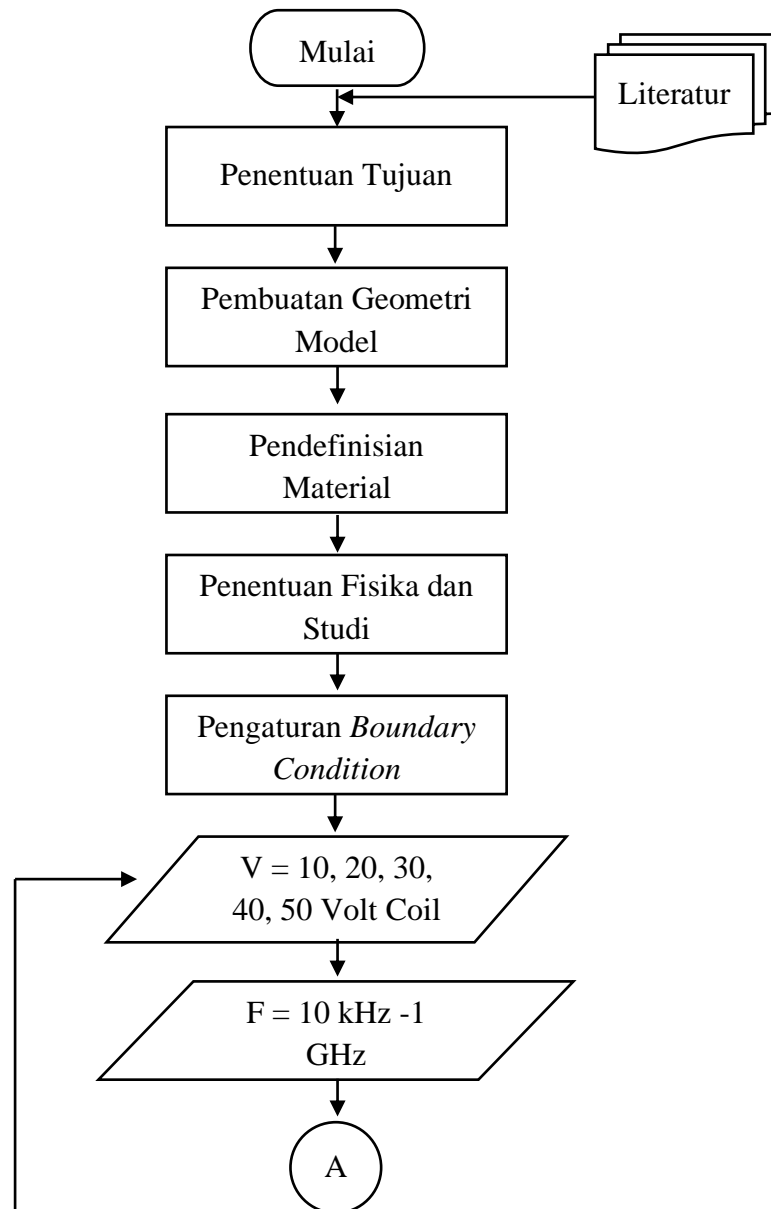
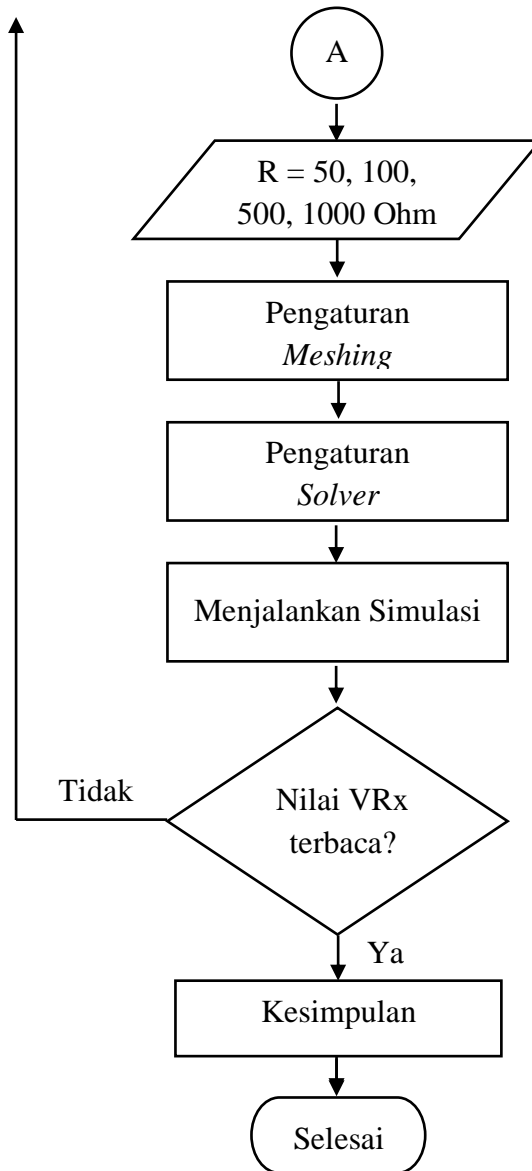


