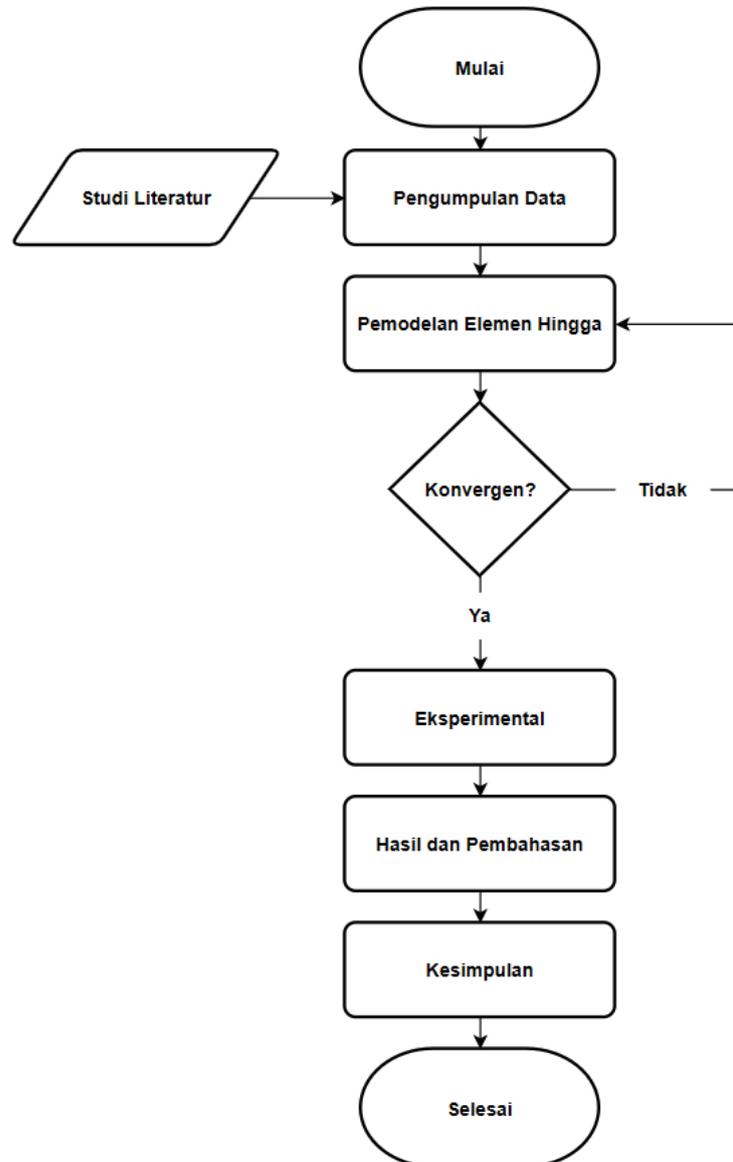


BAB III METODE PELAKSANAAN

III.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk analisis deformasi pada perlakuan panas *full hardening* poros transmisi mesin *milling* material AISI 1045 dengan metode elemen hingga yaitu dimulai dari pengumpulan data yang didapatkan dari studi literatur, pemodelan elemen hingga, eksperimental, hasil dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan. Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan menggunakan diagram alir seperti yang ditunjukkan oleh Gambar III.1.

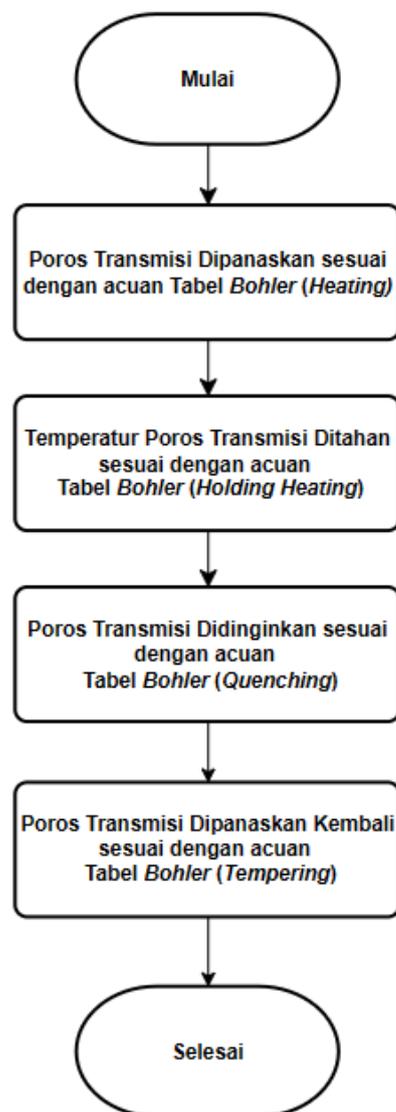


Gambar III.1 Diagram Alir Metode Penelitian

III.1.1 Pengumpulan Data

Pada fase ini dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan agar penelitian ini dapat berjalan. Studi literatur ini bertujuan untuk membentuk pemahaman lebih dalam mengenai penelitian yang akan dilaksanakan, baik secara teori ataupun praktek. Berikut ini merupakan data-data yang digunakan untuk menunjang penelitian ini.

