

## BAB III METODE PENELITIAN

### 1.1 Desain Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental. Mulyadi (2012, hlm. 76) mengemukakan bahwa "penelitian eksperimental mengadakan percobaan atau eksperimen, untuk melakukan tes hipotesis. Suatu eksperimen selalu dilakukan dalam kondisi di mana satu atau beberapa variabelnya dapat dikontrol".

### 1.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret tahun 2021 dan berakhir pada bulan Juli tahun 2021. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Pendidikan Indonesia Jl. Dr. Setiabudhi.

### 1.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan variabel bebas, variabel terikat, dan terakhir yaitu variabel kontrol. Berikut variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mengakibatkan perubahan pada variabel lain. Variabel yang mengalami perubahan yaitu variabel terikat. Adapun pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah:

- a. Geometri lingkaran diperkecil 5 mm
- b. Material Generator

Tabel 1.1 Daftar Material Variabel Bebas GSMP 18 Slot 8 Pole

<b>Material yang Divariasikan</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Material</b>
Inti Besi	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>HyMu 80 0.014</i></li><li>• <i>Arnon 5</i></li><li>• <i>M1000-100A</i></li><li>• <i>Hiperco 50A 0.006</i></li></ul>

## 2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang terjadi karena akibat dari variabel bebas. Adapun pada penelitian ini variabel terikat yang digunakan adalah:

- a. Torsi Generator
- b. Daya Generator
- c. Efisiensi Generator
- d. GGL

## 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dapat dikendalikan atau dapat juga menjadi variabel yang tidak mempengaruhi pada indikasi yang sedang diteliti. Adapun pada penelitian ini variabel kontrol yang digunakan yaitu:

- a. Jumlah Kumputan
- b. Pembebanan Generator
- c. Geometri Generator

Tabel 1.2 Geometri Generator

<b>Geometri Generator</b>	
<b>Bagian Komponen</b>	<b>Ukuran (mm)</b>
Luar Stator	75
Dalam Stator	50
Luar Magnet	49
Dalam Magnet	46
Rotor	46

## d. Material Generator

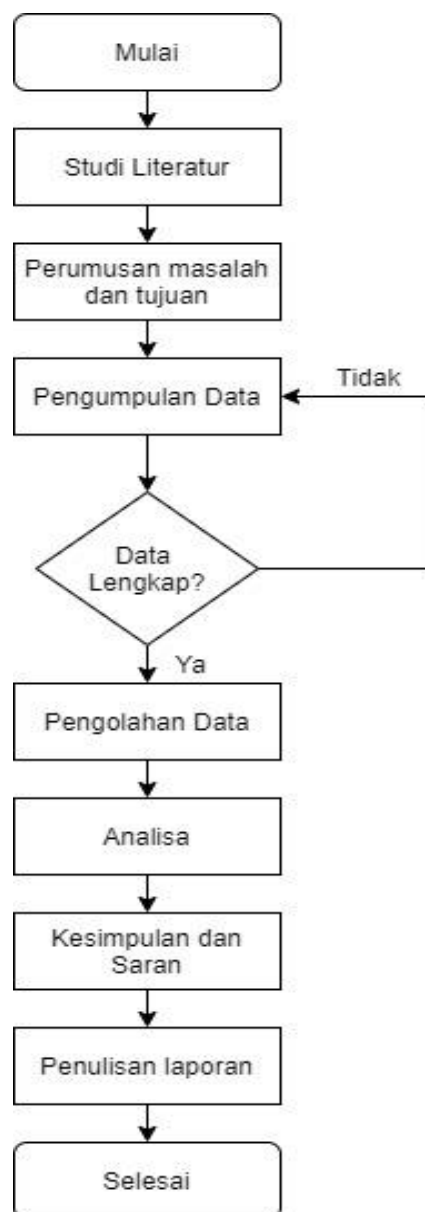
Tabel 1.3 Daftar Material Variabel Kontrol GSMP 18 Slot 8 Pole

<b>Material yang Tidak Divariasikan</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Material</b>
<i>Coil</i>	<i>Copper : 5,77e7 Siemens/meter</i>
<i>Air Box</i>	<i>AIR</i>

Material yang Tidak Divariasikan	
Komponen	Material
<i>Air Gap</i>	<i>AIR</i>
Permanen magnet	<i>PM12: Br 1.2 mur 1.0</i>

#### 1.4 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa tahapan yang menjelaskan prosedur penelitian secara umum. Tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 1.1 *Flowchart* Prosedur Penelitian

## 1.5 Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian adalah suatu teknik yang telah tersusun dan digunakan untuk mengumpulkan data atau informasi saat melakukan suatu penelitian. Berikut adalah metode penelitian yang dilakukan:

