

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Alat Penelitian

Pada proses penelitian yang akan di lakukan memerlukan beberapa alat yang digunakan yaitu perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*) sebagai alat penelitian.

3.1.1. Software

Software yang digunakan pada penelitian ini yaitu ANSYS Fluent 18.0 untuk simulasi numerik, gambar 3.1 merupakan logo *software* ANSYS Fluent 18.0.



Gambar 3.1 Logo *software* ANSYS Fluent 18.0

3.1.2. Hardware

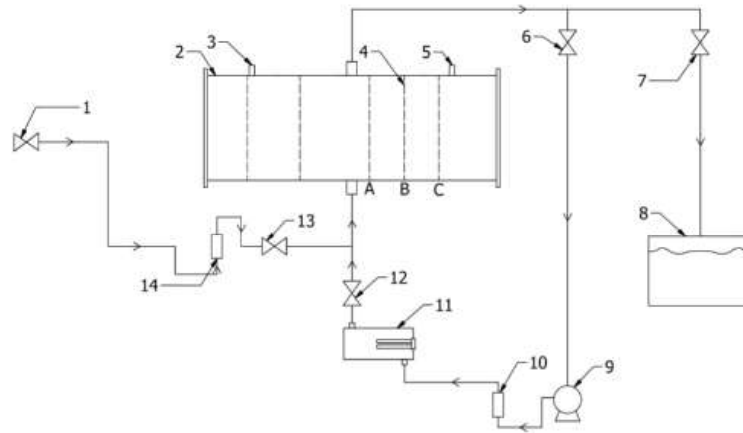
Hardware yang digunakan untuk simulasi *software* ANSYS Fluent memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Komputer

| No | Jenis Hardware | Parangkat Komputer |
|----|----------------|------------------------------------|
| 1 | Processor | Intel ®core (TM) i5-7400T 2.40 GHz |
| 2 | Motherboard | LENOVO |
| 3 | RAM | 4.00 GB |
| 4 | Graphic Card | AMD RADEON HD 530 |
| 5 | Storage | HDD 1TB |

3.2. Skema Penelitian

Skema penelitian eksperimen ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada proses *discharging* secara bertahap *valve* yang dibuka yaitu nomor 1, 13 dan 7 dan yang ditutup nomor 6 dan 12.



Gambar 3.2 Skema Penelitian Eksperimen

Keterangan nomor :

- (1) Keran Air
- (2) Tangki TES
- (3) Lubang pipa masuknya termokopel
- (4) Strimin
- (5) Lubang pipa masuknya termokopel
- (6) *Valve* keluaranya air dari tangki ke pompa
- (7) *Valve* keluaranya air dari tangki ke bak
- (8) Bak penampung air
- (9) Pompa
- (10) Rotameter air 1,5 LPM untuk *charging*
- (11) *Heater*
- (12) *Valve* keluaranya air dari *heater* ke tangki
- (13) *Valve* keluaranya air dari keran air ke tangki
- (14) Rotameter air 2,5 LPM untuk *discharging* secara kontinyu

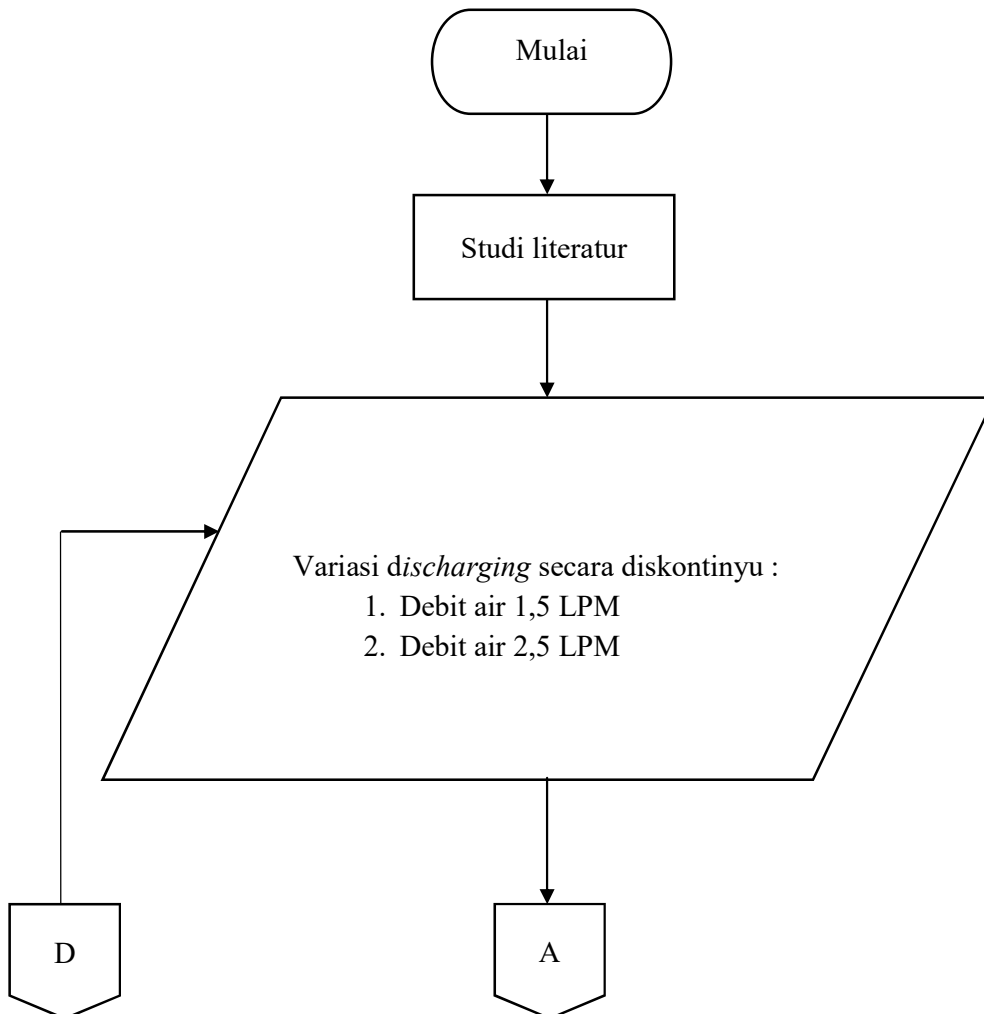
3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Variasi Penelitian