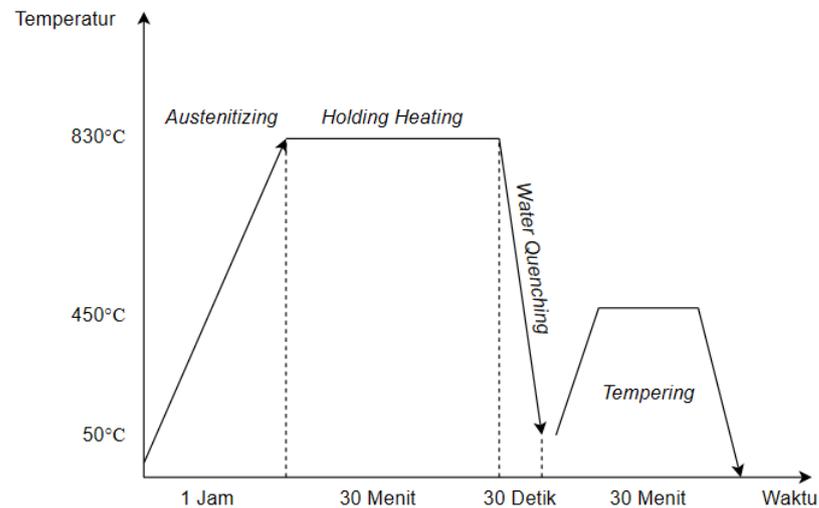
1. Data Tahapan Proses Perlakuan Panas Pengerasan Penuh



Gambar III.2 Tahapan Proses Perlakuan Panas Pengerasan Penuh

Berdasarkan tahapan proses diatas, jenis perlakuan panas yang digunakan adalah pengerasan penuh (full hardening). Dimana terjadi 4 tahapan proses yaitu *heating*, *holding heating*, *quenching*, dan *tempering*. Setelah itu, dibuat

grafik proses perlakuan panas pengerasan penuh yang bertujuan untuk memperjelas proses penelitian yang digunakan untuk simulasi maupun pengujian secara langsung. Berikut ini merupakan grafik proses perlakuan panas pengerasan penuh seperti yang ditampilkan pada Gambar III.3.



Gambar III.3 Grafik Proses Perlakuan Panas Pengerasan Penuh

Pada tahapan proses pertama yaitu *heating*, proses ini menggunakan tungku (furnace) sebagai alat untuk memanaskan poros transmisi. Temperatur yang digunakan untuk *heating* poros transmisi ini tergantung pada tabel *böhler*, hal ini karena operator di Polman Bandung menggunakan tabel *böhler* sebagai acuan oleh dalam proses perlakuan panas. Berikut merupakan tungku (furnace) yang berada di POLMAN Bandung.



Gambar III.4 Tungku *Heating*



Gambar III.5 Bagian Dalam Tungku *Heating*

Setelah temperatur poros transmisi mencapai temperatur yang diinginkan, tahapan selanjutnya yaitu *holding heating*. *Holding heating* merupakan proses mempertahankan temperatur pemanasan didalam tungku yang bertujuan untuk mendapatkan temperatur yang homogen antara lapisan permukaan spesimen dengan lapisan bagian dalam (inti). Lamanya waktu *holding heating* tergantung pada tabel *böhler*.

Tahapan selanjutnya yaitu *quenching* yang berfungsi untuk mendinginkan poros transmisi menggunakan media pendingin seperti air, oli SAE 40, atau udara tergantung anjuran pada tabel *böhler*.

Tahapan terakhir proses perlakuan panas yaitu *tempering* yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik material dengan cara mengurangi kekerasan yang diperoleh dari proses sebelumnya. Berikut merupakan tungku *tempering* yang berada di Polman Bandung.



Gambar III.6 Tungku *Tempering*

2. Data Existing Tabel Böhler

Tabel *böhler* digunakan sebagai acuan operator untuk memproses perlakuan panas yang terjadi di kampus Polman Bandung. Berikut tabel *böhler* yang digunakan seperti yang ditampilkan pada Tabel III.1.

Tabel III.1 Tabel *Böhler*

<i>Standards</i>		<i>Annealing</i> Temp °C	<i>Hardness</i> After <i>Annealing</i> HB Max	<i>Hardening</i> Temp °C	<i>Quenchant</i>
JIS	AISI				
~SNCM1	~4340	650-700	240	830-860	Oil
SCM4 SCM4M	B7M/4140	680-720	241	830-860	Oil
~S45C	~1045	680-710	190	800-830	Water

(sumber : Tabel *Böhler*)

Berikut ini merupakan parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan tabel *böhler* diatas seperti yang ditampilkan pada Tabel III.2.

