

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Heat Exchanger (HE) adalah alat penukar panas yang sangat dibutuhkan dalam proses industri seperti pada industri pembangkit listrik, kilang pengolahan minyak, industri gas, industri kayu lapis, industri kertas, industri makanan dan industri lain yang terutama menggunakan boiler dalam proses produksinya [Prisyazhniuk, 2009]. Keberadaan *HE* dalam proses industri pada umumnya berfungsi sebagai komponen proses industri dan juga sebagian besar diantaranya sebagai komponen penghemat energi. Menurut riset yang telah dilakukan oleh Mwaba, bagi industri berskala besar *HE* yang berfungsi secara baik mampu menekan penggunaan bahan bakar sehingga dapat menghemat biaya produksi mencapai jutaan dolar pada setiap tahunnya [Mwaba et al, 2006].

Berbagai tipe *HE* yang telah biasa digunakan dalam industri adalah : *Plate Heat Exchanger; Air Heat Exchanger; Adiabatic Wheel Heat Exchanger; Plate Fin Heat Exchanger; Pillow Plate Heat Exchanger; Fluids Heat Exchanger; Direct Contact heat Exchanger dan Shell and Tube Heat Exchanger* dimana tipe yang disebut terakhir akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian Tinjauan Pustaka. Pada penelitian ini *HE* tipe *Shell and Tube* dipilih menjadi subyek *HE* yang akan diteliti lebih mendalam berdasarkan berbagai pertimbangan, diantaranya : a). *HE* tipe *Shell and Tube* merupakan modul yang banyak digunakan dalam industri. Tipe ini memiliki berbagai ukuran dan kapasitas yang dijual di pasaran sehingga industri dengan skala kecil; menengah dan besar cenderung untuk menggunakannya. b). *HE* tipe *Shell and tube* memiliki kecenderungan untuk mengalami penyumbatan akibat kerak [Mwaba et al, 2006] yang timbul pada pipa bagian dalam (*inner pipe*) mengingat untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas, desain *HE Shell and Tube* cenderung menggunakan pipa yang berdiameter kecil dengan jumlah yang banyak [Al-Mutairi et al, 2009]. Pipa kecil ini memiliki diameter dalam antara 20 mm sampai pada 40 mm, oleh karenanya memiliki potensi yang sangat besar untuk mengalami penyumbatan.

Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa pipa industri, termasuk di dalamnya pipa *HE*, mengalami hambatan fungsi akibat keberadaan kerak di dalamnya [Hoang et al, 2007; Belarbi et al, 2014] dimana pada umumnya berakibat pada penurunan kemampuan pengaliran fluida; penurunan koefisien perpindahan panas dan bahkan dapat juga berakibat adanya *shutdown* secara tiba-tiba atau tak terjadwal [Martinod et al, 2008; Tang et al, 2008; Flaten et al, 2009; Ketrane et al, 2009; Quddus and Hadhrami, 2009]. Peneliti lain juga melaporkan bahwa kerak di dalam pipa akan menyebabkan waktu proses menjadi lebih lama; meningkatkan kebutuhan bahan bakar dan mengakibatkan harga produk menjadi semakin mahal [Belarbi et al, 2014]. Desainer *HE* sejak awal mula sudah memperhitungkan adanya penurunan koefisien perpindahan panas sehingga ukuran desain diantisipasi dengan cara memperbesar dimensi dan kapasitas menjadi 135% dibanding desain seharusnya [Mwaba et al, 2006]. Tentu saja hal ini akan dapat berdampak pada aspek lain, misalnya memperberat biaya investasi. Penjelasan di atas menunjukkan bahwa keberadaan kerak di dalam pipa industri menimbulkan kerugian cukup besar sehingga menarik minat para peneliti untuk melakukan pengkajian mengenai pertumbuhannya serta kemudian mengeksplorasi metode untuk melakukan pencegahan [Quddus and Al-Hadhrami, 2009; Belarbi et al, 2014].