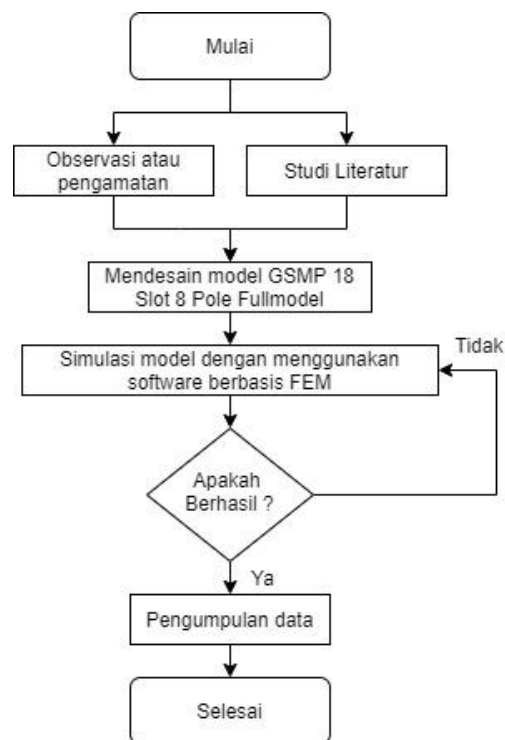
### 1.5.1 Observasi atau Pengamatan

Metode observasi merupakan metode pengamatan pada subjek atau objek penelitian yang dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Dengan menggunakan metode ini penulis melakukan pengamatan untuk dapat memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian ini.

### 1.5.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan oleh peneliti untuk mencari data atau teori relevan dengan cara membaca jurnal ilmiah, buku relevan, dan bahan publikasi pada repository yang berkaitan mengenai penelitian yang diteliti.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa tahapan yang menjelaskan metode pengumpulan data. Tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 1.2 Flowchart Metode Pengumpulan Data

Rouli Gitamarta Munthe, 2021

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL INTI BESI TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 3.2 metode pengumpulan data dijelaskan sebagai berikut:

1. Observasi atau pengamatan

Observasi atau pengamatan merupakan proses yang dilakukan pada perusahaan LAN untuk dapat mengamati generator secara langsung.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses yang dilaksanakan untuk mendapatkan berbagai referensi dari jurnal ilmiah, buku relevan, dan bahan publikasi pada repository yang berkaitan dengan penelitian perubahan material inti besi serta geometri pada GSMP 18 Slot 8 Pole.

3. Mendesain model GSMP 18 Slot 8 Pole full model

Setelah mendapatkan referensi yang diperlukan untuk dapat mendesain model generator maka langkah selanjutnya adalah mendesain model GSMP 18 Slot 8 Pole full model. Dalam mendesain model ini penulis menentukan dimensi geometri generator dan material yang akan digunakan dan memvariasikan material inti besi serta geometri.

4. Simulasi model dengan menggunakan *software* berbasis FEM

Model generator yang sudah di desain akan disimulasikan menggunakan *software* berbasis FEM

5. Apakah Berhasil?

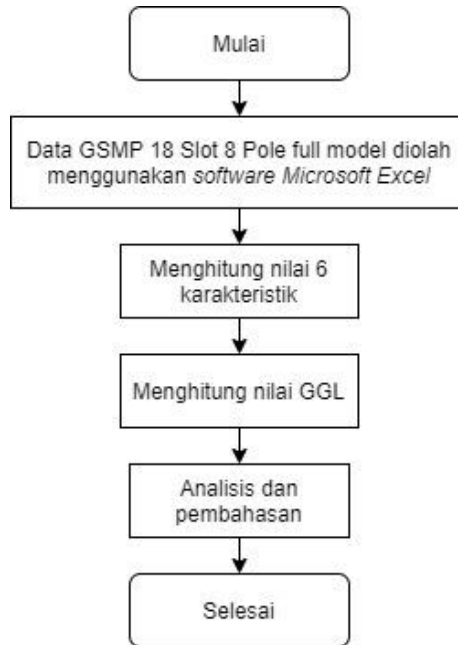
Hasil dari simulasi tersebut yang akan menjadi kondisi apakah desain model generator tersebut berhasil atau tidak. Jika simulasi model generator ini tidak berhasil maka perlu adanya perbaikan pada desain model generator tetapi jika simulasi berhasil maka dapat lanjut pada tahap berikutnya.

6. Pengumpulan Data

Data yang dihasilkan dari simulasi model generator dikumpulkan terlebih dahulu.

## 1.6 Analisis Data

Analisis data dapat disebut dengan pengolahan dan penafsiran data. Analisis data merupakan suatu proses yang mengelola hasil penelitian dari awal penelitian dilakukan sampai akhir penelitian. Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa tahapan yang menjelaskan analisis data. Tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 1.3 *Flowchart* Analisis Data

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 3.3 analisis data dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Data GSMP 18 Slot 8 Pole full model diolah menggunakan *software Microsoft Excel*.

Data yang dikumpulkan maka akan dimasukkan pada *Microsoft Excel* sebelum diolah kembali. Data yang dikumpulkan adalah tegangan, torsi, arus.

