

# ANALISIS STRUKTUR NUCLEAR REACTOR COMPARTMENT PADA NUCLEAR POWERED SHIP DENGAN MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS

Adara Maysa Ananta Pasa <sup>1\*</sup>, Budianto <sup>2</sup>, Renanda Nia Rachmadita <sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi Teknik Desain Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>  
Email: [adaramaysa@student.ppns.ac.id](mailto:adaramaysa@student.ppns.ac.id) <sup>1\*</sup>

---

**Abstract** – In the shipbuilding sector, nuclear reactors are one component that important in nuclear powered ships. A ship that has an identity as a nuclear powered ship has been applied in various developed countries to be used as war interests and as an icebreaker. Its like radioisotope, until now it has experienced growth and regeneration in the fourth, where generation IV is called the most innovative reactor. The best known technology is PWR. However, this PWR will be simplified in the concept of being small compartment. The concept will be a compartment structure analysis concept at the writing of this thesis. Therefore, this analysis is carried out to find out how to analyse the compartment structure in its application on nuclear powered vessels. The reactor's nuclear compartment design will be analysed with autodesk fusion 360. The method used id finite element analysis. The compartment structure conditions that will be discussed are when exposed within effect of neutron. These condition, will be examined from changes in material properties and how the results of the efficiency of stress and strain in small compartment nuclear reactors. The material used is stainless steel 304, steel and polyethylene. The efficiency result obtained were 4,77%.

**Keyword:** Nuclear Reactor, Compartment, Analyzed, Material Properties, Autodesk Fusion 360

---

## 1. PENDAHULUAN

Reaktor nuklir adalah suatu faktor yang memiliki tempat berupa perangkat yang digunakan untuk menjaga reaksi nuklir tetap berkesinambungan pada laju yang tetap. Perkembangan reaktor nuklir ini tidak hanya berkembang pada pembangkit listrik, pengganti radioisotop, pengganti tenaga mesin diesel dan dibentuk menjadi lebih kecil (*small compartment*). Aplikasi dari reaktor nuklir dalam bidang kelautan dan perkapalan dapat dikembangkan menjadi propulsi nuklir. Generasi reaktor nuklir telah melalui regenerasi, sehingga kini memiliki generasi keempat.. Generasi keempat ini memiliki inovasi yaitu kemampuan untuk mendukung produksi hidrogen lalu energi panas dapat diserap dan kemungkinan terjadinya desalinasi air sangat tinggi. Reaktor nuklir yang paling dikenal adalah PWR (*Pressurized Water Reactor*). Sistem teknologinya menggunakan reaktor air yang bertekanan dan memiliki fungsi sebagai sumber tenaga untuk memutar turbin utama yang menggerakkan baling-baling, motor elektrik, yang memiliki alih fungsi sebagai penghasil listrik dan dianjurkan untuk dilakukan pengisian baterai terlebih dahulu sebelum digunakan. Teknologi ini telah diaplikasikan pada kapal selam dan dinilai lebih unggul dibanding kapal selam yang bertenaga mesin diesel. Keunggulannya berada pada bahan bakar reaktor ini menggunakan uranium dapat digunakan selama 3 tahun.

Kapal pemecah es milik rusia ini kapal pemecah es pertama di dunia . Hal ini dilakukan

karena kapal akan menghasilkan tenaga yang lebih kuat dibanding dengan tenaga diesel, terlebih digunakan pada medan yang berat dan keterbatasan jangkauan.