Tabel III.2 Parameter yang Digunakan Berdasarkan Tabel *Böhler*

Proses	Material Produk
	AISI 1045
<i>Heating</i>	830°C
<i>Quenching</i>	Air

3. Material Penelitian

Pada penelitian ini hanya terdapat satu jenis material yang digunakan yaitu material baja AISI 1045. Berikut merupakan spesifikasi material baja yang digunakan dalam penelitian ini.

a. Material Baja AISI 1045

Tabel III.3 Komposisi Material Baja AISI 1045

Kode	Kadar (%)					
	C	Si	Mn	Mo	P	S
AISI 1045	0,42- 0,50	0,10- 0,30	0,60- 0,90	0,025	≤0,040	≤0,050

Adapun spesifikasi sifat termal dan mekanik dari material baja AISI 1045 adalah sebagai berikut.

Tabel III.4 Sifat Termal Material Baja AISI 1045

Material	Konduktivitas Termal	Densitas	Kalor Jenis
AISI 1045	49,8 W/m.K	7.850 Kg/m ³	0,486 J/g°C

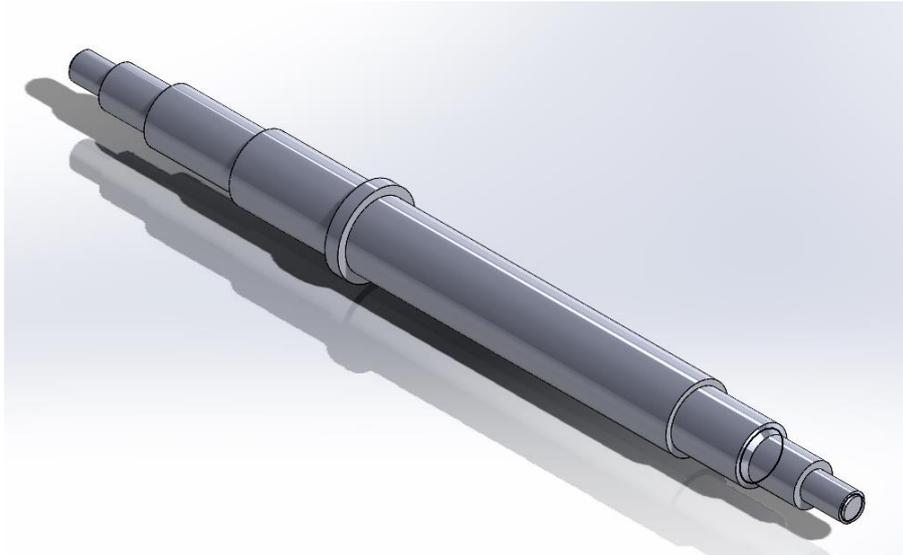
Tabel III.5 Sifat Mekanik Material Baja AISI 1045

Material	<i>Young's Modulus</i>	<i>Bulk Modulus</i>	<i>Poisson's Ratio</i>	<i>Shear Modulus</i>
AISI 1045	206 GPa	163 GPa	0,29	80 GPa

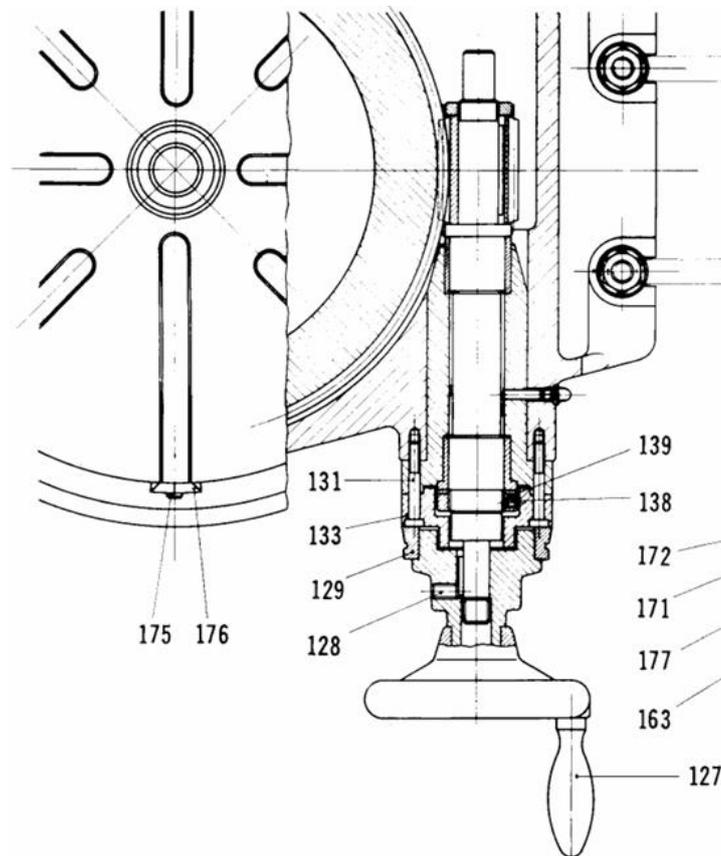
4. Produk Penelitian

a. Produk Poros

Produk poros yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari mesin *milling Schaublin 53* yang berada dikampus Polman Bandung. Berikut ini merupakan *3D modeling* poros transmisi, ilustrasi penempatan poros transmisi di mesin *milling*, dan mesin *milling Schaublin 53* seperti yang ditampilkan pada Gambar III.7, III.8, dan III.9.