	Time(ms)	Voltage(V)		Time(ms)	Load Force/Torque(Nm)		Time(ms)	Current(A)
1	0	0	1	0	-1.02	1	0	0
2	0.5	44.5	2	0.5	-8.38	2	0.5	8.89
3	1	59.5	3	1	-9.53	3	1	11.9
4	1.5	66.6	4	1.5	-12.7	4	1.5	13.3
5	2	71.9	5	2	-12.2	5	2	14.4
6	2.5	74.1	6	2.5	-12.2	6	2.5	14.8
7	3	72.1	7	3	-10.9	7	3	14.4
8	3.5	68.6	8	3.5	-9	8	3.5	13.7
9	4	61.9	9	4	-11.9	9	4	12.4
10	4.5	71.3	10	4.5	-11.6	10	4.5	14.3
11	5	71.4	11	5	-12.4	11	5	14.3
12	5.5	71.3	12	5.5	-10.9	12	5.5	14.3
13	6	68.6	13	6	-8.43	13	6	13.7
14	6.5	62.1	14	6.5	-11.3	14	6.5	12.4
15	7	70.8	15	7	-12.1	15	7	14.2
16	7.5	71.3	16	7.5	-12.1	16	7.5	14.3
17	8	71.1	17	8	-10.9	17	8	14.2
18	8.5	68.2	18	8.5	-8.75	18	8.5	13.6
19	9	61.7	19	9	-11.6	19	9	12.3
20	9.5	71.3	20	9.5	-11.4	20	9.5	14.3
21	10	71.3	21	10	-12.5	21	10	14.3

Gambar 1.4 Data Tegangan, Torsi, dan Arus Hasil Simulasi

2. Menghitung nilai 6 karakteristik.

Untuk dapat mengetahui nilai efisiensi maka penulis perlu melakukan perhitungan nilai 6 karakteristik yaitu tegangan, arus, torsi,  $P_{in}$ ,  $P_{out}$ , dan efisiensi.

Persamaan yang digunakan untuk mencari  $P_{in}$ ,  $P_{out}$ , dan efisiensi telah dicantumkan pada bab 2. Untuk dapat mengetahui nilai  $P_{in}$  data yang telah didapatkan diolah dengan menggunakan persamaan 2.4, nilai  $P_{out}$  dengan menggunakan persamaan 2.5, dan nilai efisiensi dengan menggunakan persamaan 2.6.

3. Menghitung nilai GGL

Untuk dapat mengetahui nilai GGL maka penulis memakai data R-S, S-T, dan T-R pada tegangan dan kemudian disalin pada Microsoft Excel yang akan di proses dengan menggunakan formula =AVERAGE.

	Time(ms)	Voltage(V)
1	0	-0
2	0.5	64.8
3	1	55.5
4	1.5	41.6
5	2	25.7
6	2.5	14.9
7	3	5.81
8	3.5	2.94
9	4	-0.284
10	4.5	-2.45
11	5	-6.21

Gambar 1.5 Data Tegangan R-S, S-T, dan T-R

Data tersebut didapatkan dari *fluks linkage*, hasil dari *fluks linkage* dibagi terhadap perubahan waktu sesuai dengan persamaan 2.11. Hasil persamaan tersebut akan menghasilkan tegangan 1 *coil* pada tiap lilitan di satator dan setelah itu kelompok lilitan akan dihubungkan menjadi RST, lalu didapatkan tegangan antar fasa yang dirubah menjadi DC-Voltage. Tegangan yang dihasilkan akan dihubungkan dengan baterai.

#### 4. Analisis dan pembahasan

Setelah data telah diolah maka tahap selanjutnya adalah analisis dan pembahasan untuk dapat mengetahui pengaruh perubahan material inti besi serta geometri.

### 1.7 Tahapan Simulasi Generator

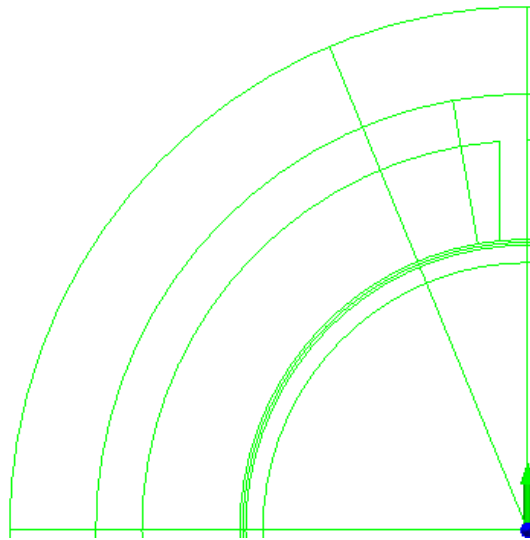
Tahapan simulasi generator diawali dengan merancang model GSMP 18 Slot 8 Pole sesuai dengan variabel penelitian yang telah ditentukan dan selanjutnya dilakukannya proses *mesh* serta pengujian.

