

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang pola aliran fluida dua fasa pada pipa horizontal pernah dilakukan. Korawan (2015) melakukan penelitian tentang pola aliran dua fase (air + udara) pada pipa horizontal dengan variasi kecepatan superficial air. Hasil dari penelitian tersebut adalah pola aliran *bubble* dan *Stratified*.

Wibowo, dkk (2015) melakukan penelitian tentang studi eksperimen mengenai sub-sub pola aliran *stratified* pada aliran dua fasa searah berdasarkan fluktuasi beda tekanan pada pipa horizontal. Hasil dari penelitian tersebut adalah metode pengamatan pola aliran *stratified* yaitu dengan cara visual dan daerah yang dibagi menjadi sub-sub yaitu *stratified smooth*, *two dimensional wave*, *roll wave* dan *atomization*.

Sukamta, dkk (2010) melakukan penelitian tentang identifikasi pola aliran dua fasa uap-kondensat berdasarkan pengukuran beda tekanan pada pipa horizontal. Hasil dari penelitian tersebut adalah pola aliran *stratified*, *plug*, *wavy*, *slug* dan *pre-slug*.

Gunawan, dkk (2015) melakukan penelitian tentang studi eksperimen mengenai fluktuasi tekanan dan tegangan geser antarmuka pada aliran *stratified* air udara pada pipa horizontal. Hasil dari penelitian tersebut adalah terjadi pola aliran *stratified smooth*. *Pressure gradient* akan semakin besar jika  $J_G$  dan  $J_L$  semakin besar.

Sudarja, dkk (2016) melakukan penelitian tentang karakteristik gradien tekanan pada aliran dua-fase udara-campuran air dan 20% gliserin dalam pipa horizontal berukuran mini. Hasil dari penelitian tersebut adalah semakin bertambahnya kecepatan superficial gas maupun kecepatan superficial cairan maka gradien tekanan semakin besar.

Khaledi, dkk (2014) melakukan penelitian tentang investigasi pola aliran dua fase, penahanan cairan dan penurunan tekanan dalam aliran minyak-gas

yang kental. Hasil dari penelitian tersebut adalah pola aliran yang didapatkan yaitu *stratified, stratified wavy, bubbly flow, plug flow, roll-wave* dan *slug flow*.

Tsaoulidis, dkk (2013) melakukan penelitian tentang pola aliran dan penurunan tekanan cairan *ionic* dua-fase cairan-air di *microchannels*. Hasil dari penelitian tersebut adalah pola aliran yang didapat yaitu *plug flow, disturbed plug, plug & drop train flow, intermittent flow, dispersed flow, quasi annular flow, throat annular flow, rivulet annular flow, drop flow* dan *irregular flow*.

Chinnov, dkk (2015) melakukan penelitian tentang pola alir dua fasa pada *short horizontal rectangular microchannels*. Hasil dari penelitian tersebut adalah pola aliran yang didapat yaitu *bubble, annular, jet, stratified* dan *churn regimes*.

Sudarja, dkk (2015) melakukan penelitian tentang studi ekperimental mengenai pola aliran dan fraksi hampa pada aliran gas – cairan dalam pipa berukuran mini. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah pola aliran yang terdeteksi yaitu *bubbly, slug, slug – annular, churn* dan *annular*.

Saisorn dan wongwises (2008) melakukan penelitian pola aliran, fraksi hampa dan penurunan tekanan dua fase aliran udara-air pada saluran mikro melingkar horizontal. Hasil dari penelitian tersebut adalah pola aliran yang didapatkan yaitu *slug flow, throat-annular flow, churn flow and annular-rivulet flow*.

Sukamta, dkk (2017) melakukan penelitian tentang simulasi CFD aliran *bubble* air – udara searah pada pipa horizontal. Hasil dari penelitian tersebut adalah pengaruh variasi  $J_L$  terhadap  $J_G$  menghasilkan kecepatan laju aliran bertambah, semakin besar nilai  $J_G$  semakin bertambah pula ukuran gelembung didalam aliran. Semakin rendah  $J_G$  dan  $J_L$  maka gelembung yang di hasilkan akan semakin kecil dan banyak. Semakin besar  $J_G$  maka gelembung yang dihasilkan akan semakin besar dan memanjang.

