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

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



Gambar 3.1 Logo shoftware ANSYS Fluent 18.0

3.1.2. Hardware

Harware yang digunakan untuk simulasi *sofware* ANSYS Fluent memiliki spesifikasi sebagai berikut :

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

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Komputer

3.2. Skema Penelitian

Skema penelitian eksperimen ditunjukan 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 keluarnya air dari tangki ke pompa
- (7) Valve keluarnya air dari tangki ke bak
- (8) Bak penampung air
- (9) Pompa
- (10) Rotameter air 1,5 LPM untuk charging
- (11) Heater
- (12) Valve keluarnya air dari heater ke tangki
- (13) Valve keluarnya 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.

3.2.2. Diagram Alir Penelitian

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



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian





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 mecari 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 siulasi. 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 shofware ANSYS fluent 1.8. Hasil pembuatan geometri dapat kita lihat pada gambar 3.5 dan gambar 3.6.





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



Gambar 3.7 Tempat letak termokopel

2. Proces Meshing

Proses meshing yaitu pembagian domain fluida menjadi volumevolume kecil agar dapat dianalisis oleh komputer sesuai dengan metode *finite volume method* (FVM). Pada penelitian ini pembuatan mesh menggunkan *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.

Skewness mesh metrics spectrum

Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00
Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00
© 2015 ANSYS. Inc.	February 12	2015			

Gambar 3.9 Rentang kualitas mesh

Kategori	Nilai
Skewness	Average :0,22065
Orthogonal	Average : 0,87725
Tipe	Tetra dan Heksa
Jumlah Elements	703061
Jumlah Nodes	262730

Tabel 3.2 Kualitas Mesh yang telah dibuat

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* menggunkan *pararel*. Pada simulasi ini menggunakan empat *core*. *Fluent launcher* dapat dilihat pada gambar 3.11.

E Fluent Launcher (Setti	ng Edit Only) 🗕 🗖 🗙
ANSYS	Fluent Launcher
Dimension 2D 3D Display Options ✓ Display Mesh After Reading ✓ Workbench Color Scheme Do not show this panel again ACT Option Load ACT	Options ✓ Double Precision Meshing Mode Use Job Scheduler Use Remote Linux Nodes Processing Options Serial ● Parallel (Local Machine) Solver Processes 4 GPGPUs per Machine None €
	ancel Help 🔻

Gambar 3 11 Tampilan fluent launcher 18.0

5. General

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

Tree	Task Page		
Setup General Medele	General Mesh		
 Models Materials Cell Zone Conditions Cell Zone Conditions Boundary Conditions Dynamic Mesh Reference Values Solution Solution Methods Controls Report Definitions Report Definitions Cell Registers Initialization Columbia Controlis 	Scale Display Solver Type Pressure-Ba Density-Bas Time Steady Transient	Check Veloci used I A ed R	Report Quality
Results Results Graphics Graphics Control Contro Control Control	Gravity Gravitational Act X (m/s2) 0 Y (m/s2) -9.81	Units	P
Parameters & Customization	Z (m/s2) 0 Help		P

Gambar 3.12 panel general

6. Penentuan models

Pada tahap ini merupakan tahap penentuan skenario simulasi, konfigurasi untuk setiap skenario dapat dilihat pada uku 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 :

Kecepatan (v) = $\frac{\dot{m}}{(\rho \times A)}$(3.1) $= \frac{0.048945 \text{ kg/s}}{(1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.000283529 \text{ m}^2)}$ Kecepatan (v) = 0.0172628 m/s
Diameter (D) = 19 mm ~ 0.019 m
Densitas (ρ) = 1000 kg/m³
Viskositas (μ) = 0.0013 Pa.s

$$Re = \frac{Gaya Inersia}{Viskositas} = \frac{\rho.v.D}{\mu} \dots (3.2)$$
$$Re = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.0172628 \text{ m/}_{\text{s}} \times 0.019 \text{ m}}{0.0013 \text{ Pa.s}}$$

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

Name		Material Type			
water-liquid		fiuld			
Chemical Formula		Fluent Fluid Materials			
vater-liquid hemical Formula 2o <l> roperties Density (kg/m3) constant 998.2</l>		water-lquid (h2o <l>)</l>			
		Mocture			
Indu Indu Indu Indu Indu Indu Indu Indu					
Properties					
Density (kg/m3)	constant		- Edit		
	998.2				
Cp (Specific Heat) (j/kg-k)	constant		➡ Edit		
	y (kg/m3) constant 998.2 t) (j/kg-k) constant 4182 y (w/m-k) constant 0.6 v (kg/m-s) constant				
Thermal Conductivity (w/m-k)	constant		• Edit		
	0.6				
Viscosity (kg/m-s)	constant		▼ Edit		
	0.001003				

