

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

PT. Chandra Asri Petrochemical adalah salah satu perusahaan industri di Indonesia yang bergerak dalam bidang petrokimia. Petrokimia adalah bahan kimia yang diperoleh dari minyak bumi dan gas alam sebagai bahan dasar. Minyak bumi dan gas alam digunakan sebagai bahan dasar karena paling mahal jika dijual kembali, paling mudah tersedia, dan paling mudah diproses untuk menjadi produk petrokimia utama. Pada perusahaan ini, bahan dasar yang digunakan adalah *nafta* yang merupakan turunan dari minyak bumi mentah. Dalam proses produksi *nafta* salah satu komponen yang digunakan adalah heat exchanger.

Heat exchanger/penukar kalor adalah alat yang berfungsi untuk mengubah temperatur suatu medium dengan mengalirkan medium lain sehingga memungkinkan terjadinya mekanisme perpindahan panas. Dalam dunia industri, heat exchanger merupakan komponen yang memiliki banyak fungsi penting. Jenis heat exchanger yang umum digunakan adalah jenis shell and tube (Millis, 1999). Heat exchanger merupakan komponen yang menopang proses produksi di PT. Chandra Asri Petrochemical. Namun, disamping fungsinya yang begitu krusial, terdapat pula berbagai permasalahan yang sering muncul. Biasanya permasalahan ini terjadi disebabkan faktor degradasi material atau penurunan kualitas material yang berakibat pada ketidakmampuan material untuk menahan beban dikarenakan telah terjadi perubahan sifat mekanis dan sifat metalurgisnya hingga akhirnya terjadi failure (kegagalan).

Salah satu permasalahan yang terjadi pada exchanger yaitu terjadinya kebocoran pada sisi masuk lembar tabung ke tabung yang digabungkan dengan lapisan las karna terjadinya masalah erosi yang cukup parah. karna terjadinya erosi yang cukup parah maka Pada tahun 2003, rancangan asli dari (TLE) Pelindung Erosi telah dirubah dari *Round Bar Type* menjadi *Plate Profile*.

Berangkat dari permasalahan yang ada pada heat exchanger beserta informasi yang telah terkumpul, maka akan dilakukan analisis pada (TLE) *Round Bar Type* dan *Plate Profil* dengan menggunakan *software (CFD)*

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana agar aliran uap bisa masuk merata ke dalam heat exchanger.
2. Bagaimana agar tidak terjadinya erosi yang di akibatkan aliran yang tidak merata dengan mengganti desain (TLE) perlindungan erosi.
3. Memilih desain yang terbaik dari (TLE) Pelindung Erosi apakah memakai *Round Bar Type* atau *Plate Profil* atau desain baru.

## **1.3 TUJUAN**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan pemodelan dengan menggunakan *software (CFD)*
2. Menganalisis aliran masuk fluida yang telah dipasang (TLE) *Round Bar Type* atau *Plate Profil* dengan menggunakan *software (CFD)*
3. Mengetahui kenapa terjadinya erosi hanya pada area masuk lembar tabung.

## **1.4 BATASAN MASALAH**

1. Analisis yang dilakukan pada heat exchanger hanya dilakukan pada area masuk lembar tabung.
2. Menganalisis (TLE) *Round Bar Type* dan *Plate Profil* dengan menggunakan *Software fluent*.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Heat Exchanger**

Heat Exchanger adalah suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Sebagian besar dari industri-industri yang berkaitan dengan pemrosesan selalu menggunakan alat ini, sehingga alat penukar kalor ini mempunyai peran yang penting dalam suatu proses produksi atau operasi. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube (tube bundle)* di bagian dalam, dimana temperatur fluida di dalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* (di dalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida didalam *tube* dan di luar *tube*. Adapun daerah yang berhubungan dengan bagian dalam *tube* disebut dengan *tube side* dan yang di luar dari *tube* disebut *shell side*.

Pemilihan yang tepat suatu alat penukar kalor akan menghemat biaya operasional harian dan perawatan. Bila alat penukar kalor dalam keadaan baru, maka permukaan logam dari pipa-pipa pemanas masih dalam keadaan bersih setelah alat beroperasi beberapa lama maka terbentuklah lapisan kotoran atau kerak pada permukaan pipa tersebut. Tebal tipisnya lapisan kotoran tergantung dari fluidanya. Adanya lapisan tersebut akan mengurangi koefisien perpindahan panasnya. Harga koefisien perpindahan panas untuk suatu alat penukar kalor selalu mengalami perubahan selama pemakaian. Batas terakhir alat dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan adalah saat harga koefisien perpindahan panas mencapai harga minimum.

Alat penukar panas atau *Heat Exchanger* (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*). Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik. Salah satu contoh sederhana dari alat penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

### **2.1.1 Tipe Aliran pada Heat Exchanger**

Tipe aliran di dalam alat penukar panas ini ada 4 macam aliran yaitu :

1. *Parallel flow/co current /flow* (aliran searah)
2. *Cross flow* (aliran silang)
3. *Cross counter flow* (aliran silang berlawanan)
4. *Counter current flow* (aliran berlawanan arah)

### **2.1.2 Jenis-jenis Heat Exchanger**

Jenis-jenis penukar panas antara lain :

- a. *Double Pipe Heat Exchanger*
- b. *Plate and Frame Heat Exchanger*
- c. *Shell and Tube Heat Exchanger*
- d. *Adiabatic wheel Heat Exchanger*
- e. *Pillow plate Heat Exchanger*
- f. *Dynamic scraped surface Heat Exchanger*

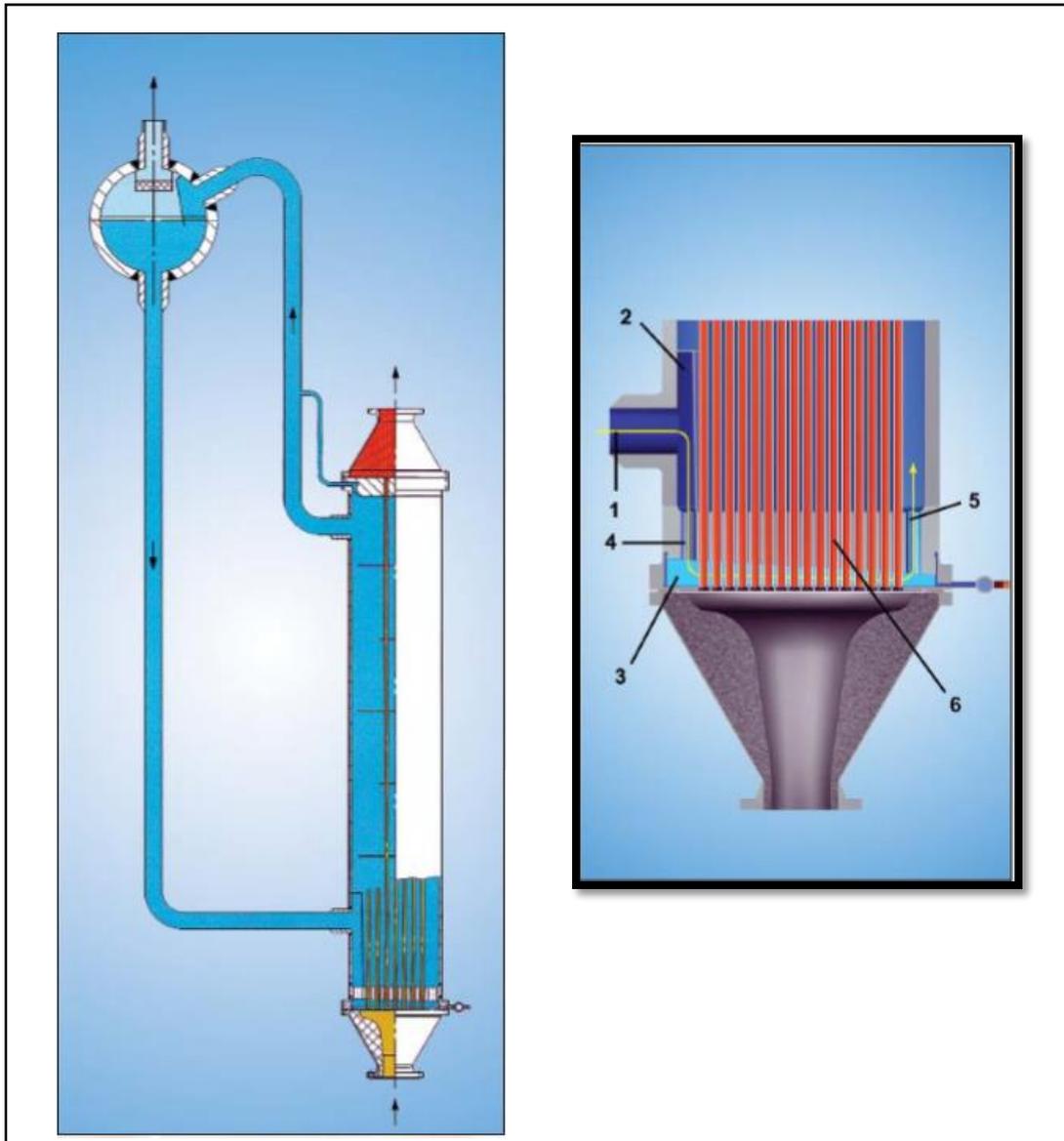
*g. Phase-change Heat Exchanger*

Alat penukar kalor sangat dibutuhkan pada proses produksi dalam suatu industri, maka untuk mengetahui unjuk kerja dari alat penukar kalor perlu diadakan analisis. Dengan analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa alat tersebut mampu menghasilkan kalor dengan standar kerja sesuai kebutuhan yang diinginkan.

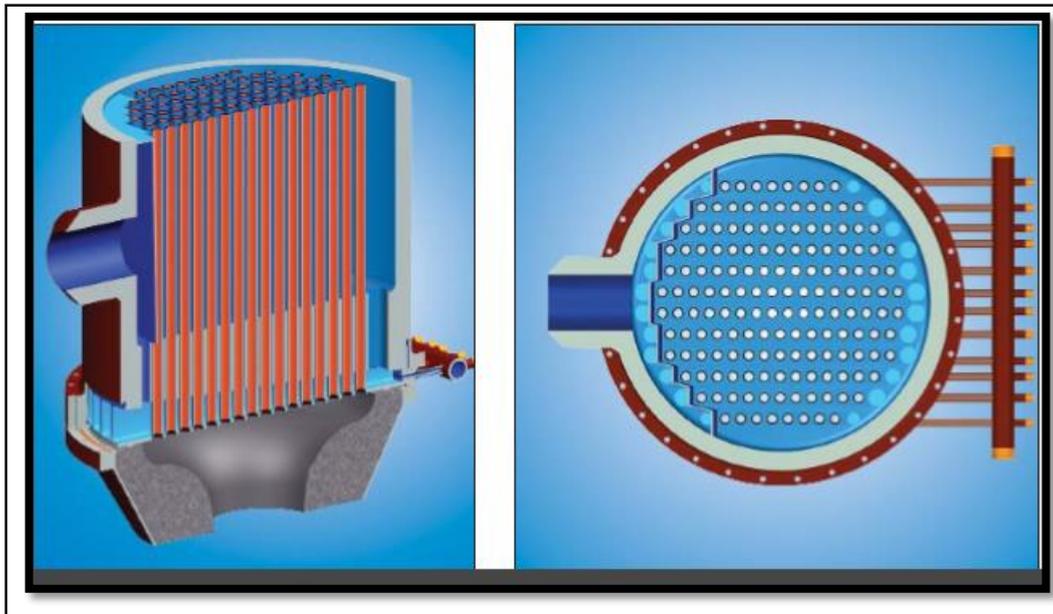
Penukar panas dapat diklasifikasikan menurut pengaturan arus mereka. Dalam paralel-aliran penukar panas, dua cairan masuk ke penukar pada akhir yang sama, dan perjalanan secara paralel satu sama lain ke sisi lain. Dalam counter-flow penukar panas cairan masuk ke penukar dari ujung berlawanan. Desain saat ini counter paling efisien, karena dapat mentransfer panas yang paling. Dalam suatu heat exchanger lintas-aliran, cairan perjalanan sekitar tegak lurus satu sama lain melalui exchanger.

Untuk efisiensi, penukar panas yang dirancang untuk memaksimalkan luas permukaan dinding antara kedua cairan, dan meminimalkan resistensi terhadap aliran fluida melalui exchanger. Kinerja penukar juga dapat dipengaruhi oleh penambahan sirip atau corrugations dalam satu atau dua arah, yang meningkatkan luas permukaan dan dapat menyalurkan aliran fluida atau menyebabkan turbulensi.

