

# SIMULASI *THERMAL SHOCK* PADA *FERRITE CORE* JENIS *POT CORES* UNTUK MENGIDENTIFIKASI *STRESS*

## *SIMULATION OF THERMAL SHOCK ON THE FERRITE CORE TYPE POT CORES TO IDENTIFY STRESS*

Fahreza Fadhil Hakeki<sup>1</sup>, Rino Andias Anugraha<sup>2</sup>, Teddy Syafrizal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>2</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

fahrezafadhil@gmail.com(1), rinoandias@telkomuniversity.ac.id(2), teddysjafrizal@telkomuniversity.ac.id(3)

### Abstrak

Studi ini mengembangkan metodologi berdasarkan pada implementasi dari metode elemen hingga pada uji *thermal shock* menggunakan *software* analisis berbasis komputer. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi retakan berdasarkan nilai *thermal stress* pada *ferrite core* jenis *pot core*. Studi ini menunjukkan bagaimana mengidentifikasi retakan yang terjadi dari simulasi *thermal shock* pada *ferrite core* jenis *pot core*. Uji *thermal shock* dilakukan untuk melihat ketahanan pada struktur desain sebuah komponen *ferrite core* dengan dibebankan perubahan suhu ekstrim pada kondisi rendah maupun tinggi. Studi ini mengusulkan uji *thermal shock* dengan cara simulasi komputer dan menganalisis menggunakan *finite elemen analysis*. Hasil pada studi ini dibandingkan dengan retakan-retakan yang muncul menurut IMA-STD-110.

**Keywords:** Simulasi, *thermal shock*, *ferrite core*

### Abstract

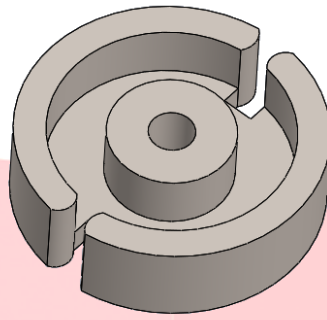
*This study develops a methodology based on the implementation of the finite element method in the test of thermal shock using a software analysis computer-based. The purpose of this study is to identify cracks based on the value of the thermal stress on the ferrite core type pot core. This study shows how to identify the cracks that occur from the simulation of the thermal shock on the ferrite core type pot core. Test thermal shock is performed to see the resistance on the structure of the design of a component of the ferrite core with charged extreme temperature changes on the condition of the low and high. This study proposes a test of the thermal shock by means of computer simulations and analyzes using finite element analysis. The results in this study compared with the cracks that appear according to the IMA-STD-110.*

**Keywords:** Simulation, *thermal shock*, *ferrite core*, *pot core*

### 1. Pendahuluan

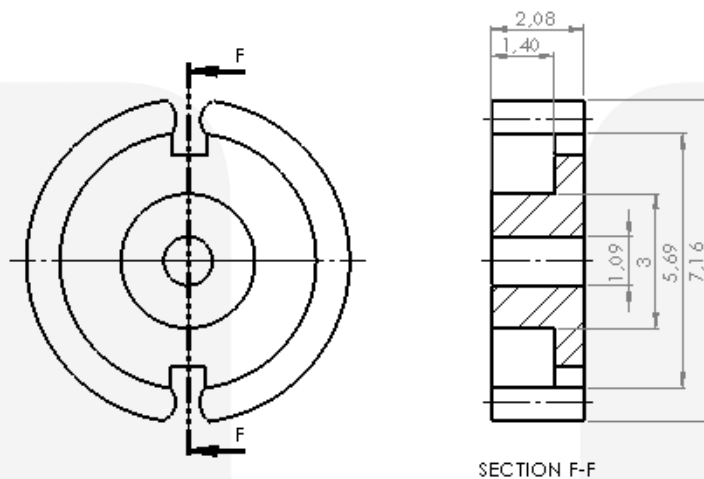
*Ferrite core* merupakan sebuah komponen inti yang terdapat pada induktor, yang terbuat dari material *softmagnetic* yaitu *ferrite*. Sebuah *Ferrite core* dituntut agar mampu bertahan pada kondisi suhu yang berubah-ubah, oleh karena itu sebelum komponen dipasarkan akan diambil beberapa sampel yang akan di uji ketahanannya. Uji ketahanan yang dilakukan pada *Ferrite core* adalah menguji kekuatan desainnya melalui metode uji *thermal shock*. Kondisi pengujian dengan metode *thermal shock* yakni membebankan suhu ekstrim yang berubah-ubah pada komponen *ferrite core*. Suhu yang akan dibebankan pada simulasi ini berdasarkan pada standar MIL-STD-883E yang dibuat oleh *Department of Defense*[1] menggunakan kondisi C yaitu  $-65^{\circ}\text{C}$  sampai  $150^{\circ}\text{C}$  serta jumlah siklus yang digunakan adalah 10 siklus. Uji ketahanan ini dilakukan untuk mengamati *fracture strength* dari suatu komponen untuk melihat zona-zona yang kemungkinan akan mengalami kegagalan seperti retakan, yang apabila menggunakan proses simulasi komputer diindikasikan dengan nilai *stress*[2]. Sehingga tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengamati dan mengidentifikasi indikasi retakan pada komponen *ferrite core* setelah dilakukan proses uji *thermal shock*.

