

ANALISIS STATIK SUPPORT PEMEGANG SUMBER PADA PROTOTIP PENCITRAAN PETI KEMAS MENGGUNAKAN ANSYS

Muhammad Awwaluddin, Edy Purwanta
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN
E-mail : muhammad.awwaluddin@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS STATIK SUPPORT PEMEGANG SUMBER PADA PROTOTIP PENCITRAAN PETI KEMAS MENGGUNAKAN ANSYS, Support atau Rangka pemegang sumber ^{137}Cs 250 mC merupakan bagian penting dari prototip Pencitraan Peti kemas yang berfungsi sebagai peyangga sumber yang berbentuk batang. Dengan peranan yang sangat penting ini, maka diperlukan perancangan yang baik. Salah satu yang perlu diperhatikan adalah kekuatan, dimana support menerima beban dari shielding sumber yang dibuat dengan Pb sebesar 93 N. Dalam analisis ini ditetapkan kondisi operasional saat posisi shielding tegak lurus kebawah, dikarenakan beban maksimum terjadi pada kondisi operasional tersebut. Proses analisis statik struktur rangka dilakukan melalui simulasi dalam software Analysis. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui tegangan maksimum dan peralihan/deformasi maksimum dari struktur akibat pembebanan shielding. Dari hasil analisis diperoleh tegangan maksimum sebesar $1,0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ lebih kecil dari tegangan ijin sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan juga didapatkan peralihan/ deformasi sebesar 0,000033906 mm dengan deformasi yang diijinkan sebesar 4,942 mm. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain yang dibuat telah memenuhi kriteria keamanan dan keselamatan.

Kata kunci : Analisis statik, Pencitraan Peti kemas, Tegangan Von misses, Peralihan, Deformasi.

ABSTRACT

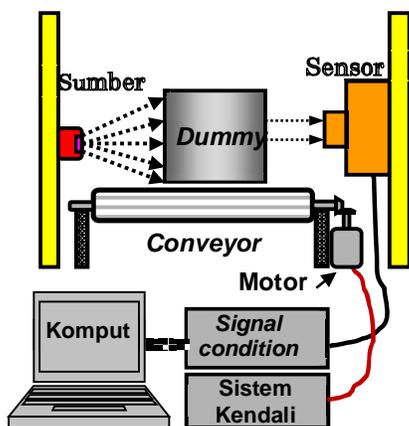
STATIC ANALYSIS OF SOURCE HOLDER SUPPORT IN A CONTAINER IMAGING PROTOTYPE USING ANSYS. ^{137}Cs 250 mCi source holder or support is an important part of the prototipe of Imaging Container which serves as a support of source rods. Therefore, a good design and analysis is needed. One that needs to be considered is the strength, in order to be able to receives a load of source shielding made with Pb at 93 N. This analysis is focused on operational conditions when shielding position upright down , because the maximum load occurs at this condition. The static analysis is performed through structure simulation framework in Analysis software . The purpose of this analysis is to determine the maximum stress and shift / maximum deformation of the structure due to the load of shielding. Analysis result shows that a maximum stress which is $1.0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ less than allowable stress is $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ and also shift / deformation is 0.000033906 mm with allowable deformation which is 4,942 mm. The showed that the design has met the security and safety criteria result.

Keywords : Static analysis , imaging Container , Von misses stress , shifting , Deformation .

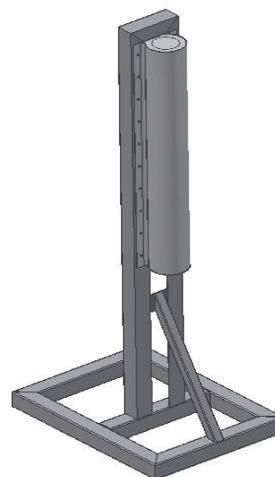
1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi nuklir dalam dunia industri semakin meningkat terutama untuk pencitraan benda yang berada dalam peti kemas. Di Bea Cukai pelabuhan, proses pemeriksaan barang barang yang berada dalam peti kemas dapat dilakukan secara otomatis menggunakan Portal Monitor buatan PRFN-BATAN^[1]. Portal monitor seperti ditunjukkan pada gambar 1 terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: sumber sinar gamma dan kolimator, detektor *line scan* kamera, sistem mekanik yang terdiri dari