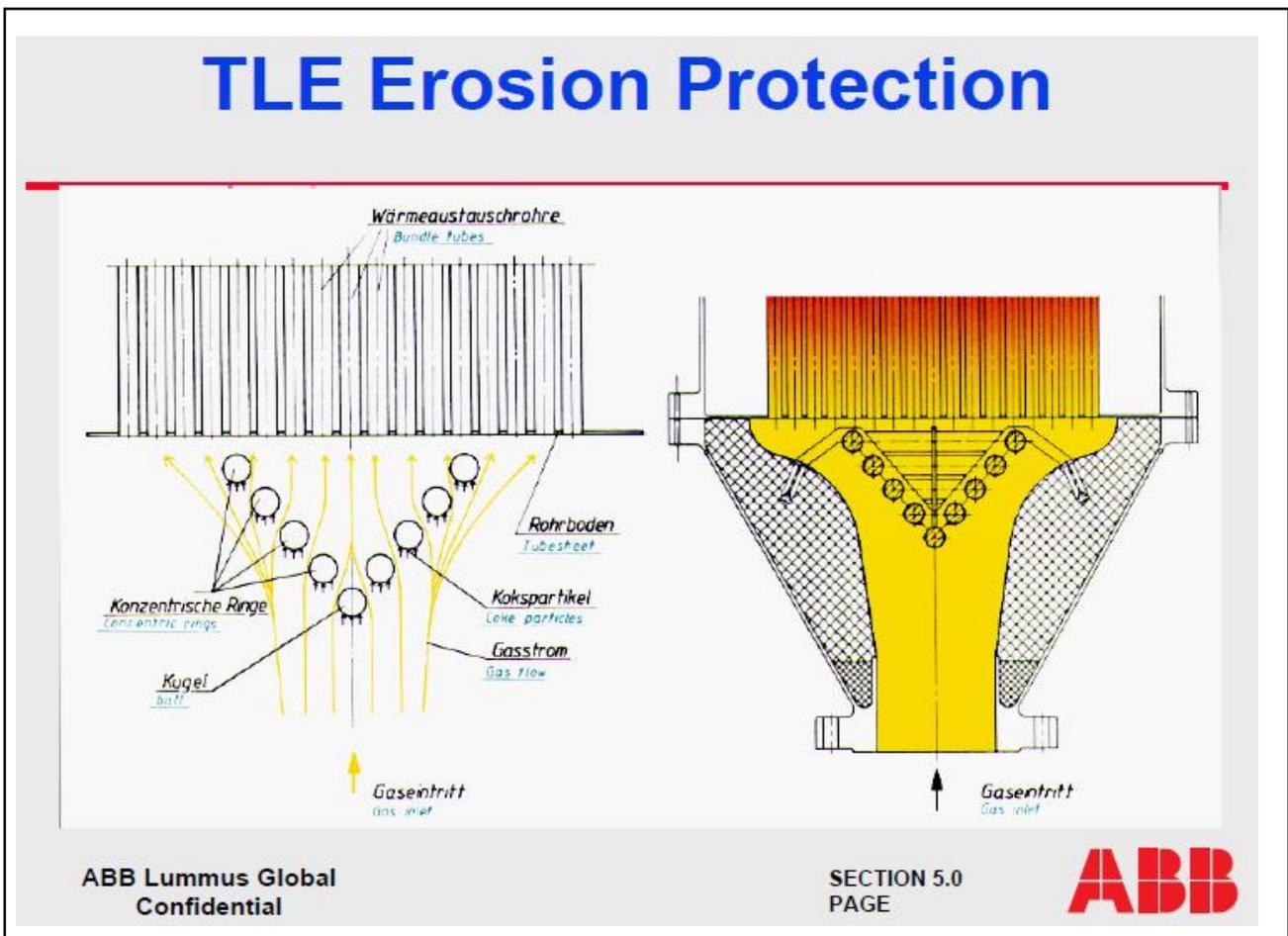
## Transfer Line Exchanger TLE



Gambar 2.1 Transfer Line Exchanger



Gambar2.2 Tunnel flow TLE



Gambar 2.3 Aliran Yang Di Beri Erosion Protection Shield

## TLE Erosion Protection Bars



ABB Lummus Global  
Confidential

SECTION 5.0  
PAGE



Gambar 2.4 Old Design Erosion Protection Shield



Gambar 2.5 Current Design Erosion Protection Shield

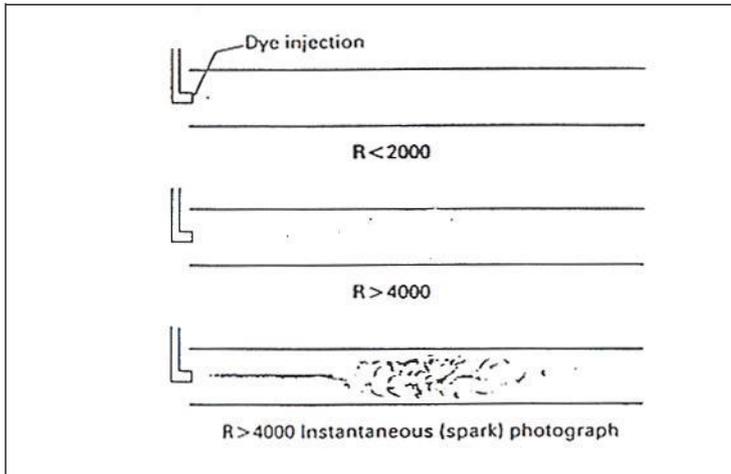
## 2.2 Aliran Laminar dan Turbulen

Sebelum dapat melakukan analisis aliran dalam pipa, harus diketahui terlebih dulu pola aliran yang terjadi di dalam pipa. Secara garis besar pola aliran dalam pipa terbagi menjadi tiga, yaitu: laminar, turbulen, dan transisi (antara laminar dan turbulen). Pola aliran sangat berpengaruh pada sifat dari aliran.

Pada aliran laminar, fluida bergerak secara teratur. Profil kecepatan dari aliran laminar berupa kurva yang halus. Partikel fluida bergerak sepanjang garis arus tertentu. Hampir tidak terjadi pencampuran antara garis arus yang satu dengan yang lainnya. Pola aliran ini disebut laminar karena terlihat seperti gabungan dari lembaran fluida (*laminae*) yang saling bergeser.

Aliran turbulen dicirikan oleh kecepatan fluida yang berfluktuasi secara acak dan aliran yang bercampur pada level makroskopik. Pada aliran turbulen, fluida tidak bergerak pada suatu garis arus yang halus dan kecepatan fluida berubah secara acak terhadap waktu.

Perbedaan antara aliran laminar dan turbulen pertama kali diklarifikasi oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883. Reynolds melakukan percobaan dengan menyuntikkan zat pewarna pada air yang mengalir dalam pipa. Pada laju aliran yang rendah, zat pewarna mengalir secara teratur dan tidak tercampur hingga ke hilir. Pada laju aliran yang lebih tinggi, zat pewarna tercampur pada seluruh bagian dari pipa. ilustrasi percobaan Reynolds dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Ilustrasi Percobaan Reynolds

Berdasarkan percobaan dan analisisnya, Reynolds membuat sebuah bilangan tak berdimensi yang disebut *bilangan Reynolds*:

$$R = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2.1)$$

Dimana  $\rho$  adalah massa jenis fluida,

$v$  adalah kecepatan rata-rata fluida,

$D$  adalah diameter pipa, dan

$\mu$  adalah viskositas kinematik fluida.

Sifat aliran dalam pipa bergantung pada bilangan Reynolds. Untuk aplikasi pada bidang teknik, batas atas aliran laminar biasanya diambil pada bilangan Reynolds 2300. Apabila bilangan Reynolds lebih dari 4000, maka aliran dianggap turbulen. Untuk bilangan Reynolds di antara 2300 dan 4000, aliran tidak dapat diprediksi dan biasanya berubah-ubah sifat antara laminar dan turbulen. Aliran ini biasa disebut aliran transisi.

### **2.3 Computational Fluids Dynamics (CFD)**

CFD adalah penghitungan yang mengkhususkan pada fluida, mulai dari aliran fluida, heat transfer dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa, serta species, penghitungan dengan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses penghitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan dilibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang dibangkitkan dengan memasukkan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah boundary condition. Boundary condition adalah kondisi dimana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat.

Kemampuan CFD dan pesatnya perkembangan kecepatan komputasi telah membuat penggunaan CFD sebagai alat untuk mendapatkan solusi dalam dunia engineering. Penggunaannya telah meliputi area yang luas pada industri dan aplikasi-aplikasi keilmuan. CFD dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi kualitatif dan terkadang bahkan prediksi kualitatif dalam aliran fluida.

### **2.4 FLUENT**

Fluent adalah perangkat lunak dalam komputer yang digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida dan perpindahan panas. Aliran dan perpindahan panas dari berbagai fluida dapat disimulasikan pada bentuk/geometri yang rumit. Dengan menggunakan program FLUENT, dapat diketahui parameter-parameter aliran dan

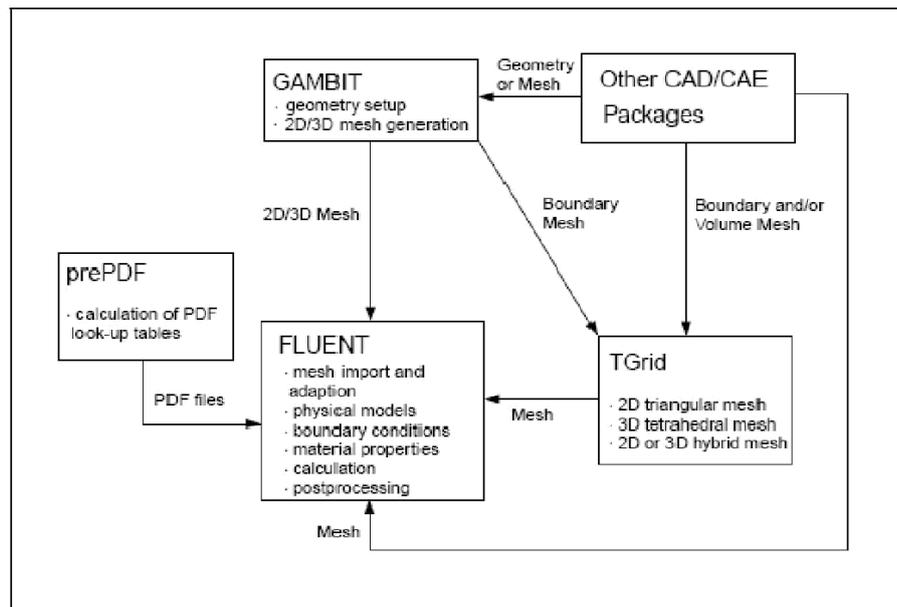
perpindahan panas yang diinginkan. Distribusi tekanan, kecepatan aliran, laju aliran massa, distribusi temperatur, dan pola aliran fluida yang terjadi dapat diketahui pada tiap titik yang terdapat dalam sistem yang dianalisa.

#### **2.4.1 Struktur Perangkat Lunak**

Dalam satu paket perangkat lunak, selain perangkat lunak FLUENT, terdapat beberapa produk yang dapat digunakan untuk membantu pemodelan dan simulasi, yaitu:

1. **prePDF**, merupakan *preprocessor* untuk memodelkan pembakaran *non-premixed* pada FLUENT.
2. **GAMBIT**, merupakan *preprocessor* untuk memodelkan geometri dan pembentukan *mesh*.
3. **Tgrid**, merupakan *preprocessor* tambahan yang dapat membuat *mesh* volume dari *mesh* lapisan batas yang sudah ada.
4. Filter untuk mengimpor *mesh* permukaan dan volume dari program CAD/CAE seperti **ANSYS, CGNS, I-DEAS, NASTRAN, PATRAN**, dll.

Untuk melakukan simulasi pembakaran gasifikasi, biasanya dilakukan pemodelan geometri dan *meshing* dengan menggunakan GAMBIT diikuti dengan simulasi menggunakan FLUENT. Struktur komponen perangkat lunak FLUENT dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Komponen Fluent.

## 2.4.2 Kemampuan FLUENT

FLUENT dalam penggunaannya memiliki kemampuan pemodelan sebagai berikut:

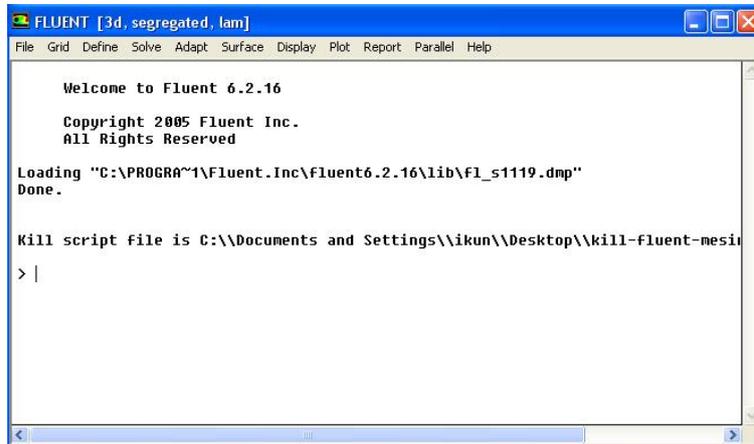
- Aliran 2D, 2D *axisymmetric*, 2D *axisymmetric* dengan *swirl*, dan 3D.
- Aliran tunak (steady) ataupun transien.
- Aliran fluida kompresibel dan inkompresibel untuk semua daerah kecepatan (subsonik, supersonik, dan hipersonik).
- Aliran inviskos, laminar, dan turbulen.
- Perpindahan panas, meliputi konveksi paksa, konveksi bebas, campuran, konjugasi (padatan/fluida), dan radiasi.

Idealnya, FLUENT sangat sesuai untuk mensimulasikan aliran dan perpindahan panas kompresibel maupun inkompresibel pada geometri yang rumit.

## 2.4.3 Graphical User Interface (GUI)

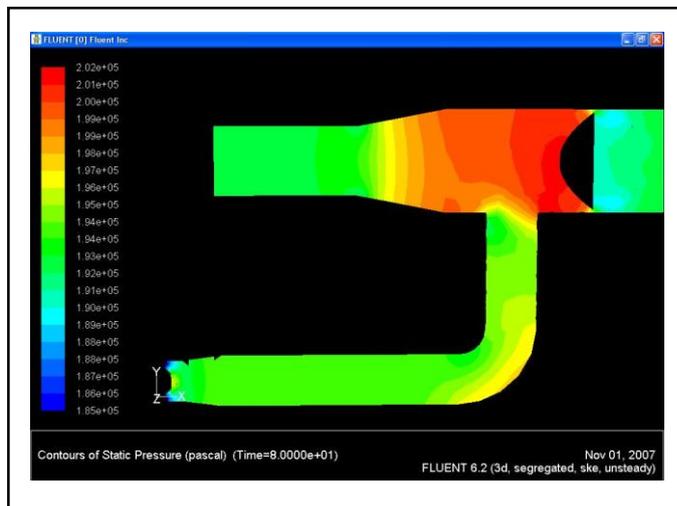
Komponen terpenting dari GUI adalah *console* (konsol) dan *graphics display window* (jendela tampilan grafis). Konsol merupakan jendela utama tempat mengendalikan

dan menampilkan perintah ataupun proses selama menjalankan FLUENT. Pada konsol terdapat menu menu utama untuk memberikan perintah, mengatur parameter simulasi, dan melakukan proses-proses lain. Tampilan konsol dapat di lihat pada gambar 2.8 di bawah ini



Gambar 2.8 Tampilan Konsol FLUEN.

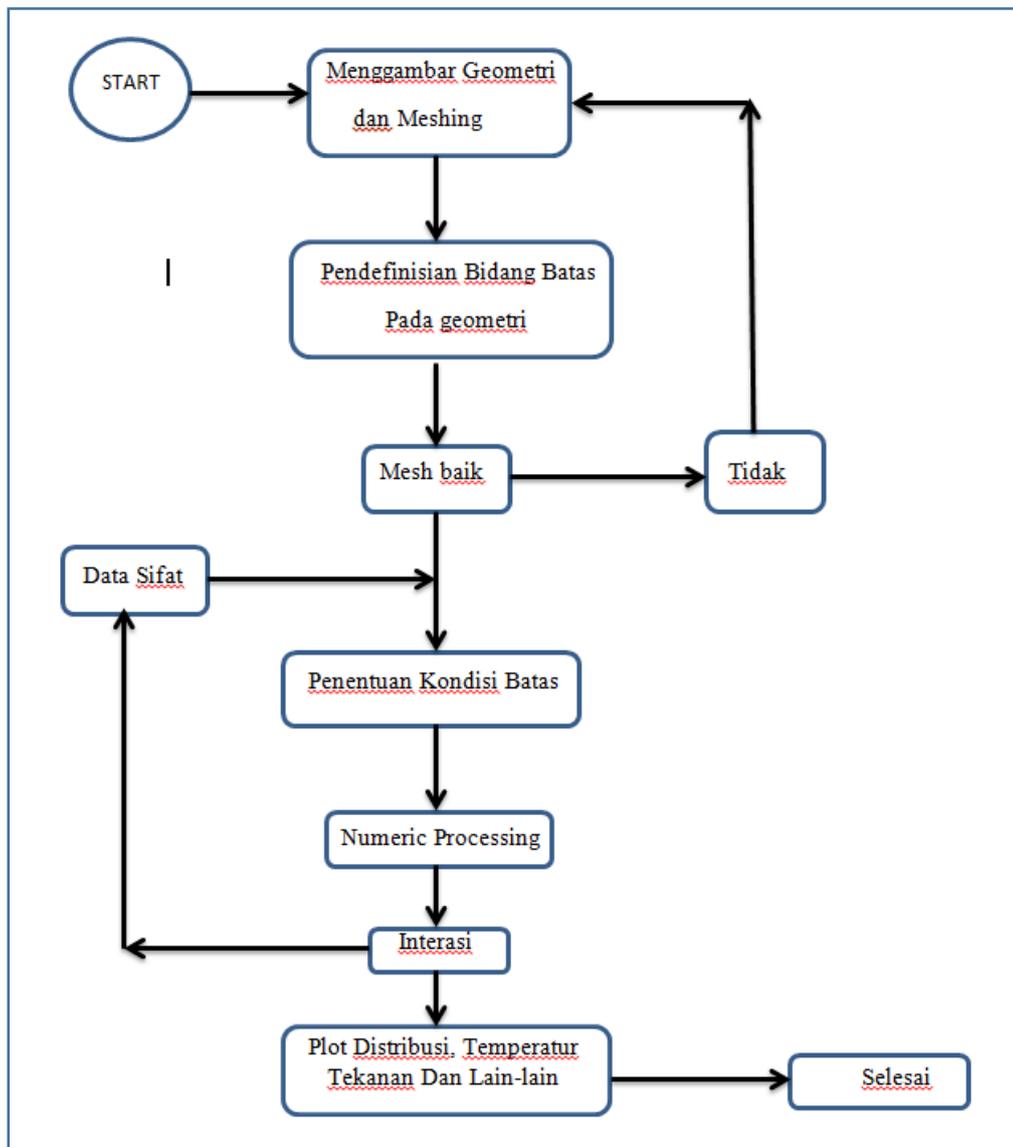
Jendela tampilan grafis berfungsi untuk memperlihatkan hasil simulasi dalam bentuk grafis, misalnya: kontur kecepatan, kontur tekanan, dan lain-lain. Jendela ini diaktifkan melalui menu *display* pada konsol. Contoh jendela tampilan grafis dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tampilan Jendela Grafis FLUENT

#### 2.4.4 Prosedur Pemodelan dan Simulasi

Agar dapat memodelkan dan mensimulasikan dengan menggunakan FLUENT, model geometri harus terlebih dulu dibuat dan berbagai parameter simulasi harus terlebih dulu ditentukan. Untuk keperluan tersebut, digunakanlah GAMBIT. GAMBIT berfungsi untuk membuat model geometri, melakukan *meshing* pada model, dan mendefinisikan bidang operasi pada model. Parameter yang harus ditentukan antara lain: formulasi *solver*, kondisi batas, model turbulensi, sifat-sifat material, dan kondisi operasi.