#### 1.7.1 Perancangan Model GSMP 18 Slot 8 Pole

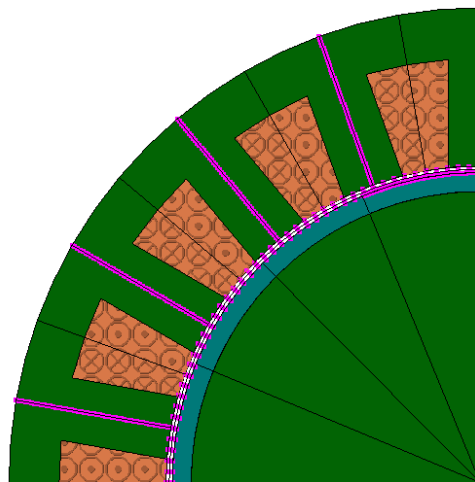
Perancangan model GSMP 18 Slot 8 Pole diawali dengan membuat garis geometri yang telah ditentukan pada variable penelitian. Komponen yang dirancang dalam perancangan ini yaitu stator, rotor, magnet, *air gap*, dan *air box* yang di rancang menggunakan *software* berbasis FEM.

Model garis geometri yang telah jadi akan ditentukan materialnya dan ketebalan komponen menggunakan fitur pada software. Jika model generator sudah jadi maka penulis perlu mengatur beberapa lilitan yang akan dipakai, penentuan arah magnet, dan lain-lain. Dalam pembuatan model generator ini penulis merancang 1/4 model terlebih dahulu dan setelah 1/4 model tersebut selesai maka penulis dapat menyalin 1/4 model tersebut menjadi *fullmodel*.





Gambar 1.6 ¼ Model Garis GSMP 18 Slot 8 Pole



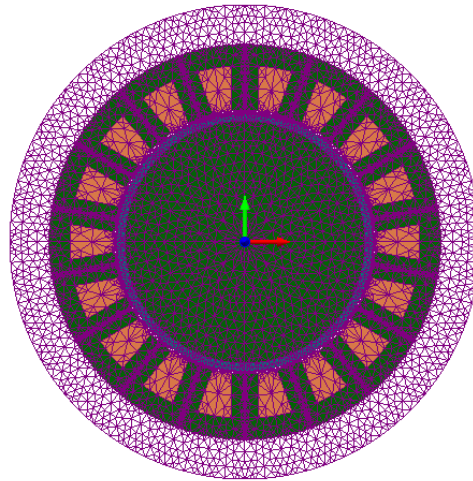
Gambar 1.7 ¼ Model GSMP 18 Slot 8 Pole

Gambar 3.3 merupakan model GSMP 18 Slot 8 Pole yang telah ditentukan material dan tebal komponen. Pada bagian inti besi yaitu stator dan rotor material yang digunakan divariasikan, tetapi untuk *coil*, *air box*, *air gap*, dan permanen magnet material yang di gunakan tidak divariasikan.

### 1.7.2 Proses *Mesh*

Proses *mesh* dalam perancangan generator ini diperlukan untuk menentukan keakuratan saat melakukan simulasi, jadi semakin kecil nilai mesh yang diatur maka semakin akurat data hasil simulasi yang

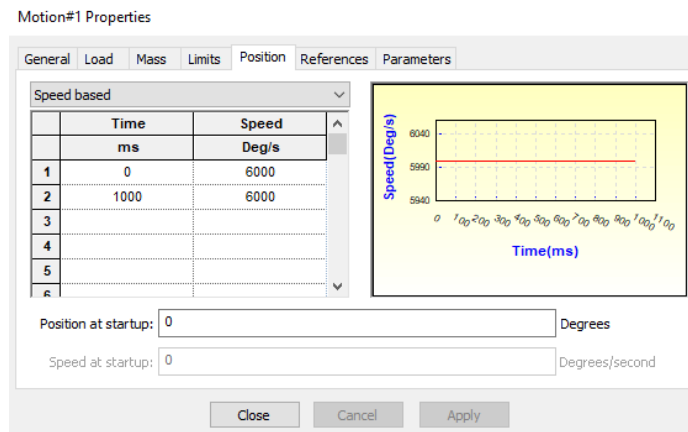
dilakukan. Proses mesh digunakan pada komponen stator, rotor, magnet, dan *air box*.



Gambar 1.8 Tampilan Proses *Mesh*

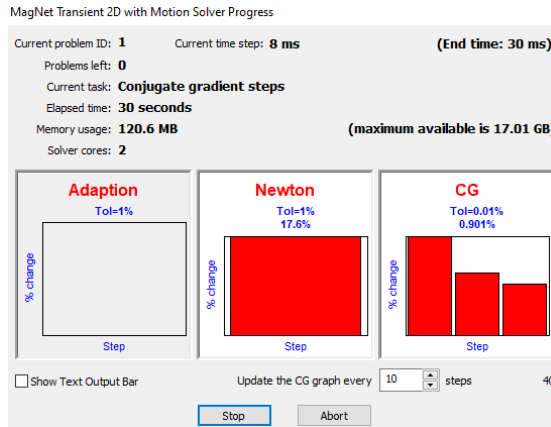
### 1.7.3 Pengujian

Dalam tahap ini model GSMP 18 Slot 8 Pole diatur nilai kecepatan putarnya menggunakan fitur *motion*. Pada Gambar 3.5 model GSMP 18 Slot 8 Pole diatur pada waktu 0 ms - 1000 ms secara konstan berputar dalam 6000 degree/second atau 1000 RPM.