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir di bawah ini mengilustrasikan langkah-langkah utama yang dilakukan saat ingin melakukan simulasi pada penelitian ini. Setiap tahap penting dalam proses ini membantu memastikan bahwa penelitian dilakukan dengan cara yang paling efisien dan efektif.

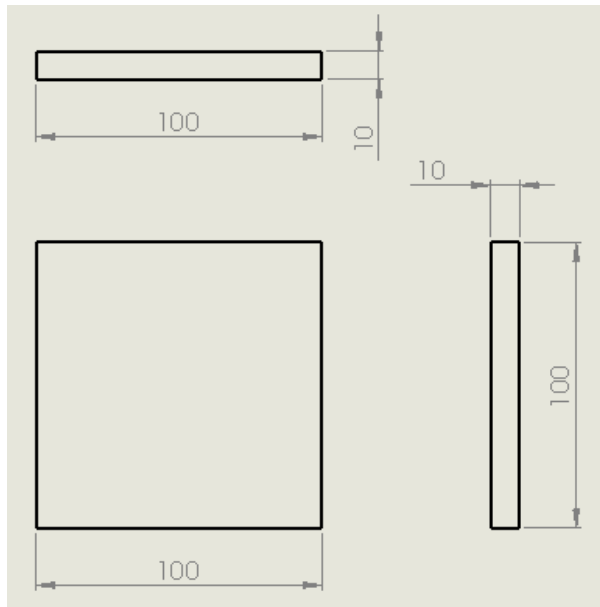




**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian Simulasi Sensor MIT

### 3.2 Desain Geometri Pelat Baja

Geometri pelat baja yang dimodelkan yaitu berbentuk block atau kubur dengan dimensi panjang 100 mm, lebar 100 mm dan tebal 10 mm. Pada model pelat baja ini ditambahkan cacat berupa bentuk silinder yang memiliki diameter dan tebal, kemudian ukuran diameter cacatnya divariasikan. Untuk penempatan cacat yaitu diposisikan berada di bagian permukaan benda kerja dan ditengah pelat baja. Pada gambar 3.2 menunjukkan ilustrasi dimensi dari spesimen uji berbahan pelat baja yang diuji menggunakan simulasi *Multiphysics* dengan modul *magnetic field*.



**Gambar 3.2** Dimensi Spesimen Uji

### 3.3 Desain Sensor MIT

Berikut ini parameter sensor *Magnetic Induction Tomography* (MIT) yang digunakan pada penelitian saat ini.

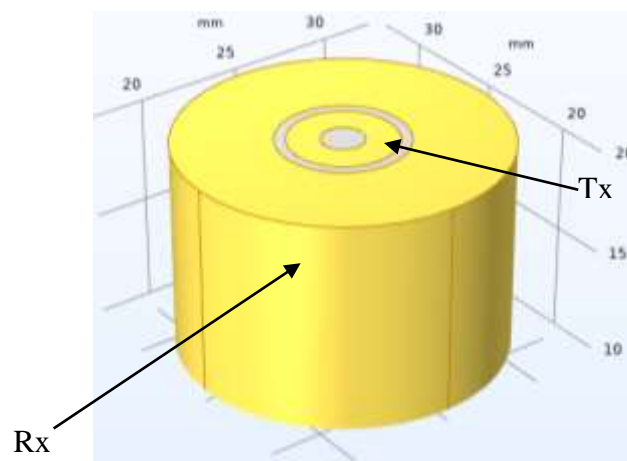
**Tabel 3.1** Parameter Sensor *Magnetic Induction Tomography* (MIT)

Parameter	Keterangan
Jenis Koil	Solenoid
Jumlah Lilitan Tx	115 lilitan
Jumlah Lilitan Rx	1150 lilitan
Diameter Luar Tx	5 mm
Diameter Dalam Tx	3 mm
Diameter Luar Rx	15 mm
Diameter Dalam Rx	6 mm
Ketinggian Koil (mm)	10 mm