Seiring dengan berkembangnya penggunaan *software simulation analysis* di dunia *engineering*, maka pada studi ini menerapkan metode simulasi komputer. Metode simulasi komputer dilakukan untuk menguji berbagai macam desain untuk melihat kemungkinan munculnya nilai *stress*, nilai *stress* ini menunjukkan bahwa akan muncul retakan pada daerah tertentu [3]. Agar analisis menjadi lebih efektif maka studi ini menggunakan metode elemen hingga dari hasil simulasi dengan membagi-bagi desain menjadi elemen-elemen kecil sehingga proses analisis dapat dilakukan secara akurat.



Gambar 1. 1 Ferrite Core Jenis Pot Core

Objek yang diteliti pada studi ini adalah *ferrite core* berjenis *pot core* dengan dimensi yang paling kecil karena semakin kecil dimensinya maka akan kemungkinan mengalami *stress* yang tinggi. Dan material yang digunakan adalah material *ferrite*. Pada Gambar 1.2 dibawah ini merupakan dimensi dari desain *pot cores* yang akan di uji pada studi ini. Yang memiliki ketebalan 2.08 mm dengan diameter keseluruhan adalah 7.16 mm selebihnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

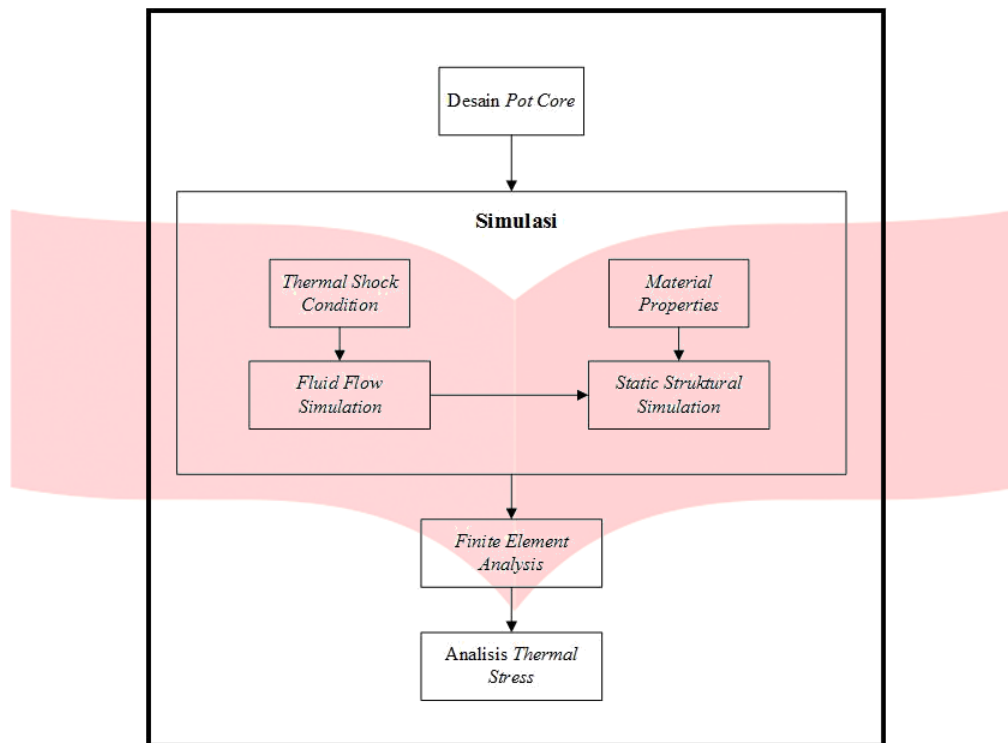


Gambar 1. 2 Pot Core Dimension [4]