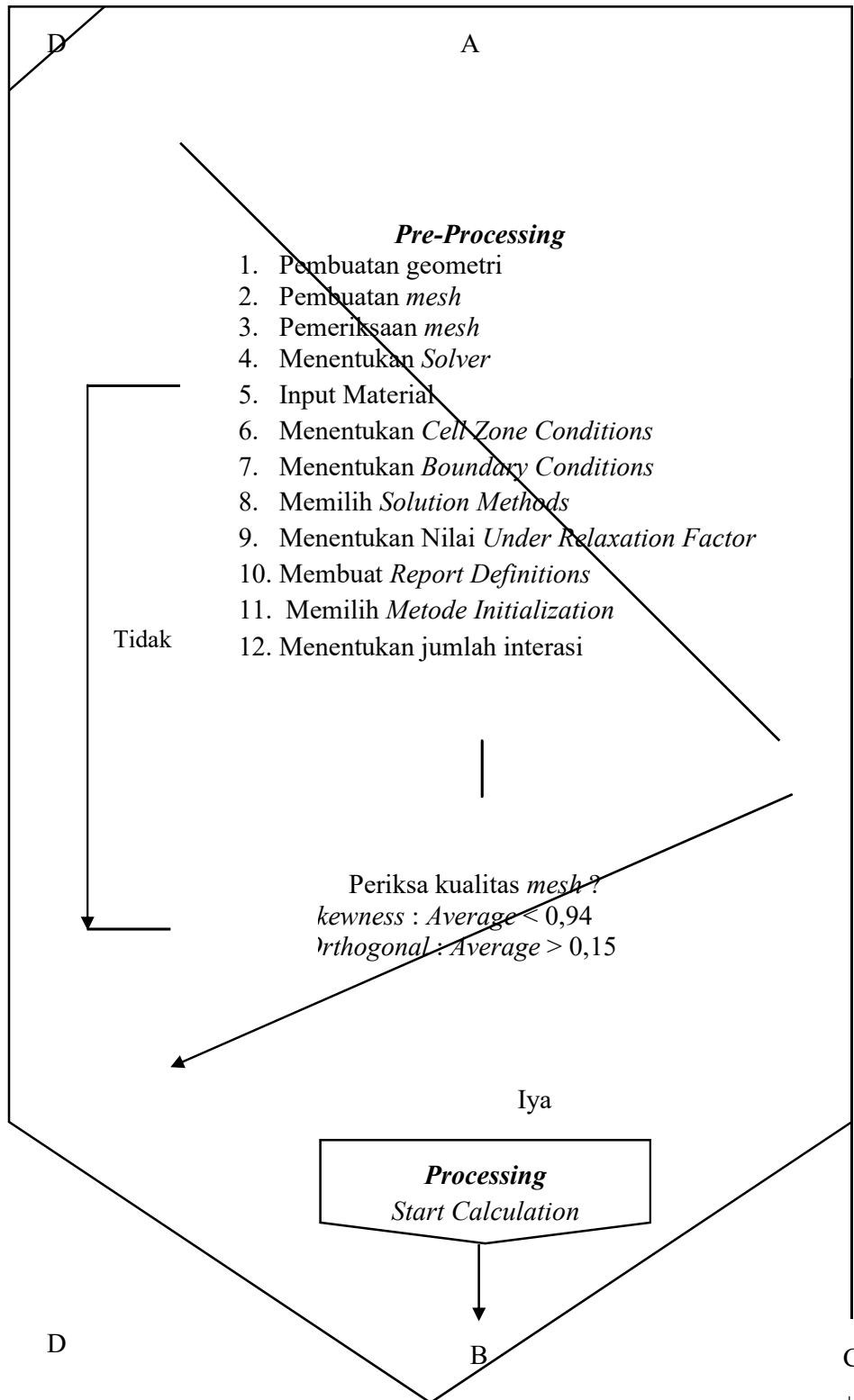
Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi debit air masuk yaitu 1,5 LPM dan 2,5 LPM pada proses *discharging* yang dilakukan secara bertahap dengan jeda waktu lima menit.

3.3.2. Diagram Alir Penelitian

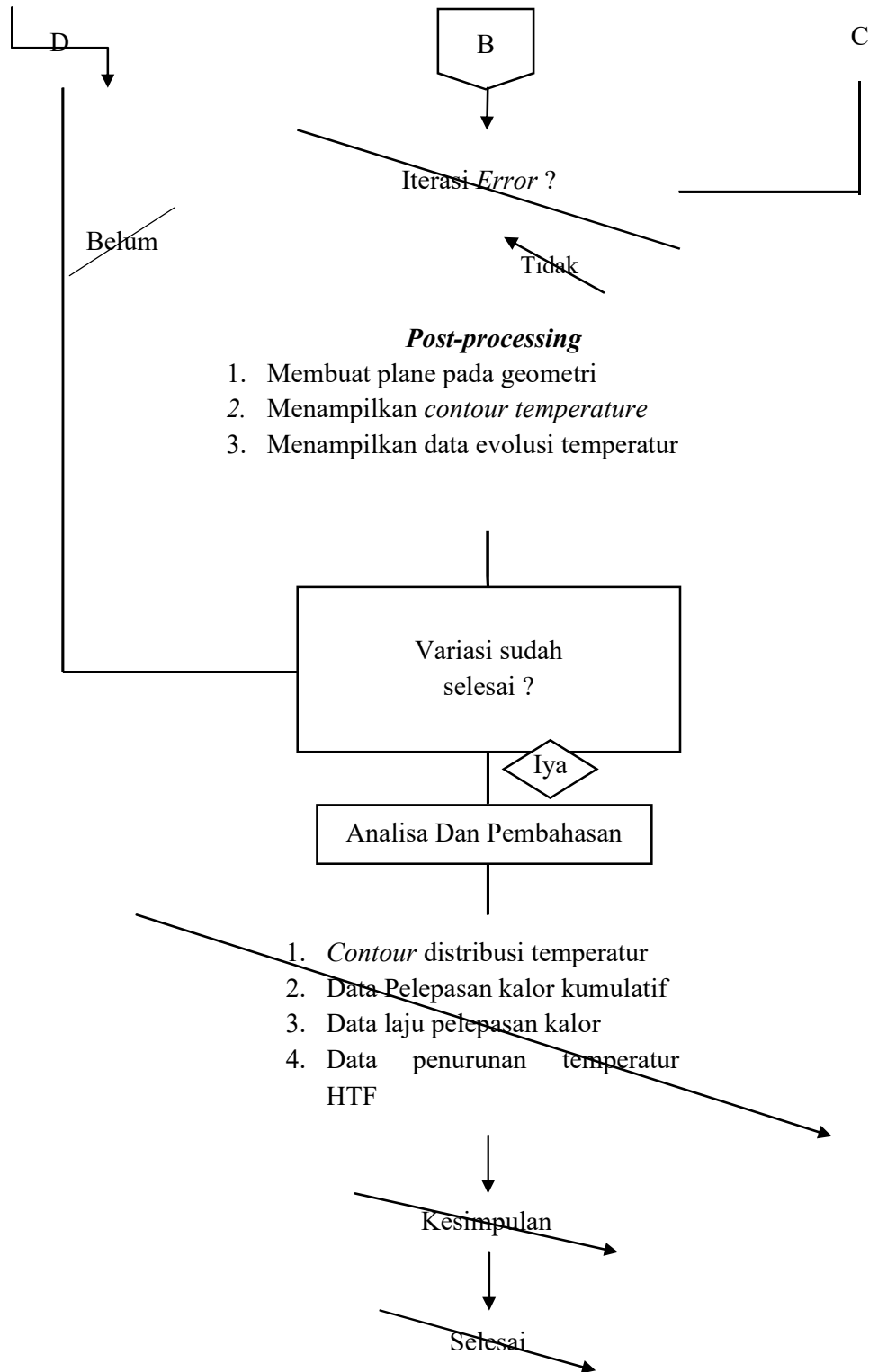
Pada penelitian ini menggunakan kerangka besar diagram alir sebagai berikut ini yang ditunjukkan pada gambar 3.3, 3.4 dan gambar 3.5 .