Gambar III.7 3D *Modeling* Poros Transmisi



Gambar III.8 Ilustrasi Penempatan Poros Transmisi Pada Mesin *Milling*



Gambar III.9 Mesin *Milling Schaublin 53*

b. Geometri Poros Transmisi

Geometri produk poros transmisi yang digunakan untuk penelitian ini seperti yang ditampilkan pada Tabel III.6.

Tabel III.6 Geometri Poros Transmisi

No.	Diameter (\emptyset)	Panjang (mm)
1.	15	150

5. *Software* Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. *Solidworks 2022* adalah salah satu *software* CAD yang digunakan untuk membuat desain 3D seperti poros transmisi yang digunakan dalam penelitian ini, kemudian 3D *modeling* poros di-*import* ke dalam *software* *Ansys* dengan *format file* (.step). *Solidworks* ini juga digunakan untuk simulasi pada proses deformasi yang terjadi.
- b. ANSYS Workbench 2024 R1 adalah salah satu *software* simulasi yang digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisis pada proses *heating*,

holding heating, quenching, dan tempering. Dan juga untuk menganalisis distribusi temperatur yang terjadi berbasis metode elemen hingga.

III.1.2 Pemodelan Elemen Hingga

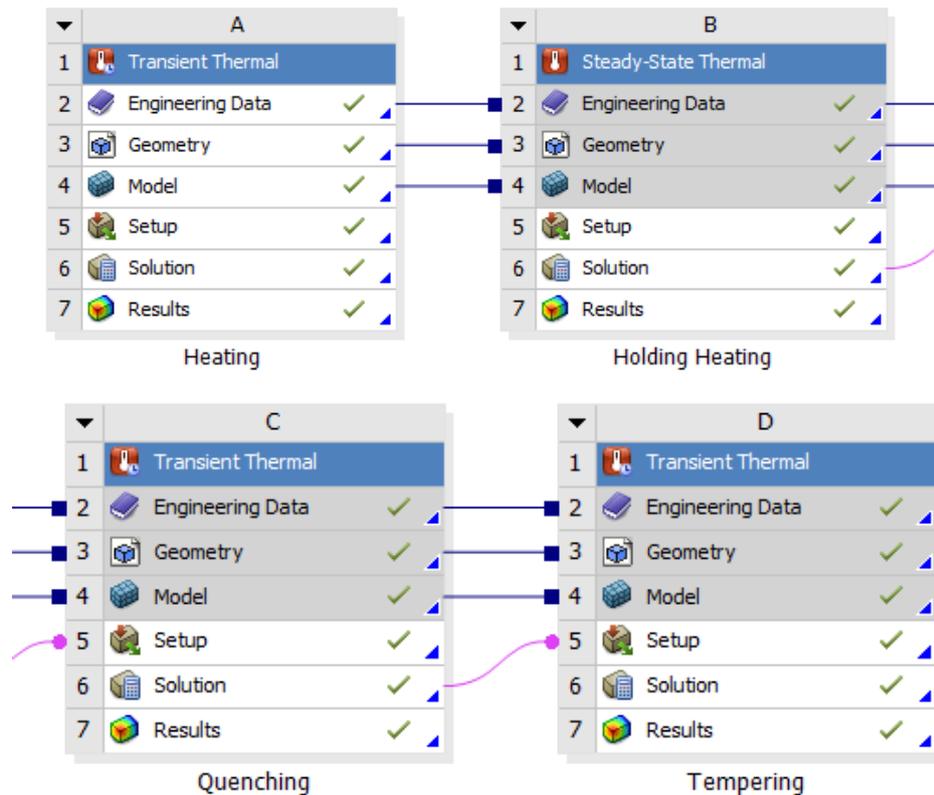
Software Ansys dan *Solidworks* digunakan untuk menganalisis produk poros yang telah dibuat. Pada fase ini, hal yang akan dianalisis pada produk poros yaitu distribusi temperatur dan deformasi yang terjadi pada produk poros saat dan setelah dilakukannya proses perlakuan panas.

1. Tahapan Proses Simulasi Analisis Poros Transmisi Material Baja AISI 1045 Menggunakan *Software Ansys*

Dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi, terdapat 2 macam analisis yang digunakan, yaitu distribusi temperatur (*transient thermal* dan *steady-state thermal*) dan *thermal condition* (*static structural*). Dimana distribusi temperatur digunakan untuk mengetahui temperatur akhir saat dilakukan perlakuan panas dan *thermal condition* digunakan untuk mengetahui deformasi yang terjadi pada poros transmisi setelah dilakukannya perlakuan panas.

a. Distribusi Temperatur

Tahapan proses pemodelan distribusi temperatur dari proses *heating, holding heating, quenching, dan tempering* pada poros transmisi dengan material baja AISI 1045 menggunakan *ANSYS Workbench 2024 R1* dapat dilihat pada Gambar III.10.