## 2. Metode

### 2.1 Model Konseptual

Berikut merupakan model konseptual yang dilakukan pada studi ini:



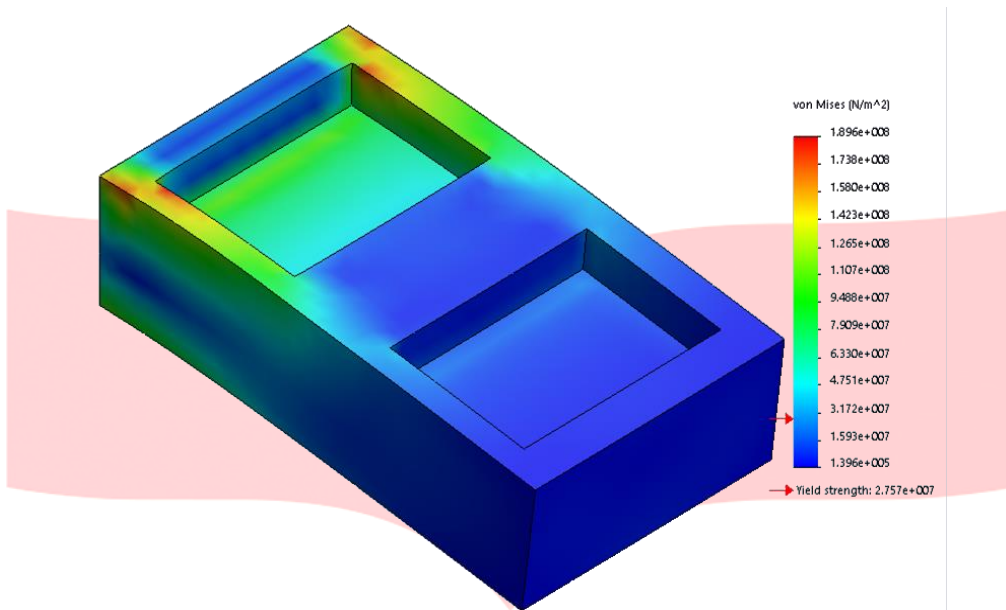
Gambar 2. 1 Model Konseptual

Berdasarkan Gambar 2.1 diatas konsep yang dilakukan pada studi ini adalah desain 3D komponen *pot core* akan melewati rangkaian simulasi. Pertama komponen tersebut memasuki fase simulai *fluid flow simulation* dimana pada simulasi ini akan berlangsung proses uji *thermal shock*. Selanjutnya memasuki fase simulasi *static structural simulation* dimana pada simulasi ini terdapat dua data *input*, yang pertama hasil/solusi dari simulasi *fluid flow simulation* dan yang kedua adalah *material properties* dari *ferrite*. Pada fase ini juga akan dilakukan *setting* ukuran *mesh* pada desain *pot core* untuk dilakukan analisis *finite element*. Lalu hasil dari *static structural simulation* berupa *finite element analysis* diamati dan dianalisis nilai *thermal stress* nya.

## 2.2 Finite Element Method (FEM)

*Finite Element Method* (FEM) digunakan pada studi ini untuk mengidentifikasi nilai *thermal stress* setelah dilakukan uji *thermal shock*. Dikarenakan ukuran *core* yang sangat kecil sehingga akan sulit melihat retakan secara langsung maka metode ini dipakai agar dapat memprediksi kemungkinan retakan lebih akurat. Dan dengan menggunakan metode ini simulasi dapat mencapai tingkat efisiensi dan keakuratan pada waktu yang sama [5].