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.3.3. Langkah Penelitian

Pada penelitian ini diawali dengan studi literatur dengan mencari referensi teori dan jurnal, dilakukan untuk mencari roadmap dan perkembangan yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Selanjutnya melakukan proses simulasi CFD, pada dasarnya terbagi menjadi 3 proses yaitu Pre-processing, Processing, dan Post-Processing.

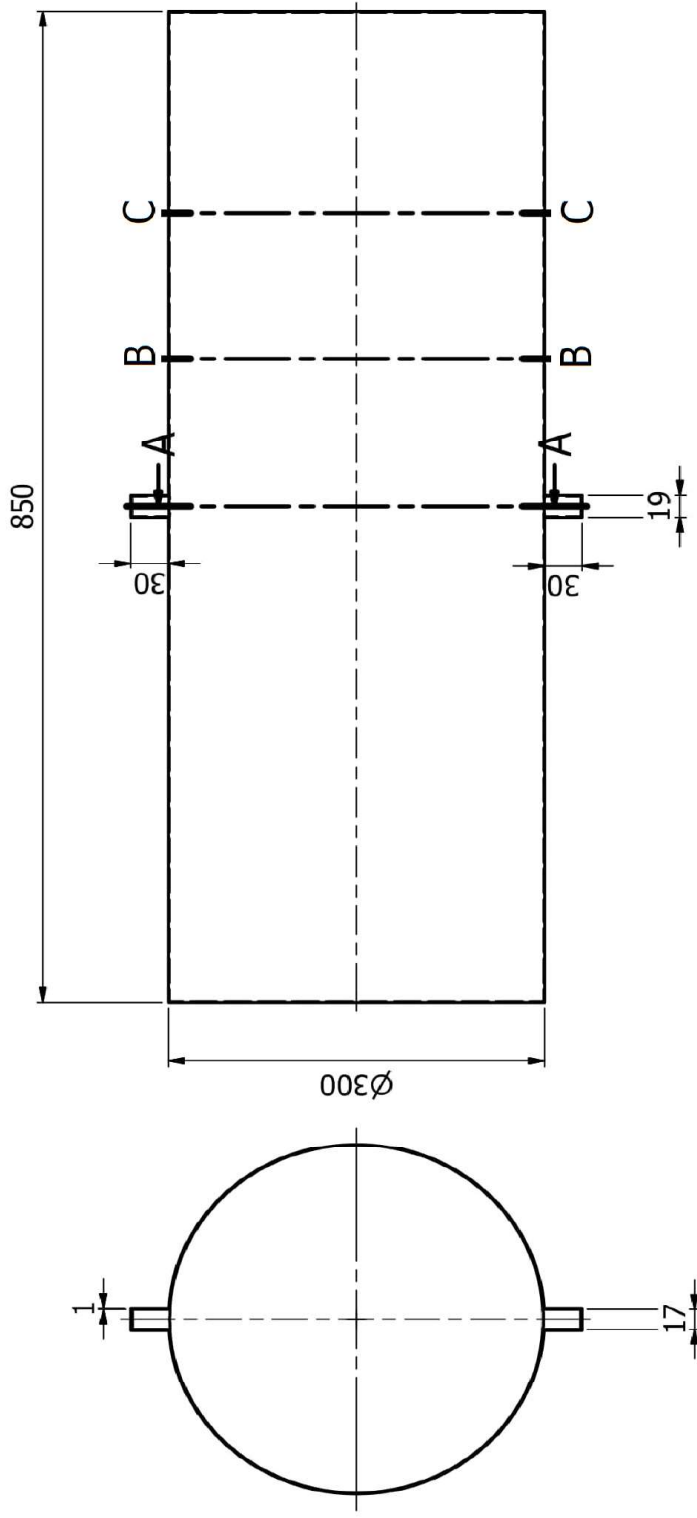
3.3.3.1. Pre-Processing

Pre-Processing merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum memulai simulasi. Berikut ini adalah langkah-langkah yang ada pada pre-processing :

1. Pembuatan geometri

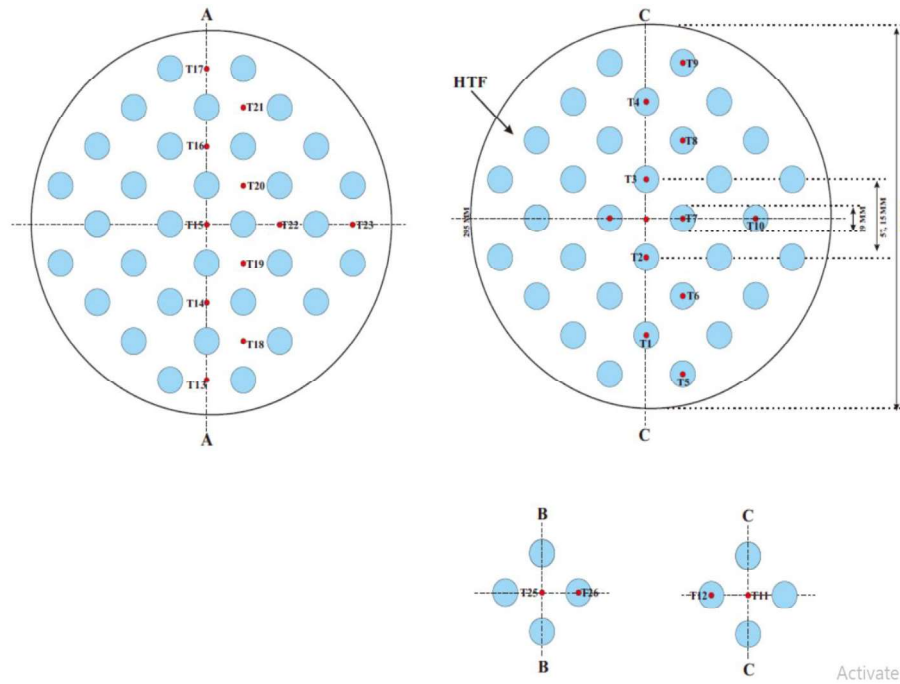
Bentuk geometri yang akan digunakan sebagai tempat mengalirnya HTF yaitu sebuah tabung yang nantinya akan disimulasikan dimana diameter tabung 30 cm, panjang 85 cm, sedangkan pada kedua sisi tabung ditambahkan inlet dan outlet yang berdiameter 19 mm dan panjang 35 mm. Untuk aplikasi yang akan digunakan untuk membuat geometri menggunakan *desigen modeler* yang telah di sediakan oleh shoftware ANSYS fluent 1.8. Hasil pembuatan geometri dapat kita lihat pada gambar 3.5 dan gambar 3.6.