Gambar III.10 Tahapan Proses Distribusi Temperatur Poros Transmisi
AISI 1045 Menggunakan *Software Ansys*

1) *Engineering Data*

Dalam penelitian ini, digunakan material baja AISI 1045 sebagai material poros transmisi. Pada *engineering data*, sifat yang digunakan untuk mensimulasikan distribusi temperatur pada *software Ansys*, yaitu sifat termal seperti konduktivitas termal, kalor jenis, dan densitas digunakan dalam simulasi ini. Berikut ini merupakan tampilan *engineering data* seperti yang ditampilkan pada Gambar III.11 dan sifat termal seperti yang ditampilkan Tabel III.4.

The image shows two windows from the Engineering Data software. The top window, titled 'Outline of Schematic A2, B2: Engineering Data', displays a table of material entries. The bottom window, titled 'Properties of Outline Row 3: AISI 1045', shows the specific properties for the selected material.

Outline of Schematic A2, B2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data			Source	Description
2	Material				
3	AISI 1045				
4	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material				

Properties of Outline Row 3: AISI 1045					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7870	kg m ⁻³		
4	Isotropic Thermal Conductivity	49.8	W m ⁻¹ K ⁻¹		
5	Specific Heat Constant Pressure, C _p	485	J kg ⁻¹ C ⁻¹		

Gambar III.11 Tampilan *Engineering Data* Distribusi Temperatur AISI 1045 *Software Ansys*

2) *Geometry*

Pada penelitian ini, proses memasukan geometri dilakukan dengan cara meng-*import* geometri yang sebelumnya sudah dibuat menggunakan *software Solidworks 2022* dengan *format file* adalah STEP (.step).

3) *Model*

Pada tahap model, akan dilakukan *meshing* terhadap objek. *Physic preference* yang digunakan adalah tipe *mechanical* dan dengan elemen order menggunakan opsi *program controlled* agar mendapatkan hasil yang lebih optimum. Serta menggunakan fitur *body sizing* yang berfungsi untuk menentukan ukuran *mesh* yang digunakan. Berikut ini merupakan tampilan tahap model seperti yang ditampilkan pada Gambar III.12.

The image shows the 'Details of "Body Sizing" - Sizing' dialog box. It is organized into sections: Scope, Definition, and Advanced. Each section contains specific settings for the meshing process.

Details of "Body Sizing" - Sizing	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
<input checked="" type="checkbox"/> Element Size	2, mm
Advanced	
<input checked="" type="checkbox"/> Defeature Size	Default
Behavior	Soft

Gambar III.12 Tampilan Tahap Model Distribusi Temperatur

4) *Setup*

Pada bagian *setup*, terbagi menjadi 4 proses. Proses yang pertama adalah *heating*, dimana menggunakan nilai temperatur awal (initial temperature) sebesar 30°C dan temperatur akhir (ambient temperature) sebesar 830°C pada seluruh tubuh poros transmisi.

Proses yang kedua yaitu *holding heating*, dimana temperatur awal (initial temperature) menggunakan hubungan dengan proses sebelumnya (*heating*).

Selanjutnya proses *quenching*, temperatur awal (initial temperature) menggunakan hubungan dengan proses sebelumnya (*holding heating*) untuk temperatur awal (initial temperature) dan untuk temperatur akhir (ambient temperature) sebesar 50°C pada seluruh tubuh poros transmisi.

Proses terakhir yaitu *tempering*, menggunakan hubungan dengan proses sebelumnya (*quenching*) untuk temperatur awal (initial temperature) dan untuk temperatur akhir (ambient temperature) sebesar 450°C pada seluruh tubuh poros transmisi.

5) *Solution*

Pada bagian *solution*, terbagi menjadi 4 proses. Proses yang pertama adalah *heating*, dimana analisis yang digunakan untuk distribusi temperatur secara *transient thermal* yaitu selama 900 s, 1800 s dan 3600 s.

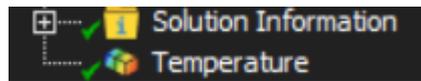
Kedua adalah proses *holding heating*, dimana analisis yang digunakan untuk distribusi temperatur secara *steady-state thermal* yaitu selama 1800 s.

Ketiga adalah pada proses *quenching*, dimana analisis yang digunakan untuk distribusi temperatur secara *transient thermal* yaitu selama 5 s, 10 s, 15 s, 20 s dan 30 s.

Keempat adalah pada proses *tempering*, dimana analisis yang digunakan untuk distribusi temperatur secara *transient thermal* yaitu selama 900 s dan 1800 s.

6) *Results*

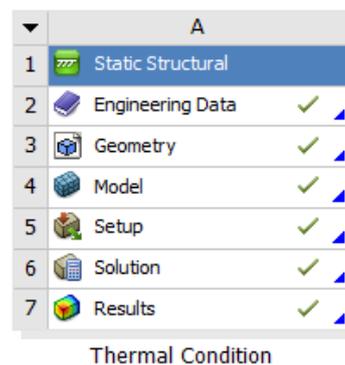
Pada bagian ini, menampilkan hasil dari simulasi distribusi temperatur berupa *temperature*. Berikut ini merupakan tampilan *results* distribusi temperatur pada *software Ansys* seperti yang ditampilkan pada Gambar III.13.