Dari hasil penelitian diatas pola aliran yang banyak terjadi pada aliran dua fasa adalah *stratified, plug, slug, annular* dan *bulble*. Penelitian yang akan dilakukan memiliki variabel yang sama seperti penelitian sebelumnya oleh

Sudarja, dkk (2016). Sudarja dalam penelitiannya melakukan penelitian tentang karakteristik gradien tekanan pada aliran dua fase udara–campuran air dan 20% gliserin dalam pipa horizontal berukuran mini, metode yang digunakan adalah eksperimental. Pada penelitian ini akan di lakukan penelitian tentang gradien tekanan dan pola aliran pada aliran dua fase udara-air dan gliserin (40%-70%) pada pipa kapiler horizontal dengan metode simulasi CFD menggunakan *Volume Of Fluid* (VOF).

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Aliran Fluida**

Aliran fluida memiliki dua jenis aliran yaitu aliran satu fasa dan aliran dua fasa. Aliran satu fasa adalah aliran yang mengalir di dalam pipa yang memiliki satu jenis fasa saja ( cair atau gas ) sedangkan aliran dua fasa adalah aliran yang mengalir di dalam pipa yang memiliki dua jenis fasa ( cair dan gas ).

Aliran fluida terbagi menjadi 2 yaitu berdasarkan bentuk aliran dan berdasarkan waktu.

Aliran fluida berdasarkan bentuk waktunya :

#### **a. Aliran *Steady***

Aliran fluida yang terjadi karena tidak terpengaruh terhadap waktu atau aliran konstan.

#### **b. Aliran *Transient***

Aliran fluida yang terjadi karena adanya pengaruh terhadap waktu.

### **2.2.2 Pola Aliran**

Aliran fluida yang mengalir di dalam pipa dan tercampur seperti cair dan gas akan menimbulkan suatu pola aliran yang terjadi di dalam pipa tersebut, Yang mana terdapat berbagai macam pola aliran fluida yang terjadi seperti pola aliran pada saluran horizontal dan pola aliran pada saluran vertikal. Pola aliran pada saluran horizontal yaitu:

- a. *Bubbly flow* adalah pola aliran dimana terdapat gelembung uap yang terjadi di setengah bagian atas pipa.

- b. *Stratified flow* adalah pola aliran yang terpisah pada kecepatan cairan dan gas rendah dimana gas masuk ke bagian atas dan cairan masuk ke bagian bawah tabung.
- c. *Plug Flow* adalah pola aliran yang terjadi akibat gelembung yang mengalir di bagian atas pipa.
- d. *Slug flow* adalah pola yang terjadi ketika meningkatnya kecepatan uap dan mengakibatkan terjadinya gelombang pada garis batas uap-liquid yang signifikan sehingga meruncing dan membentuk busa (*foamy slug*).
- e. *Annular flow* adalah pola yang terjadi ketika meningkatnya kecepatan uap yang tinggi sehingga uap berada di tengah pipa dan liquid berada di permukaan pipa.
- f. *Wavy flow* adalah pola aliran yang terjadi karena meningkatnya kecepatan aliran uap yang berada di atas permukaan dan mengganggu garis batas uap-liquid sehingga terbentuk gelombang.

### 2.3 CFD (Computation Fluid Dynamics)

CFD (*Computation Fluid Dynamics*) adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, interaksi fluida dengan terstruktur, sistem akustik dan fenomena lainnya dengan cara menyelesaikan persamaan-persamaan matematika atau model matematika dengan pemodelan dikomputer.

Dengan menggunakan CFD kita dapat membuat simulasi dari sebuah sistem atau alat yang ingin dianalisis dengan pendekatan kondisi nyata dilapangan. CFD dapat memberikan data, gambar, atau kurva yang menunjukkan prediksi dari performansi keandalan sistem yang didesain tersebut. Hasil analisa CFD sering berupa prediksi kualitatif meski terkadang kuantitatif (tergantung dari persoalan dan data yang di-input).

Hal yang paling mendasar mengapa CFD (*Computational Fluid Dynamics*) banyak sekali digunakan, karena dengan CFD dapat dilakukan analisis terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen.

CFD sering di gunakan di dalam dunia industri untuk desain suatu system dan untuk mencari sumber atau analisis kegagalan suatu system fluida. Contoh

penggunaan CFD di dalam industri terdapat di bidang biomedical, semikonduktor, otomotif, aerospace, equipment manufacturing, chemical processing.

Ada tiga tahap yang dilakukan untuk melakukan simulasi yaitu:

### **1. *Pre-processing***

*Pre-processing* adalah tahapan pertama yang dilakukan pada analisis penelitian menggunakan simulasi CFD. Pada tahap *preprocessing*, akan dilakukan pembentukan geometri atau domain komputasi berupa Gambar *Computer Aided Design* (CAD) dalam bentuk 2 dimensi atau 3 dimensi. Pembuatan geometri dapat dilakukan pada software CFD itu sendiri atau menggunakan software Gambar CAD khusus seperti Inventor dan Solidworks untuk pembentukan geometri yang rumit.