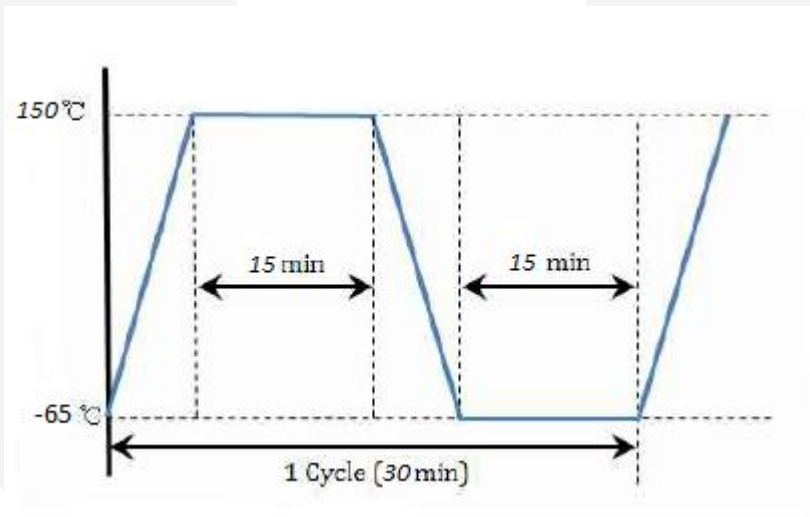
Pada metode FEM terdapat proses membagi-bagi komponen menjadi elemen-elemen kecil yang disebut *mesh* agar mempermudah dalam mengamati hasil nya setelah dilakukan simulasi, serta dengan melakukan simulasi komputer juga dapat menentukan umur *fatigue* dari komponen yang dilakukan pengujian [6]. Seperti dapat dilihat pada Gambar 2.1 merupakan *output* dari penggunaan metode FEM pada simulasi yang didapatkan seperti gambar tersebut yakni nilai *stress* dari simulasi yang dijalankan.



Gambar 2. 2 Finite Element Analysis

**2.3 Thermal Shock**

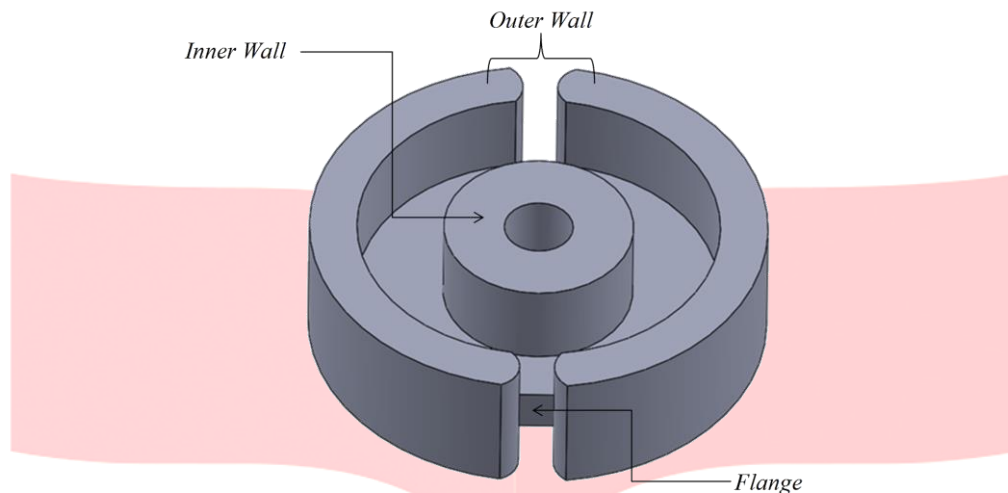
Parameter *input* yang paling berperan dalam uji ini adalah temperatur suhu yang digunakan dan waktu  $T_0$  atau jumlah siklus berapa kali dan berapa lama komponen tersebut akan diberikan pembebanan *thermal shock* antar temperatur suhu yang digunakan. Untuk mengetahui nilai *stress* yang diakibatkan pada uji ini maka diperlukan simulasi menggunakan metode elemen hingga. Yang dihasilkan dari uji *thermal cycle* menunjukkan bahwa apabila besarnya nilai *stress* mencapai atau bahkan melebihi *tensile strength* dari material yang digunakan, maka akan menyebabkan terjadinya retakan (*fracture*) setelah melewati jumlah siklus yang telah ditetapkan sebelumnya[7].



Gambar 2. 3 Temperature Chart

**2.4 Pelaksanaan Simulasi**

Berikut detail dari simulasi uji *thermal shock* pada *pot cores*.