Gambar III.13 Tampilan *Results* Distribusi Temperatur Pada *Software Ansys*

b. *Thermal Condition*

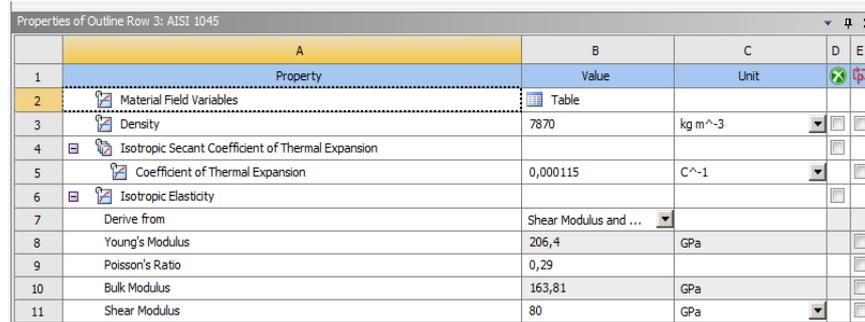
Tahapan proses pemodelan *thermal condition* setelah dilakukan proses perlakuan panas pada produk poros dengan material baja AISI 1045 menggunakan *ANSYS Workbench 2024 R1* dapat dilihat pada Gambar III.14.



Gambar III.14 Tahapan Proses *Thermal Condition* Poros Transmisi AISI 1045 Menggunakan *Software Ansys*

1) *Engineering Data*

Pada *engineering data*, sifat yang digunakan untuk mensimulasikan *thermal condition* pada *software Ansys*, yaitu sifat mekanik seperti *young's modulus*, *poisson's ratio*, *bulk modulus*, dan *shear modulus* digunakan dalam simulasi ini. Berikut ini merupakan tampilan *engineering data* seperti yang ditampilkan pada Gambar III.15 dan sifat mekanik seperti yang ditampilkan Tabel III.5.



Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Density	7870	kg m ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Coefficient of Thermal Expansion	0,000115	C ⁻¹
Isotropic Elasticity		
Derive from	Shear Modulus and ...	
Young's Modulus	206,4	GPa
Poisson's Ratio	0,29	
Bulk Modulus	163,81	GPa
Shear Modulus	80	GPa

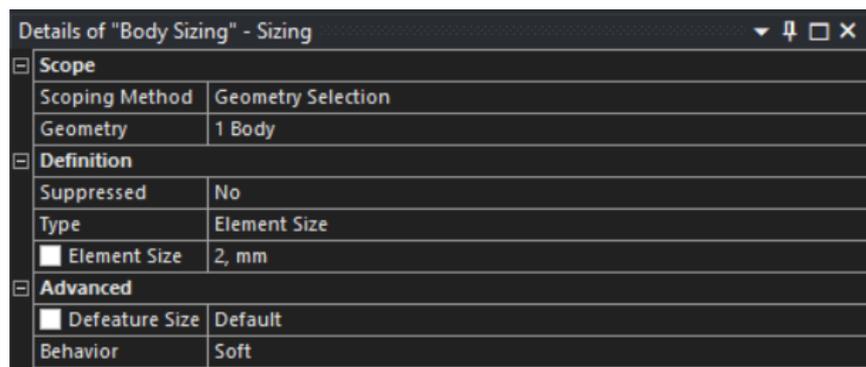
Gambar III.15 *Engineering Data Thermal Condition AISI 1045*
Software Ansys

2) Geometry

Pada penelitian ini, proses memasukan geometri dilakukan dengan meng-*import* geometri yang sebelumnya sudah dibuat menggunakan *software Solidworks 2022* dengan *format file* adalah STEP (.step).

3) Model

Pada tahap model, akan dilakukan *meshing* terhadap objek. *Physic preference* yang digunakan adalah tipe *mechanical* dan dengan elemen order menggunakan opsi *program controlled* agar mendapatkan hasil yang lebih optimum. Serta menggunakan fitur *body sizing* yang berfungsi untuk menentukan ukuran *mesh* yang digunakan. Berikut ini merupakan tampilan tahap model seperti yang ditampilkan pada Gambar III.16.



Gambar III.16 Tampilan Tahap Model *Thermal Condition*

4) Setup

Pada bagian *setup*, akan dimasukan data-data untuk menjalankan simulasi seperti nilai temperatur awal (initial temperature) sebesar 50,453°C yang berasal dari temperatur akhir proses *quenching* dan

untuk temperatur akhir (ambient temperature) digunakan temperatur akhir dari proses *tempering* (437,28°C) serta menggunakan *support* dengan jenis *fixed support* pada bagian masing-masing ujung objek.

5) *Solution*

Pada bagian *solution*, hanya menampilkan 1 keadaan saat proses telah dilakukan.

6) *Results*

Pada bagian ini, menampilkan hasil dari simulasi *thermal condition* seperti *total deformation* dan setelah itu dilakukan *mesh convergence*. Berikut ini merupakan tampilan *results thermal condition* pada *software Ansys* seperti yang ditampilkan pada Gambar III.17.