### **2. *Processing***

Tahap *processing* merupakan tahap perhitungan sebuah simulasi. Pada tahap ini parameter yang telah diberikan pada tahap *pre-processing* akan dikalkulasi secara berulang atau disebut dengan iterasi. Perhitungan akan selesai apabila hasil perhitungan telah mencapai tingkat ketelitian yang telah ditentukan ataupun telah mencapai batas jumlah iterasi yang telah ditentukan.

### **3. *Post-processing***

*Post-processing* merupakan tahap akhir dari simulasi. Pada tahap ini akan dilakukan pengambilan dan pengolahan data berupa nilai untuk variabel-variabel tertentu, grafik serta visualisasi dalam bentuk kontur dan animasi. Sama halnya pada tahap pembuatan mesh, tahap *post-processing* dapat dilakukan pada software CFD itu sendiri ataupun menggunakan software lain khusus post processing.

## **2.4 Fluent**

Fluent adalah salah satu dari jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga. Fluent dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan *mesh* (*grid*) yang tidak terstruktur dengan cara yang relatif mudah, karena Fluent menyediakan fleksibilitas *mesh*.

Ansyz Fluent memiliki beberapa jenis mesh yaitu pada 2D terdapat *triangular* dan *quadrilateral*, sedangkan pada 3D terdapat *tetrahedral*, *hexahedral*, *pyramid*, *wedge* dan *mesh* campuran (*hybrid*). Dengan menggunakan Ansys Fluent memungkinkan untuk memperhalus atau memperbesar ukuran *mesh*.

Fluent sering digunakan karena memiliki kelebihan:

- a. Mudah untuk digunakan.
- b. Model yang nyata.
- c. Model *meshing* yang efisien.
- d. Penyajian hasil cepat.
- e. Akurasi data yang mendekati kondisi nyata.

#### **2.4.1 Merencanakan Analisis CFD**

Untuk mendefinisikan suatu kasus, harus dimasukkan informasi pada variabel aliran pada domain kasus tersebut, antara lain *surface tension*, *velocity*, kecepatan superfisial dan lain-lain.

Data yang diperlukan pada batas tergantung dari tipe kondisi batas dan model fisik yang dipakai (turbulensi, persamaan energi, multifasa, dll). Data yang diperlukan pada kondisi batas merupakan data yang sudah diketahui atau data yang dapat diasumsikan. Tetapi asumsi data yang dipakai harus diperkirakan mendekati yang sebenarnya. Input data yang salah pada kondisi batas akan sangat berpengaruh terhadap hasil simulasi.

#### **2.4.2 Velocity Inlet**

Kondisi batas *velocity inlet* digunakan untuk mengidentifikasi kecepatan aliran dan besaran skalar pada sisi masuk aliran. Kondisi batas ini hanya digunakan untuk aliran inkompresibel.

#### **2.4.3 Mass Flow Inlet**

Nilai tekanan *gauge* digunakan sebagai tebakan awal oleh Fluent, selanjutnya akan dikoreksi sendiri sejalan dengan proses iterasi. Metode spesifikasi arah aliran dan turbulensi sama dengan kondisi batas *velocity inlet*.

#### **2.4.4 Pressure Inlet**

Data tekanan total (*absolute*), tekanan *gauge*, *temperature* arah aliran dan besaran turbulen harus dimasukkan. Metode spesifikasi arah aliran dan turbulensi sama dengan kondisi batas *velocity inlet*. Nilai temperatur masukan akan digunakan sebagai temperatur statik pada aliran inkompresibel.

#### **2.4.5 Pressure Outlet**

Pada kondisi batas ini harus dimasukkan nilai tekanan statik, temperatur aliran balik (*backflow*) dan besaran turbulen aliran balik. Kondisi batas yang dipakai pada sisi keluar fluida dan data tekanan pada sisi keluar diketahui atau minimal dapat diperkirakan mendekati sebenarnya.

#### **2.4.6 Dinding (wall)**

Kondisi batas ini digunakan sebagai dinding untuk aliran fluida dalam saluran atau dapat disebut juga sebagai dinding saluran. Kondisi batas ini digunakan juga sebagai pembatas antara daerah fluida (cair dan gas) dan padatan.