Kerak di dalam pipa pada umumnya didominasi oleh kerak CaCO_3 [Flaten, et al, 2009; Ketrane et al, 2009; Yang et al, 2009; Belarbi, et al, 2014] dimana diakibatkan oleh beberapa alasan diantaranya : a). Kerak CaCO_3 dapat terbentuk di dalam pipa sekalipun unsur pembentuknya dalam konsentrasi yang sangat kecil [Flaten et al, 2009]. b). Terkait oleh temperatur proses pada industri yang relatif tinggi, ion pembentuk CaCO_3 memiliki potensi pengendapan yang lebih besar dalam temperatur yang tinggi. c). Kerak CaCO_3 memiliki potensi untuk dapat terbentuk pada hampir semua jenis air pengumpan pada industri [Tzoti et al, 2009]. Penjelasan ini menunjukkan potensi pembentukan kerak CaCO_3 yang sangat besar di dalam pipa *HE* dan juga betapa pentingnya untuk dilakukan elaborasi langkah-langkah untuk menghambat pertumbuhan kerak tersebut.

Dalam rangka melakukan elaborasi langkah untuk menghambat pertumbuhan kerak CaCO_3 , mekanisme pembentukannya harus dipahami terlebih dahulu dimana nantinya akan dapat digunakan sebagai konsep dasar dalam usaha penghambatan kerak dan program mitigasi [Quddus dan Al-Hadrami, 2009]. Mengacu pada publikasi yang dilakukan oleh Hoang, pada awalnya kerak kalsium dikaji dengan fokus terhadap aspek kinetik sedangkan aspek lain yaitu aspek eksternal baru dikaji pada masa sesudahnya [Hoang et al, 2007]. Aspek eksternal yang dikaji oleh Hoang adalah aspek temperatur dimana ia melakukan pengkajian pengaruh temperatur terhadap proses pembentukan kerak. Dalam penelitian ini aspek eksternal yang akan dikaji selain temperatur adalah model aliran dari *HE Shell and Tube*, seperti telah diketahui bahwa aliran fluida dalam *HE* memiliki 2 model aliran yaitu searah dan berlawanan [Al-Mutairi et al, 2009]. Model dan temperatur aliran diduga memiliki pengaruh terhadap pembentukan kerak CaCO_3 baik jumlah depositnya, fase kristal serta distribusinya dan bentuk kristalnya. Untuk mengungkap pengaruh yang dimaksudkan perlu dilaksanakan penelitian secara sistematis sebagai langkah mitigasi dan selanjutnya dilakukan pencegahannya. Selain berpengaruh terhadap deposit kerak, diduga model aliran juga berpengaruh terhadap efisiensi pemindahan panas yang didapatkan [Mutairi et al, 2009] dimana hal ini perlu diungkap melalui metode eksperimen yang tepat. Mitigasi pada tingkat ini mencakup permasalahan pada tingkat desain serta rekomendasi yang diberikan berada pada tahap awal yaitu tahap desain yang sebaiknya dipilih terkait aliran searah atau berlawanan. Hasil mitigasi juga dimungkinkan berupa langkah atau metode dalam penghambatan kerak baik berbasis pada metode fisik maupun kimiawi.

Penghambatan berbasis pada metode fisik akan dikaji setelah mendapatkan data sebagai hasil mitigasi sedangkan metode kimiawi dilakukan dengan cara menambahkan bahan kimia sebagai penghambat [Tang et al, 2008; He et al, 2009; Chen et al, 2009]. Pemilihan jenis penghambat (inhibitor) dilakukan berdasarkan pertimbangan terhadap beberapa bahan kimia yang telah digunakan maupun telah dilakukan penelitian dimana menunjukkan hasil yang baik. Hal ini bisa dilakukan mengingat material pembentuk kerak yang akan diselidiki telah ditetapkan yaitu kerak kalsium. Melalui pengkajian terhadap berbagai penelitian yang telah dilakukan, bahan