Gambar 2. 4 Geometri Benda

Komponen *pot core* memiliki 3 bagian yaitu seperti terlihat pada Gambar 2.4 dengan dimensi ukuran seperti pada Gambar 1.2 . *Setting mesh* ada dilakukan pada keseluruhan komponen dengan ukuran 0,1 mm dan pada daerah tertentu yakni daerah *edge* antara ketiga bagian tersebut yang terletak dibagian dalam menggunakan ukuran 0,01 agar lebih terlihat hasilnya. Pada simulasi ini komponen *pot core* menggunakan material dari *ferrite* yang memiliki *material properties* seperti pada Tabel 2.1, dan material *oven chamber* menggunakan *stainless steel* seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 *Material Properties Pot Cores*

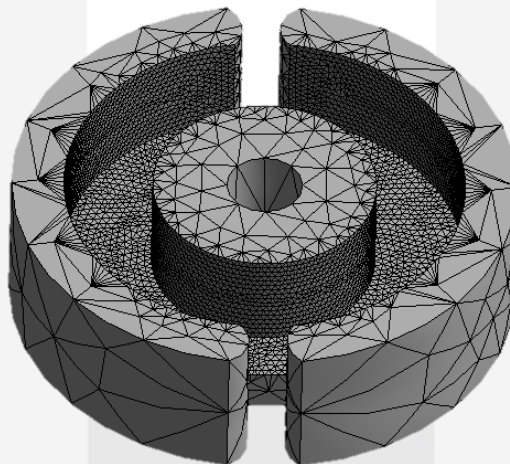
<b>Physical Properties</b>		
<i>Density</i>	4800	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Coefficient of Thermal Expansion (CTE)</i>	0,0000105	/C
<b>Linier Elastic</b>		
<i>Elasticity</i>		
<i>Young's Modulus</i>	121600	MPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.28	Pa
<i>Bulk Modulus</i>	92121	MPa
<i>Shear Modulus</i>	47500	MPa
<b>Strength</b>		
<i>Tensile Ultimate Strength</i>	49,033	MPa
<i>Compressive Ultimate Strength</i>	441,3	MPa
<b>Thermal</b>		
<i>Thermal Conductivity</i>	3,5	W/ mC
<i>Specific Heat</i>	800	J/KgC
<b>Linier "Soft" Magnetic Material</b>		
<i>Relative Permeability</i>	2,5	
<b>Electric</b>		
<i>Resistivity</i>	1	Ohm m

Tabel 2. 2 *Material Properties Chamber*

<b>Physical Properties</b>		
<i>Density</i>	7750	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Coefficient of Thermal Expansion (CTE)</i>	0,000017	/C

<b>Linier Elastic</b>		
<i>Elasticity</i>		
<i>Young's Modulus</i>	193000	MPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,31	Pa
<i>Bulk Modulus</i>	169300	MPa
<i>Shear Modulus</i>	73664	MPa
<b>Strength</b>		
<i>Tensile Yield Strength</i>	207	MPa
<i>Compressive Yield Strength</i>	207	MPa
<i>Tensile Ultimate Strength</i>	586	MPa
<i>Compressive Ultimate Strength</i>	0	MPa
<b>Thermal</b>		
<i>Thermal Conductivity</i>	15,1	W/mC
<i>Specific Heat</i>	480	J/KgC
<b>Linier "Soft" Magnetic Material</b>		
<i>Relative Permeability</i>	1	
<b>Electric</b>		
<i>Resistivity</i>	0,00000077	Ohm m