A-A (1:5)



Gambar 3.6 Geometri Tangki HTF

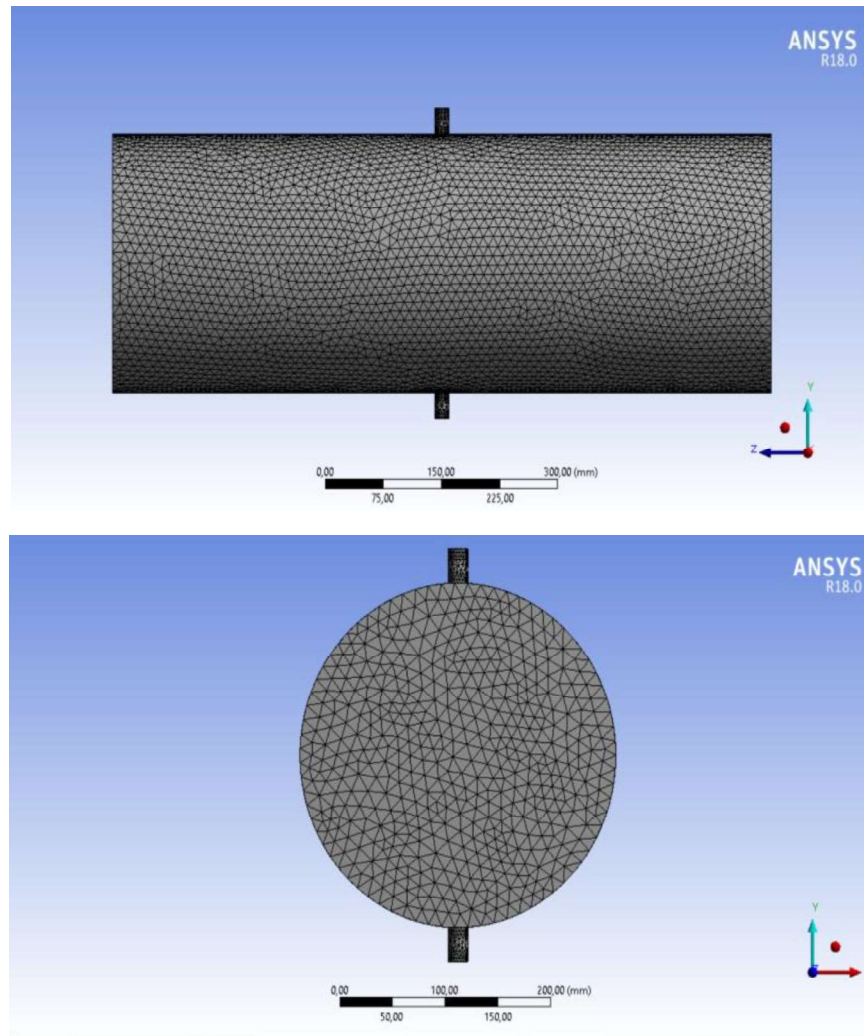
Geometri yang disimulasikan sebagai HTF dengan beberapa termokopel di dalamnya. Pada gambar 3.7 menunjukkan letak termokopel di dalam tangki pada simulasi.



Gambar 3.7 Tempat letak termokopel

2. Proses Meshing

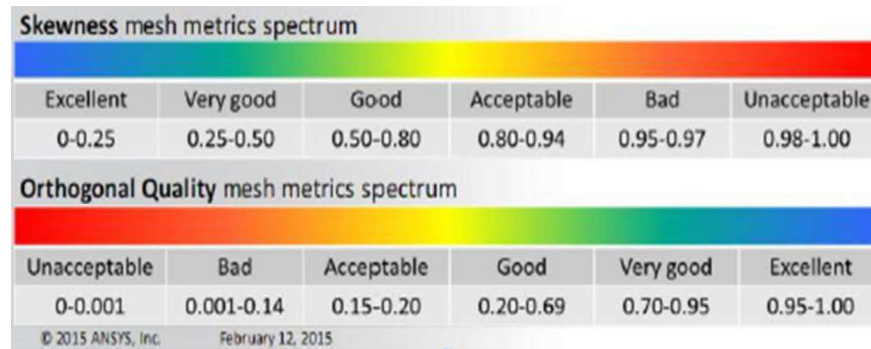
Proses meshing yaitu pembagian domain fluida menjadi volume-volume kecil agar dapat dianalisis oleh komputer sesuai dengan metode *finite volume method* (FVM). Pada penelitian ini pembuatan mesh menggunakan *software* bawaan *ANSYS 18.0*. mesh yang dipilih pada kasus ini yaitu mesh jenis *Tetrahedron*, Ukuran *mesh* pada domain fluida dapat mempengaruhi ketelitian dan akurasi hasil, hal ini dikarenakan mengikuti bentuk geometri tangki yang pada bagian *inlet* dan *outlet* nya menyambung. Hasil meshing dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Hasil pembuatan meshing

3. Kualitas *mesh*

Kualitas *mesh* merupakan suatu hal yang penting karena dapat mempengaruhi hasil dari perhitungan simulasi. Maka perlu dilakukan pemeriksaan kualitas *mesh*, baik atau tidak *mesh* yang dihasilkan dapat dilakukan dengan mengecek pada *statistics mesh* untuk mengetahui jumlah *nodes* dan *elemets mesh*, jika *statistik mesh* terlalu banyak maka waktu komputasi akan semakin lama dan jika terlalu sedikit akan mengurangi ketelitian pada saat simulasi. Hasil *mesh* pada geometri yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 3.9. kualitas *mesh* yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.2.

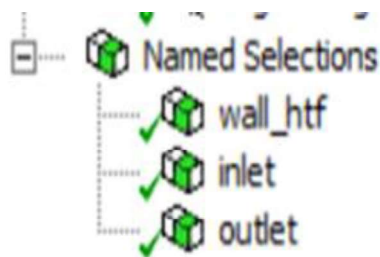


Gambar 3.9 Rentang kualitas mesh

Tabel 3.2 Kualitas *Mesh* yang telah dibuat

| Kategori | Nilai |
|------------------------|--------------------------|
| <i>Skewness</i> | <i>Average</i> :0,22065 |
| <i>Orthogonal</i> | <i>Average</i> : 0,87725 |
| <i>Tipe</i> | Tetra dan Heksa |
| Jumlah <i>Elements</i> | 703061 |
| Jumlah <i>Nodes</i> | 262730 |

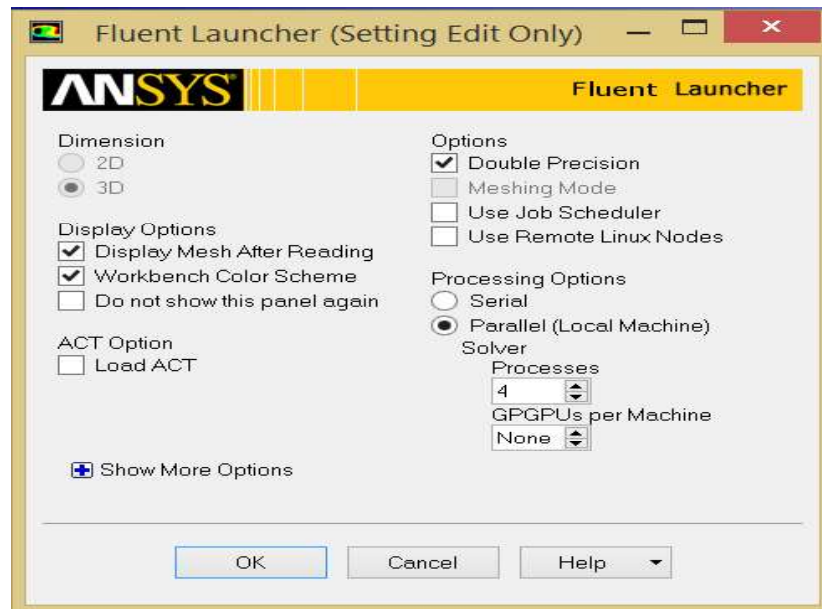
Pada Tabel 3.2. menunjukkan skewness yang didapat pada simulasi ini menunjukkan angka 0,20924, jika melihat dari Gambar 3.8. hasil yang didapat adalah *excellent* dan pada *orthogonal quality* menunjukkan angka 0,8672 hasil yang didapat adalah *very good*. Setelah pengecekan kualitas *mesh* langkah selanjutnya menamai pada setiap bagian *mesh* untuk mendefinisikan nama pada setiap bagian *mesh* seperti yang terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.10 Pemberian nama pada setiap bagian