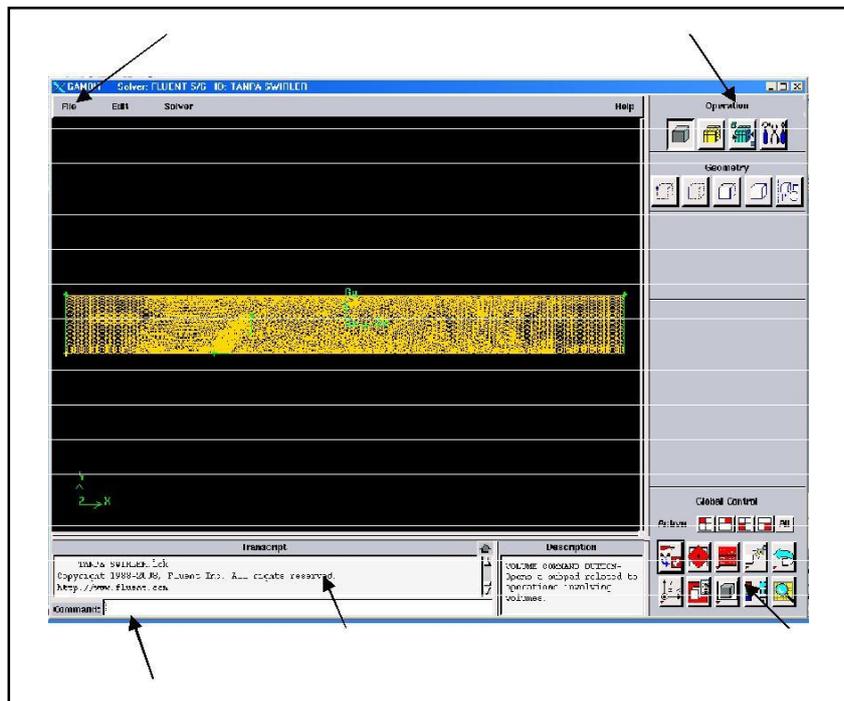
Gambar 2.10 Prosedur Pemodelan Menggunakan FLUENT

#### 2.4.5 Pemodelan Geometri Menggunakan GAMBIT

**GAMBIT** merupakan singkatan dari *Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit*. GAMBIT berfungsi untuk membuat model geometri dan mendefinisikan daerah yang akan dilalui fluida serta melakukan proses *meshing* pada daerah tersebut. Setelah semuanya dilakukan, model tersebut siap untuk dianalisis menggunakan FLUENT.

GAMBIT menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) untuk memudahkan pemakainya. Dengan GUI, perintah masukan dapat diberikan dengan hanya menggunakan *mouse*. Tampilan GUI pada GAMBIT terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

- a. *Main menu bar*, berfungsi untuk memilih menu-menu utama pada GAMBIT. Beberapa hal yang dapat dilakukan antara lain: membuka atau menyimpan *file*, mengimpor geometri dari program lain (ACIS, CATIA, CAD, dll), mengekspor *file* ke program lain, dan lain-lain.
- b. *Graphics window*, berfungsi untuk menampilkan geometri model yang sedang dibuat.
- c. *Operation toolpad*, berfungsi untuk memberikan perintah dalam membuat geometri, *meshing*, mendefinisikan zona, dan perintah-perintah operasi yang lain.
- d. *Command text box*, berfungsi untuk memasukkan perintah di luar perintah yang ada pada GUI. *Transcript window*, berfungsi untuk menampilkan semua perintah dan proses yang dilakukan selama menggunakan GAMBIT.
- e. *Description window*, berfungsi untuk memberikan informasi singkat mengenai fungsi semua tombol GUI dan tampilan pada layar.
- f. *Global control*, berfungsi untuk mengatur tampilan layar pada GUI.



Gambar 2.11 Tampilan GUI

## 2.4.6 Membuat Geometri

Geometri dibuat dengan menggunakan *operation toolpad* geometri pada GUI. Secara garis besar, geometri pada GAMBIT dapat dibuat dengan dua cara:

### 1. *Bottom –up*

Pembuatan geometri dengan cara ini dimulai dengan membuat geometri yang paling dasar sampai dengan yang paling rumit. Proses diawali dari pembuatan sebuah titik (*vertex*). Gabungan dari beberapa titik kemudian menjadi garis (*edge*). Beberapa kemudian digabungkan menjadi bidang (*face*). Terakhir, dibentuk sebuah volume sebagai kumpulan dari beberapa bidang.

### 2. *Top-down*

Pembuatan geometri dengan cara ini dimulai dengan langsung membuat geometri volume. Volume dibuat dengan menggunakan perintah bentuk dasar, seperti: kubus, bola, silinder, dan geometry lainnya. Volume kemudian dimodifikasi dengan perintah.

#### 2.4.7 Proses *Meshing*

Setelah geometri selesai dibuat, perlu dilakukan proses *meshing* (membagi volume menjadi bagian-bagian kecil) agar dapat dianalisis pada program CFD. Ukuran *mesh* yang terdapat pada suatu obyek akan mempengaruhi ketelitian dan daya komputasi analisis CFD. Semakin kecil/halus *mesh* yang dibuat, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, namun dibutuhkan daya komputasi yang makin besar.

Konsep pembuatan *mesh* mirip dengan pembuatan geometri. Pembuatan *mesh* dapat dilakukan dengan cara *bottom-up* atau *top-down*. Metoda *bottom-up* dimulai dengan *meshing* garis, dilanjutkan dengan bidang, dan diakhiri dengan volume. Pada metode *top-down*, *meshing* langsung dilakukan pada volume. Ukuran *mesh* seragam di semua tempat pada metode *top-down*. Oleh karena itu, metode *top-down* sesuai untuk geometri yang cukup rumit.

Pada penelitian ini dilakukan *meshing* dengan metoda *top-down*, sehingga pembahasan langsung kepada *meshing* volume. *Mesh* pada volume memiliki beberapa bentuk, antara lain: heksagonal, *wedge*, dan tetragonal/*hybrid*. Bentuk heksagonal lebih disukai karena mengurangi resiko kesalahan dan mengurangi jumlah elemen. Untuk dapat dilakukan *meshing* heksagonal, maka terkadang geometri yang rumit harus dipisah-pisah. Apabila geometri yang ada terlalu rumit, maka GAMBIT akan memilih bentuk tetragonal/*hybrid* secara otomatis. Proses *meshing* dilakukan dengan menekan tombol perintah *mesh* volume yang ada pada *operation toolpad*. Pertama-tama volume yang diinginkan harus dipilih terlebih dahulu. Kemudian, bentuk yang diinginkan dapat dipilih pada tombol jenis elemen dan tipenya. Terakhir, harus ditentukan juga ukuran dari *mesh* yang diinginkan. Jendela perintah *meshing* terdapat pada *toolpad* operasi *meshing* yang terdapat di pojok kanan atas GUI.

#### **2.4.8 Pendefinisian Tipe Batas (*Boundary*) dan Kontinum**

Untuk simulasi aliran 3D, semua bidang harus ditentukan tipe batasnya (*boundary*). Apabila tidak ditentukan, maka FLUENT akan mendefinisikan bidang sebagai dinding secara otomatis. Jika diinginkan, setiap bidang yang penting dapat diberi nama.

Setiap volume (kontinum) yang ada dalam model harus didefinisikan. Jenis kontinum yang terdapat pada GAMBIT adalah fluida dan padatan. Apabila tidak didefinisikan, secara otomatis FLUENT akan mendefinisikan kontinum sebagai udara. Jendela perintah definisi tipe batas dan kontinum terdapat di sebelah *toolpad* operasi *meshing*.

#### **2.4.9 Penggunaan FLUENT untuk Simulasi Pembakaran 3 Dimensi**

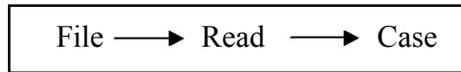
Pada simulasi pembakaran, pemilihan-pemilihan yang dilakukan dalam simulasi harus dipertimbangkan dengan lebih baik dan sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang benar. Berikut ini adalah beberapa hal yang harus diperhatikan:

##### **1. Pemilihan *Solver***

Pada awal menjalankan FLUENT, harus ditentukan *solver* yang akan digunakan. Terdapat beberapa pilihan, antara lain: 2 dimensi *single precision* atau *double precision* dan 3 dimensi *single precision* atau *double precision*. *Double precision* memiliki tingkat ketelitian diatas *single precision*, namun membutuhkan daya komputasi yang lebih besar. *Double precision* dibutuhkan untuk simulasi Proses *meshing* dilakukan dengan menekan tombol perintah *mesh* volume yang ada pada *operation toolpad*. Pertama-tama volume yang diinginkan harus dipilih terlebih dahulu. Kemudian, bentuk yang diinginkan dapat dipilih pada tombol jenis elemen dan tipenya. Terakhir, harus ditentukan juga ukuran dari *mesh* yang diinginkan. Jendela perintah *meshing* terdapat pada *toolpad* operasi *meshing* yang terdapat di pojok kanan atas GUI.

## 2. Mengimpor Model dan Memeriksa *Mesh*

*Model* yang telah dibuat di GAMBIT harus dibuka di FLUENT untuk melakukan simulasi yang diinginkan. Proses membuka model dapat dilakukan dengan perintah:

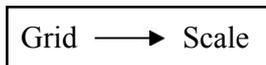


File yang dapat dibuka adalah file dengan ekstensi \*.msh dan \*.cas. File dengan ekstensi \*.msh adalah file model yang telah di-*mesh*. File dengan ekstensi \*.cas adalah file kasus berisi model dan berbagai parameter simulasi yang telah ditentukan sebelumnya.

Setelah berhasil membaca file model, *mesh* yang ada harus dicek terlebih dahulu.

Apabila tidak terdapat pesan error pada konsol FLUENT atau nilai minimum volume adalah negative, maka proses dapat di lanjutkan.

Selain itu, perlu juga geometri dikembalikan ke skala dasar pada saat pembuatan, yaitu dengan perintah:



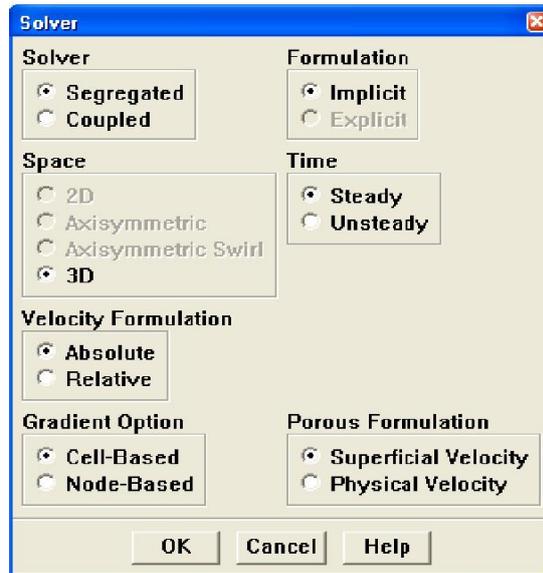
## 3. Parameter *Solver*

Pada menu *solver* (Define Models Solver) terdapat beberapa parameter yang harus ditentukan, yaitu formulasi *solver*, ruang model (*space*), waktu (*time*), formulasi kecepatan, pilihan gradien (*gradient option*), dan formulasi porous. perlu ditentukan untuk simulasi pembakaran gas 3D adalah formulasi *solver*. Gambar 3.6 memperlihatkan menu *solver* pada FLUENT dan parameter-parameter yang digunakan pada model.

FLUENT menyediakan tiga formulasi *solver*, yaitu:

. *Segregated*

- *Coupled* implisit
- *Coupled* eksplisit



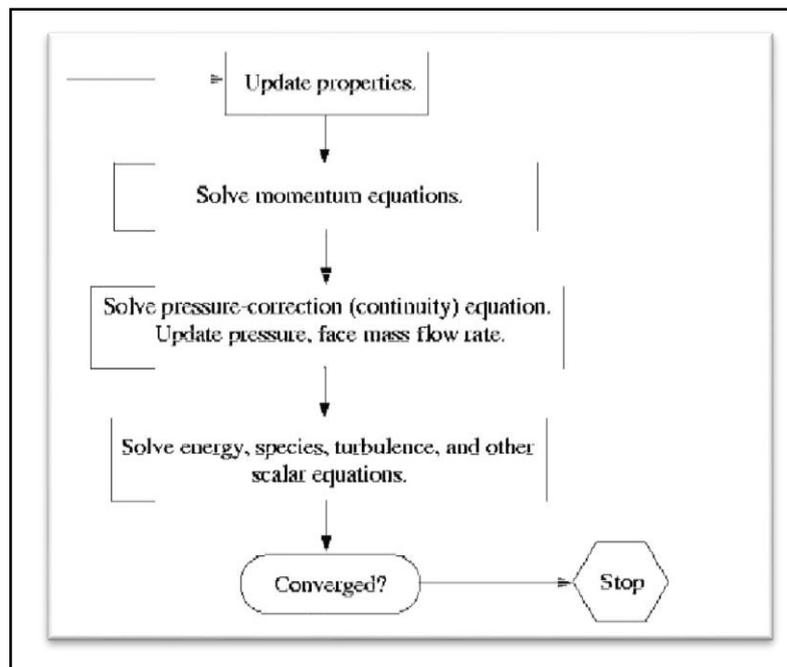
Gambar 2.12 Pemilihan Parameter pada Menu *Solver*

Formulasi *solver segregated* dan *coupled* mempunyai perbedaan pada cara penyelesaian persamaan kontinuitas, momentum, dan energi serta persamaan *species transport* (jika diperlukan). *Solver segregated* menyelesaikan persamaan-persamaan yang terlibat secara bertahap (terpisah antara satu persamaan dengan persamaan yang lain), sementara *solver coupled* menyelesaikan semua persamaan secara bersamaan. Kedua formulasi *solver* menyelesaikan persamaan untuk besaran-besaran tambahan (misalnya radiasi, turbulensi) secara bertahap (*sequential*). *Solver coupled implisit* dan eksplisit mempunyai perbedaan pada cara melinearisasi persamaan-persamaan yang akan diselesaikan.