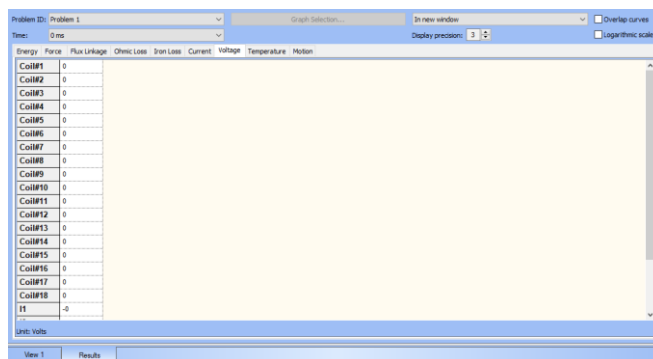
Gambar 1.9 Pengaturan *Motion*

Pembebanan dalam model GSMP 18 Slot 8 Pole di atur dalam fitur *circuit window* yang mana dalam penelitian ini digunakan beban sebesar 5 Ohm. Setelah tahapan simulasi sebelumnya dilakukan, maka selanjutnya dapat dilakukan simulasi model GSMP 18 Slot 8 Pole. Saat simulasi sedang berlangsung maka akan muncul Gambar 3.6.



Gambar 1.10 Simulasi Model GSMP 18 Slot 8 Pole

Setelah simulasi berakhir maka akan muncul tampilan hasil simulasi dari model GSMP yang telah dibuat. Dalam penelitian ini penulis hanya menggunakan hasil simulasi arus, tegangan, dan torsi.



Gambar 1.11 Tampilan Hasil Simulasi Model GSMP 18 Slot 8 Pole

## 1.8 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Generator

Dalam penelitian ini simulasi model menghasilkan rugi-rugi histerisis (*Hysteresis Loss*) dan arus pusar (*Eddy Current*), rugi daya mempengaruhi efisiensi pada generator.

	Time Averaged Hysteresis Loss	Time Averaged Lamination Eddy Current Loss
ST-L	0.2	0.004
ST-R	0.2	0.003
Copy of ST-L #35	0.2	0.004
Copy of ST-R #35	0.2	0.003
Copy of ST-L #36	0.2	0.004
Copy of ST-R #36	0.1	0.003
Copy of ST-L #37	0.2	0.004
Copy of ST-R #37	0.2	0.003
Copy of ST-L #38	0.2	0.004
Copy of ST-R #38	0.2	0.003
Copy of ST-L #39	0.2	0.004
Copy of ST-R #39	0.1	0.003
Copy of ST-L #40	0.2	0.004
Copy of ST-R #40	0.2	0.003
Copy of ST-L #41	0.2	0.005
Copy of ST-R #41	0.2	0.003
Copy of ST-L #42	0.2	0.005
Copy of ST-R #42	0.1	0.003

Gambar 1.12 Data Hasil Simulasi Rugi Histeris dan Rugi Arus Pusar

Rouli Gitamarta Munthe, 2021

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL INTI BESI TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 rugi histerisis dan rugi arus pusar merupakan hasil simulasi model pada *Software Design Electromagnetic* berbasis FEM dan hasil rugi inti besi didapatkan dari persamaan 2.10.

1. Rugi Inti Besi (*Iron Loss*)

- a. Rugi inti besi GSMP perubahan material inti besi.

Hasil perhitungan rugi histerisis, rugi arus pusar, dan Rugi inti besi pada model GSMP 18 Slot 8 Pole:

Tabel 1.4 Rugi Histerisis dan Rugi Arus Pusar Pada Perubahan Material Inti Besi

No	Material	Hysteresis Loss	Eddy Current Loss
1	HyMu 80 0.014	0.25	0.56
2	Arnon 5	5.92	0.14
3	M1000-100A	20.70	4.75
4	Hiperco 50A 0.006	4.27	0.24

Maka, total besar rugi inti besi generator adalah dengan menggunakan persamaan 2.10:

Tabel 1.5 Rugi Inti Besi (*Iron Loss*) Pada Perubahan Material Inti Besi

No	Material	Iron Loss
1	HyMu 80 0.014	$P_i = P_h + P_e$ $= 0.25 + 0.56$ $= 0.81$
2	Arnon 5	$P_i = P_h + P_e$ $= 5.92 + 0.14$ $= 6.06$
3	M1000-100A	$P_i = P_h + P_e$ $= 20.70 + 4.75$ $= 25.44$
4	Hiperco 50A 0.006	$P_i = P_h + P_e$ $= 4.27 + 0.24$ $= 4.51$

- b. Rugi inti besi GSMP perubahan geometri lingkaran diperkecil 5 mm dan material inti besi.

