

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri kimia mempunyai peran penting dalam menunjang kebutuhan berbagai sektor seperti pertanian, dan manufaktur. Sistem pendingin menjadi salah satu komponen terpenting dalam proses industri kimia, yang berfungsi menjaga suhu tetap optimal selama proses berlangsung. *Cooling tower* menjadi salah satu komponen utama dalam sistem pendingin di industri kimia, yang berperan untuk menghilangkan panas dari fluida proses dengan menggunakan media air dan didinginkan oleh udara.

Di PT. XYZ, *cooling tower* dengan tipe *induced draft counterflow* merupakan sistem pendingin utama yang digunakan untuk mendukung proses pendinginan pada *heat exchanger*, tipe ini dipilih untuk diteliti karena berkaitan langsung dengan program magang yang dilaksanakan oleh penulis sehingga memudahkan dalam proses observasi dan pengambilan data. Permasalahan yang sering terjadi pada *cooling tower* yaitu terbentuknya *fouling* pada filler, sehingga suhu air pendingin menjadi semakin tinggi yaitu dari 30°C menjadi sekitar 33°C. Akibatnya terjadi penurunan nilai efektivitas *cooling tower* dari 58.8% hingga menjadi 41%, dan perbedaan selisih temperatur *range* menjadi menurun dari 5°C menjadi 2°C. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan *fouling* dari waktu ke waktu sehingga kinerja perpindahan panas pada *cooling tower* semakin menurun. Selain itu, peningkatan *fouling* tidak hanya menurunkan kinerja sistem pendingin, tetapi juga menyebabkan terbentuknya kerak, dikarenakan air yang bersirkulasi mengalami peningkatan suhu sehingga mempercepat proses laju pengendapan mineral yang menyebabkan pembentukan kerak (Richard, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian Afriyanti, F. (2021) menjelaskan bahwa, *cooling tower* mengalami masalah yaitu *fouling* pada area *filler* dan *nozzle*. Akibatnya efisiensi *cooling tower* menurun dari 65% hingga 48%, menurut penelitiannya yang dilakukan disebuah pembangkit listrik, *fouling* disebabkan oleh adanya zat pengotor seperti lumpur, debu dan kualitas air tidak memenuhi standar seperti pH air rendah serta memiliki kandungan bakteri yang tinggi sehingga mengurangi efisiensi *cooling tower*, serta dapat mengurangi jumlah produksi listrik. Upaya pencegahan yang dilakukan yaitu pengolahan kualitas air dengan cara demineralisasi dan injeksi sodium hipoklorit. Demineralisasi

berhasil mengurangi kandungan ion sulfat dari 224 ppm menjadi < 5 ppm, serta jumlah bakteri yang menurun dari 19.000 CFU/ml menjadi 100 CFU/ml setelah dilakukan injeksi sodium hipoklorit.

Selain itu, berdasarkan hasil penelitian Qureshi dan Zubair (2005) bahwa, penyebab terbentuknya *fouling* dikarenakan kualitas air yang digunakan mengandung bakteri dan mineral seperti kalsium karbonat yang dapat mengendap serta membentuk kerak, sehingga menghambat proses perpindahan panas pada sistem pendingin, serta merusak peralatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masalah ini tentunya berdampak pada penurunan efektivitas pendingin hingga 55% dan menyebabkan penurunan laju perpindahan panas dari 80.9 kW hingga 35.7 kW serta meningkatkan suhu fluida proses. Upaya pencegahan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan inhibitor kerak dan korosi dengan campuran kimia untuk mengendalikan pertumbuhan mikrobiologis dan kerak.

Menurut hasil penelitian Khan dan Zubair (2003) menjelaskan bahwa, menurunnya kinerja *cooling tower* disebabkan oleh *fouling* yang menempel pada komponen *fill cooling tower* sehingga mengurangi efisiensi pendingin, nilai transfer panas (NTU), dan menyebabkan peningkatan suhu air pendingin. Faktor yang menyebabkan terbentuknya *fouling* ini yaitu dari air yang digunakan dalam sistem pendingin, air berperan sebagai media utama yang membawa material *fouling* ke dalam sistem karena mengandung bakteri, alga dan mikroorganisme.

Berdasarkan hasil penelitian Ghazali et al. (2024) menjelaskan bahwa, kinerja *cooling tower* mengalami sebuah masalah yaitu *fouling* akibat pertumbuhan mikroorganisme. *Fouling* ini menyebabkan komponen filler didalam *cooling tower* mengalami kerusakan dan terjadi penyumbatan pada celah lubang filler. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa, dengan melakukan penggantian komponen filler berhasil mengatasi *fouling* sehingga meningkatkan kinerja perpindahan panas dan efektivitas *cooling tower* meningkat sebesar 4.97%.