dummy, *conveyor*, dan *support*, sistem kendali *conveyor* dan sistem data akuisisi terkomputerisasi^[2]. Sumber sinar gamma adalah ¹³⁷Cs dengan dengan aktivitas 250 mili Curie yang ditempatkan dalam sebuah kolimator. Posisi penempatan sumber sejajar dengan detektor dan peti kemas yang akan dicitrakan berada di antaranya. Sumber dan kolimator ditempatkan pada rangka dudukan yang dapat dilihat pada gambar 2. Dalam penelitian ini akan dianalisis bagian rangka pemegang sumber ¹³⁷Cs untuk mengetahui tegangan statik maksimal yang mampu diterima oleh rangka serta peralihan/ deformasi maksimal sehingga dapat diketahui faktor keamanan dan efisiensi desain rangkanya.



Gambar 1. Prototipe portal monitor^[2]



Gambar 2. Detail rangka pemegang Sumber

1.1. TEORI

1.1.1. Faktor Keamanan

Kekuatan sebenarnya dari suatu struktur haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (n)^[3].

$$\text{Faktor keamanan } (n) = \frac{\text{Kekuatan sebenarnya}}{\text{Kekuatan yang dibutuhkan}} \dots\dots\dots (1)$$

Faktor keamanan haruslah lebih besar daripada 1,0 untuk menghindari kegagalan. Tergantung pada keadaan, maka faktor keamanan yang harganya sedikit di atas 1,0 hingga 10 yang dipergunakan. Mengikutsertakan faktor keamanan ke dalam desain bukanlah suatu hal yang sederhana, karena baik kekuatan dan kegagalan memiliki berbagai macam arti. Kegagalan dapat berarti patah atau rusak sama sekali pada suatu struktur. Penentuan faktor keamanan memperhitungkan kemungkinan pembebanan yang melampaui batas (*overloading*) dari suatu struktur baik dari pembebanan statik maupun pembebanan dinamik secara berulang, serta kemungkinan kegagalan akibat kelelahan struktur (*fatigue failure*) dan lain-lain.

Apabila faktor keamanan sangat rendah, maka kemungkinan kegagalan akan menjadi tinggi dan karena itu desain strukturnya tidak diterima. Sebaliknya jika faktor keamanan sangat besar, maka strukturnya akan menjadi boros bahan dan kemungkinan tidak sesuai dengan fungsinya misalnya menjadi sangat berat.

1.1.2. Hubungan Tegangan dan Regangan^[4]

Dalam sebuah perancangan, yang perlu diperhatikan adalah keadaan material pada saat hasil rancangan dioperasikan. Untuk mengetahuinya maka perlu diketahui karakteristik material yang digunakan dengan cara melakukan uji material seperti uji tarik (*Tensile Test*). Uji tarik adalah suatu *test* secara terus menerus dengan menambahkan beban pada suatu material yang akan diteliti dan mencatat berapa besar beban dan elongasi yang terjadi pada material sampai material tersebut patah^[7]. Tegangan yang terjadi dihitung dengan membagi besar beban yang terjadi dengan *cross-sectional area* (luas penampang) dari material yang diuji. Besar elongasi atau regangan dapat diketahui dengan membagi perubahan panjang yang terjadi akibat penambahan beban dengan panjang mula-mula material.