Pembuatan model simulasi dilakukan langsung pada *software* Simulasi *Multiphysics* dengan bentuk geometri *block* untuk memodelkan spesimen uji dan pemodelan sensor pada simulasi ini merupakan bentuk *cylinder* yang pendekatan pada bentuk aslinya yaitu berupa koil. Pada sensor MIT menggunakan 2 jenis koil yaitu koil *transmitter* (Tx) dan koil *receiver* (Rx),

yang mana keduanya memiliki fungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal. Dalam pemodelan simulasi sensor ini terdiri dari 2 bentuk *cylinder* yaitu untuk memodelkan koil Tx dan Rx. Sensor MIT yang dimodelkan tersebut memiliki parameter yang dapat dilihat pada tabel 3.1 di atas.

Desain sensor MIT yang dimodelkan yaitu terdiri dari 2 jenis koil, koil pengirim dan koil penerima dengan ukuran diameter masing-masing koil yaitu 15 mm untuk diameter luar koil penerima dan 5 mm untuk diameter koil pengirim. Tinggi dari kedua kumparan yaitu sama berukuran 10 mm. Kumparan ini terletak pada satu sumbu yang sama dengan *core* berbentuk lubang yang berisi udara. Berikut ini ilustrasi dari pemodelan geometri sensor MIT.



**Gambar 3.3** Pemodelan Geometri Sensor MIT

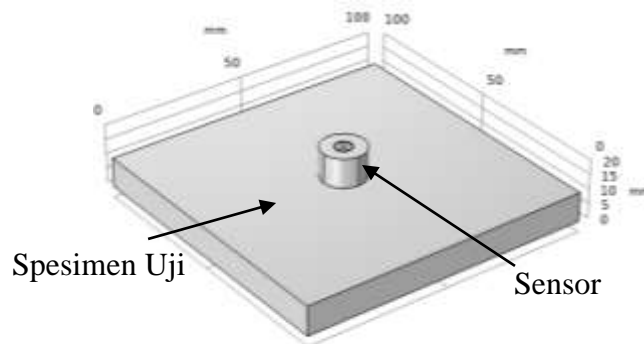
### 3.4 Prosedur Simulasi *Multiphysics*

Untuk mensimulasikan model yang telah dibentuk pada *software Simulasi Multiphysics* terdapat langkah-langkah yang perlu dilakukan, adapun langkahnya sebagai berikut.

#### 1. Pemodelan Geometri

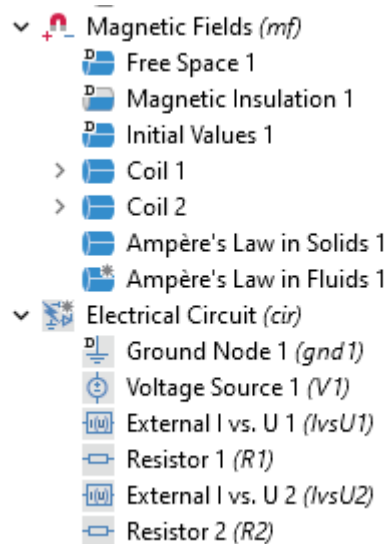
Bangun model geometri yang sesuai dengan sistem yang ingin kita simulasi. Ini bisa berupa benda logam, magnet, atau struktur lainnya yang memengaruhi medan magnet. Berdasarkan pengujian yang ingin dilakukan yaitu menggunakan sistem *Magnetic Induction Tomography* (MIT), model geometri yang dibentuk yaitu berupa bentuk block dibentuk sesuai dimensi benda kerja yaitu 100x100x10 mm, yang kemudian di atas

bagian tengah block tersebut terdapat *cylinder* yang menganalogikan sebuah sensor. Berikut ini ilustrasi dari model geometri yang dibuat.



