

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi literatur

Dalam penelitian yang sudah ada sebelumnya, diantaranya memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Berikut adalah beberapa penelitian terkait yang sudah ada:

Penelitian yang dilakukan oleh Constattin Ghiță e t al [1] tentang analisis 2 D medan magnet transformator listrik karena kekuatan gaya medan magnet. Menjelaskan tentang metode analisis untuk menghitung medan magnet yang bocor di dalam transformator yang dihasilkan oleh gaya penggerak magnet magneto yang memungkinkan permeabilitas magnetik inti menjadi tak terbatas. Medan magnet yang sama dihitung dengan menggunakan metode elemen hingga 2D dengan mempertimbangkan karakteristik magnetisasi non linier dari inti transformator. Perbandingan antara hasil kedua metode tersebut juga disajikan.

Penelitian yang dilakukan oleh P. Meesuk et al [2], tentang analisis medan magnetik untuk transformer distribusi dengan kondisi beban tidak seimbang dengan metode elemen hingga 3D. Menjelaskan seperangkat model matematika kuasi-statis medan magnet yang disebabkan oleh konduktor tegangan tinggi transformator distribusi dengan menggunakan seperangkat persamaan partialdifferential orde kedua. Modifikasi untuk analisis medan magnet yang kompleks dan simulasi harmonisa waktu juga digunakan. Dalam penelitian ini, transformer dipelajari baik dalam kondisi beban seimbang maupun tidak seimbang. Simulasi berbasis komputer yang memanfaatkan metode elemen hingga threedimensional (3-D FEM) dieksploitasi sebagai alat untuk memvisualisasikan volume distribusi medan magnet sebuah transformator distribusi. Metode Elemen Hingga (FEM) adalah salah satu metode numerik populer yang mampu menangani kompleksitas masalah dalam berbagai bentuk. Saat ini, FEM telah banyak diterapkan di sebagian besar bidang teknik. Bahkan

untuk masalah distribusi medan magnet, FEM mampu memperkirakan solusi persamaan Maxwell yang mengatur sistem transmisi tenaga. Simulasi komputer berdasarkan penggunaan FEM telah dikembangkan di lingkungan pemrograman MATLAB.

Penelitian yang dilakukan oleh Pudji Irasari dkk [3] tentang simulasi analisis magnetik generator magnet permanen fluks radial menggunakan metoda elemen hingga. Dalam penelitiannya menjelaskan tentang simulasi dan analisis pada generator magnet permanen fluks radial menggunakan metoda elemen hingga serta menggunakan perangkat lunak FEMM 2.4 dilakukan pada tahun 2012. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan generator yang memiliki spesifikasi yaitu 25 V, 28 A, dan 333 rpm. Analisis yang dilakukan pada fluks magnetik meliputi celah udara, gigi dan alur stator. Pada simulasi dilakukan beberapa keadaan yaitu tanpa beban dan dengan beban. Selanjutnya pada kerapatan fluks celah udara hasil simulasi digunakan untuk menghitung tegangan yang berguna untuk mengetahui besarnya electromotive force (EMT) yang dibangkitkan. Hasil dari perhitungan yang ditampilkan berupa garfik tegangan dan putaran untuk kondisi tanpa beban serta grafik tegangan dan arus untuk kondisi beban. Hasil dari keseluruhan analisis yang diperoleh menunjukkan bahwa pola distribusi magnet yang dilakukan pada metode elemen hingga sangat membantu untuk menghindari penumpukan fluks magnet pada segmen tertentu.

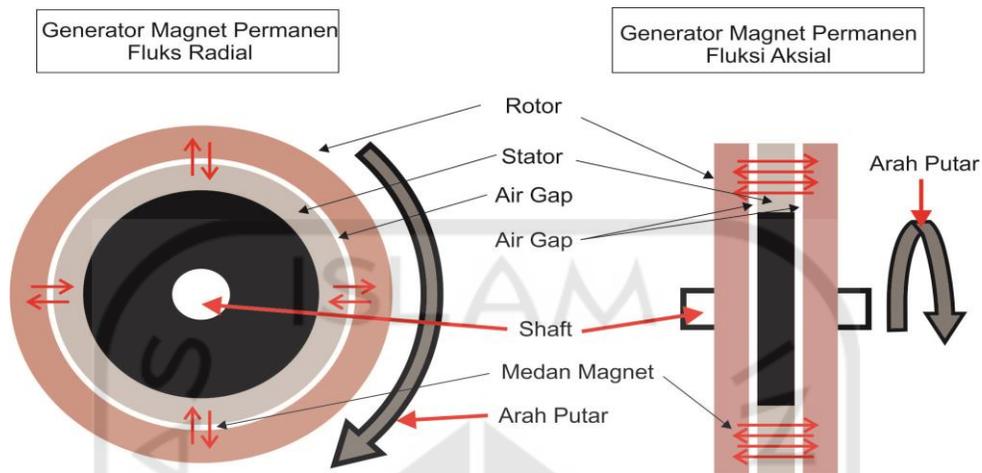
2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Generator Magnet Permanen

