

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu upaya penerapan inovasi baru khususnya di bidang perpindahan panas dilakukan dengan sebuah upaya untuk meningkatkan perpindahan panas yang terjadi pada desain *fin and tube heat exchanger* yang dilakukan dengan penambahan *vortex generator*. Hal ini, diharapkan dapat meningkatkan nilai performa kinerja pada *heat exchanger* yang memiliki pengaruh sangat penting agar tercapai performa yang paling optimal. *Heat exchanger* merupakan suatu alat untuk melakukan proses perpindahan panas diantara dua fluida yang bekerja dan memiliki tempetarur yang berbeda dan juga dipisahkan oleh pembatas yang *solid*. Beberapa penerapan *heat exchanger* sebagai alat penukar panas dapat ditemukan pada industri di bidang pendingin udara, pembangkit listrik, sistem pemanfaatan gas terbuang, dan sistem pemrosesan kimia. *Fin and tube* adalah salah satu jenis *heat exchanger* yang paling sering digunakan di bidang pendingin udara dimana aliran fluida udara mengalir pada sisi *fin*. Pada kenyataannya, fluida udara yang mengalir pada bagian *fin* memiliki resistansi termal yang tinggi. Resistansi termal yang tinggi menyebabkan kecilnya koefisien perpindahan panas konveksi. Oleh karena itu, peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi diperlukan dengan cara memperkecil resistansi termal dengan cara memodifikasi kisi-kisi pada *fin* (Song and Tagawa, 2018). Meningkatkan perpindahan panas dengan cara memodifikasi adalah metode yang paling efektif. Modifikasi ini juga memiliki dampak peningkatan terhadap *pressure drop* pada aliran (Awais and Bhuiyan, 2018)

Salah satu penelitian menyatakan dengan memodifikasi *fin* dengan cara memberikan tonjolan pada permukaan yang digunakan pada *heat exchanger* bertujuan untuk meningkatkan keseluruhan performa perpindahan panas. Metode ini penting untuk diaplikasikan, terutama pada sistem pendinginan dikarenakan resistansi termal tinggi didominasi pada fluida udara sisi *fin* dikarenakan perbedaan temperatur antar sisinya. Tonjolan permukaan ini terdapat beberapa bentuk diantaranya, *plain*, *wavy*, *louver*, *slit*, *offset*, dan lainnya (Wang et al., 2015).

Beberapa teknik untuk meningkatkan perpindahan panas dapat dikategorikan menjadi tiga metode yaitu, aktif, pasif, dan kombinasi. Metode aktif memerlukan energi luar yang terlalu kompleks untuk diaplikasikan. Sementara, metode pasif tidak membutuhkan energi luar, tetapi cukup dengan memodifikasi permukaan dan geometri dari *channel*. Metode pasif sering digunakan dari pada metode aktif dikarenakan lebih murah dan mudah diproduksi (Zhai *et al.*, 2019)

Modifikasi tonjolan permukaan adalah metode pasif yang mampu menghasilkan *vortex* pada permukaan *fin*, dimana metode ini mampu menghasilkan peningkatan perpindahan panas pada fluida udara di sisi *fin* (Song and Wang, 2016). *Vortex generator* (VG) adalah metode pasif yang dapat menghasilkan bentuk putaran aliran dan menghasilkan *vortex*. *Delta winglet* dan *rectangular winglet* adalah tipe dari *vortex generator* yang dapat diaplikasikan dengan cara dicetak, dilas, atau ditekan. Dua tipe *vortex* yang disebabkan oleh *vortex generator* adalah *transverse vortex* (TVGs) dan *longitudinal vortex* (LVGs) (Awais and Bhuiyan, 2018). *Transverse vortex* dinilai tidak efektif dari pada *longitudinal vortex*, hal ini dikarenakan *transverse vortex* hanya terbesar pada sisi *wake* dari VG. Sehingga perambatan panas hanya terjadi pada area tersebut (Khanjian *et al.*, 2017). Sementara, *longitudinal vortex* memicu aliran selanjutnya yang mengacaukan formasi lapisan batas termal dan menyebabkan aliran tidak stabil. Aliran yang tidak stabil menyebabkan turbulensi dengan skala yang tinggi (Liang *et al.*, 2018).