Maka, total besar rugi inti besi generator adalah dengan menggunakan persamaan 2.10:

Tabel 1.6 Rugi Histerisis dan Rugi Arus Pusar Pada Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi

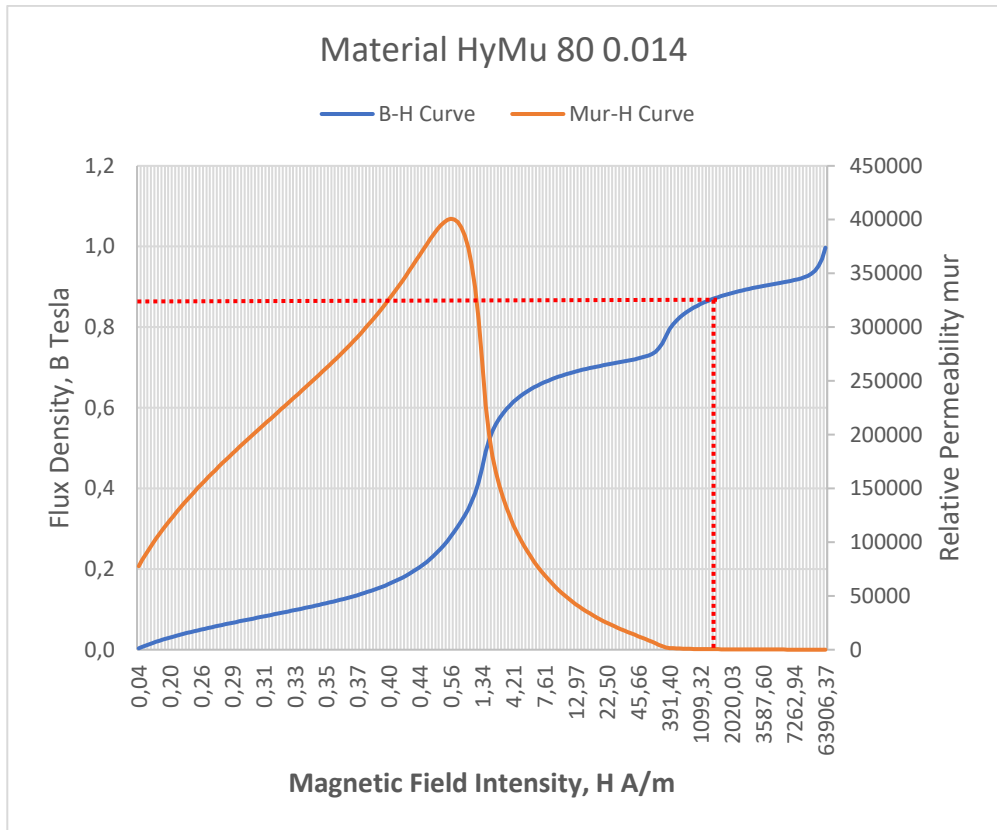
No	Material	Hysteresis Loss	Eddy Current Loss
1	HyMu 80 0.014	0.22	0.47
2	Arnon 5	5.08	0.11
3	M1000-100A	17.83	3.90
4	Hiperco 50A 0.006	3.72	0.21

Tabel 1.7 Rugi Inti Besi (Iron Loss) Pada Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi

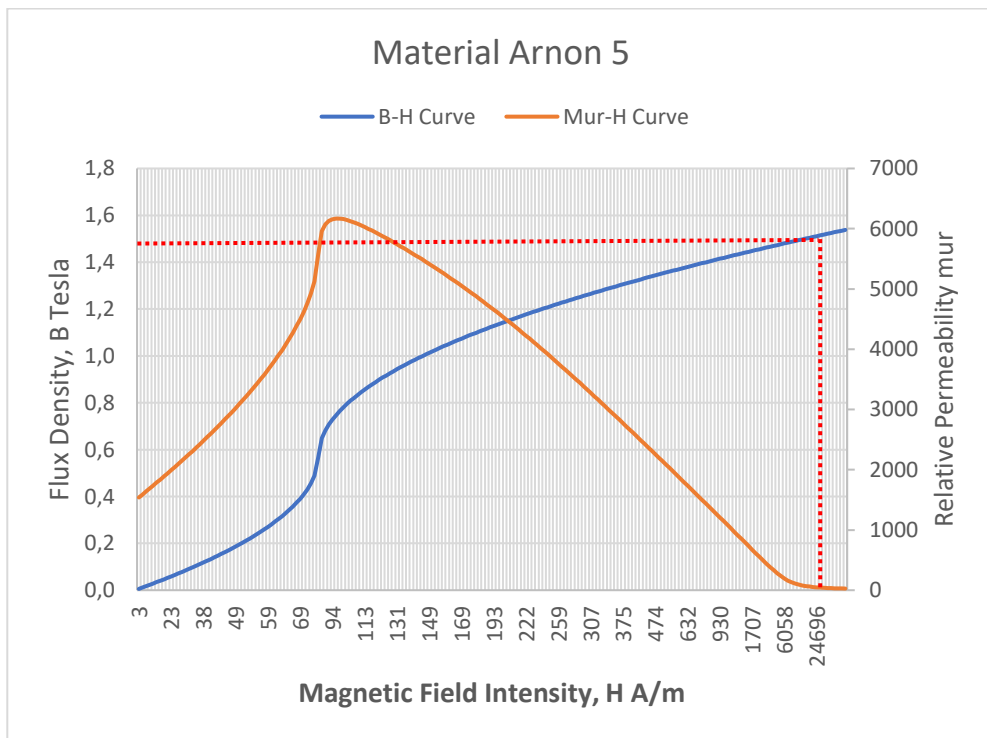
No	Material	Iron Loss
1	HyMu 80 0.014	$P_i = P_h + P_e$ $= 0.22 + 0.47$ $= 0.69$
2	Arnon 5	$P_i = P_h + P_e$ $= 5.08 + 0.11$ $= 5.19$
3	M1000-100A	$P_i = P_h + P_e$ $= 17.83 + 3.90$ $= 21.73$
4	Hiperco 50A 0.006	$P_i = P_h + P_e$ $= 3.72 + 0.21$ $= 3.93$