Secara garis besar, generator magnet permanen dibagi menjadi dua jenis bila dilihat dari fluks magnet yang dihasilkan, yaitu:

1. Generator magnet permanen dengan fluks radial/Generator MPFR (*Radial Flux Permanent Magnet Generator*)

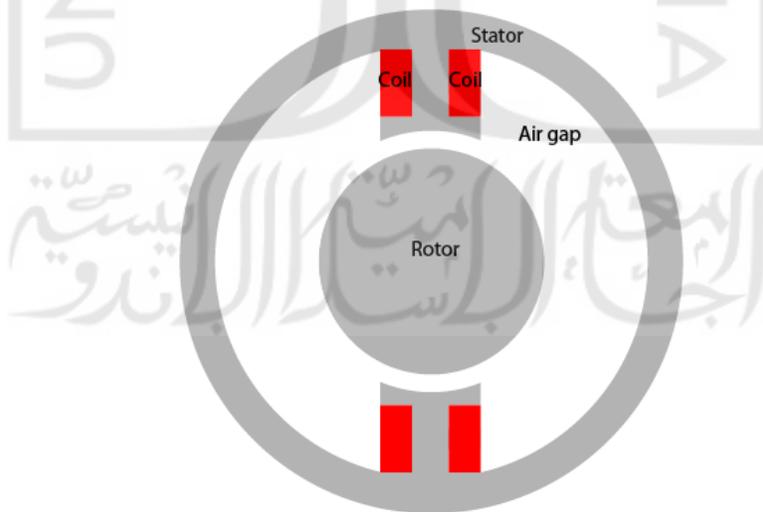
2. Generator magnet permanen dengan fluks aksial/Generator MPFA (*Axial Flux Permanent Magnet Generator*)



Gambar 2. 1 Perbedaan generator fluks aksial dan fluks radial

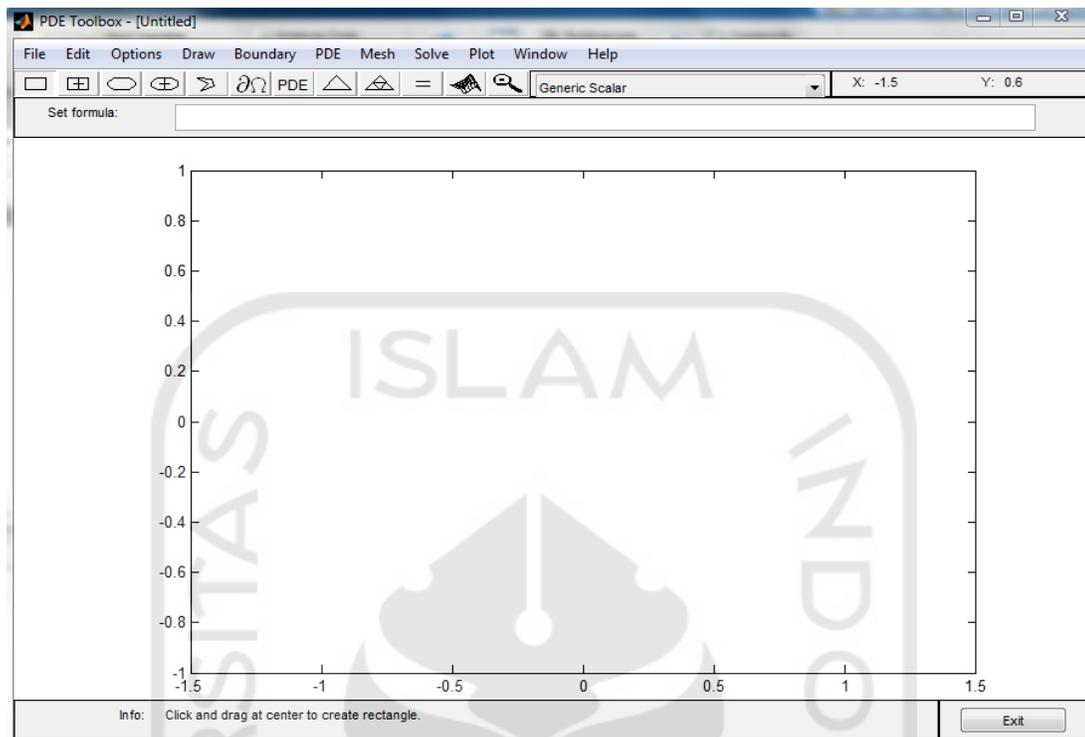
Pembahasan mencakup bagian sedikit mengenai generator sinkron magnet permanen dan difokuskan untuk mensimulasikannya. Generator tersebut dikenal juga dengan generator piringan dan merupakan alternatif yang menarik selain generator silindris radial karena bentuknya yang pipih, ringkas dan mampu menghasilkan daya output yang tinggi.