Formulasi *solver* yang digunakan pada kasus ini adalah *segregated*. Pada formulasi ini, persamaan-persamaan yang digunakan diselesaikan secara bertahap. Oleh karena persamaan-persamaan yang digunakan dalam model tidak linear, diperlukan beberapa kali iterasi untuk menyelesaikan setiap persamaan. Tiap iterasi

terdiri dari beberapa langkah, seperti yang terlihat pada Gambar di bawah dan uraian di bawah ini :

1. Sifat-sifat fluida di perbarui berdasarkan solusi pada saat itu. Apabila perhitungan baru saja dimulai, sifat-sifat fluida akan diambil berdasarkan solusi awal.
2. Persamaan momentum arah sumbu x, y, dan z diselesaikan secara bergantian dengan menggunakan nilai tekanan dan fluks massa pada saat itu untuk memperbarui medan kecepatan.
3. Kecepatan yang diperoleh mungkin tidak memenuhi persamaan momentum lokal, sehingga diperlukan sebuah persamaan koreksi tekanan yang diturunkan dari persamaan kontinuitas dan persamaan momentum yang telah di linearisasi. Persamaan koreksi tekanan kemudian diselesaikan untuk memperoleh faktor koreksi yang diperlukan sehingga nilai tekanan, medan kecepatan, dan fluks massa yang diperoleh memenuhi persamaan kontinuitas.
4. Kemudian persamaan untuk skalar seperti turbulensi, energi, species, dan radiasi diselesaikan menggunakan nilai variabel lain yang telah diperbarui.



Gambar 2.13 Prosedur Iterasi pada Formulasi *Solver Segregated*

Pemilihan parameter yang lain adalah pemilihan waktu (*time*). Pemilihan waktu ini tergantung dari asumsi, apakah diasumsikan lunak (*steady*) atau berubah terhadap waktu/transien (*unsteady*).

#### 4. Model Turbulensi

Pada menu jenis turbulensi (*Define Models Viscous*), aliran turbulen dikenali dengan adanya medan kecepatan yang berfluktuasi. Fluktuasi kecepatan mengakibatkan perubahan berbagai besaran seperti: momentum, energi, konsentrasi partikel. Perubahan mengakibatkan berbagai besaran ikut berfluktuasi. Fluktuasi dapat terjadi pada skala kecil dan mempunyai frekuensi yang tinggi, sehingga terlalu rumit dan berat untuk dihitung secara langsung pada perhitungan teknik praktis meskipun telah menggunakan komputer yang canggih. Oleh karena itu persamaan yang berhubungan dapat dirata-ratakan (*time-averaged, ensemble-averaged*) atau dimanipulasi untuk menghilangkan fluktuasi skala kecil. Dengan demikian persamaan-persamaan yang berhubungan dapat lebih mudah untuk dipecahkan. Bagaimanapun juga, pada persamaan yang telah dimodifikasi terdapat tambahan variabel yang tidak diketahui, dan dibutuhkan model turbulensi untuk menentukannya.

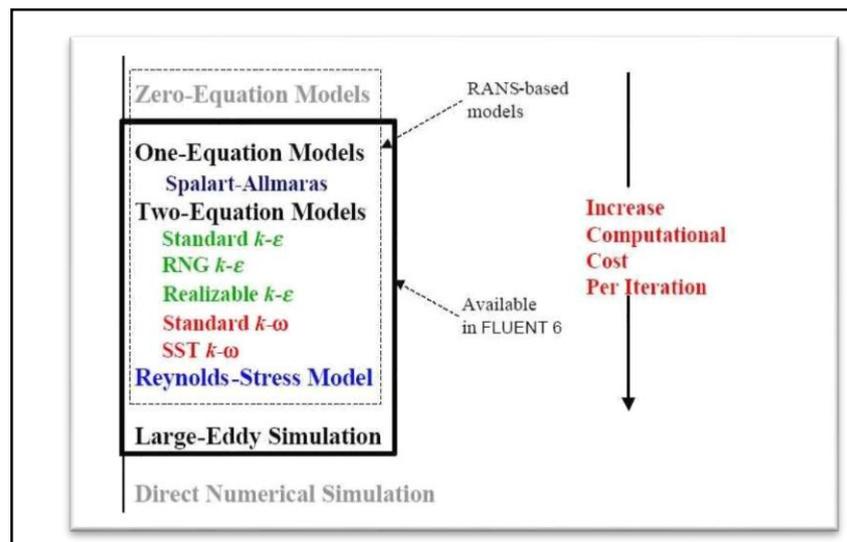
Secara garis besar, model turbulen dapat didekati dengan menggunakan 2 pendekatan, yaitu:

1. Berdasarkan Reynolds Averaged-Navier Stokes (RANS)
2. Berdasarkan Large Eddy Simulation (LES)

Kedua pendekatan sama-sama memerlukan model dengan besaran yang dirata-ratakan (*time-average, ensemble-average*). Pengelompokan model turbulensi dapat dilihat pada Gambar dibawah.

Sampai saat ini, belum ada sebuah model turbulensi yang dapat digunakan untuk memecahkan semua kasus aliran turbulen dengan baik. Pemilihan model turbulensi tergantung dari beberapa pertimbangan, antara lain fisik aliran, tingkat akurasi yang diinginkan, sumber daya komputasi yang tersedia, waktu yang tersedia untuk simulasi. Model turbulensi Reynolds-Stress atau Large-Eddy Simulation tidak mungkin digunakan pada simulasi ini, karena memerlukan daya komputasi yang sangat besar, sedangkan sumber daya komputasi yang tersedia terbatas.

Model turbulensi yang mungkin digunakan adalah Spalart-Allmaras,  $k-\epsilon$ , atau  $k-\omega$ . Untuk pembakaran, dalam tutorial yang terdapat di dalamnya [11], dianjurkan untuk digunakan model turbulensi  $k-\epsilon$ .



Gambar 2.14 Pengelompokan Model Turbulensi FLUENT

Model  $k-\epsilon$  merupakan model semi empiris yang dikembangkan oleh Launder & Spalding. Model  $k-\epsilon$  merupakan model turbulensi yang cukup lengkap dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulen (*turbulent velocity*) dan skala panjang (*length scales*) ditentukan secara independen. Kestabilan, ekonomis (dari sisi

komputasi), dan akurasi yang memadai untuk berbagai jenis aliran turbulen membuat model  $k - \epsilon$  sering digunakan pada simulasi aliran fluida dan perpindahan kalor.

## 5. Jenis Pembakaran

Untuk mengaktifkan menu ini, harus terlebih dahulu diaktifkan persamaan energi/*energy equation* dengan perintah *Define Models Energy* Setelah itu, barulah pilih menu aliran dan reaksi pembakaran dengan perintah: *Define Models Species Transport & Reaction*.

Dalam FLUENT 6.2 pada proses pembakaran, ada 5 jenis pola pembakaran yang dapat di lakukan, yaitu:

1. *Species Transport* : Pola ini cocok digunakan untuk jenis pembakaran yang benar – benar bergantung kepada reaksi kimia stoikiometri.
2. *Premixed Combustion*: Pola ini cocok digunakan untuk jenis *premixed burner* untuk bahan bakar yang memiliki LFL rendah (Contoh: Bensin).
3. *Non-Premixed Combustion*: Pola ini cocok digunakan untuk jenis *diffusion mixed burner* untuk bahan bakar yang memiliki LFL rendah (Contoh: Bensin).
4. *Partially Premixed Combustion*: Gabungan antara pola *premixed* dan *non-premixed*.
5. *Composition PDF Transport*: Pola ini sebenarnya hampir sama dengan pola *Species Transport*, tetapi lebih banyak memiliki persamaan sehingga perhitungan akan boros.

Adapun untuk perhitungan menggunakan *Species Transport*, harus ditetapkan interaksi antara turbulensi dan reaksi kimia (*turbulent-chemistry interaction*). Ada 4 pilihan, yaitu:

- *Laminar Finite Rate*: *Laminar Finite Rate* menghitung persamaan kimia dengan persamaan Arrhenius dan tidak memperhitungkan efek dari turbulensi. Model ini

sesuai untuk pola aliran laminar.

- *Eddy Dissipation Model*: Adalah pola pembakaran yang terkait dengan interaksi antara turbulensi dengan proses pembakaran berdasarkan sistem yang dikembangkan oleh Magnussen dan Hjertager. Pembakaran akan otomatis terjadi jika aliran sudah turbulen dan pencampuran sudah sempurna.
- *Gabungan antara Laminar Finite Rate dan Eddy Dissipation Model*
- *Eddy Dissipation Concept Model*: Adalah pengembangan dari *Eddy Dissipation Model*, tetapi di sini mengasumsikan reaksi pembakaran akan terjadi pada skala turbulen kecil. *Eddy Dissipation Concept Model* ini secara perhitungan terlalu boros. *Eddy Dissipation Concept Model* ini hanya akan cocok dipakai jika pencampuran dan reaksi kimia pembakaran yang cepat tidak valid. terjadi pada skala turbulen kecil. *Eddy Dissipation Concept Model* ini secara perhitungan terlalu boros. *Eddy Dissipation Concept Model* ini hanya akan cocok dipakai jika pencampuran dan reaksi kimia pembakaran yang cepat tidak valid.

## **6. Kondisi Material**

Kondisi material fluida yang akan dipakai dapat ditentukan dengan perintah: Define Materials. Karena kondisi material sangat bergantung pada jenis pembakaran, hal ini akan dijelaskan lebih lanjut pada bab berikutnya.

## **7. Kondisi Operasi**

Kondisi operasi ditentukan dengan Define Operating Conditions. Kondisi batas merupakan salah satu parameter yang harus didefinisikan oleh pengguna FLUENT. Data yang harus dimasukkan pada kondisi operasi adalah tekanan udara sekitar dan percepatan gravitasi.

## **8. Kondisi Batas**

Kondisi batas merupakan data masukan yang sangat penting untuk

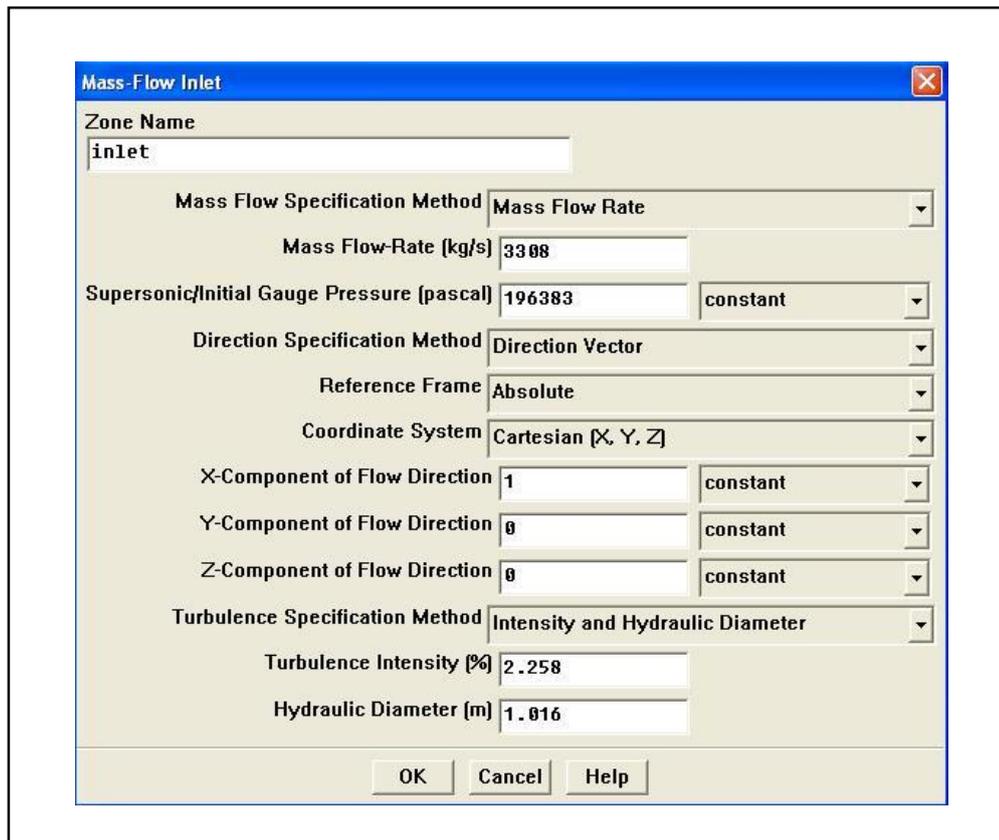
simulasi aliran dengan FLUENT. Kondisi batas yang digunakan harus merupakan parameter aliran yang dapat dipercaya nilainya. Secara garis besar pemodelan saluran terbuka terdiri dari beberapa kondisi batas, yaitu:

a. *Velocity Inlet*

Lokasi kondisi batas ini berada pada sisi masuk daerah saluran. Nilai masukan yang dibutuhkan adalah kecepatan aliran air, arah aliran, dan sifat turbulensi. Pada kondisi batas ini, kecepatan masuk aliran akan selalu tetap sepanjang iterasi. *Velocity Inlet* hanya dapat digunakan pada aliran inkompresibel.

b. *Mass Flow Inlet*

Sama seperti *Velocity Inlet*, kondisi batas ini juga berada pada sisi masuk saluran. Kondisi ini dapat digunakan untuk menggantikan fungsi *velocity inlet* pada fluida kompressibel. Laju aliran massa merupakan perkalian antara kecepatan, luas penampang, dan massa jenis fluida. Pada kondisi batas ini diperlukan nilai masukan berupa laju aliran massa fluida, tekanan statik, arah aliran, dan sifat turbulensi. Laju aliran massa akan selalu tetap sebesar nilai masukan sepanjang simulasi. Nilai tekanan statik nantinya akan dikoreksi oleh FLUENT sehingga dapat berbeda dari nilai awalnya. Jendela kondisi batas *Mass Flow Inlet* dapat dilihat pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Jendela Perintah Kondisi Batas *Mass Flow Inlet*

*c. Pressure Outlet*

Kondisi batas ini dipakai pada sisi keluar fluida. Kondisi batas ini dipilih apabila nilai tekanan statik pada sisi keluaran diketahui atau minimal dapat diperkirakan mendekati nilai sebenarnya. Pada kondisi batas ini diperlukan nilai masukan berupa tekanan statik, arah aliran dan besaran turbulensi. Tekanan statik merupakan acuan pada bidang batas yang dipilih. Oleh karena itu, nilai tekanan statik akan selalu tetap selama iterasi.

*d. Pressure Inlet*

Nilai tekanan total merupakan acuan pada kondisi batas ini. Tekanan total yang dimaksud adalah *penjumlahan* tekanan statik dan tekanan dinamik (faktor kecepatan).

Formulasi tekanan total adalah sebagai berikut:

$$p_0 = p_s + \frac{1}{2}\rho|\vec{v}|^2$$

Dengan menggunakan kondisi batas ini, tekanan total akan memiliki nilai yang tetap sepanjang simulasi *transient*. Namun demikian, bagian dari tekanan total (tekanan statik dan dinamik) dapat berubah sebagai fungsi yang berbanding terbalik antara satu dengan yang lainnya.