### 1.9 Data Penunjang Sifat – Sifat Material

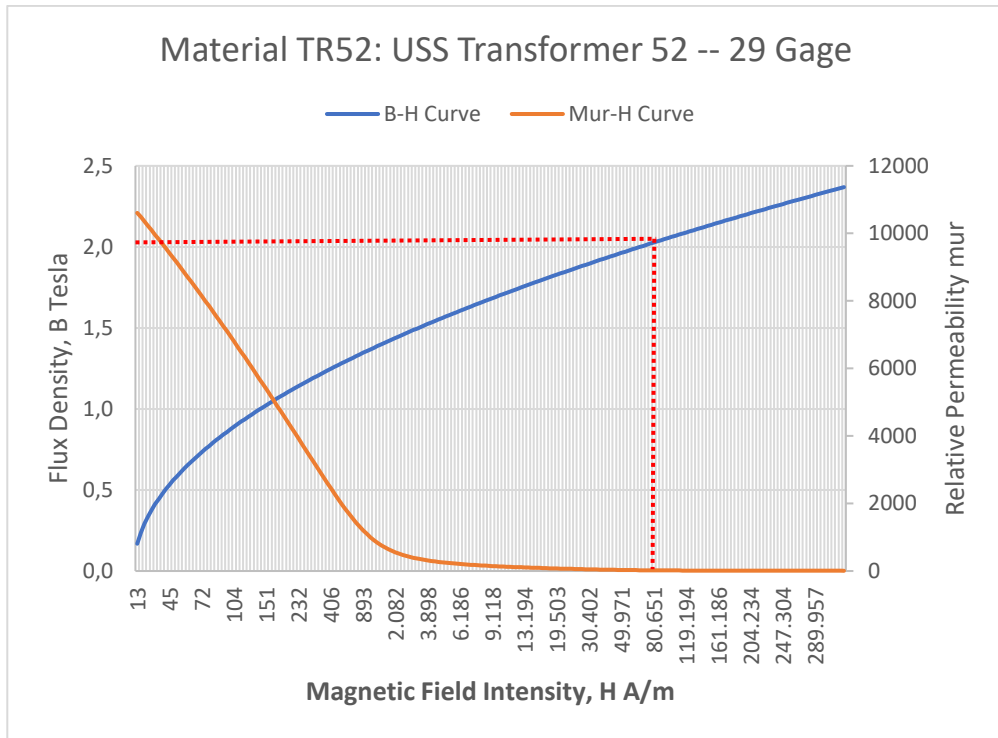
Saat akan mendesain model GSMP 18 Slot 8 Pole penulis perlu mengetahui sifat-sifat material yang akan divariasikan. Sifat material yang perlu diketahui yaitu *Relative Permeability*, Kerapatan Fluks Magnet (B), dan Intensitas Medan Magnet (H). Gambar kurva sifat material dibawah ini didapatkan dari *library* pada *Software Design Electromagnetic* berbasis FEM