4. *Fluent Launcher* 18.0

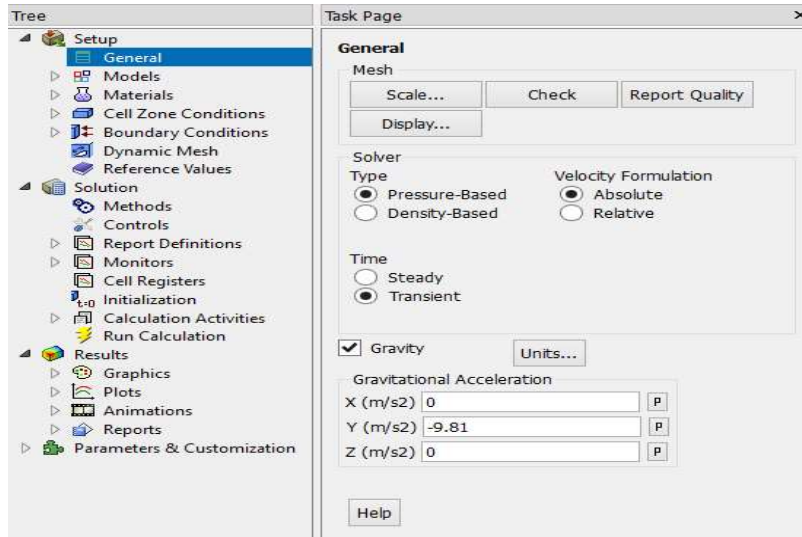
Fluent launcher merupakan skema awal penentuan simulasi. Proses simulasi menggunakan bentuk tiga dimensi. Pada kolom *options* menggunakan *double precision* dan *processing option* menggunakan *pararel*. Pada simulasi ini menggunakan empat *core*. *Fluent launcher* dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3 11 Tampilan *fluent launcher* 18.0

5. *General*

Pada tahap *general* ada dua *type solver* yaitu *pressure-based* dan *density-based* dan dua *time solver* yaitu *steady* dan *transient*. Pada tahap ini *type solver* yang digunakan *type pressure-based* dikarenakan dapat digunakan pada aliran yang luas mulai dari aliran berkecepatan rendah hingga aliran kecepatan tinggi. Sedangkan untuk *time solver* menggunakan *transient* dikarenakan variable pada simulasi tergantung oleh waktu. Faktor grafitasi juga diaktifkan pada titik kordinat (-y) dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 panel *general*

6. Penentuan *models*

Pada tahap ini merupakan tahap penentuan skenario simulasi, konfigurasi untuk setiap skenario dapat dilihat pada buku panduan *user guide* ANSYS Fluent 18.0. dilakukan pengaktifan *energy* karena pada kasus ini melibatkan perpindahan panas dalam simulasinya. Sedangkan *viscous* dipilih *laminar* karena *Re* tidak mencapai lebih dari 4000. Perhitungan dapat dilihat pada persamaan 3.1. Panel model dapat dilihat pada gambar 3.13.

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{➤ Kecepatan (v)} &= \frac{\dot{m}}{(\rho \times A)} \dots\dots\dots (3.1) \\ &= \frac{0,048945 \text{ kg/s}}{(1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,000283529 \text{ m}^2)} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,0172628 \text{ m/s}$$

$$\text{➤ Diameter (D)} = 19 \text{ mm} \sim 0,019 \text{ m}$$

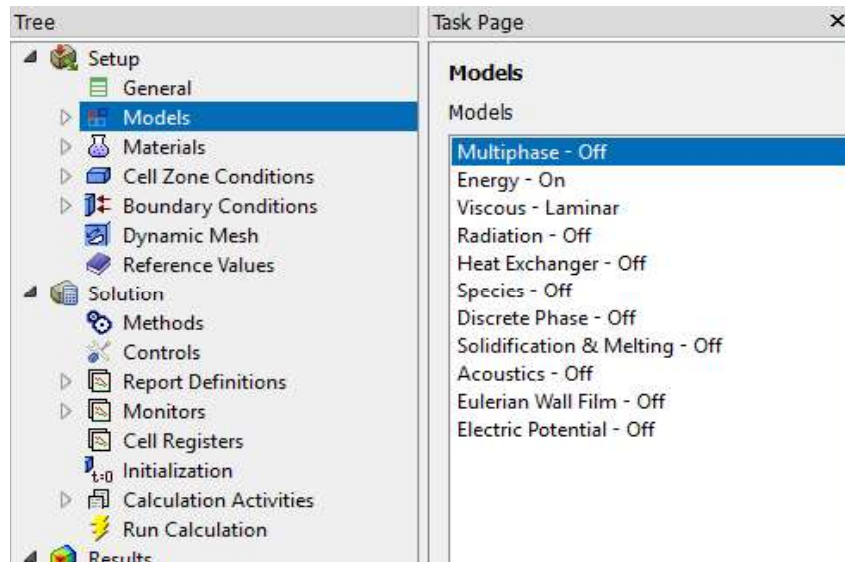
$$\text{➤ Densitas } (\rho) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{➤ Viskositas } (\mu) = 0,0013 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$Re = \frac{\text{Gaya Inersia}}{\text{Viskositas}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Re = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,0172628 \text{ m/s} \times 0,019 \text{ m}}{0,0013 \text{ Pa.s}}$$

