabkan perbedaan selisih antara temperatur air yang masuk dengan air keluar menjadi semakin kecil. Oleh karena itu, diperlukan perawatan berkala untuk menghilangkan pengotor yang menempel pada komponen filler di dalam *cooling tower*.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada salah satu perusahaan kimia PT.XYZ dan pembimbing lapangan sekaligus manager PT.XYZ yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Selain itu, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh staff dan pegawai di perusahaan kimia PT. XYZ yang turut serta memberikan arahan dan bimbingan selama proses penelitian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hensley, John C., ed. *Cooling tower fundamentals*. Kansas City: Marley Cooling Tower Company, 1985.
- [2] Khan, J. U. R., and S. M. Zubair. "A study of fouling and its effects on the performance of counter flow wet cooling towers." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering* 218.1 (2004): 43-51.
- [3] Qureshi, Bilal A., and Syed M. Zubair. "The impact of fouling on performance evaluation of evaporative coolers and condensers." *International journal of energy research* 29.14 (2005): 1313-1330.
- [4] Meesters, K. P. H., J. W. Van Groenestijn, and J. Gerritse. "Biofouling reduction in recirculating cooling systems through biofiltration of process water." *Water research* 37.3 (2003): 525-532.
- [5] Afriyanti, Femi, Triyogi Yuwono, and Ali Masduqi. "Analysis of Cooling Water Quality Improvement to Increase Cooling Tower Efficiency at Kamojang Geothermal Power Plant Unit 1." *Advances in Science and Technology* 125 (2023): 95-100.
- [6] Ghozali, Mohamad Imam, Fajar Dhani Wardhana, and Arya Dwi Candra. "Analisa Efisiensi Cooling Tower Tipe Induced Draft Counterflow Sebelum dan Sesudah Penggantian Filler Pada Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) Unit 1 Dieng PT Geo Dipa Energi (PERSERO)" *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*. Vol. 4. No. 1. 2024.
- [7] Siallagan, Hutriadi Pratama. "Analisis kinerja cooling tower 8330 ct01 pada water treatment

- plant-2 pt Krakatau Steel (Persero). Tbk." *Jurnal Teknik Mesin (JTM)* 6.3 (2017): 216.
- [8] Qalbi, Mutiara Ghinaul, Budi Suharto, and Sri Wuryanti. "Analisis Efektivitas Cooling Tower Sebelum dan Sesudah Pergantian Filler Pack." *Jurnal Surya Teknika* 11.1 (2024): 394-399.
- [9] Wu, Xiaoxiao, and Lorenzo Cremaschi. "Thermal and chemical analysis of fouling phenomenon in condensers for cooling tower applications." (2012).
- [10] Paranita, Darni, Donda Donda, and Dimas Frananta Simatupang. "Determination of Cooling Water Requirement for Plastic Film Extrusion Process at PT. XYZ North Sumatra." *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi* 6.4 (2023): 513-518.
- [11] PCheremisinoff, Nicholas P., and Paul N. Cheremisinoff. "Cooling towers selection, design and practice." (1981).
- [12] Bai, Lu Ping, Li Zhang, and Xiao Feng Lu. "The analysis of the effect of fouling on the performance of the fill layer." *Advanced Materials Research* 986 (2014): 998-1003.
- [13] Bott, T. Reg. "Biofouling control in cooling water." *International Journal of Chemical Engineering* 2009.1 (2009): 619873.
- [14] Sung, Sun-Kyung, Sang-Ho Suh, and Dong-Woo Kim. "Characteristics of cooling water fouling in a heat exchange system." *Journal of mechanical science and technology* 22 (2008): 1568-1575.
- [15] Stanford III, Herbert W. *HVAC water chillers and cooling towers: fundamentals, application, and operation*. CRC press, 2011.
- [16] Midiani, Luh Putu Ike, et al. "Analisa Kinerja Cooling Tower Tipe Counter Flow Induced Draft." *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology* 2.2 (2021): 72-77.
- [17] Pinel, I. S. M. "Biofouling in open recirculating cooling systems: Characterization and control of biofilms and Legionella pneumophila." (2021).