Desain perancah nuklir ini dibuat dengan material *stainless steel 304*, *steel* dan *polyethylene*. Desain dibuat dengan bantuan perangkat lunak *Autodesk Fusion 360 (Student License)* dan menggunakan pendekatan kondisi aktual dalam sebuah pemodelan. Di Dalam pemodelan yang dilakukan pemilihan *meshing* yang dipilih adalah *meshing* tidak beraturan atau *unstructured mesh*. Selain itu dilakukan analisa tegangan, regangan, efisiensi dan pengaruh termal pada pemodelan dengan bantuan simulasi pada perangkat lunak yang sama.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1 Metode Elemen Hingga

Tahapan paling utama adalah tahap identifikasi yaitu mengumpulkan studi literatur dan bahan referensi untuk menguraikan dan menjelaskan berbagai teori dengan permasalahan yang sedang diteliti. Pada pembuatan *grid* atau *mesh* dan bisa disebut dengan *meshing* adalah proses membagi komponen yang akan dianalisa menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit (Budianto,2018). Pengidentifikasian permasalahan dapat dilakukan dengan menentukan permasalahan yang relevan yaitu analisis perancah reaktor nuklir pada kapal bertenaga nuklir dengan menggunakan metode elemen hingga. Setelah itu, memasuki tahap pengumpulan data.

Pengumpulan data ini dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer digunakan sebagai data utama yang berasal dari penelitian terdahulu yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya berbentuk jurnal. Sedangkan, data sekunder berisikan data pendukung yang didapatkan dari buku dan *website*.

Tahapan yang paling penting ialah tahap pengolahan data. Tahapan ini dimulai dari analisa struktur dengan membandingkan karakteristik yang dibuat dengan peraturan yang dibuat oleh ASME (*American Society of Mechanical Engineers*). Oleh karena itu, metode yang dipilih adalah metode elemen hingga dengan pendekatan hasil aktual dengan bantuan perangkat lunak yang mutakhir yaitu *Autodesk Fusion 360*. Langkah-langkah dasar yang harus dipahami adalah *processing phase*. Pada tahapan ini yang perlu diperhatikan adalah membuat dan menentukan daerah yang diselesaikan objeknya dan dianalisis menggunakan elemen hingga. Selanjutnya, membuat asumsi sebuah fungsi untuk menginterpretasikan karakteristik dari sebuah elemen yang bisa digunakan sebagai media pendekatan fungsi berkelanjutan dimana menggambarkan sebuah solusi dari elemen tersebut. Menyatukan persamaan-persamaan menjadi satu elemen. Elemen tersebut dijadikan satu guna menciptakan permasalahan. Dan membentuk matrik kekakuan global dan menerapkan kondisi awal, kondisi batas dan pembebanannya..

Tahapan selanjutnya adalah *solution phase*. Tahap pemecahan persamaan aljabar non-linier dan linier dalam waktu singkat dapat menghasilkan nodal-nodal.

Tahap paling akhir ialah *post processing*. Pada tahapan ini lanjutan dari tahap sebelumnya. Dalam tahap ini diperoleh nilai tegangan dan regangan dalam analisa statik. Mendapatkan hasil pengaruh termal dan disesuaikan oleh nilai yang diizinkan oleh ASME (*American Society of Mechanical Engineer*). Setelah itu dapat dilakukan perhitungan efisiensi tegangan dan regangan dengan material yang telah dipilih.

## 2.2 Perhitungan Perancah Nuklir

Penggunaan formula berupa rumus-rumus ini berdasarkan ASME Appendix 1, yakni sebagai berikut:

$$W = m \times g \quad (1)$$

$$P_D = P - P_W - P_A + P_{ATM} \quad (2)$$

Keterangan:

$W_{total}$  = berat keseluruhan

$M_{total}$  = massa keseluruhan

$G$  = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$P_D$  = Tekanan pada diferensial eksternal