1.1.3. Teori Von Mises

Von Mises (1913) menyatakan bahwa akan terjadi luluh bilamana tegangan normal itu tidak tergantung dari orientasi atau sudut θ (*invariant*) kedua *deviator* tegangan J_2 melampaui harga kritis tertentu^[5].

$$J_2 = k^2 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan J adalah yield untuk kondisi Von-Mises (N/m^2) dan k adalah tegangan luluh bahan pada geser murni (N/m^2) dimana:

$$J_2 = 1/6[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \dots\dots\dots (3)$$

Dimana: σ adalah tegangan tarik bahan (N/m^2). Untuk mengevaluasi tetapan k dan menghubungkannya dengan tegangan luluh dalam uji tarik uniaksial akan terjadi bila $\sigma_1 = \sigma_0$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ sehingga didapatkan bentuk kriteria luluh Von Mises

$$\sigma_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

Dari persamaan (4) dapat dilihat bahwa luluh akan terjadi bilamana selisih tegangan pada sisi kanan persamaan melampaui tegangan luluh dalam uji tarik uniaksial σ_0 . Untuk mengidentifikasi tetapan k dalam persamaan (2), perhatikan keadaan tegangan dalam geser murni, seperti dalam uji puntir. $\sigma_1 = -\sigma_3 = \tau$, dan $\sigma_2 = 0$ pada luluh dimana:

$$\sigma_1^2 + \sigma_1^2 + 4\sigma_1^2 = 6k^2 \dots\dots\dots (5)$$

Sehingga $\sigma_1 = k$, maka k menggambarkan tegangan luluh dalam keadaan geser murni (puntir). Karena itu kriteria Von Mises meramalkan bahwa tegangan luluh pada puntiran akan lebih kecil dari pada dalam penegangan uniaksial, sesuai dengan:

$$k = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_0 = 0,577 \sigma_0 \dots\dots\dots (6)$$

Kriteria luluh Von Mises mengisyaratkan bahwa luluh tidak tergantung pada tegangan normal atau tegangan geser tertentu, melainkan tergantung dari fungsi ketiga harga tegangan geser utama. Karena kriteria luluh didasarkan atas selisih tegangan normal, $\sigma_1 - \sigma_2$, dan sebagainya maka kriteria tersebut tidak tergantung pada komponen tegangan hidrostatik. Karena kriteria luluh von mises melibatkan suku pangkat dua, hasilnya tidak tergantung dari tanda tegangan individual.

Semula Von Mises mengusulkan kriteria ini karena matematikanya sederhana. Setelah itu, ahli lainnya berusaha untuk memberikan arti fisik. Hencky (1924) menunjukkan bahwa persamaan (4) setara dengan perumpamaan bahwa luluh itu terjadi bilamana energi distorsi mencapai suatu harga kritis. Energi distorsi adalah bagian energi

regangan total per volume satuan yang diperlukan untuk perubahan bentuk yang berlainan dengan energi perubahan volume.

1.1.4. **High-Strength Low-Alloy Steels (HSLA)**

HSLA adalah salah satu baja yang sering digunakan secara umum dalam dunia konstruksi karena harganya yang murah dan unggul dalam pengelasannya serta kemudahan dalam proses *machining*. HSLA tersedia dalam pelat, lembaran, profil, dll. HSLA mempunyai densitas = $7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, *Tensile yield Strength* = $2,5\text{E}+08\text{(Pa)}$, *Young's Modulus* = $2\text{E}+11\text{(Pa)}$, *Compressive Yeild Strength* = $2,5\text{E}+08\text{(Pa)}$, *Tensile Ultimate strength* = $4,6\text{E}+08\text{(Pa)}$ dan *Poisson's ratio* 0.3. Komposisi kimia dari HSLA A709 (*Strustural Steel*) sesuai Tabel ASTM adalah *Vanadium* (v), Nb, *Cromium* (Cr), N, Ni, serta *molibdenum* (Mo)^[6].