kimia sebagai penghambat ditetapkan *Formic acid* dan *Oxalic acid* dimana menunjukkan hasil yang baik dalam menghambat kerak kalsium [Ersen et al, 2006]. Akan tetapi bagaimana efisiensinya bila digunakan dalam *HE* masih perlu untuk dikaji lebih lanjut, kajian mitigasi ini dilaksanakan dengan standar ketelitian yang tinggi dan diharapkan berhasil dilaksanakan dengan baik. Hasil yang didapatkan yaitu konsep yang baik dalam usaha mencegah pembentukan kerak pada *HE Shell and Tube*, diharapkan dapat menjadi pedoman serta memberikan sumbangan yang berguna bagi dunia industri.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dijawab melalui penelitian ini mencakup tiga tahap atau metode yaitu meliputi :

1. Tahap desain

Terkait dengan pembentukan kerak, desain manakah diantara *HE* dengan model aliran searah dan berlawanan yang memiliki efisiensi pemindahan panas yang terbaik.

2. Metode fisik

Metode penghambatan fisik diamati melalui bentuk kristal kerak (*polymorph*) dimana bentuk kristal mendekati bulat (*spherical*) memiliki peluang terbaik untuk dibersihkan menggunakan metode fisik seperti penyemprotan kerak dengan air berkecepatan tinggi. Oleh karena itu perlu diungkap melalui eksperimen, diantara pengoperasian dengan parameter yang dipilih manakah yang paling berpeluang menghasilkan kerak dengan bentuk kristal *spherical*.

3. Metode kimia

Penghambatan dengan metode kimia dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia (aditif) ke dalam larutan pembentuk kerak dimana dalam hal ini dipilih senyawa *formic acid* dan *oxalic acid*. Pengaruh penambahan aditif *formic acid* dan *oxalic acid* telah diketahui efisiensi penghambatannya terhadap pembentukan kerak CaCO_3 di dalam *baker*, akan tetapi belum diketahui bagaimanakah efisiensinya dalam pengoperasian *HE*.

1.3. Tujuan Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat dicapai berbagai tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Membedakan pengaruh aliran *HE Shell and Tube* antara aliran searah dengan aliran berlawanan, desain manakah yang memiliki potensi pembentukan kerak lebih rendah dan terkait dengan hal ini, desain manakah yang memiliki efisiensi perpindahan panas lebih baik.
2. Mengungkap tentang pengaruh parameter proses terhadap *polymorph* kristal kerak di dalam pipa dimana bentuk kristal *spherical* lebih mudah untuk dihilangkan dengan metode fisik yaitu melalui penyemprotan air berkecepatan tinggi.
3. Meneliti pengaruh penggunaan aditif *formic acid* dan *oxalic acid* dalam usaha menghambat pertumbuhan kerak di dalam pipa *HE* khususnya kerak CaCO_3 .

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi kepada dunia industri tentang pemilihan desain *HE Shell and Tube* diantara aliran searah dengan aliran berlawanan, desain manakah yang memiliki potensi pembentukan kerak lebih rendah dan terkait dengan hal ini, desain manakah yang memiliki efisiensi perpindahan panas lebih baik. Informasi ini sangat penting mengingat dalam buku pedoman pembuatan desain *HE*, informasi potensi pembentukan kerak tidak dibahas di dalamnya.
2. Memberikan informasi kepada dunia industri tentang pengaruh parameter proses terhadap *polymorph* kristal kerak di dalam pipa dimana bentuk kristal *spherical* lebih mudah untuk dihilangkan dengan metode fisik yaitu melalui penyemprotan air berkecepatan tinggi.
3. Memberikan informasi kepada dunia industri tentang pengaruh penggunaan aditif *formic acid* dan *oxalic acid* dalam usaha menghambat pertumbuhan kerak di dalam pipa *HE* khususnya kerak CaCO_3 .