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 menjdi 1 zona yang diberikan nama *wall_htf*. Panel *zona cell* dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Panel Cell Zone

9. Penentuan Boundary Condition

Boundary condition digunakan untuk mentukan 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 menggunkan 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

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

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

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

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

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

	Di	scharging			
Laju Aliran	Ko	Kondisi Batas Tempera			
Massa (LPM)	ṁ (kg/s)	T inlet (K)	T outlet (K)	HTF (K)	
1,5	0,029735	300	Default	343	
2,5	0,048945	300	Default	343	

Tabel 3.3 Temperatur Inlet

isk Page					×	<u>~</u>		М
Boundary	Conditions					3		
Zone Filte	r Text			-0	=	¢		
inlet						•		
interior-air						~	-	
wall-air	2	1	Mass-Flov	v Inlet				×
	Zone Name							
	inlet							
	Momentum	Thermal Radiation	Species	DPM	Multiph	ase	Potential	UDS
	Reference Frame Absolute						•	
	Mass Flow Specification Method Mass Flow Rate						•	
		Mass Flow Rate (kg/s)	0.048945		const	ant		•
	Supersonic/Initi	al Gauge Pressure (pascal)	0		const	ant		•
	Direction Specification Method Normal to Boundary					•		
	Directio			Talà				<u> </u>
			OK Cancel	Help				
				2 / Ke - 1 / K				

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 sesui koordinat yang telah ditentukan. Kemudian menentukan data *output* yang akan dihasilkan seperti *temperature*, *etalphi*, *Pressure*, *Velocity* dan lainnya pada tiap *point*. Pada Gambar 3.18 menunjukan panel tampilan *report*.

ee	. 2	Surface Repor	t Definition	2	Point Surface
General	Name report-def-0	R	eport Type rea-Weighted Avera	Options	Coordinates
 Anterials Cell Zone Conditions air (fluid) 	Options	N. N	Custom Vectors lectors of	Reset	y0 (mm) 0 z0 (mm) 0
It Boundary Conditions Dynamic Mesh Reference Values Solution Matheda	Average Over		Custom Vectors eld Variable ressure	New Surface I point-30	Select Point with Mouse Name
Controls Controls Report Definitions flow-time flow-time	p1-rfile p10-rfile p11-rfile p12-rfile	si s	itatic Pressure Infaces Filter Text	Creat	e Manage Close Help
S iters-per-timestep S p1 S p10 S p11 S p12 S p13	Report Plots [0/1]		inlet Internal interior-air Outlet outlet Plane-surface		
© p14 © p15 © p16 © p17 © p18 © p18	Create Report File Report Plot Frequency 1 \$		plane-29 Point-surface point-1 point-10 point-11		

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..

ask Page	×
Solution Controls Under-Relaxation Factors	
Pressure	
0.3	
Density	
0.8	
Body Forces	
0.8	
Momentum	
0.7	
Energy	
0.8	

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 sanggat baik digunakan untuk mesh jenis tri/tetrahedral.

Tree	Task Page
 ✓ Setup General ▷ 웹 Models ▷ ঊ Materials ✓ Cell Zone Conditions ☑ air (fluid) 	Solution Methods Pressure-Velocity Coupling Scheme SIMPLE Solution Discretization
 D Boundary Conditions Dynamic Mesh Reference Values Solution 	Gradient Least Squares Cell Based
Methods Controls Report Definitions Monitors Cell Registers Lo Initialization	Second Order Momentum Second Order Upwind Energy Second Order Upwind
 ▲ ☐ Calculation Activities Autosave (Every Tim ☐ Execute Commands ☑ Cell Register Operati ジ Run Calculation ✓ @ Results ▷ ③ Graphics ▷ △ Plots ▷ △ Reports 	Transient Formulation First Order Implicit Non-Iterative Time Advancement Frozen Flux Formulation Warped-Face Gradient Correction High Order Term Relaxation Options Default

Gambar 3.20 Panel tampilan solution method

13. Solutions intializaton

Solutions intializaton digunakan untuk inisialisasi 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

Reference Frame	Value (k)	Zanas ta Datah	~	
Relative to Cell Zone	300	Zones to Patch Filter Text		
Absolute		wall_htf		
/ariable	Field Screeting			
Pressure		1		
X Velocity				
Y Velocity		Pagistars to Datch [0/0]		
Z Velocity		Registers to Patch [0/0]		
Temperature				
Phi for Wall distance				
			0	
<		>		

Gambar 3.22 Temperatur awal simulasi

14. Proses Run Calculation

Run calculation adalah tahap ahir 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 contur dapat dilihat pada gambar 3.24



Gambar 3.24 Hasil Contur Temperatur pada Air