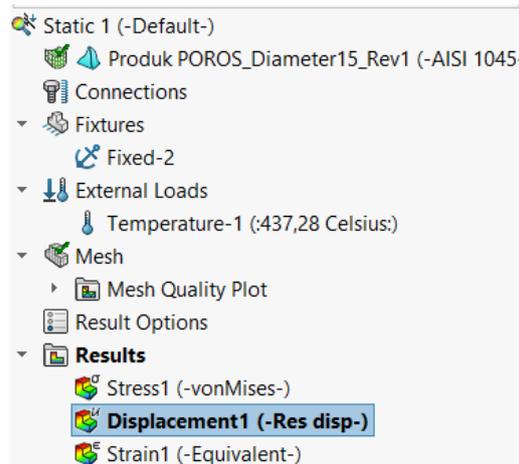
Gambar III.17 Tampilan *Results Thermal Condition* Pada *Software Ansys*

2. Tahapan Proses Simulasi Poros Transmisi Material Baja AISI 1045 Menggunakan *Software Solidworks 2022*

Pada *software solidworks*, simulasi yang dijalankan hanya menggunakan *thermal condition* (static) sebagaimana yang terdapat pada batasan masalah. Dimana *thermal condition* digunakan untuk mengetahui deformasi yang terjadi pada poros transmisi setelah dilakukannya perlakuan panas.

a. *Thermal Condition*

Tahapan proses pemodelan *thermal condition* setelah dilakukan perlakuan panas pada produk poros dengan material baja AISI 1045 menggunakan *Solidworks 2022* dapat dilihat pada Gambar III.18.



Gambar III.18 Diagram Alir *Thermal Condition* Produk Poros AISI 1045 Menggunakan *Software Solidworks*

1) *Static*

Dalam penelitian ini, tipe *static* digunakan dalam menganalisis *thermal condition* pada *software Solidworks 2022*.

2) **Material Produk**

Dalam penelitian ini, digunakan material baja AISI 1045 sebagai material poros transmisi. Pemilihan material dapat dilakukan dengan cara memilih pada bagian nama model. Berikut ini merupakan tampilan properti material AISI 1045 seperti yang ditampilkan oleh Gambar III.19.

Material properties
Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type: Linear Elastic Isotropic Save model type in library

Units: SI - N/mm² (MPa)

Category: Produk POROS_Diameter15_AISI1

Name: AISI 1045

Default failure criterion: Max von Mises Stress

Description: AISI 1045

Source:

Sustainability: Undefined

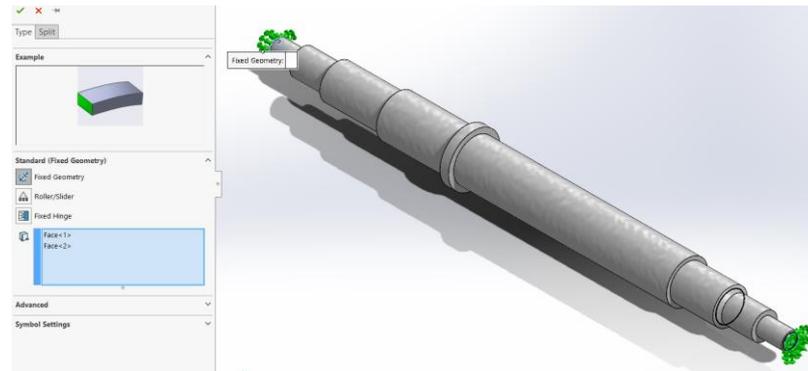
Property	Value	Units
Elastic Modulus	206000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm ²
Mass Density	7850	kg/m ³
Tensile Strength	625	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	530	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.4e-05	/K
Thermal Conductivity	49.8	W/(m·K)
Specific Heat	486	J/(kg·K)

Gambar III.19 Tampilan Properti Material Produk AISI 1045

Software Solidworks

3) *Fixtures*

Pada bagian ini, *fixtures* yang digunakan adalah tipe *fixed support/geometry*. Kemudian pilih pada bagian masing-masing ujung poros transmisi. Berikut ini merupakan tampilan penempatan *fixed support* pada poros transmisi seperti yang ditampilkan pada Gambar III.20.



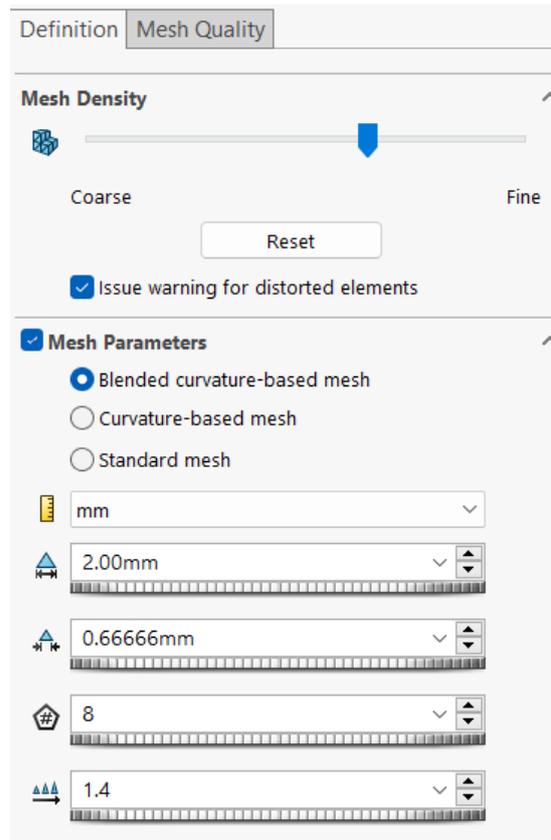
Gambar III.20 Tampilan Penempatan *Fixed Support* Pada Poros Transmisi

4) *External Loads*

Pada bagian ini, tipe yang digunakan pada *external loads* yaitu *temperature* dengan temperatur yang digunakan sebesar temperatur akhir *tempering* (437,28°C) dan memilih semua bagian poros transmisi.