Topologi model generator magnet permanen yang akan dilakukan simulasi



Gambar 2. 2 Topologi model generator magnet permanen

2.2.2 Matlab PDEtool



Gambar 2. 3 Interface Matlab Pde tool

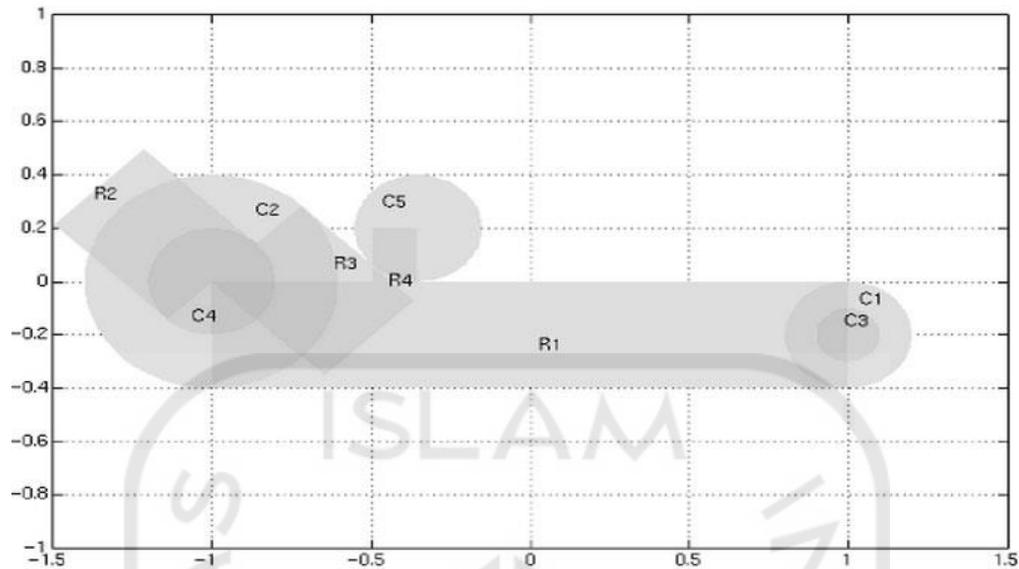
Pde tool merupakan aplikasi *toolbox* pada matlab yang berfungsi untuk memecahkan masalah geometri 2D. Aplikasi ini juga mencakup mode preset untuk aplikasi, seperti *electrostatics*, *magnetostatics*, *heat transfer*, dan sebagainya

Berikut fungsi-fungsi *tools* terkait pada PDEtool

1. Geometry (Penggabungan Desain)

Terdiri dari blok bangunan padat (persegi, persegi panjang, lingkaran, elips, dan poligon) yang dapat digabungkan untuk menentukan geometri kompleks. Dapat langsung dibuat pada PDEtoolbox atau untuk lebih presisi letaknya bisa dengan memasukkan perintah pada command window matlab.

Blok bangunan hanya untuk desain 2D.



Gambar 2. 4 Fungsi geometri

2. Boundary Conditions

Berfungsi menentukan jenis kondisi batas PDE pada sebuah objek geometri. Terdapat dua jenis kondisi batas, yaitu

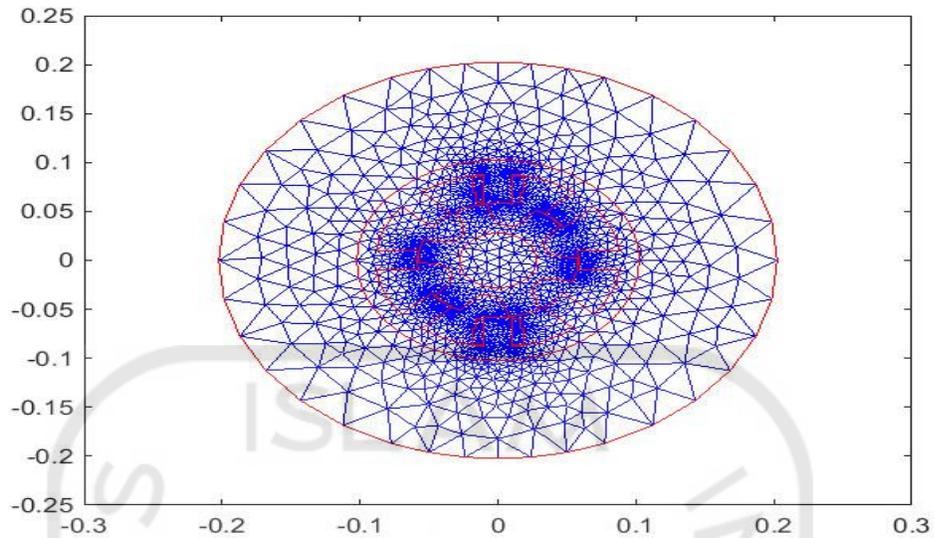
- Dirichlet, kondisi ini menentukan nilai yang diambil oleh fungsi yang tidak diketahui di sepanjang batas domain.
- Neumann, digunakan pada persamaan diferensial biasa atau parsial, ini menentukan nilai-nilai yang akan diambil oleh turunan dari solusi terhadap batas domain.