$P$  = Tekanan pada air laut

$P_W$  = Tekanan air pada perancah

$P_A$  = Tekanan udara pada perancah

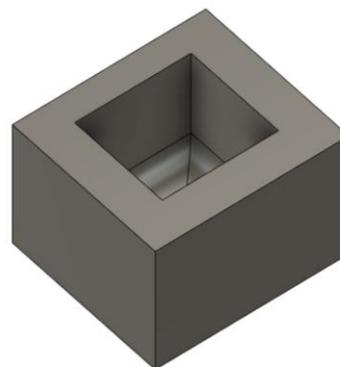
$P_{ATM}$  = Tekanan pada atmosfer

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

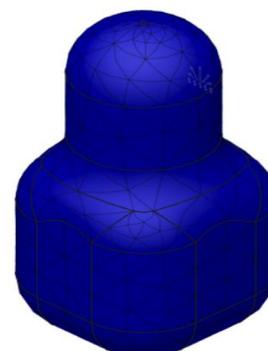
### 3.1 Pengumpulan Data

Data lingkungan sebagai acuan dari data tersebut, karena dibutuhkan data utama yang merupakan data paling penting bagi penulis untuk melakukan penyusunan tugas akhir. Data yang dimaksud dapat berupa desain terdahulu dari jurnal *Nuclear Engineering and Design*. Selain itu diperlukan pula data tambahan guna untuk melengkapi dan menunjang penyusunan tugas akhir yang penulis dapatkan dari jurnal, skripsi dan tesis. Perancah Reaktor Nuklir adalah berbentuk silinder horizontal dengan ujung hemisferis memiliki diameter luar 35 feet dan panjang 50 feet. Volume perancah adalah sekitar 40.000 kaki kubik.

### 3.2 Konsep Desain



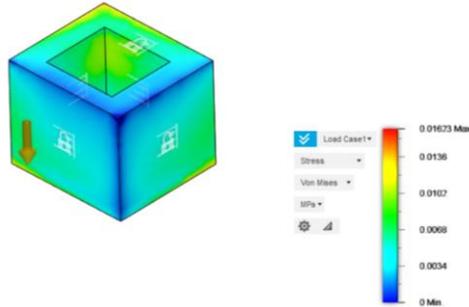
Gambar 1. Pemodelan Perancah Nuklir Reaktor



Gambar 2. Pemodelan Reaktor Nuklir Sederhana

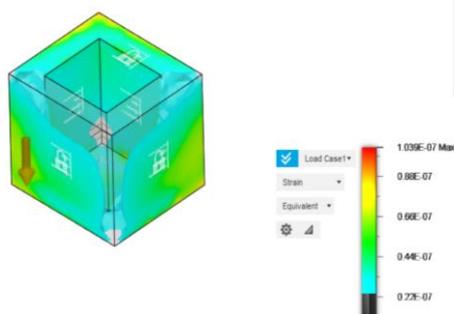
### 3.3 Hasil Analisa Perancah Nuklir

Gambar dibawah ini merupakan hasil analisis regangan dan tegangan beserta pengaruh akan kondisi termal menggunakan *software* Fusion 360.

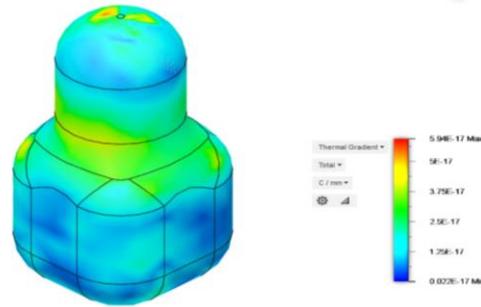


Gambar 3. Analisa Stress Perancah Reaktor Nuklir

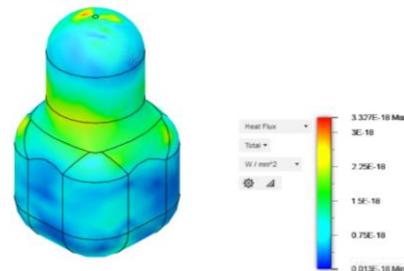
Hasil simulasi dari ruang kerja yang dihasilkan dari *Autodesk Fusion 360* adalah tegangan atau biasa disebut *stress*. Nilai tegangan maksimum pada perancah reaktor nuklir didapatkan hasil sebesar 0.01623 Mpa. Dan hasil analisis untuk nilai minimum didapatkan senilai 0.0034 Mpa. Penyusunan tugas akhir ini pada bagian ini akan membahas mengenai regangan pada pemodelan perancah reaktor nuklir. Dimana variabel keluaran regangan ini didapat seperti tegangan yakni dengan bantuan perangkat lunak *Autodesk Fusion 360 (Education Lisence)*. Pada perancah reaktor nuklir diperoleh nilai regangan maksimum sebesar 1.039E-07 MPa dan nilai regangan minimum sebesar 0,22E-07 MPa.