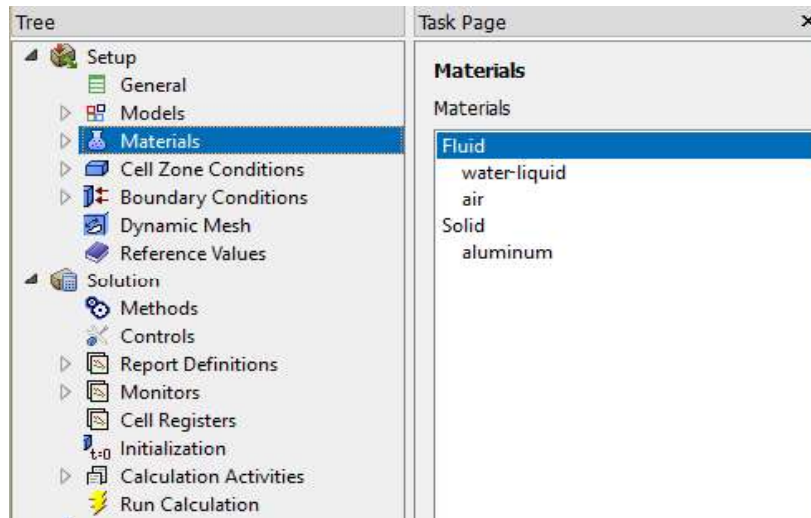
$$Re = 2466,11$$



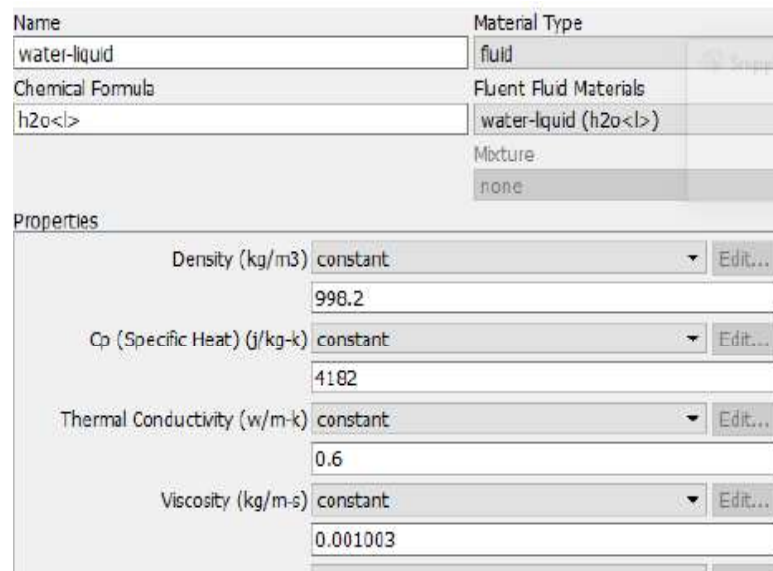
Gambar 3.13. Panel tampilan *models*

7. Parameter Material

Peneliti simulasi ini menggunakan air sebagai *heat transfer fluid* (HTF), untuk properti air dapat diambil di *library* ANSYS Fluent. Tampilan properti material dapat dilihat pada gambar 3.14. dan properti material HTF dapat dilihat pada gambar 3.15.



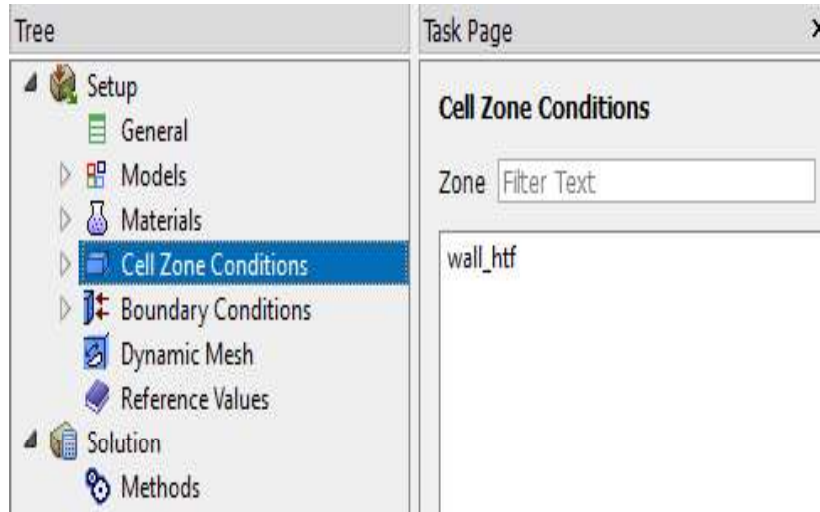
Gambar 3.14 panel parameter material



Gambar 3.15 Panel Properti HTF

8. Penentuan *Cell Zone Conditions*

Pada tahap ini sekumpulan area *mesh* didefinisikan sebagai sebuah zona yang mewakili suatu daerah. Pada penelitian ini area *mesh* hanya dibagi menjadi 1 zona yang diberikan nama *wall_hf*. Panel *zona cell* dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Panel *Cell Zone*

9. Penentuan *Boundary Condition*

Boundary condition digunakan untuk menentukan batas kondisi pada zona. Tahap ini berguna untuk mengatur debit air masuk pada proses *discharging* secara bertahap dan temperatur *inlet*. Pada bagian *inlet* menggunakan *mass flow inlet* dan *outlet* menggunakan *pressure outlet* sebesar 1 atm. Data yang digunakan pada temperatur *inlet* berasal dari pengujian eksperimen yang sudah melalui kalibrasi dapat dilihat pada tabel 3.2 dan Gambar panel *boundary condition* pada gambar 3.17.

➤ Proses *Discharging*

$$Q_{\text{aktual}} = 1,1526 \times Q_{\text{rotameter}} + 0,0552 \dots\dots\dots (3.3)$$

$$Q_{\text{aktual}} = 1,1526 \times 1,5 \text{ LPM} + 0,0552$$

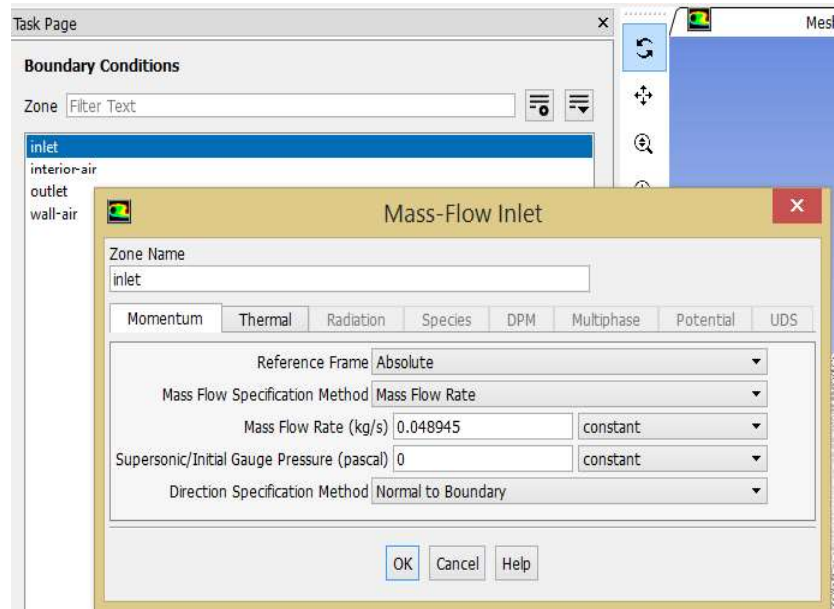
$$= 1,7841 \text{ LPM}$$

$$\dot{m} = \frac{\text{LPM} \times \rho_{\text{air}}}{60 \times 1000} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\dot{m} = \frac{1,7841 \text{ LPM} \times 1000}{60 \times 1000} = 0,029735 \text{ kg/s}$$