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam penggunaan *vortex generators* sebagai salah satu cara untuk menghasilkan peningkatan perpindahan panas dengan variasi posisi pemasangan, bentuk, dan orientasi dari *vortex generators*. Penelitian secara numerik untuk menganalisis termal dan karakteristik fluida pada *pin-fin heat sink* memakai *delta winglet vortex generator* menghasilkan bahwa menurunnya resistansi termal disebabkan oleh meningkatnya bilangan Reynolds dan tinggi winglet pada sudut serang  $30^\circ$  dengan susunan *common flow up* (Li *et al.*, 2017). Selanjutnya, penelitian mengenai penggunaan *curved vortex generator* pada *fin-tube heat exchanger* dilakukan dengan hasil bahwa, intensitas aliran selanjutnya lebih besar dengan penggunaan radius yang lebih besar dari lekukan *vortex generator* yang diaplikasikan pada *fin-tube heat exchanger*. *Vortex generator*

dengan *central angle* ( $\theta$ ) = 25°, sudut serang ( $\beta$ ) = 15° dan faktor keseluruhan performa (R) = 1,06 memiliki performa termal hidrolik paling baik (Lu and Zhai, 2019). Penelitian dengan memvariasikan bentuk winglet juga dilakukan menggunakan *concave* dan *convex curved vortex generator* dihasilkan bahwa *concave curved vortex generator* meningkatkan perpindahan panas lebih baik dengan nilai peningkatan *surface goodness factor* (JF) pada  $Re = 1400$ ,  $\beta = 20^\circ$ , dan  $\theta = 80^\circ$  sebesar 11,3% dibandingkan *convex curved vortex generator* (Lei et al., 2017).

Pada penelitian ini dilakukan secara numerik berdasarkan eksperimen pada *evaporator* yang dibuat oleh (Joardar and Jacobi, 2008). Bentuk variasi winglet yang baru dari VG adalah *concave rectangular winglet pair* (CRWP) dan *convex rectangular winglet pair* (CxRWP) dibandingkan dengan *rectangular winglet pair* (RWP) dan *baseline* dengan variasi sudut serang 5°, 10°, dan 15° yang mana penelitian menggunakan CRWP dan CxRWP masih berkaitan dengan penelitian sebelumnya. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki perpindahan panas secara konveksi dan *pressure drop* dengan memvariasikan tipe dan sudut serang VG pada *fin-tube heat exchanger*. Berdasarkan uraian yang telah disampaikan maka penulis menarik pembahasan tersebut sebagai skripsi dengan judul **ANALISIS VARIASI VORTEX GENERATOR DESAIN FIN AND TUBE HEAT EXCHANGER MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYANAMICS**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikumpulkan oleh penulis, rumusan masalah dari penulisan skripsi ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan variasi bentuk *winglet* dan sudut serang *vortex generators* terhadap distribusi kecepatan aliran pada bagian *channel* pengujian ?
2. Bagaimana distribusi temperatur pada bagian *channel heat exchanger* yang terjadi pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator* ?

3. Bagaimana koefisien perpindahan panas pada bagian *channel heat exchanger* yang terjadi pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator* ?
4. Bagaimana efek *pressure drop* yang dihasilkan pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator* ?
5. Bagaimana laju perpindahan panas yang terjadi pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator* ?

### 1.3 Tujuan

Berdasarkan uraian mengenai alasan maupun persoalan yang ada sehingga, tujuan dari penelitian skripsi ini sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh penggunaan variasi bentuk *winglet* dan sudut serang *vortex generators* terhadap distribusi kecepatan pada bagian *channel heat exchanger*.
2. Menganalisis distribusi temperatur pada bagian *channel heat exchanger* yang terjadi pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator*.
3. Menganalisis koefisien konveksi perpindahan panas pada bagian *channel heat exchanger* yang terjadi pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator*.
4. Menganalisis efek *pressure drop* yang dihasilkan pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator*.
5. Menganalisis laju perpindahan panas yang terjadi pada setiap penggunaan variasi model *vortex generator*.

### 1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka batasan masalah pada penelitian skripsi ini sebagai berikut :

1. Permodelan geometri *fin and tube heat exchanger* dalam domain aliran tiga dimensi (3D)
2. Aliran fluida *inlet laminar, steady, incompressible, constant physical properties*.

3. Susunan *vortex generators* dan *tube inline*.
4. Variasi bentuk *winglet concave rectangular winglet pair* (CRWP) dan *convex rectangular winglet pair* (CxRWP).
5. Variasi sudut serang *vortex generator* 5°, 10°, 15°.
6. Jumlah *vortex generator* 7 baris.
7. Posisi *vortex generator* pada posisi *common flow up*.
8. Mengabaikan performa termal hidrolik yang terjadi pada setiap penggunaan variasi.
9. Mengabaikan intensitas longitudinal vortex yang terjadi pada setiap penggunaan variasi.
10. Mengabaikan deformasi yang terjadi pada material dari *fin and tube*.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian skripsi ini terdiri dari lima bab yang saling berhubungan, secara garis besar penulis uraikan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi.

### **BAB II TINJUAN PUSTAKA**

Bab ini meliputi teori yang erat kaitannya dengan penelitian yang akan dilaksanakan, hal ini meliputi teori mekanika fluida dan perpindahan panas pada *heat exchanger*.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini disajikan terkait sistematika penelitian yang dilakukan, meliputi rencana, metode yang digunakan, dan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini disajikan terkait pengolahan data yang didapatkan, analisis percobaan, dan penguraian terkait rumusan masalah dari penelitian

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini disajikan terkait kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dan saran dari peneliti untuk perancangan penelitian berikutnya.