**Gambar 3.4** Pemodelan Geometri Benda Kerja dan Sensor MIT

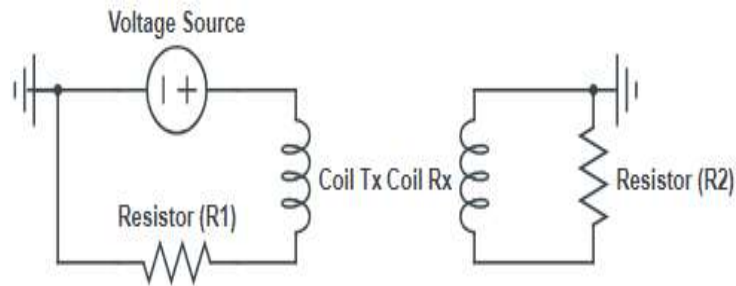
**2. Pemilihan Fisika:** Pilih modul dalam SIMULASI *Multiphysics* yang sesuai dengan tujuan simulasi. Dalam hal ini modul yang dipilih yaitu *AC/DC Electromagnetic Field (Magnetic Field)*.



**Gambar 3.5** Pemilihan Fisika *Magnetic Field*








Simulasi *magnetic field* yang dilakukan pada software simulasi *Multiphysics* diperlukan rangkaian listrik untuk pemodelan pada koil pemancar dan penerima. Rangkaian *electrical* pada software yaitu dikenal dengan *electrical circuit*. Adapun komponen yang digunakan pada rangkaian koil pemancar yaitu *ground*, *voltage source*, *Terminal I vs U*

(*Coil Tx*) dan Resistor yang disusun secara seri. Sedangkan pada rangkaian koil penerima, komponen yang digunakan yaitu *ground*, *Terminal I vs U* (*Coil Rx*) dan Resistor yang disusun secara paralel. Berikut ini ilustrasi dari rangkaian electric dari setiap koil.



**Gambar 3.6** *Electrical Circuit*

**3. Pengaturan Properti Material:** Tetapkan sifat-sifat material yang sesuai untuk benda-benda dalam model kita. Misalnya, tentukan permeabilitas magnetik, konduktivitas listrik, dan lain-lain. Material yang digunakan yaitu *cooper* digunakan untuk material koil, udara digunakan pada daerah kosong pemisah antara koil pemancar dan penerima serta pada bagian *core* dan *structural steel* merupakan material dari spesimen uji.

- ✓  Materials
  - ▼  Copper (*mat1*)
    -  Basic (*def*)
  - ▼  Air (*mat2*)
    - >  Basic (*def*)
  - ▼  Structural steel (*mat3*)
    -  Basic (*def*)

**Gambar 3.7** Pengaturan Material

Dari gambar 3.7 dapat diketahui bahwa material yang digunakan yaitu *Copper*, *Air* dan *Structural Steel*. Dari masing-masing material *properties* yang digunakan yaitu *properties basic*. Berikut ini *properties basic* dari masing-masing material dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.1 Basic Properties of Copper**

<b>Property</b>	<b>Expression</b>
<i>Relative permeability</i>	1
<i>Electrical conductivity</i>	5.998e7[S/m]
<i>Coefficient of thermal expansion</i>	17e-6[1/K]
<i>Heat capacity at constant pressure</i>	385[J/(kg*K)]
<i>Relative permittivity</i>	1
<i>Density</i>	8960[kg/m <sup>3</sup> ]
<i>Thermal conductivity</i>	400[W/(m*K)]
<i>Resistivity</i>	0.0000000168 ( $\Omega \cdot m$ )

**Tabel 3.2 Basic Properties of Air**

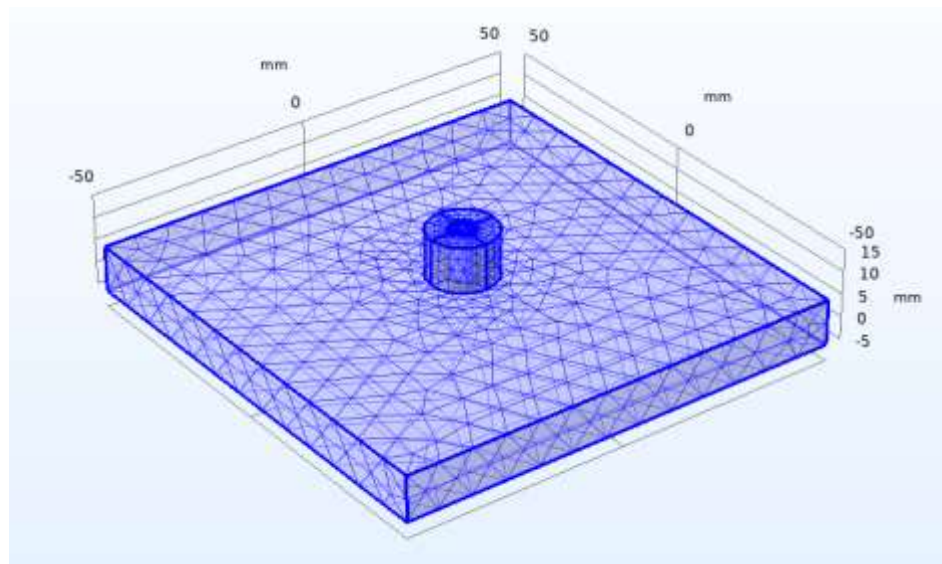
<b>Property</b>	<b>Expression</b>
<i>Bulk viscosity</i>	0.0000145 [Pa.s]
<i>Density</i>	1.2041 kg/m <sup>3</sup>
<i>Dynamic viscosity</i>	eta(T)
<i>Electrical conductivity</i>	0[S/m]
<i>Mean molar mass</i>	0.02897[kg/mol]
<i>Ratio of specific heats</i>	1.4
<i>Relative permeability</i>	1
<i>Relative permittivity</i>	1
<i>Resistivity</i>	10e+16 $\Omega \cdot m$
<i>Thermal conductivity</i>	0.03 W/(m·K)