Berdasarkan hasil penelitian Vaishali et al. (2024) menjelaskan bahwa, penyebab terbentuknya *fouling* dalam penelitiannya berasal dari akumulasi pengotor seperti debu, dan pertumbuhan mikroorganisme air sehingga mengurangi efisiensi perpindahan panas. Metode yang dilakukan menurut penelitiannya untuk mengatasi *fouling* yaitu menggunakan filtrasi *microsand*, sistem filtrasi ini bekerja dengan cara menyaring aliran air dari *cooling tower* melalui media pasir halus untuk mengurangi jumlah partikel

pengotor dan bakteri. Hal ini terbukti efektif untuk mengurangi jumlah zat padat yang terlarut didalam air dari $110 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ menjadi $93 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Menurut hasil penelitian Pereira et al. (2017) menunjukkan bahwa, suhu air pendingin *cooling tower* memiliki pengaruh terhadap tingkat kemurnian produk yang dihasilkan. Hasil penelitiannya memperlihatkan bahwa, ketika suhu pendingin mencapai 40°C maka proses kondensasi uap menjadi kurang optimal sehingga menyebabkan kualitas minyak menjadi keruh dan tidak murni, sedangkan ketika suhu air pendingin mencapai 30°C menghasilkan kualitas minyak yang jernih dan murni. Dengan demikian, penelitian tersebut menjelaskan bahwa suhu air pendingin *cooling tower* berpengaruh dalam menjaga kualitas produk.

Berdasarkan penelitian terdahulu, menjelaskan bahwa menurunnya kinerja *cooling tower* disebabkan oleh zat pengotor seperti lumpur, debu dan kualitas air yang buruk karena memiliki kandungan bakteri, dan mineral sehingga mengendap pada area *filler*. Oleh karena itu, perlu dilakukan *maintenance* secara berkala untuk mengurangi *fouling* guna meningkatkan kinerja *cooling tower*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yang berdasarkan latar belakang yakni:

1. Bagaimana pengaruh *fouling* terhadap efektivitas dan kinerja *heat transfer* pada *cooling tower*?
2. Apa solusi yang perlu dilakukan untuk mengembalikan performa *cooling tower* yang menurun akibat peningkatan *fouling*?
3. Bagaimana performa *cooling tower* pada kondisi ideal tanpa *fouling* berdasarkan hasil simulasi CFD?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh *fouling* terhadap efektivitas dan kinerja *heat transfer* pada *cooling tower* tipe induced draft counterflow di PT. XYZ.
2. Memberikan solusi efektif untuk mengurangi *fouling* guna meningkatkan performa *cooling tower* yang menurun.

3. Menganalisis performa *cooling tower* pada kondisi ideal tanpa *fouling* berdasarkan hasil simulasi CFD

1.4. Batasan Masalah

Dalam konteks penelitian ini, peneliti menetapkan batasan masalah agar penelitian lebih fokus dan terarah. Berikut ini adalah batasan masalah yang ditetapkan:

1. *Cooling tower* yang dianalisa menggunakan tipe induced draft aliran *counterflow* di PT. XYZ.
2. Penelitian ini berfokus untuk menganalisis pengaruh *fouling* terhadap kinerja *cooling tower*.
3. Pengambilan data dilakukan selama periode satu bulan, untuk mengevaluasi perubahan kinerja *cooling tower* yang disebabkan oleh *fouling* pada komponen filler.
4. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi efektivitas pendingin, kapasitas pendingin, rasio *cooling range* (L/G) dan nilai transfer panas (NTU).
5. Tidak membahas komponen lain selain dari *cooling tower*.
6. Tidak membahas mengenai mekanisme terbentuknya *fouling* dan pengaruhnya terhadap kualitas produksi.
7. Tidak mengamati faktor penyebab *fouling* yang terjadi.
8. Simulasi CFD dalam penelitian ini hanya dijadikan acuan yang menggambarkan performa tertinggi *cooling tower* saat kondisi ideal tanpa *fouling* yang terbentuk pada filler.
9. Hasil simulasi difokuskan hanya untuk mendapatkan hasil keluaran temperatur air pendingin pada kondisi ideal tanpa *fouling*.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode observasi yaitu dengan cara melakukan pengamatan secara langsung di lapangan untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi pada kinerja *cooling tower*.

2. Studi literatur yaitu salah satu pengumpulan data yang dilakukan dengan cara membaca literatur serta penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

1.6. Sistematika Penulisan

Berikut ini akan disusun sistematika penulisan secara sistematis dengan berurutan:

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Pada bagian ini berisi dasar teori yang menjadi suatu landasan dalam penulisan skripsi dan literatur yang relevan dengan penelitian, termasuk penjelasan umum mengenai konsep dasar *cooling tower*, serta analisis rumus yang digunakan.

BAB III : Metodologi Penelitian

Pada bab ini membahas tentang tahapan penelitian, mulai dari studi literatur, pengumpulan data melalui pengukuran parameter *cooling tower*, analisis data, serta pengolahan data.

BAB IV : Pembahasan

Pada bab ini berisi hasil analisis data yang telah dikumpulkan, termasuk pengaruh *fouling* terhadap parameter operasional *cooling tower*, kemudian melakukan perhitungan dari data yang telah diperoleh.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan pada bab sebelumnya, serta memberikan solusi teknis untuk mengatasi masalah *fouling* pada *cooling tower*.