3. PDE (*Parsial Differential Equation*)

PDE berfungsi untuk menentukan berbagai jenis skalar termasuk masalah elliptic, parabolic, hyperbolic, dan eigenvalue.

4. Mesh

Fungsi ini digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk permukaan 2D. Cirinya berupa grid yang menghubungkan dua titik terdekat dalam ruang 2D.



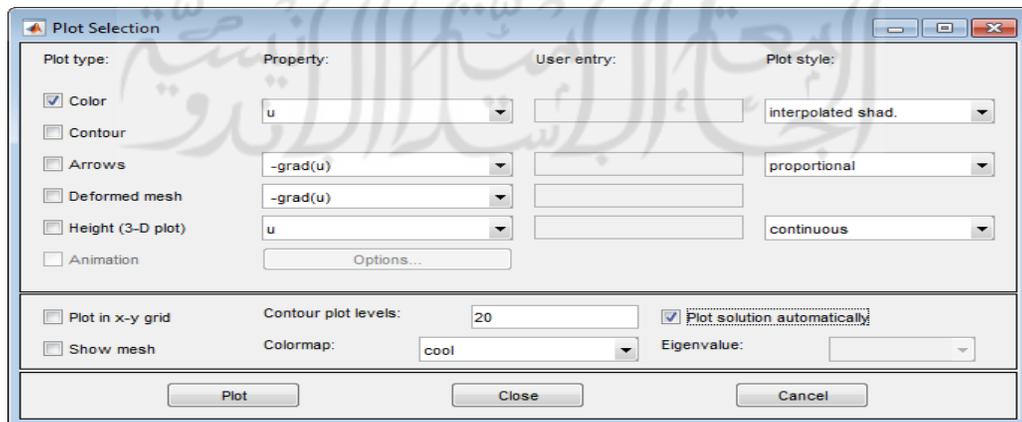
Gambar 2. 5 Mesh 2D untuk penampang motor DC. Mesh 2D menggunakan elemen linier

5. Solving

Berfungsi untuk menentukan parameter untuk memecahkan PDE. Terdapat beberapa parameter pada aplikasi ini, yaitu *Elliptic Equations*, *Parabolic Equations*, *Hyperbolic Equations*, *Eigenvalue Equations*.

6. Plot

Fungsi ini berisis macam-macam parameter yang berguna untuk menampilkan kebutuhan saat proses geometri atau *solving* selesai. Tipe plot serta parameter yang lain disesuaikan dengan kebutuhan.



Gambar 2. 6 Parameter pada Plot modeMetode Elemen Hingga (Finite Elemen Methode)

2.2.3 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik untuk penyelesaian pendekatan suatu persamaan differensial parsial dan masalah nilai batasnya [4].

Persamaan Maxwell adalah persamaan diferensial yang menentukan (bersama-sama dengan syarat batas untuk keadaan tertentu) medan yang ditimbulkan oleh sumber muatan arus [5].

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2.2)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = 0 \quad (2.3)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} - \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = \mathbf{J} \quad (2.4)$$

Medan E dan B dalam kerjanya ditentukan oleh gaya Lorentz

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (2.5)$$

Dan medan Magnet D dan B dikaitkan dengan kedua medan tadi oleh persamaan dasar dari medium,

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}(\mathbf{E}), \mathbf{H} = \mathbf{H}(\mathbf{B}).$$

Persamaan Maxwell mempunyai konsekuensi penting sebagai berikut

1. Perambatan gelombang listrik-magnet dapat terjadi dengan kecepatan $C = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ dalam ruang hampa, sama dengan kecepatan cahaya.
2. Syarat batas untuk medan ditentukan dibidang temu antara dua medium yang berbeda, syarat repenting adalah bahwa komponen tangensial dari E dan H.
3. Medan E dan B dapat diturunkan dari fungsi potensial

$$\mathbf{B} = \nabla \cdot \mathbf{A} \quad (2.6)$$

$$\mathbf{E} = -\nabla \varphi - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \quad (2.7)$$