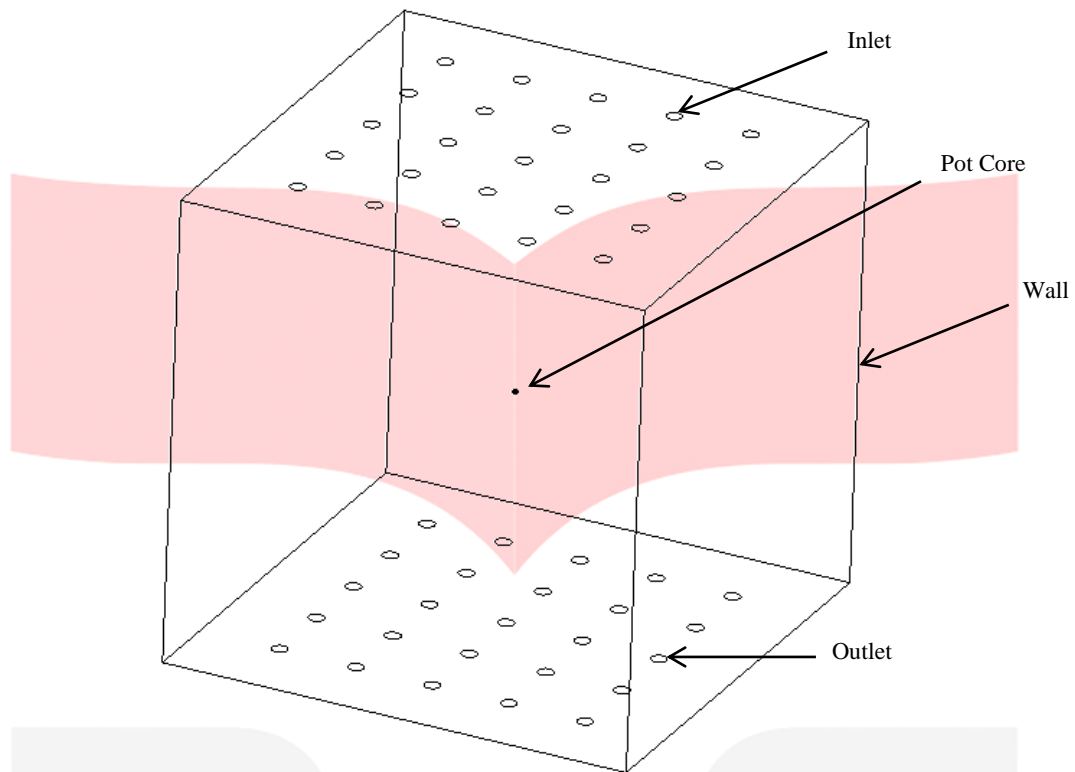
Simulasi *thermal shock* dilakukan dengan kondisi suhu C yaitu untuk suhu rendah nya  $-65^{\circ}\text{C}$  dan untuk suhu tinggi nya  $150^{\circ}\text{C}$  sebanyak 10 kali siklus, kondisi tersebut diambil berdasarkan standar MIL-STD-883 dengan metode tes nomor 1010.7. Simulasi ini dilakukan menggunakan *software* analisis yaitu ANSYS 18.1. Kondisi suhu, jumlah siklus, *material properties*, dan geometri benda digunakan pada simulasi ini untuk menghitung nilai *stress* yang terjadi setelah proses *thermal shock*.



Gambar 2. 5 Meshing Model 3 Dimensi

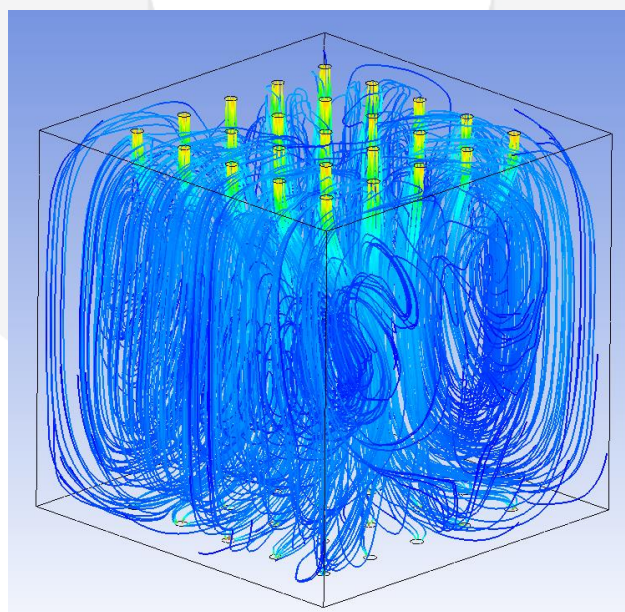
*Setting* untuk *mesh* pada elemen model 3 dimensi menyesuaikan kebutuhan simulasi, pada kasus ini menggunakan elemen *Tetrahedron* untuk *pot cores* dan *chamber*. Pada proses analisis struktural *mesh* diatur dan diperkecil pada bagian-bagian tertentu saja agar nilai *stress* yang dihitung lebih akurat dan terfokus pada bagian tertentu saja. Hal tersebut dilakukan untuk mengefesiansikan perhitungan dan *memory* komputer yang digunakan lebih efisien.