**Tabel 3.3 Basic Properties of Structural Steel**

<b>Property</b>	<b>Expression</b>
<i>Isotropic structural loss factor</i>	0.02
<i>Relative permeability</i>	1
<i>Heat capacity at constant pressure</i>	475[J/(kg*K)]
<i>Thermal conductivity</i>	44.5[W/(m*K)]
<i>Electrical conductivity</i>	4.032e6[S/m]
<i>Relative permittivity</i>	1
<i>Coefficient of thermal expansion</i>	12.3e-6[1/K]
<i>Density</i>	7850[kg/m <sup>3</sup> ]
<i>Resistivity</i>	5x10 <sup>-7</sup> $\Omega \cdot m$

4. **Definisikan Boundary Conditions:** Tentukan kondisi batas yang sesuai untuk model kita, seperti medan magnet yang diberikan oleh solenoid dengan parameter yang telah ditentukan pada tabel 3.1.
5. **Pembentukan Mesh:** Mesh merupakan pembagian geometri menjadi elemen-elemen kecil yang akan digunakan dalam perhitungan numerik

dalam simulasi. Dalam hal ini mesh yang digunakan yaitu free tetrahedral dengan size menggunakan finer untuk bagian sensor dan benda kerja yang terdapat cacat. Setelah menggunakan metode *calibrate for general physics* dengan tingkat kehalusan mesh yang *predefined finer* dengan elemen size parameter minimum 0,6 mm, maximum 8,25 mm, maximum *element growth rate* 1,4 dan *curvature factor* 0,4 serta *resolution of narrow regions* 0,7. Maka terbentuklah penyatuan dari lima *object solid*. Geometri yang diselesaikan memiliki 11 domain, 62 batas, 100 sisi, dan 54 simpul. Mesh yang dihasilkan terdiri dari 44.037 elemen domain, 5.542 elemen batas, dan 632 elemen tepi. Berikut ini ilustrasi hasil meshing.



**Gambar 3.8** Hasil *Meshing* pada Model Geometri

**6. Pilih Solvers:** Pilih jenis solver yang sesuai untuk simulasi kita. Simulasi *Multiphysics* menawarkan berbagai solver untuk berbagai jenis aplikasi, termasuk elektromagnetik. Dalam hal ini solver yang dipilih yaitu *Coil Geometri Analysis* dan *Frequency Domain*. *Coil Geometri Analysis* digunakan untuk menghitung distribusi arus ketika Domain *Coil* ditambahkan ke model dan mungkin diperlukan sebelum menjalankan analisis Medan Magnet lain yang didukung. Untuk model konduktor "Multiturn terhomogenisasi", hal ini diperlukan jika jenis Kumbaran diatur ke "Numerik", dan menghasilkan kerapatan arus yang sesuai dengan rangkaian listrik konduktif yang dihubungkan secara seri yang dijelaskan



pada pemilihan fisika dengan menambahkan modul *electrical circuit*. *Frequency Domain* digunakan untuk menghitung respons model linier atau linier yang dikenai eksitasi harmonik untuk satu atau beberapa frekuensi. Dalam hal ini frekuensi yang digunakan yaitu berkisar dari 10 kHz hingga 1 GHz.

- 7. Simulasikan Model:** Jalankan simulasi untuk mendapatkan persebaran medan magnet dalam domain yang kita definisikan.