*e. Outflow*

Kondisi batas ini digunakan apabila parameter aliran pada keluaran sama sekali tidak diketahui. Kondisi batas ini hanya dapat *digunakan* untuk fluida inkompresibel dengan aliran berkembang penuh (*fully developed*). Kondisi batas ini tidak dapat digunakan bersamaan dengan *pressure outlet* atau *pressure inlet*. Kondisi batas ini hanya dapat digunakan untuk fluida inkompresibel.

*f. Wall*

Seluruh dinding yang terdapat pada saluran (termasuk katup dan sudu) didefinisikan sebagai dinding. Tidak ada nilai yang harus dimasukkan pada kondisi batas ini apabila dinding tidak bergerak terhadap waktu dan tidak melakukan perpindahan panas (adiabatik). Namun, apabila dinding bergerak terhadap waktu, maka perlu untuk memasukkan kecepatan putar, sumbu putar, dan titik asal putaran.

*g. Continuum*

Kontinum (volume yang dilewati aliran) harus didefinisikan. Jenis fluida dari kontinum dipilih berdasarkan fluida yang *mengalir*.

## 9. Metode Spesifikasi Aliran Turbulen

Metode spesifikasi aliran turbulen merupakan parameter yang perlu dimasukkan pada kondisi batas *mass flow inlet*, *velocity inlet*, *pressure inlet*, dan *pressure*

*outlet*. Metode spesifikasi aliran turbulen yang biasa digunakan adalah Intensitas Turbulensi (*Turbulent Intensity*) dan Diameter Hidrolik (*Hydraulic diameter*). Intensitas turbulensi dihitung berdasarkan persamaan

$$I = 0,16 (\text{Re})^{-1/8} [\%]$$

Sementara itu, diameter hidrolik adalah diameter dari pipa.

## 2.5 Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numeris untuk penyelesaian masalah teknik dan fisika matematis. Masalah tersebut meliputi:

- *Analisa struktur*
- *Heat transfer*
- *Aliran fluida*
- *Perpindahan massa*
- *Elektromagnetik*

Permasalahan kompleks dari geometri, pembebanan, dan sifat material, umumnya susah untuk menyelesaikannya secara matematis. Penyelesaian matematis adalah menggunakan persamaan matematis yang menghasilkan persamaan untuk mendapatkan informasi / penyelesaian dari nilai yang tidak diketahui disetiap lokasi dibagian struktur / objek. Penyelesaiannya umumnya menggunakan *ODE & PDE* (Persamaan Difrensial Parsial).

Penyelesaian Metode Elemen Hingga menghasilkan persamaan dari masalah yang dianalisa dalam sistem persamaan serentak yang harus diselesaikan. Penyelesaian ini

memberikan hasil / penyelesaian pendekatan dari nilai yang tidak diketahui pada titik tertentu dalam sistem yang kontinu. Sistem yang kontinu adalah istilah dari kondisi struktur / objek yang sebenarnya.

Dikritisasi (*discretization*) adalah proses pemodelan dari struktur/ objek dengan membaginya dalam elemen - elemen kecil (*finite elemen* atau elemen hingga) yang terhubung oleh titik-titik (*nodes*) yang digunakan oleh elemen - elemen tersebut dan sebagai batas dari struktur / objek. Dalam metode elemen hingga persamaan dari seluruh sistem dibentuk dari penggabungan persamaan elemen-elemennya.

Masalah struktur: penyelesaian yang didapat adalah deformasi (*displacement*) pada setiap titik (*nodes*) yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan besaran-besaran regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*). Untuk masalah bukan struktur:

– *heat transfer*: temperatur akibat flux temperatur.

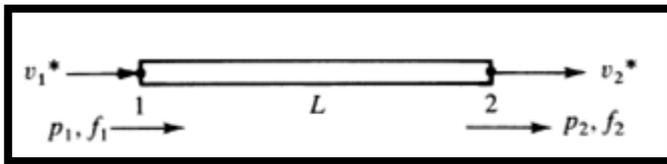
– *fluid flow*: tekanan fluida akibat flux fluida.

Metode elemen hingga (*finite elemen method*) telah berkembang selama 35 tahun bersamaan dengan perkembangan teknologi komputer.

Penyelesaian dari metode elemen hingga (MEH) umumnya menggunakan metode matriks. Penyelesaian MEH memerlukan perhitungan yang sangat banyak dan berulang-ulang dari persamaan yang sama, sehingga diperlukan sarana komputer dan bahasa pemrogramannya. Penyelesaian dari seluruh sistem umumnya merupakan penyelesaian persamaan serentak yang dinyatakan dalam bentuk matriks dan diselesaikan menggunakan penyelesaian persamaan serentak (*Cholesky, Eliminasi Gauss, Iterasi Gauss-Seidel*).

### **2.5.1 Metode elemen hingga pada fluida**

Fluida secara matematis bisa didekatkan dengan batang thrust, pegas ataupun perpindahan panas. Berikut ini adalah contoh kasus pada batang yang dialiri fluida dengan dua titik 1 dan 2.



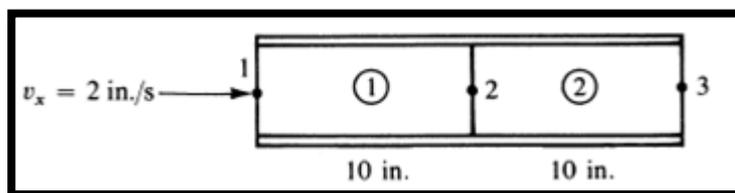
Dengan  $f$ ,  $A$ ,  $K$ ,  $L$ , dan  $p$  berturut-turut debit, luas penampang, permeabilitas, panjang dan potensial, diperoleh hubungan berikut ini:

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{Bmatrix} = \frac{AK_{xx}}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{Bmatrix}$$

Dengan matriks kekakuannya sebesar:

$$\underline{k} = \frac{AK_{xx}}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \text{ m}^2/\text{s or in}^2/\text{s}$$

Berikut ini contoh kasus yang akan kita kerjakan dengan bantuan aplikasi Matlab.



Luas penampang,  $A = 1$

$\text{in}^2$ . Tentukan kecepatan aliran di titik 2 dan titik 3 jika diketahui kecepatan aliran di titik 1 = 2 in/s. **Jawab:** Karena bentuknya seragam, matriks kekakuan elemen:

$$\underline{k}^{(1)} = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \text{ in.} \quad \underline{k}^{(2)} = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \text{ in.}$$

Yang menghasilkan bentuk persamaan umumnya:

$$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{Bmatrix}$$

Dari soal diketahui debit  $f_1=v_1A=2 \times 1=2 \text{ in}^3/\text{s}$ . Pada elemen (1)

$$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Masukan di Matlab instruksi berikut ini:

```
>> k=[1 -1;-1 2]

k =

     1     -1
    -1     2

>> k=[1 -1;-1 2];
>> k=k*.1;
>> f=[2;0];
>> p=inv(k)*f

p =

     40
     20
```

Sehingga diperoleh tekanan di titik 2 sebesar. Untuk mencari nilai kecepatan di titik

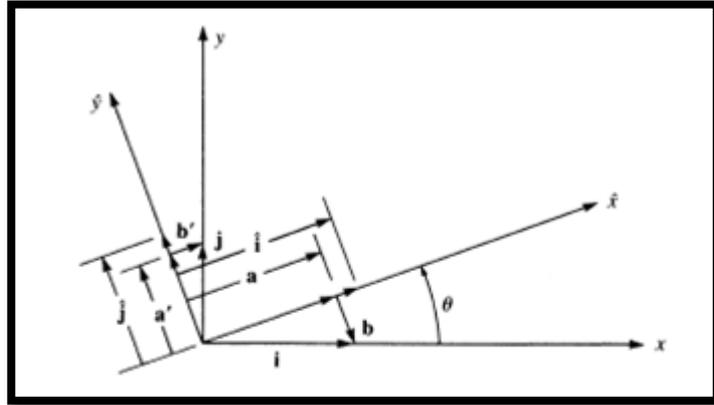
2 dan 3 gunakan hubungan:

$$v_x^{(1)} = - \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & \frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 40 \\ 20 \end{Bmatrix} = 2 \text{ in./s}$$

$$v_x^{(2)} = - \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & \frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 20 \\ 0 \end{Bmatrix} = 2 \text{ in./s}$$

### 2.5.2 Transformasi vektor

Kali ini kita akan membahas konversi koordinat berbagai elemen karena sering dijumpai kita harus merubah koordinat-koordinat yang ada. Misalnya pada kasus batang thrust yang bergeser membentuk sudut alpha dari bidang normal.



Pada gambar di atas, koordinat baru berotasi sebesar theta. Karena vektor yang baru terbentuk memiliki besar yang sama dengan sebelumnya hanya ada translasi saja, berlaku hubungan berikut ini:

$$\begin{aligned} a' + b' &= j \\ a' &= \cos \theta j \\ b' &= \sin \theta i \end{aligned}$$

Maka matriks defleksi yang baru ( $d_x$ ).

$$\begin{Bmatrix} \hat{d}_x \\ \hat{d}_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C & S \\ -S & C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_x \\ d_y \end{Bmatrix}$$

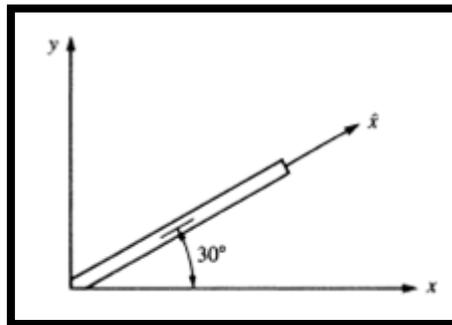
Dengan C dan S berturut-turut  $\cos \theta$  dan  $\sin \theta$ . Misalnya kita memiliki kasus di bawah ini diketahui  $d_{2x}$  dan  $d_{2y}$  berturut-turut 0.1 dan 0.2 in.

$$\begin{Bmatrix} \hat{d}_{1x} \\ \hat{d}_{1y} \\ \hat{d}_{2x} \\ \hat{d}_{2y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C & S & 0 & 0 \\ -S & C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C & S \\ 0 & 0 & -S & C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \end{Bmatrix}$$

Dimana K yang baru adalah:

$$\underline{k} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} C^2 & CS & -C^2 & -CS \\ & S^2 & -CS & -S^2 \\ & & C^2 & CS \\ \text{Symmetry} & & & S^2 \end{bmatrix}$$

Sebagai contoh sistem di bawah ini:



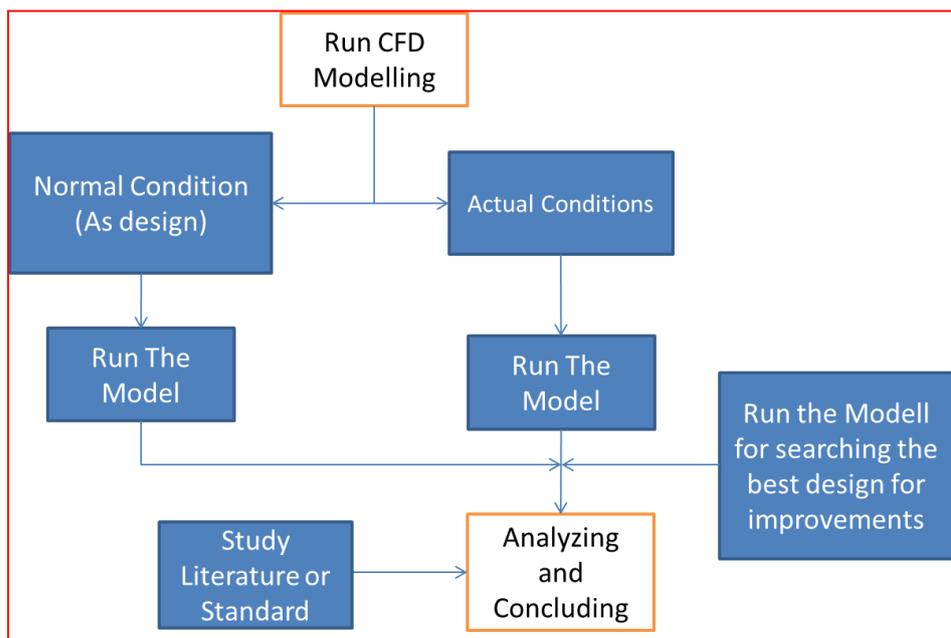
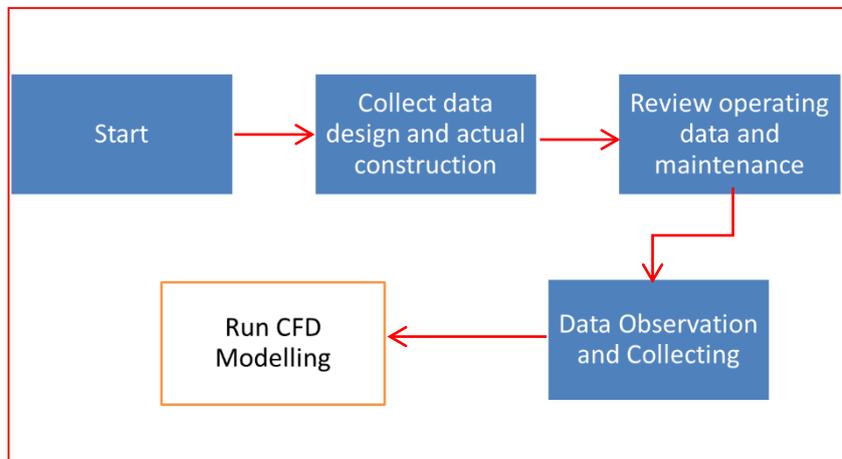
Jika E sebesar  $30 \times 10^6$  psi dengan nilai k sebesar:

$$\underline{k} = \frac{(2)(30 \times 10^6)}{60} \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{\sqrt{3}}{4} & \frac{-3}{4} & \frac{-\sqrt{3}}{4} \\ & \frac{1}{4} & \frac{-\sqrt{3}}{4} & \frac{-1}{4} \\ & & \frac{3}{4} & \frac{\sqrt{3}}{4} \\ \text{Symmetry} & & & \frac{1}{4} \end{bmatrix} \text{ lb/in.}$$

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Skema Proses



### 3.2 Penjelasan skema proses

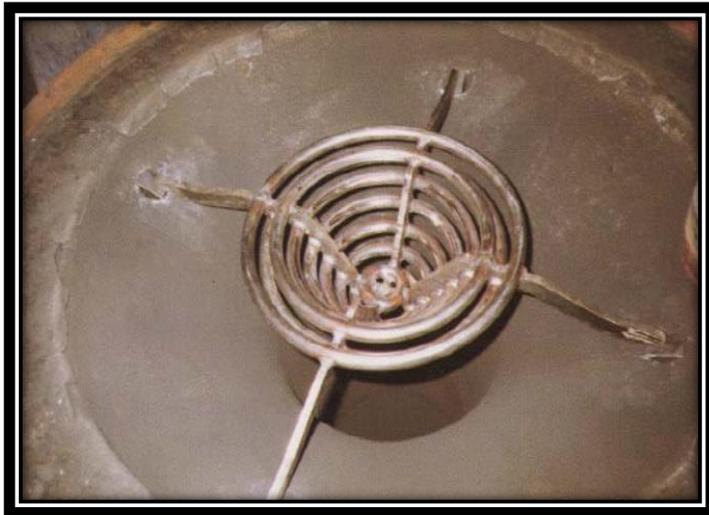
#### 1. Jenis Pemecah Arus

Ada dua jenis pemecah arus yaitu Round bar (old design) dan plate type (current design). Kemudian menentukan geometri dan dimensi dari old design dan plate type. Ada dua cara pengumpulan data dimensi dari current design dan plate type yaitu dengan cara observasi langsung (mengukur dimensi langsung dari plate type) dan mengukur dari gambar yang di berikan (old design)