Tabel 3.3 Temperatur *Inlet*

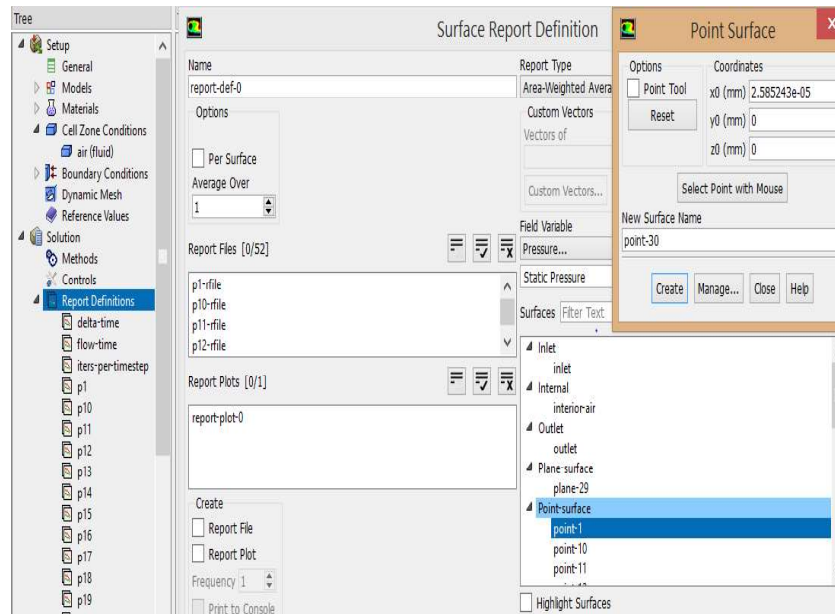
| <i>Discharging</i> | | | | |
|-------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------|
| Laju Aliran Massa (LPM) | Kondisi Batas | | | Temperatur |
| | \dot{m} (kg/s) | T_{inlet} (K) | T_{outlet} (K) | HTF (K) |
| 1,5 | 0,029735 | 300 | <i>Default</i> | 343 |
| 2,5 | 0,048945 | 300 | <i>Default</i> | 343 |



Gambar 3.17 Panel *bounderi condition* pada *inlet*

10. Report Definition

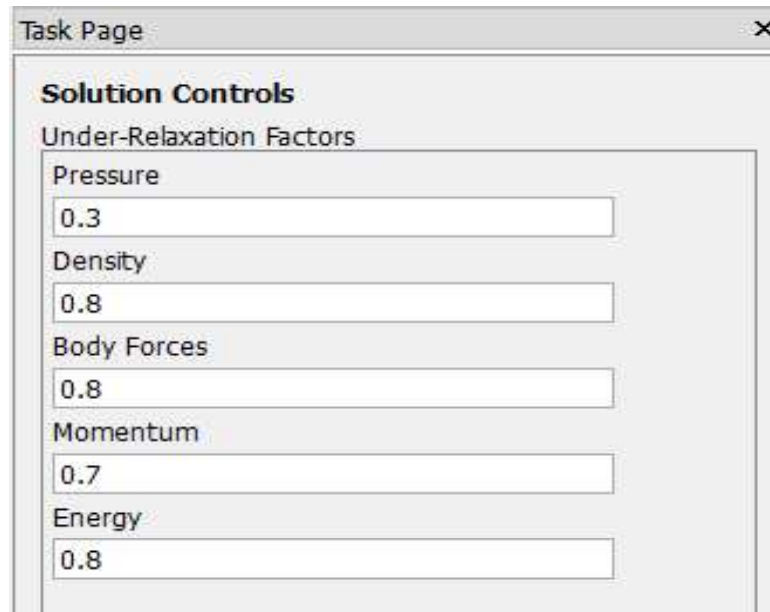
Pada tahap ini *Report Definition* digunakan untuk menghasilkan data *output*. Awal pada tahap ini yaitu dengan membuat point sesuai koordinat yang telah ditentukan. Kemudian menentukan data *output* yang akan dihasilkan seperti *temperature*, *enthalpy*, *Pressure*, *Velocity* dan lainnya pada tiap *point*. Pada Gambar 3.18 menunjukkan panel tampilan *report*.



Gambar 3.18 Panel tampil *report*

11. *Control*

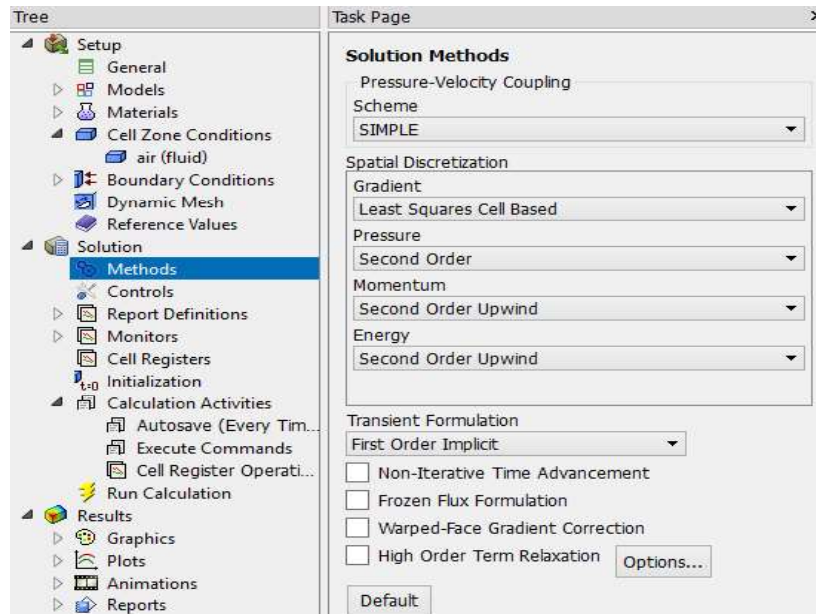
Controls merupakan memberikan batas toleransi nilai *under relaxation faktor* (URF) yang digunakan untuk mengatur variabel supaya dapat mempercepat konvergen. semakin besar nilai URF maka akan meningkatkan terjadinya *error*, akan tetapi semakin kecil nilai URF dapat menurunkan keakuratan simulasi. Pada penelitian ini nilai *pressure* 0,3 didapat dari *default* yang tersedia pada ANSYS Fluent 18.0. Sedangkan *density*, *body force* dan *energy* pada URF diubah dari 1 menjadi 0,8 untuk menghindari *error*. Nilai *under relaxation faktor* (URF) dapat dilihat pada gambar 3.19..



Gambar 3.19 Panel tampilan URF

12. Method

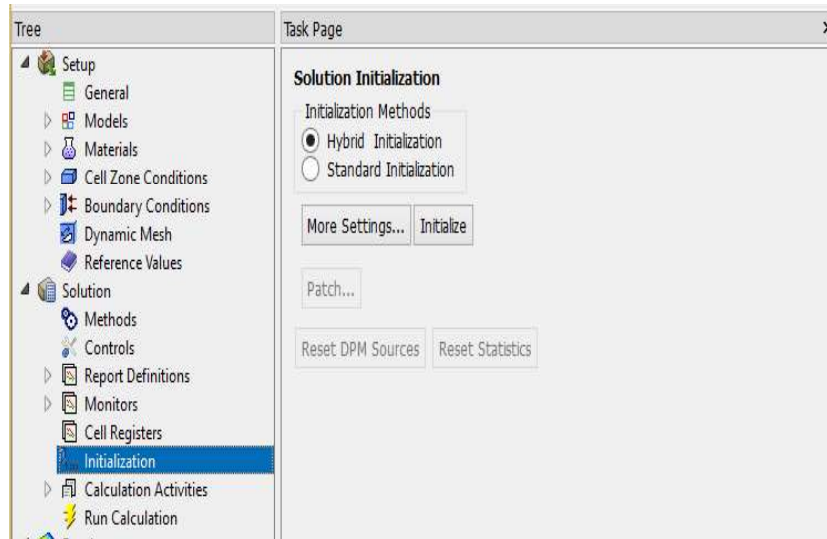
Methods digunakan untuk menentukan berbagai parameter apakah perhitungan pada simulasi berjalan dengan stabil sehingga dapat menghasilkan perhitungan yang akurat. Pada simulasi menggunakan *sceama SIMPLE* gambar 3.20, sedangkan *gradient* menggunakan *least squared cell based* karena digunakan untuk persamaan konversi massa, momentum, serta energi. *Pressure* menggunakan *second order upwind* menggunakan persamaan yang lebih teliti hingga orde satu. *Momentum* dan *Energy* menggunakan *second order upwind* karena menggunakan ketelitian orde dua dan sangat baik digunakan untuk *mesh* jenis *tri/tetrahedral*.