Gambar 2. 6 Model Oven Chamber

Simulasi yang dilakukan pada *fluid flow simulation* ada proses uji *thermal shock*, komponen *pot core* diletakkan pada sebuah model *oven chamber* yang memiliki beberapa bagian seperti pada Gambar 2.6. Pada komponen *chamber* terbagi menjadi 3 bagian yaitu *inlet* berupa lubang pada bagian atas dan *outlet* pada bagian bawah, serta *wall* berupa *chamber* itu sendiri yang tidak berlubang. *Inlet* berfungsi sebagai jalan masuk bagi udara dengan suhu tertentu. *Outlet* berfungsi sebagai jalan keluar bagi udara yang berada di dalam *chamber*. Dan *wall* adalah sebagai dinding pembatas dari *chamber* itu sendiri. Lalu objek benda nya berada ditengah-tengah *chamber* yang akan menerima suhu yang diberikan. Udara yang keluar atau dihembuskan dari *inlet* di atur dengan *velocity* sebesar 1 m/s. Nilai gravitasi juga ditambahkan dengan arah sumbu y- sebesar  $9.81 \text{ m/s}^2$  yang akan membuat udara tertarik gaya gravitasi menuju sumbu y-.



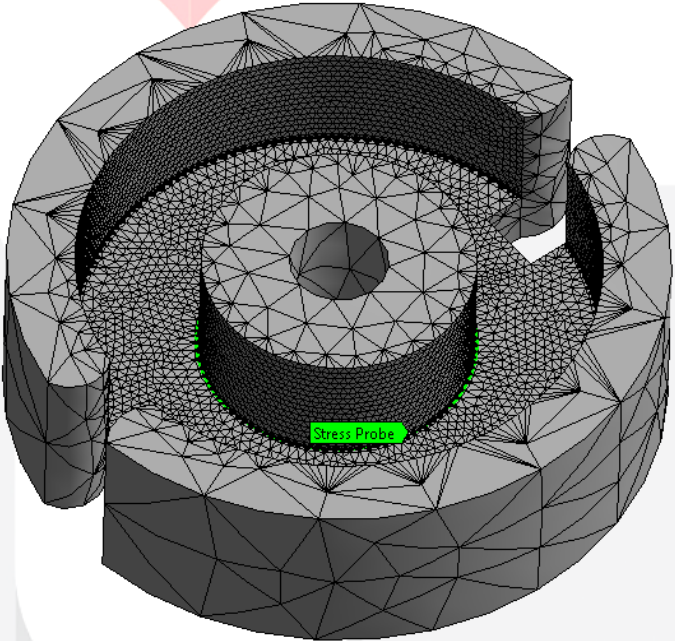
Gambar 2. 7 Fluid Flow Simulation

Gambar 2.7 menunjukkan hasil aliran udara dari *fluid flow simulation* uji *thermal shock*, udara yang telah diatur temperatur suhunya dihembuskan melalui lubang *inlet* dan akan keluar lagi melalui lubang *outlet*. Simulasi *thermal shock* dilakukan menggunakan *software ANSYS* sebagai *software* analisis guna menghitung nilai *stress* pada komponen *pot core* yang mengindikasikan bahwa dapat terjadi sebuah retakan. Dengan memasukkan data sesuai berupa *material properties*, geometri benda dan kondisi suhu. Untuk melakukan kondisi *thermal shock* pada *oven chamber* maka menggunakan simulasi *fluid flow (fluent)*, lalu untuk mengidentifikasi nilai *thermal stress* nya menggunakan analisis *finite element* pada *static structural simulation*.