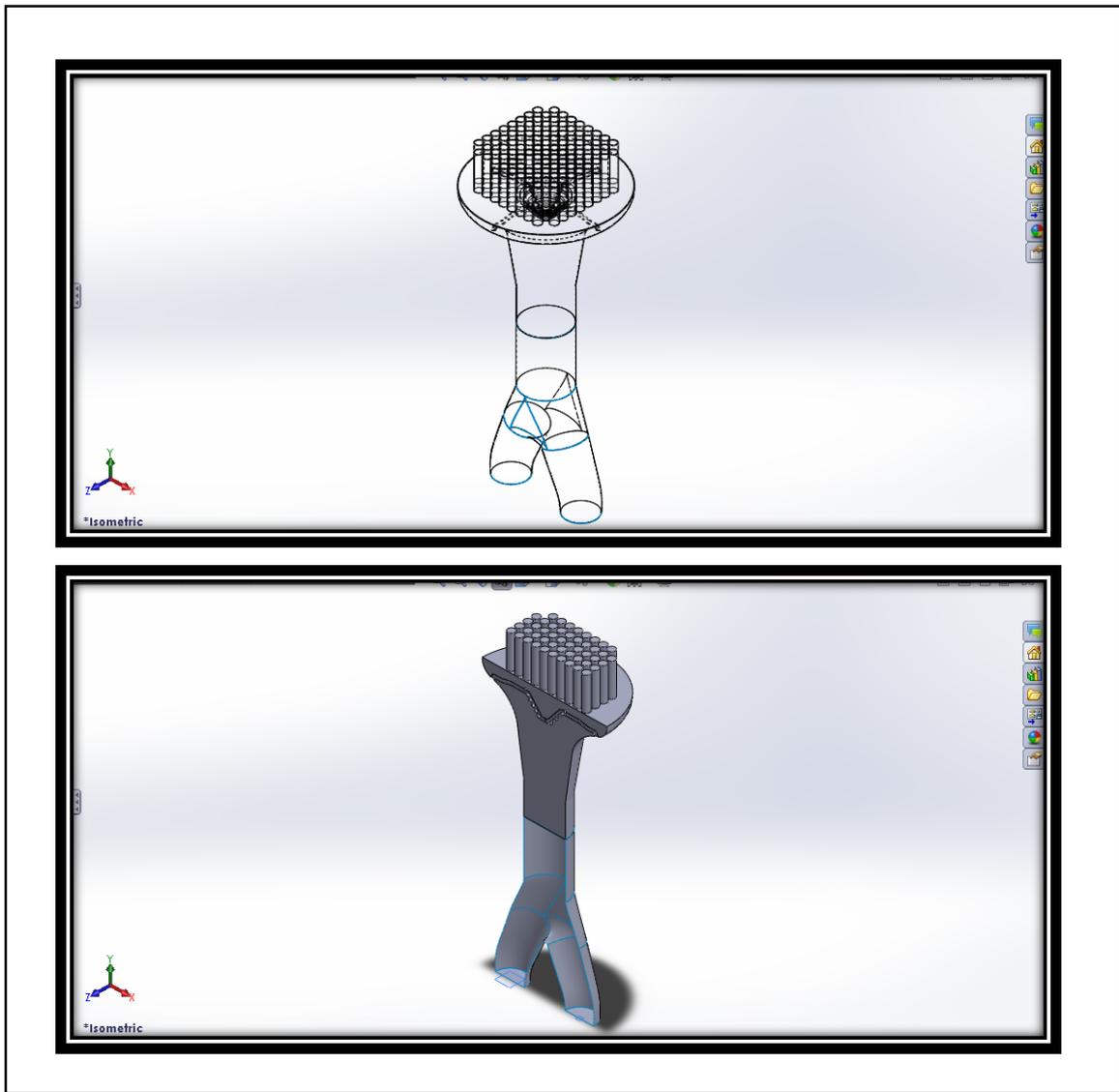
#### 2. ANALISA ROUND BAR TYPE DAN PLAT TYPE

Analisa yang di lakukan pada round bar type dengan menggunakan software CFD dan software gambar. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui bentuk aliran yang telah di berikan pemecah arliran (round bar type dan plat type). Berikut gambar yang di dapat dari hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan software CFD.

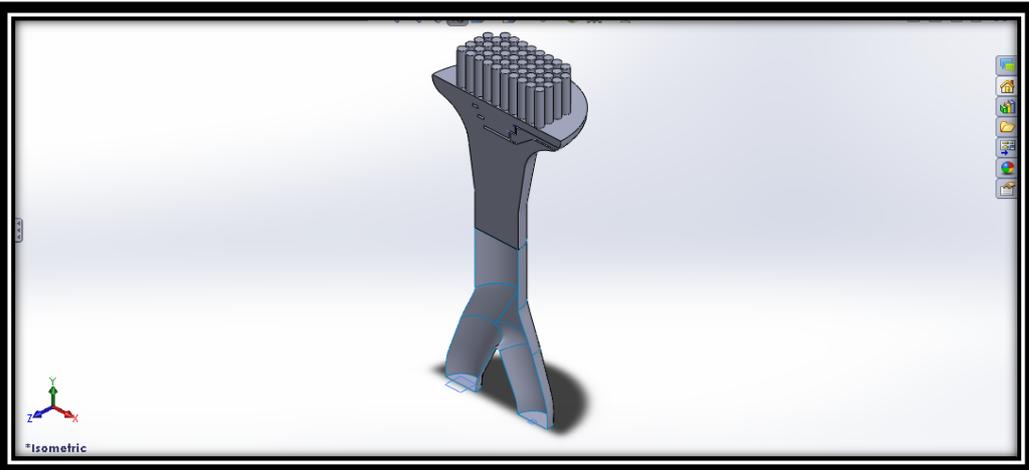
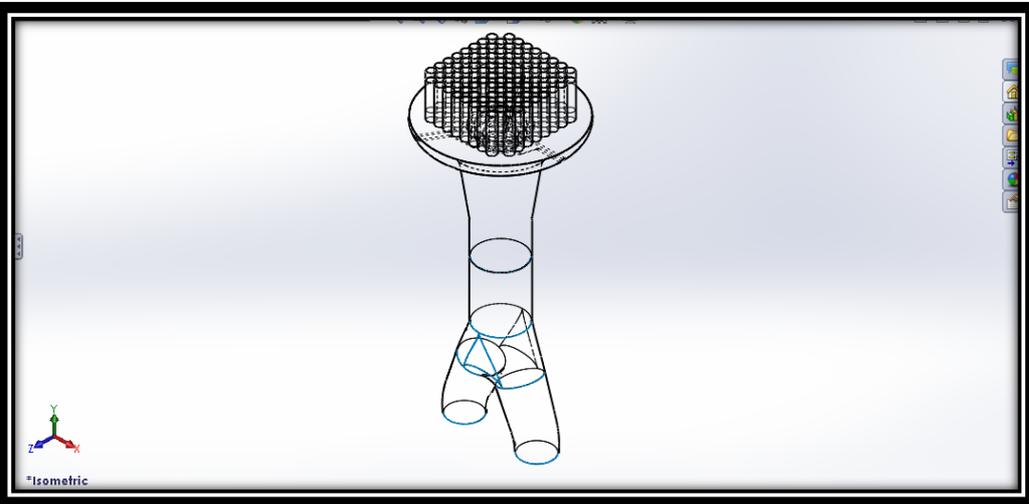
Bentuk gambar round bar type dan plat type yang telah di gambar di software gambar seperti di bawah ini.



Gambar 3.1 round bar type

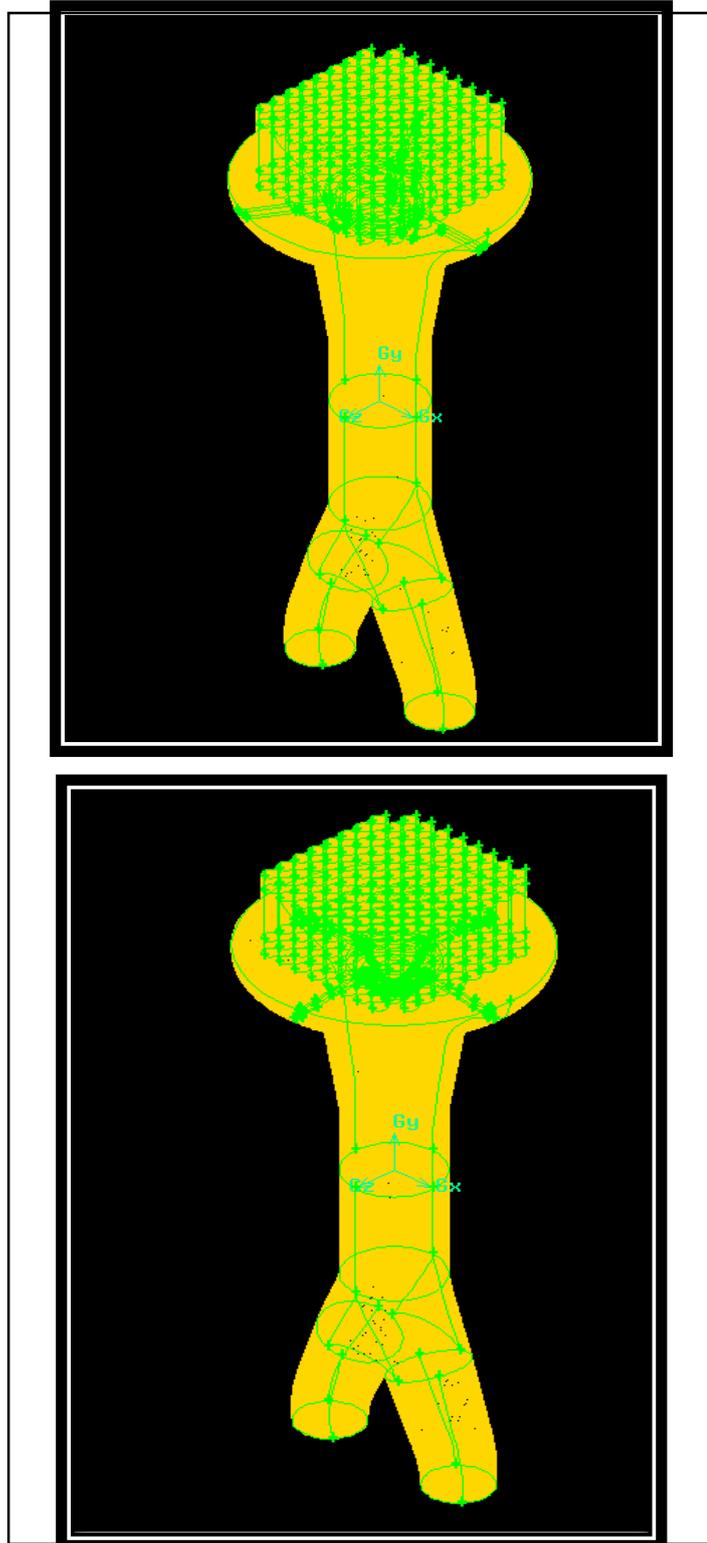


Gambar 3.2 model 3D di Solidwork



Gambar 3.3 plate type beserta gambar 3D di Solidwork

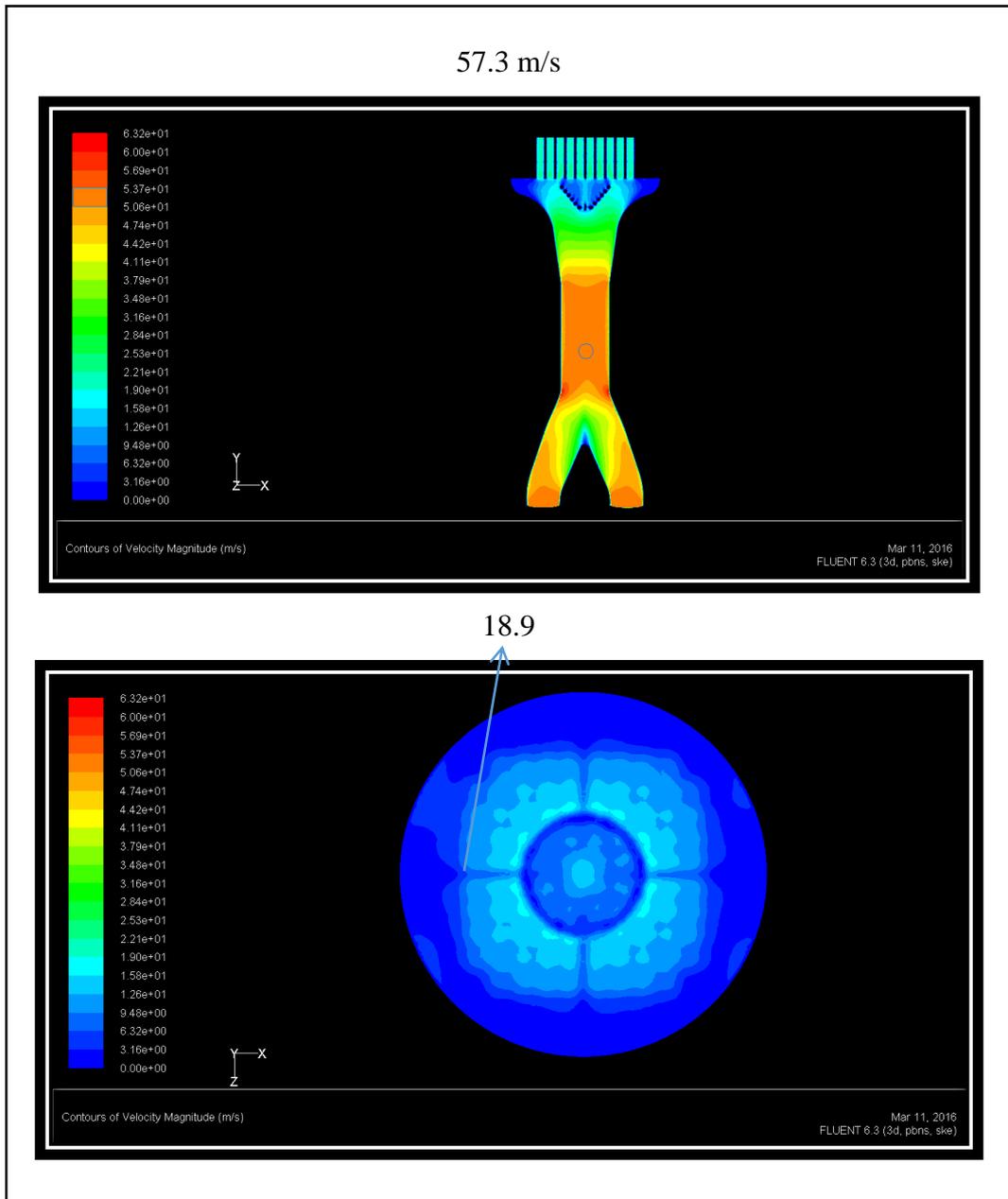
Setelah dilakuakn penggambaran di software gambar kemudian dilakukan meshing di software CFD. Berikut adalah hasil dari melakukan meshing disoftware CFD.