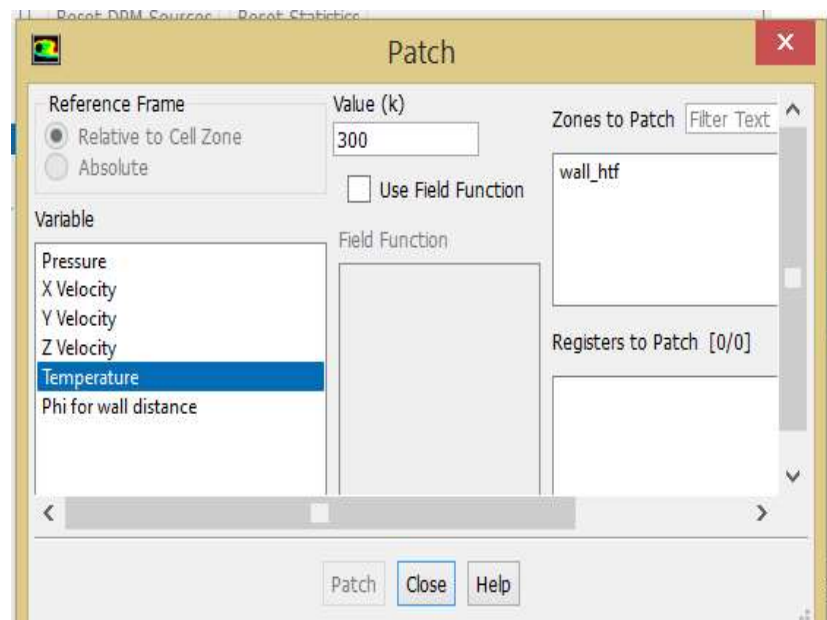
Gambar 3.20 Panel tampilan *solution method*

13. *Solutions intializaton*

Solutions intializaton digunakan untuk inialisasi bidang pada saat simulasi. Pada simulasi ini *initializations methods* menggunakan *hybrid initializations* gambar 3.21, untuk menentukan nilai *variable* aliran dan menginisialisasi nilai bidang aliran. Metode *hybrid* dipilih karena lebih simpel dalam perhitungannya. Perhitungan yang lebih simpel juga berpengaruh pada semakin cepatnya hasil perhitungan yang didapat. Selain itu metode *hybrid* dipilih karena menyesuaikan spesifikasi komputer yang ada. Patch pada tampilan solution initialization berguna untuk mengatur temperature awal sebelum simulasi dijalankan seperti pada gambar 3.22.



Gambar 3.21 Panel tampilan *Solution Initialization*

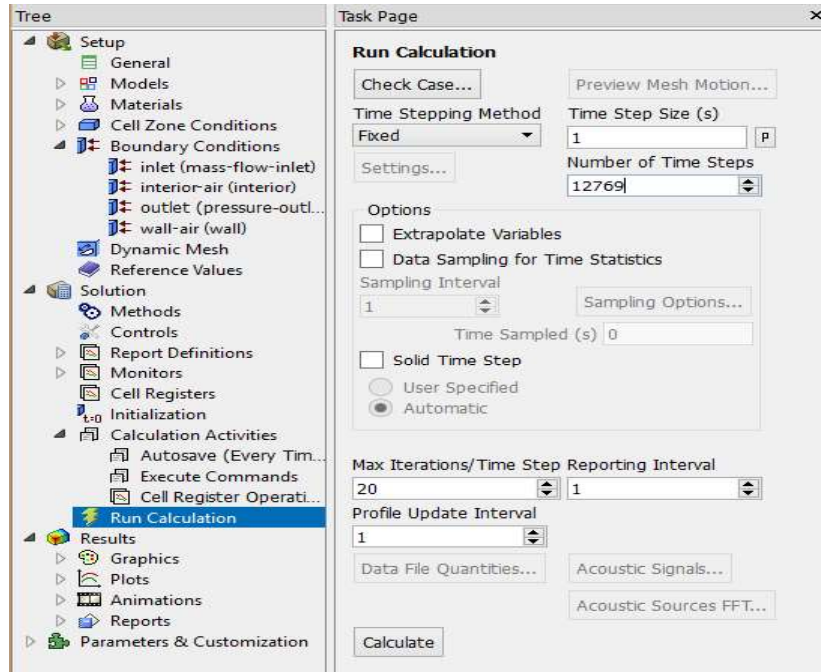


Gambar 3.22 Temperatur awal simulasi

14. Proses *Run Calculation*

Run calculation adalah tahap akhir sebelum memulai *iterasi solver*. Pada penelitian ini menggunakan *time-solver* kondisi *transient*, Oleh karena itu jumlah *time step* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 1 *time step* dan *number of time step* sebanyak 12769 dan

max iteration/time step sebanyak 20. Gambar 3.23 Proses iterasi dilakukan hingga temperatur pada 308 K untuk Discharging.



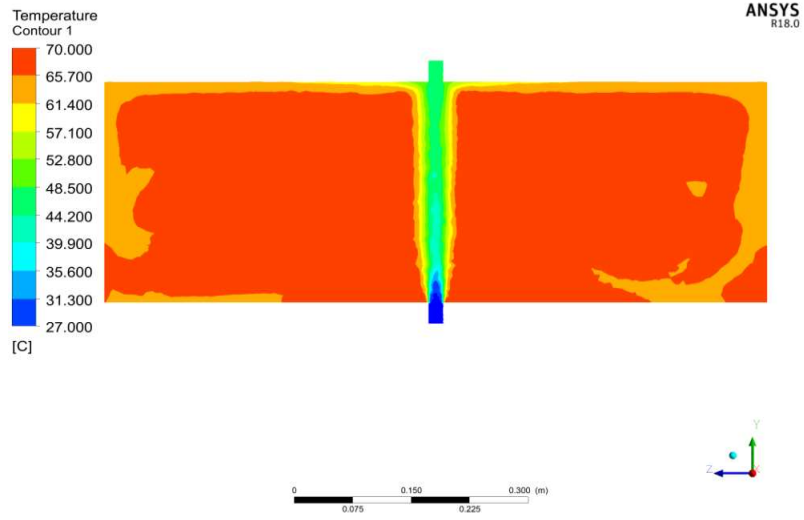
Gambar 3.23 Panel Penentuan *Calculation*

3.3.3.2. Processing

Processing merupakan tahap ke dua dalam proses simulasi ANSYS Fluent. Pada tahapan ini dilakukan proses komputasi atau proses perhitungan

3.3.3.3. Post-Processing

Post-Processing yaitu penampilan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan. Pada tahap ini hasil ddari simulasi ditampilkan dalam bentuk dan animasi sesuai kasus yang diteliti. Data yang dibutuhkan untuk simulasi in yaitu evolusi temperrature, vektor aliran. Contoh pembuatan contour dapat dilihat pada gambar 3.24



Gambar 3.24 Hasil Contur Temperatur pada Air