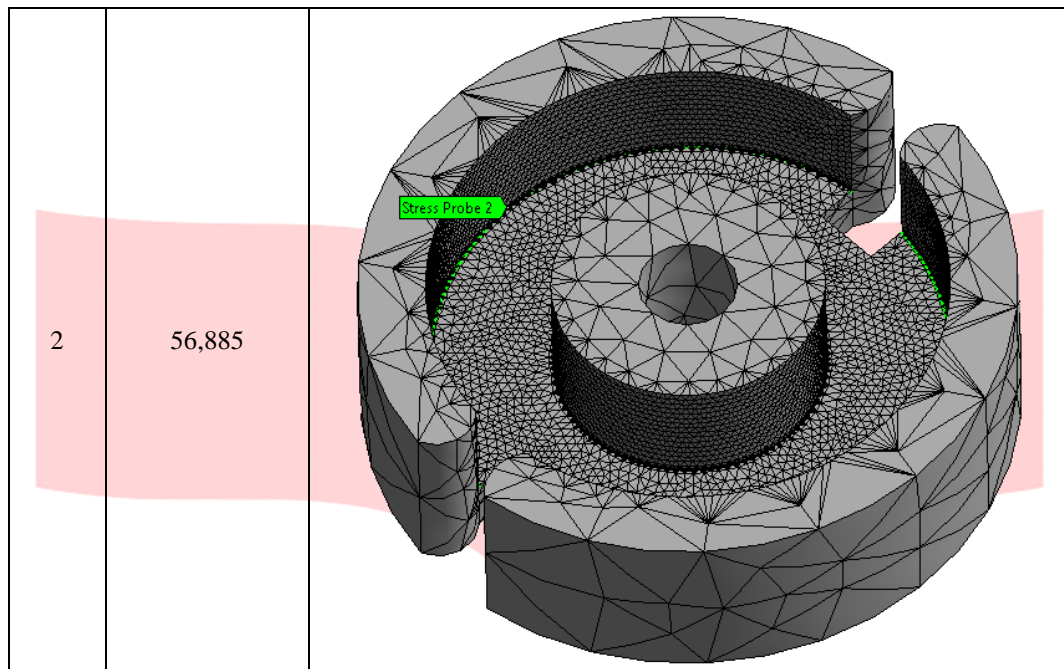
**3. Hasil & Pembahasan**

Pada bagian ini akan membahas tentang hasil dari simulasi dan pembahasan mengenai hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan *finite element analysis*. Hasil dari simulasi pada komponen *pot core* seperti dapat dilihat pada Tabel 3.1 .

Tabel 3. 1 Hasil Analisis Struktural

Zona	Thermal Stress (MPa)	Gambar
1	72,583	





Maka didapatkan hasil seperti gambar pada Tabel 3.2 diatas dengan nilai pada zona 1 (lokasi *edge* antara *inner wall* dan *flange*) sebesar 72,583 MPa, nilai pada zona 2 (lokasi *edge* antara *outer wall* dan *flange*) sebesar 56,885 MPa.. Seperti yang dilansir pada IMA-STD-110 bahwa sebuah komponen *pot core* akan muncul retakan pada beberapa bagian, pada simulasi kali ini mengamati bagian *edge* antara *inner wall*, *outer wall* dan *flange*. Terlihat pada zona 1 memiliki nilai *thermal stress* yang lebih besar dibanding zona 2, karena pada *edge* bagian dalam dapat menjadi tempat berkumpulnya suhu yang dapat menyebabkan stress pada komponen. Maka dapat dikatakan bahwa simulasi *thermal shock* yang dilakukan guna mengidentifikasi efek yang dihasilkan berupa indikasi retakan yang ditandai dengan nilai *stress* dapat dilakukan.

#### 4. Kesimpulan

Studi ini menerapkan metode elemen hingga pada simulasi uji *thermal shock* untuk komponen *pot cores* dan mengidentifikasi efek yang dihasilkan setelah simulasi pengujian tersebut. Standar yang digunakan pada jurnal ini mengacu pada standar MIL-STD-883 untuk kondisi simulasi nya dan IMA-STD-110 untuk menyesuaikan efek yang dihasilkan. Didapatkan bahwa ada nya indikasi retakan pada bagian *edge* antara *inner wall* dan *flange* dengan nilai *stress* sebesar 72,583 MPa. Dan pembuktian bahwa simulasi yang dilakukan sesuai dengan standar acuan dari *International Magnetics Association*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Department Of Defense, "Test Method Standard Microcircuit," Washington DC: Department of Defense, 1997, p. 641.
- [2] H. S. Choi, K. D. Kim, and J. S. Jang, "Design for reliability of ferrite for electronics materials," *Electron. Mater. Lett.*, vol. 7, no. 1, pp. 63–70, 2011.
- [3] Y. Luo, S. C. Wu, Y. N. Hu, and Y. N. Fu, "Cracking evolution behaviors of lightweight materials based on in situ synchrotron X-ray tomography: A review," *Front. Mech. Eng.*, pp. 1–21, 2018.
- [4] "Ceramic Magnetics, Inc.," p. 100.
- [5] Z. Liu *et al.*, "Modeling process-structure-property relationships for additive manufacturing," *Front. Mech. Eng.*, vol. 13, no. 4, pp. 482–492, 2018.
- [6] Darmanto, "Analisis Thermal Fatigue pada Nosel Bejana Tekan Tipe Crack Gas Drier," *J. Rekayasa Mesin Univ. Brawijaya*, vol. 4, no. 2, pp. 163–168, 2013.
- [7] A. Shpilman, M. De Graaf, and L. Dortmans, "Mechanical Reliability Of Ferrite Cores Used In Inductive Components," *Electr. Electron. Insul. Conf. Electr. Manuf. Coil Wind. Conf. Exhib.*, vol. 22, pp. 485–488, 1995.