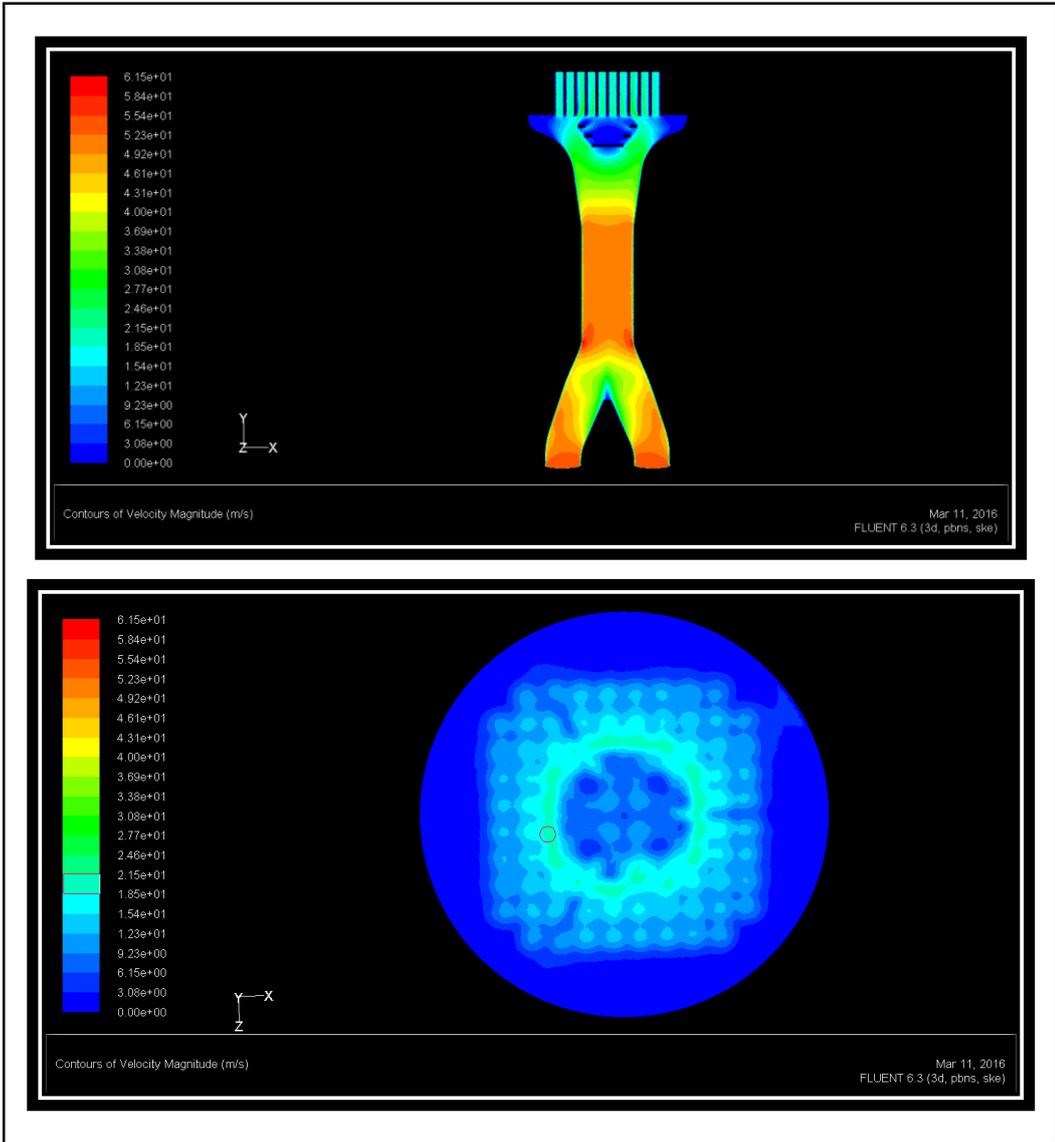
Gambar 3.4 model meshing di gambit

Setelah dilakukan meshing di software CFD (gambit) kemudian di lakukan analisa aliran di software CFD (fluent). Berikut adalah gambar hasil analisa yang dilakukan.

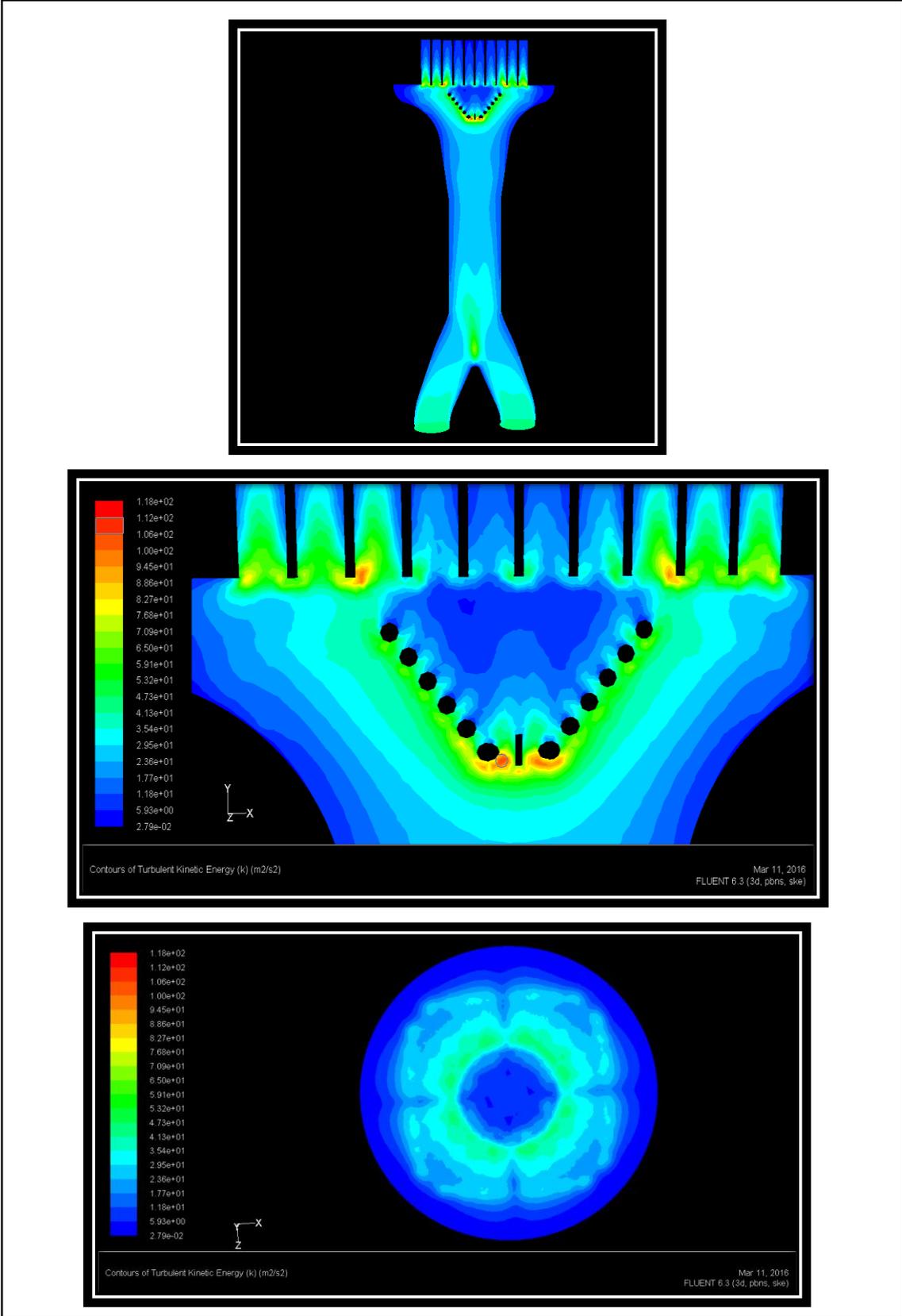
Velocity profil



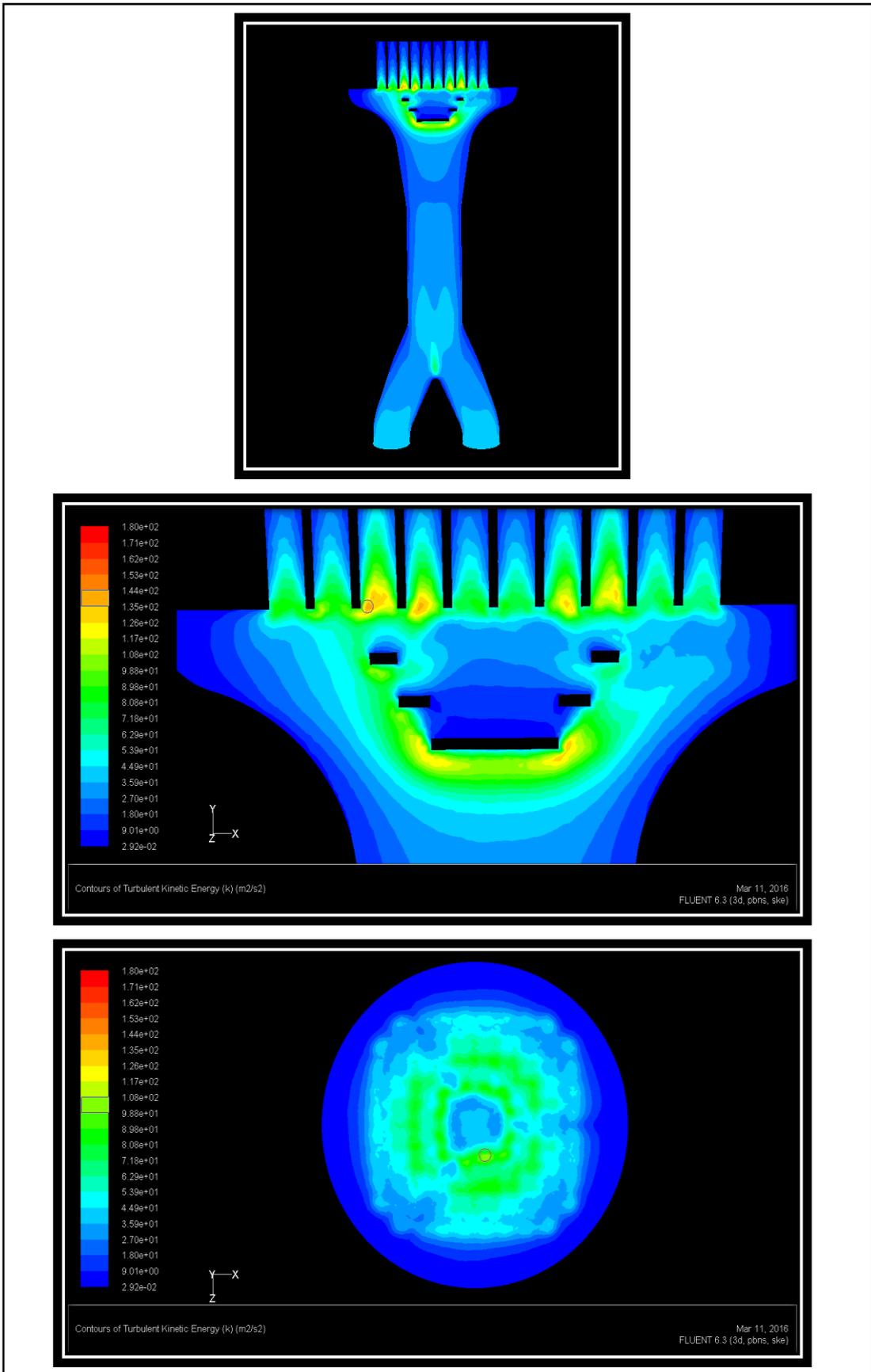
Gambar 3.5 counturs of velocity round bar



Gambar 3.6 counturs of velocity plate type



Gambar 3.7 countur of turbulent



Gambar 3.8 Counturs of Turbulent plate type

Hasil dari analisa software didapatkan bahwa bentuk aliran yang sudah dipecah oleh round bar type dengan plat type kedua alirannya tidak merata seperti yang di harapkan dan membentuk lingkaran (berkonsentrasi hanya pada beberapah titik) pada area sisi masuk lembar tabung, serta bentuk dari aliran tersebut sama dengan bentuk kerusakan yang terjadi pada sisi masuk lembar tabung. Oleh sebab itu disini akan dilakukan modifikasi pada alat pemecah aliran, agar alirannya merata dan sesuai dengan yang diharapkan. yang di modifikasi pada plat type dan round bar type.

NO	KEGIATAN	2015-2016																											
		JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	PERSIAPAN																												
2	PENGUMPULAN DATA																												
3	PENGOLAHAN DATA																												
4	ANALISA DATA																												
5	PEMODELAN DAN ANALISA																												
6	PEMBUATAN LAPORAN																												