#### **2.4.7 Kondisi Batas**

Terdapat beberapa kondisi batas lagi yang dapat dikelompokkan menjadi kelompok kondisi batas internal. Kondisi batas ini digunakan untuk bidang yang berada di tengah medan aliran dan tidak mempunyai ketebalan. Yang termasuk dalam kondisi batas internal adalah *fan*, radiator, *porous jump*, interior.

Kondisi batas *fan*, radiator, dan *porous jump* digunakan untuk memodelkan *fan*, radiator, atau media berpori di tengah-tengah aliran, sehingga tidak perlu dibuat model fan atau radiator, cukup dengan menentukan kenaikan tekanan yang terjadi setelah melewati alat tersebut.

### **2.5 General**

#### **a. Pressure-Based**

Kecepatan yang diperoleh dari persamaan momentum, konversi massa (kontinuitas) didapatkan dengan menghitung tekanan, persamaan energi yang

diselesaikan secara berurutan dan persamaan skalar tambahan juga diselesaikan dalam mode terpisah.

**b. *Density-Based***

Persamaan yang mengatur kontinuitas, energi diselesaikan Bersama sedangkan persamaan skalar tambahan diselesaikan secara terpisah.

## **2.6 *Models***

### **2.6.1 *Multifasa***

➤ ***Volume Of Fluid (VOF)***

Digunakan untuk dua atau lebih fluida yang memiliki hubungan antar muka. Persamaan momentum digunakan untuk setiap fasa fluida dan fraksi volume digunakan untuk setiap fluida pada perhitungan yang diamati melalui seluruh bidang asal.

### **2.6.2 *Viskositas***

**a. *Inviscid***

Model ini digunakan pada aliran yang tidak mengalami perubahan viskositas. Nilai viskositasnya tetap dan gesekan antar partikelnya relatif kecil. Apabila fluida mengalir pada suatu pipa maka *tangensial stress* fluida sama dengan nol, sehingga tidak ada energi dan fluida mengalir bebas tanpa adanya hambatan.

**b. *Laminar***

Model ini dapat digunakan pada aliran yang fluidanya bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar.

## **2.7 *Solution Methods***

### **2.7.1 *Scheme***

**a. *Semi Implicit Method For Pressure Linked Equation (SIMPLE)***

Dalam metode ini persamaan kecepatan dikoreksi untuk menghitung satu set baru fluks konservatif. Persamaan momentum yang telah terdiskritisasi dan koreksi kecepatan diselesaikan secara implisit dan koreksi kecepatan



diselesaikan secara eksplisit, hal ini adalah alasan disebutnya “Metode Semi Implisit” *Simple* dipakai pada skema *default*.

**b. *SIMPLE Consistent (SIMPLEC)***

Dapat mempercepat konvergensi untuk kasus yang sederhana, misalnya aliran laminar dengan bentuk geometri yang tidak terlalu kompleks.

**c. *Pressure Implicit with Splitting of Operators (PISO)***

Berguna untuk aliran transien atau kasus dengan *mesh* yang mengandung *skewness* yang tinggi. Metode ini didasarkan pada tingkatan yang lebih tinggi dari hubungan pendekatan antara faktor koreksi tekanan dan kecepatan. Untuk meningkatkan efisiensi perhitungan, metode piso menggunakan dua faktor koreksi tambahan, yaitu *neighbor correcion* dan *skewness correction*. *Skewness correction* adalah proses penghitungan ulang untuk gradien koreksi tekanan yang digunakan untuk memperbarui koreksi fluks massa. *Neighbor correction* adalah proses iterasi yang disebut sebagai koreksi momentum. Dengan tambahan *neighbor correction* maka *Control Processing Unit* (CPU) pada komputer mengalami penambahan waktu untuk melakukan proses *solver* iterasi, akan tetapi akan menurunkan nomor iterasi yang dibutuhkan untuk mencapai konvergensi.

**d. *Coupled***

Berdasarkan hasil gabungan tekanan *solver* (konvergensi lebih cepat dari *segregated*).

**2.7.2 *Solution Initialization***

**a. *Hybrid initialization***

Metode inisialisasi bawaan, memberikan perhitungan yang cepat dari suatu aliran dengan metode yang ada. menyelesaikan persamaan *laplace* untuk menentukan bidang kecepatan dan tekanan. Seluruh variabel lainnya, seperti suhu, turbulensi, jenis fraksi, volume fraksi akan dihitung secara otomatis berdasarkan nilai rata-rata *domain* atau menggunakan metode interpolasi tertentu.

**b. *Standard initialization***

Umumnya pengguna memilih berdasarkan batas inlet dan batas outlet agar secara otomatis mengisi nilai inisialisasi dengan nilai-nilai yang ditentukan pada batas inlet.