5) *Mesh*

Pada bagian ini, *meshing* untuk produk poros digunakan secara manual dengan cara memilih *create mesh* pada bagian *mesh* kemudian *mesh parameters* diisi sesuai *mesh* yang akan digunakan. Berikut ini merupakan tampilan *mesh parameters* yang digunakan seperti yang ditampilkan pada Gambar III.21.



Gambar III.21 Tampilan *Mesh Parameters* Software *Solidworks*

6) **Results**

Pada bagian ini, menampilkan hasil dari simulasi *thermal condition* berupa *stress* (von Mises), *displacement*, dan *strain*. Berikut ini merupakan tampilan *results* pada *software Solidworks* seperti yang ditampilkan pada Gambar III.22

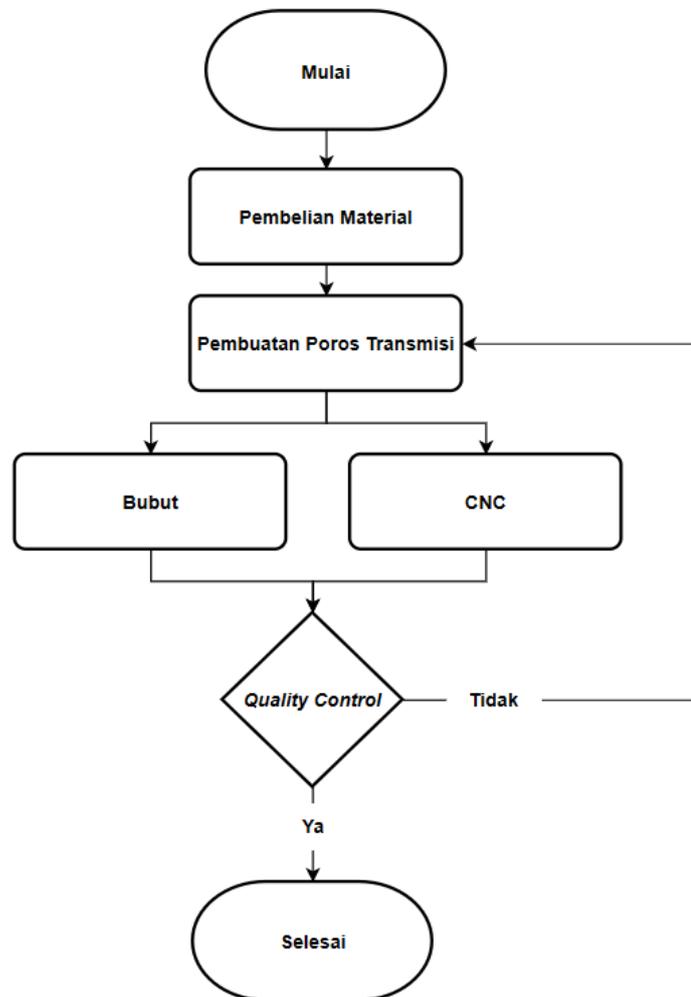


Gambar III.22 Tampilan *Results Thermal Condition* Pada *Software Solidworks*

III.1.3 Eksperimental

Pada fase ini akan dilakukan pembuatan poros transmisi secara langsung dan dilakukan juga proses perlakuan panas pada poros transmisi. Berikut ini merupakan

diagram alir pembuatan poros transmisi seperti yang ditampilkan pada Gambar III.23.



Gambar III.23 Diagram Alir Pembuatan Poros Transmisi

Setelah poros transmisi dibuat, selanjutnya yaitu proses perlakuan panas pengerasan penuh. Untuk tahapan proses perlakuan panas dapat dilihat pada Gambar III.2 dan III.3.

III.1.4 Hasil dan Pembahasan

Pada fase ini akan membahas mengenai hasil simulasi dan eksperimental yang sudah dilakukan pada fase sebelumnya. Nantinya hasil simulasi, eksperimental, dan perbandingan antara hasil simulasi dan eksperimental akan dibahas secara rinci pada fase ini. Luaran dari fase ini yaitu menghasilkan analisis deformasi yang terjadi pada poros transmisi setelah dilakukan proses perlakuan panas dan menghasilkan nilai riwayat temperatur.

III.1.5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka fase selanjutnya yaitu menyimpulkan hasil penelitian. Hasil akhir fase ini adalah menyimpulkan hasil penelitian yang sudah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian ini.