## BAB IV

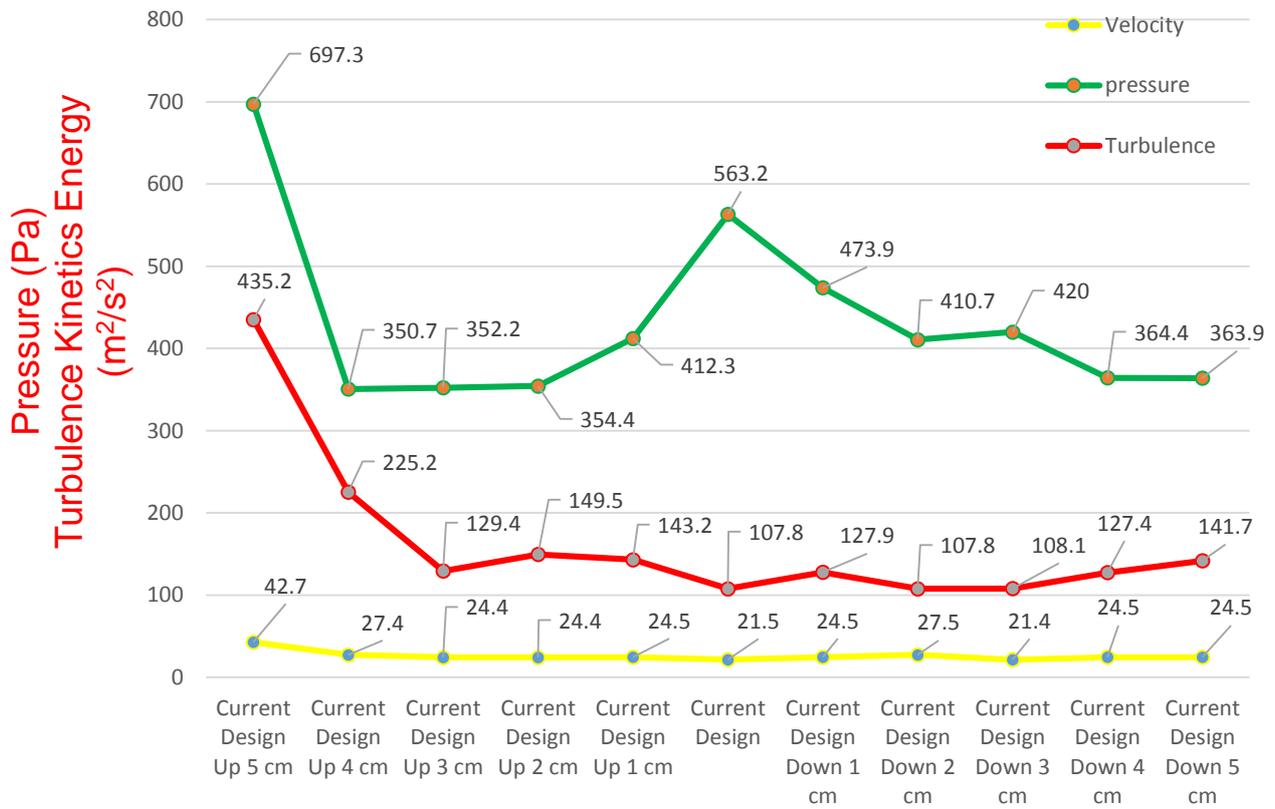
### ANALISA

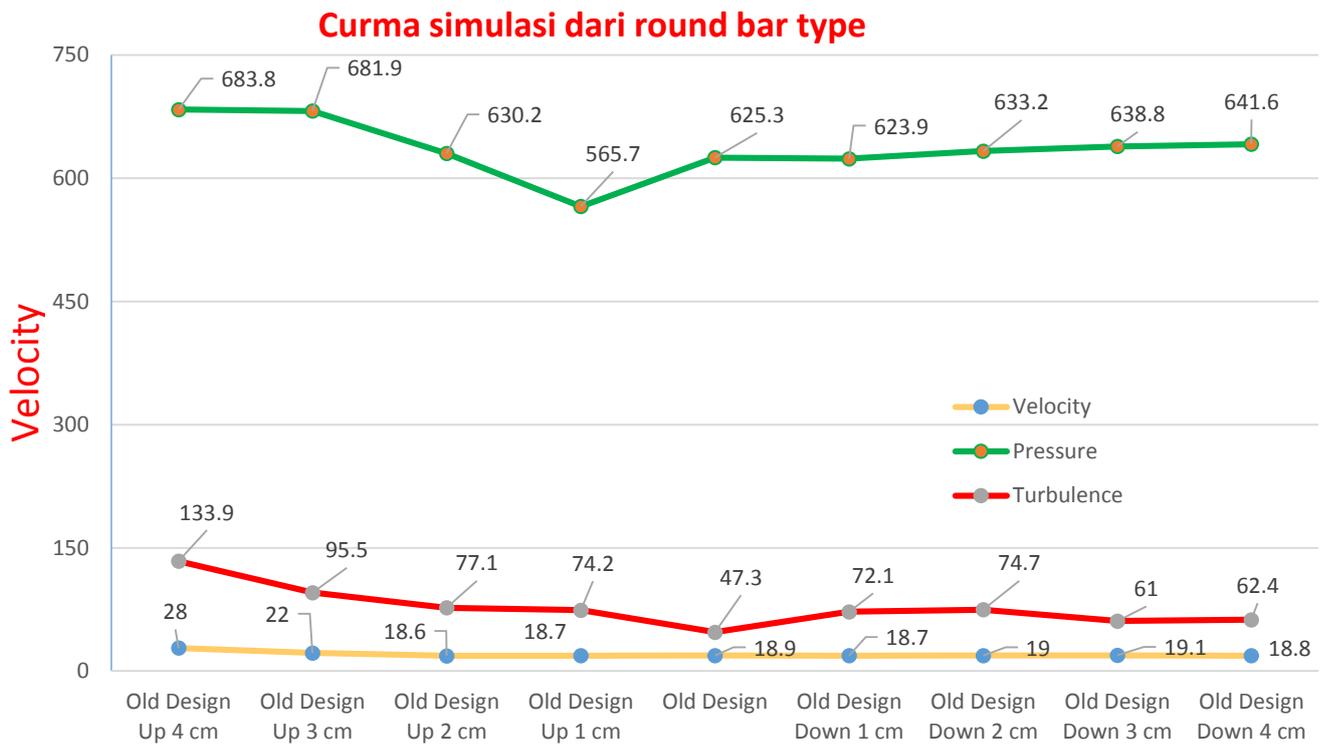
#### 4.1 Hasil Analisa Dan Modifikasi Current Design Dan Olg Design

TLE Erosion Protection	Velocity	Turbulence	Pressure
Current design up 5cm	42.7	435.2	697.3
Current design up 4cm	27.4	225.2	350.7
Current design up 3cm	24.4	129.4	352.2
Current design up 2cm	24.4	149.5	354.4
Current design up 1cm	24.5	143.2	412.3
Current design	21.5	107.8	563.2
Current design down 1cm	24.5	127.9	473.9
Current design down 2cm	27.5	107.8	210.7
Current design down 3cm	21.	108.1	420
Current design down 4cm	24.5	127.4	364.4
Current design down 5cm	24.5	141.7	363.9

TLE Erosion Protection	Velocity	Turbulence	Pressure
Old design up 4cm	28	133.9	683.8
Old design up 3cm	22	95.5	681.9
Old design up 2cm	18.6	77.1	630.2
Old design up 1cm	18.7	74.2	565.7
Old design	18.9	47.3	625.3
Old design down 2cm	18.7	72.1	623.9
Old design down 3cm	19	74.7	633.2
Old design down 4cm	19.1	61	638.8
Old design down 5cm	18.8	62.4	641.6

## Curve of Simulation Result for TLE Current Design (Plate bar)





TLE Erosion Protection	Velocity at Tube sheet	Pressure at Tube Sheet	Turbulence at Tube Sheet
Current Design existing	21.5	563.2	107.8
Old design existing	18.9	625.3	47.3

Dilihat dari data hasil analisa yang dilakukan bahwa old design lebih baik dari sisi velocity, turbulence dan pressure di bandingkan dengan current design yang digunakan sekarang. Maka modifikasi yang akan di perdalam yaitu modifikasi yang dilakukan pada old design untuk menemukan hasil terbaik yang bisa dilakukan.

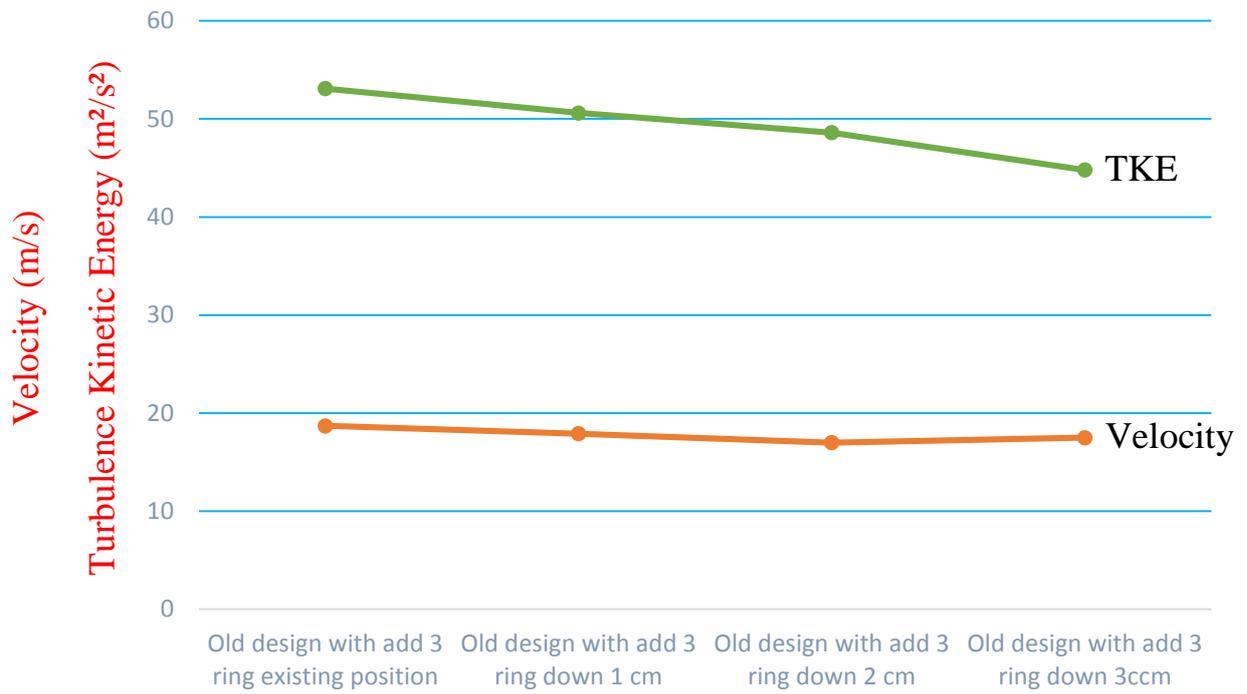
## 4.2 Hasil Modifikasi Old Design

TLE Erosion Protection	Velocity at Tube Sheet (m/s)	Turbulence at Tube Sheet (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
Old design with add 3 ring existing position	18.7	53.1
Old design with add 3 ring down 1 cm	17.9	50.6
Old design with add 3 ring down 2 cm	17	48.6
Old design with add 3 ring down 3 cm	17.5	44.8

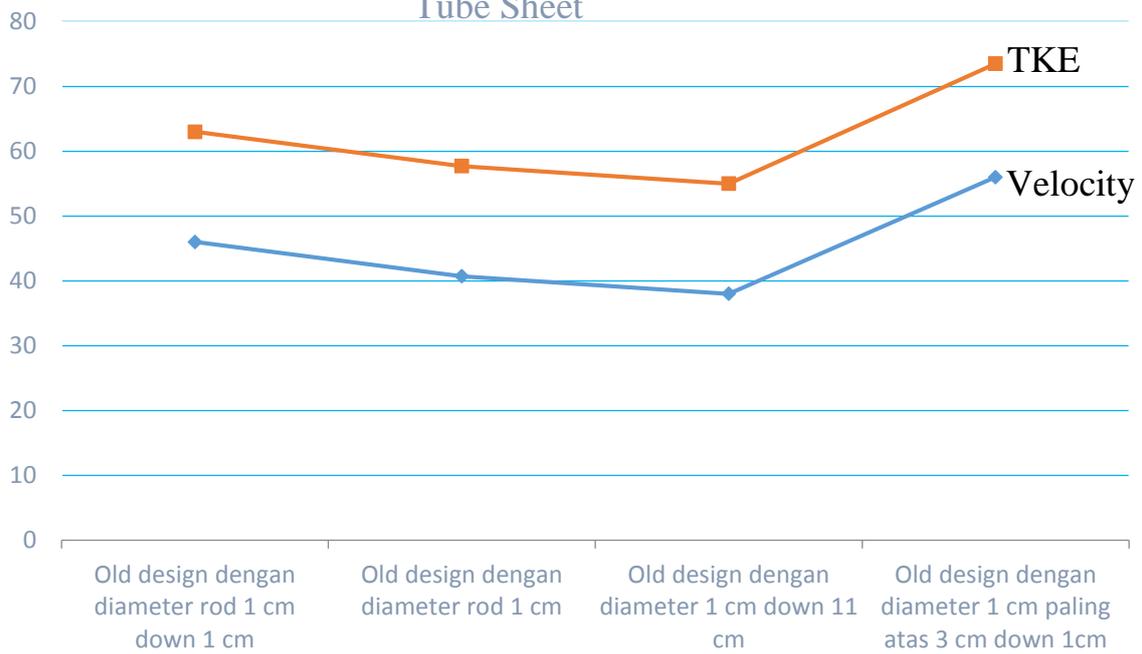
TLE Erosion Protection	Velocity at Tube Sheet (m/s)	Turbulence at Tube Sheet (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
Old design dengan diameter rod 1 cm down 1 cm	17	46
Old design dengan diameter rod 1 cm	17	40.7
Old design dengan diameter 1 cm down 11 cm	17	38
Old design dengan diameter 1 cm paling atas 3 cm down 1cm	17.5	56

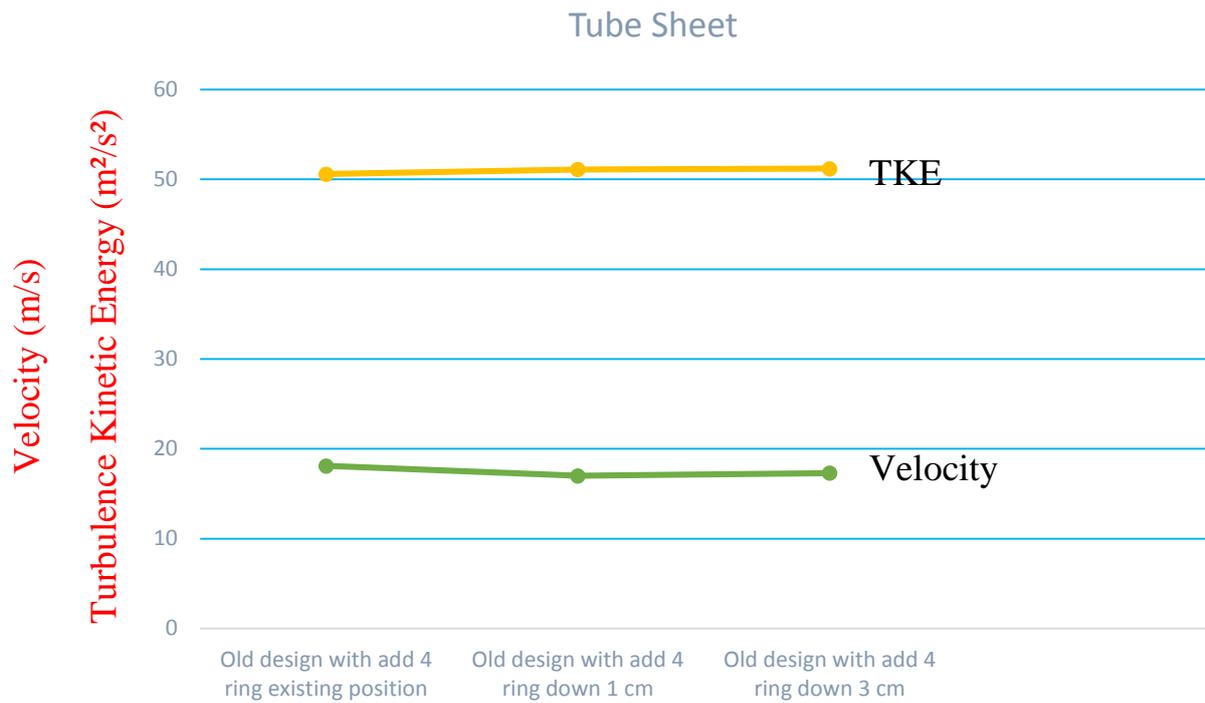
TLE Erosion Protection	Velocity at Tube Sheet	Turbulence at Tube Sheet
Old design with add 4 ring diameter rod 1 cm existing position	20.1	64.7
Old design with add 4 ring diameter rod 1 cm down 1 cm	17.3	40.7

## Tube Sheet



## Tube Sheet





Dari hasil analisa dan modifikasi yang dilakukan di temukan solusi terbaik sampe saat ini yaitu dengan menurunkan ketinggian dari round bat type (old design),sekitar 4.5 cm dari posisi semula atau 11 cm dari tube sheet.

## **BAB V**

### **Kesimpulan Dan Saran**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dilihat dari data hasil analisa yang dilakukan bahwa old design lebih baik dari sisi velocity, turbulence dan pressure di bandingkan dengan current design yang digunakan sekarang.
2. Hasil analisa yang dilakukan disoftware CFD dengan kerusakan yang terjadi pada sisi lembar tabung bentuknya sama.
3. Dari hasil analisa dan modifikasi yang dilakukan di temukan solusi terbaik sampe saat ini yaitu dengan menurunkan ketinggian dari round bat type (old design), sekitar 4.5 cm dari posisi semula atau 11 cm dari tube sheet