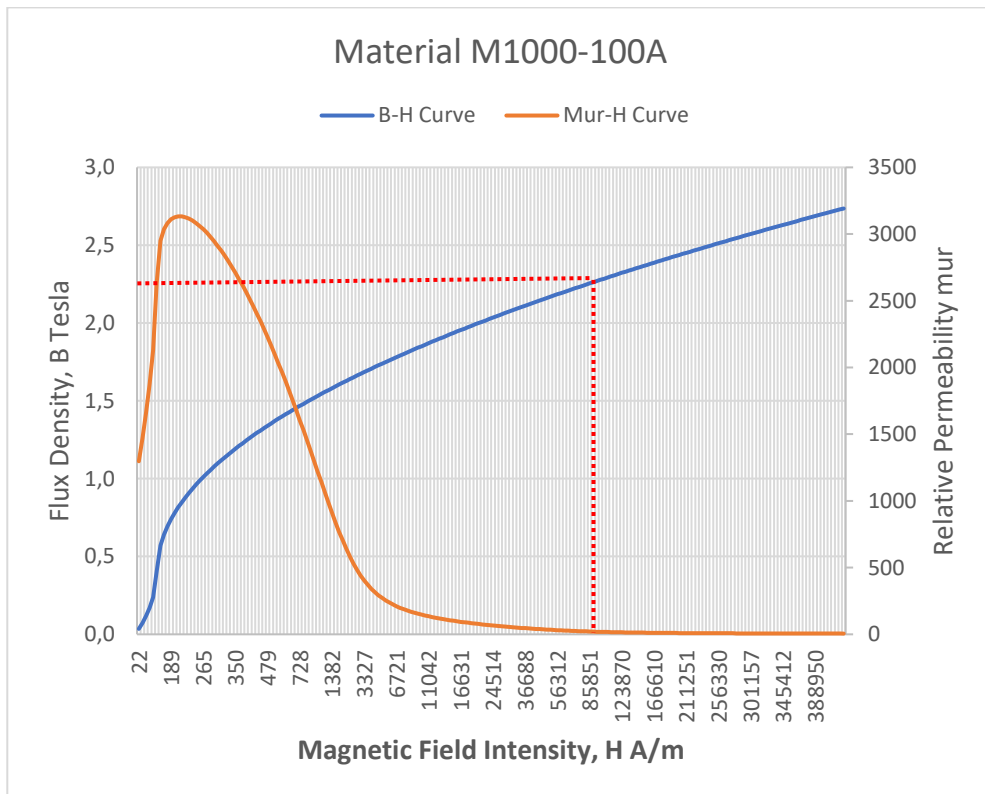
Gambar 1.13 Kurva Sifat Material HyMu 80 0.014



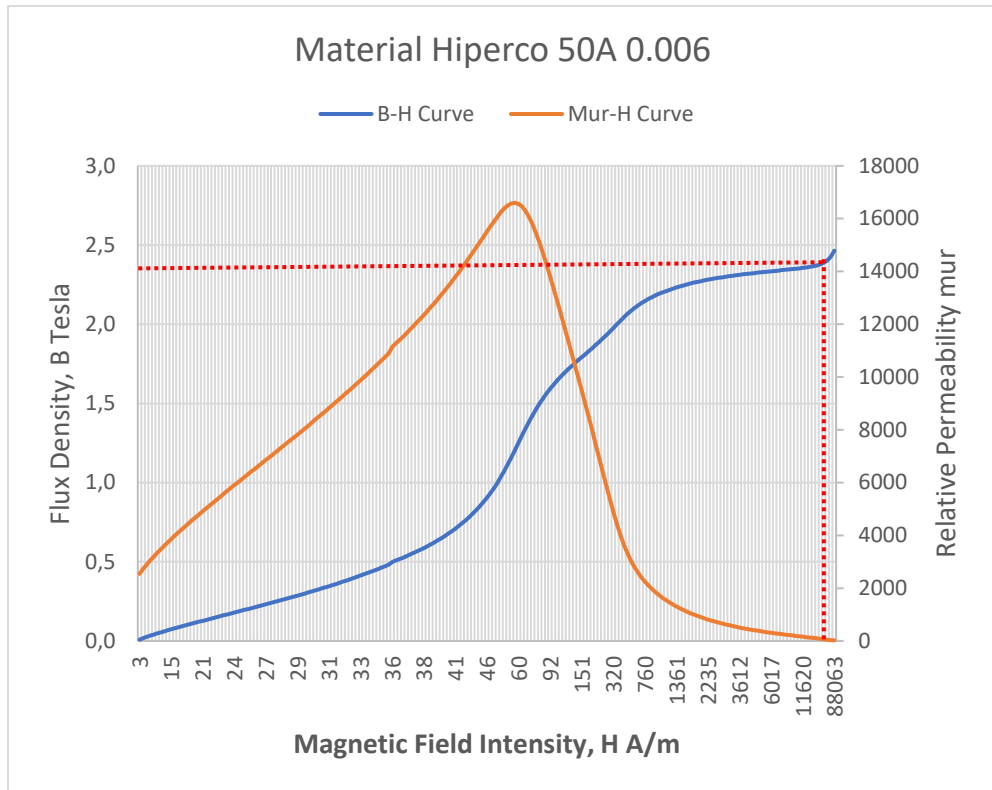
Gambar 1.14 Kurva Sifat Material Arnon 5



Gambar 1.15 Kurva Sifat Material TR52: USS Transformer 52 -- 29 Gage



Gambar 1.16 Kurva Sifat Material M1000-100A



Gambar 1.17 Kurva Sifat Material Hiperco 50A 0.006