Gambar 4. Analisa Strain Perancah Reaktor Nuklir



Gambar 5. Analisa Thermal Gradient Perancah Reaktor Nuklir



Gambar 6. Analisa Heat Flux Perancah Reaktor Nuklir

Pengaruh termal pada reaktor nuklir sederhana ini dimodelkan seperti dibawah ini dan pengaruh *thermal gradient* yang didapatkan adalah sebesar 5.94E-17 MPa. Sedangkan nilai *thermal gradient* minimum yang didapatkan adalah 0.022E-17 MPa. Pengaruh *heat flux* yang didapatkan adalah sebesar 3.327-18 MPa. Sedangkan nilai minimum yang didapatkan adalah 0.013E-18 MPa.

Tabel 1. Material Properties

Material Properties	Value
Density	8E-08 kg/mm <sup>3</sup>
Young Modulus	195 GPa
Poisson Ratio	0.29
Yield Strength	215 MPa
Ultimate Tensile Strength	505 MPa
Thermal Conductivity	0.0161 W/(mmC)
Thermal Expansion	1.73E-05/C
Specific Heat	500J/(kg C)

### 3.4 Perhitungan Perancah Nuklir

#### 1. Beban

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} &= m_{\text{total}} \times g \\
 &= 500 \times 9,81 \\
 &\approx 4.90\text{N}
 \end{aligned}$$

#### 2. Tekanan

$$\begin{aligned}
 P_D &= P - P_W - P_A + P_{\text{ATM}} \\
 &= 1.45 - 66.7 - 35.5 + 14,659 \\
 &= -1,005 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini didapatkan melalui analisis yang dibantu oleh perangkat lunak *Autodesk Fusion 360*, maka dari analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh *heat flux* yang didapatkan adalah sebesar 3.327-18 MPa. Sedangkan nilai minimum yang didapatkan adalah 0.013E-18 MPa. Pengaruh *thermal gradient* yang didapatkan adalah sebesar 5.94E-17 MPa. Sedangkan nilai *thermal gradient* minimum yang didapatkan adalah 0.022E-17 MPa.
2. Nilai tegangan maksimum yang didapatkan dari hasil analisis perancah Reaktor Nuklir pada kapal bertenaga nuklir ini adalah sebesar 0.01623 MPa, sedangkan untuk nilai minimum didapatkan senilai 0.0034 MPa. Berdasarkan hasil analisis perangkat lunak juga didapatkan hasil regangan maksimum yang didapatkan sebesar 1.039E-07 MPa dan nilai regangan minimum sebesar 0,22E-07 MPa.
3. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka mendapatkan hasil berupa efektifitas tegangan dan regangan dari nilai yang dikalkulasikan melalui hasil analisis dari perangkat lunak dan mendapat hasil akhir sebesar 4,77%. Efektifitas ini dianggap tidak berhasil karena tidak memenuhi nilai yang telah diizinkan.

#### 5. TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih penulis sampaikan kepada Orang tua penulis semua dukungan yang diberikan kepada penulis. Bapak Budianto, S.T.,M.T. dan Ibu Renanda Nia Rachmadita ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang berkenan memberikan bimbingan, saran, arahan, dan pengetahuan baru kepada penulis. Semua teman seperjuangan Teknik Desain dan Manufaktur 2016 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

#### 6. PUSTAKA

- [1] Budianto et al. (2018). *Strength Analysis on Ship Ladder using Finite Element Method*. Journal of Physics. Vol.2, pp.6.
- [2] Beer, John T. DeWolf. (2004). *Mechanics of Materials*. McGraw Hill Companies, Inc, New York.
- [3] Roylance, David. (2008). *Mechanical Properties of Materials*. MIT, Cambridge.