1.1.5. **Teori Metode Elemen Hingga**

Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method* (FEM) atau Analisa Elemen Hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA), adalah dasar pemikiran dari suatu bangunan bentuk-bentuk kompleks dengan blok-blok sederhana atau membagi objek yang kompleks kedalam bagian-bagian kecil yang teratur. Penggunaan metode elemen hingga terdiri dari beberapa analisa :^[7]

- a. Analisa Perancangan adalah perhitungan sederhana, serta simulasi komputer
- b. *Finite Element Method* atau *Finite Element Analysis* adalah metode simulasi komputer yang paling banyak diaplikasikan dalam *engineering*.
- c. Penggunaan dari aplikasi CAD atau CAM

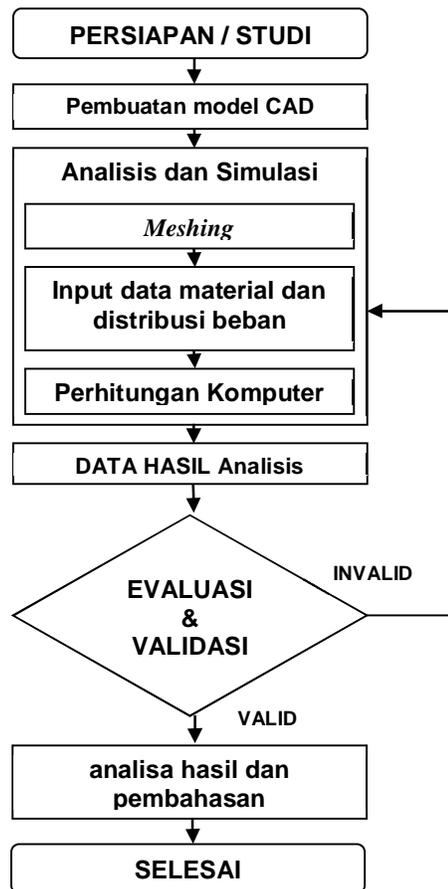
Aplikasi metode elemen hingga dalam engineering adalah untuk: *Mechanical / Aerospace/ Civil/ Automobile Engineering, Structure analysis (Static/ dynamic, linear/ nonlinear), Thermal/ fluid flows, Electromagnetics, Geomechanics, Biomechanics*. Sedangkan prosedur analisa menggunakan metode elemen hingga adalah sebagai berikut:

- a. Membagi struktur kedalam bagian-bagian kecil (elemen dengan *nodes*)
- b. Menjelaskan sifat fisik dari tiap-tiap elemen, semakin rumit bentuk geometri, kemudian banyak interaksi bebannya, penerapan *constrain*, serta sifat materialnya berbeda, maka model matematika yang bisa mewakili permasalahan tersebut semakin sulit.
- c. Menghubungkan atau merangkai elemen-elemen pada *nodes* untuk membentuk rekaan persamaan sistem dari keseluruhan struktur
- d. Menyelesaikan persamaan sistem dengan melibatkan kuantitas yang tidak diketahui pada nodal, misalnya pergeseran
- e. Menghitung kuantitas yang diinginkan (regangan dan tekanan) pada elemen-elemen yang dipilih.

Dalam analisis sebagian besar dapat diperlakukan dalam analisis *static linier* yang didasarkan pada asumsi sebagai berikut: *Small Deformation* (perubahan yang terjadi sangat kecil), *Elastic Material*, *Static Loads*. analisa linier menyediakan banyak informasi tentang perilaku suatu struktur dan merupakan yang baik untuk beberapa analisa karena mempertimbangkan suatu elemen penuh pada prismatic.

2. METODOLOGI

Kegiatan penelitian ini dirancang dengan metode sebagai berikut: Persiapan/ Studi yaitu dilakukan dengan membaca literatur berkaitan penelitian dan metode yang digunakan. Pembuatan model CAD rangka dilakukan menggunakan *software inventor*. Analisis dan simulasi dilakukan menggunakan *Software Ansys* dengan cara meng-import CAD ke *software Ansys* untuk kemudian dilakukan proses *meshing* (membagi model kedalam elemen-elemen), selanjutnya diinputkan properti material HSLA dan pemberian pembebanan serta *support/constrain* sesuai dengan kondisi *real* untuk selanjutnya proses perhitungan tegangan yang ditimbulkan akibat pembebanan, *safety factor* dan deformasi dilakukan dalam *software Ansys*. Prosesnya menggunakan analisis *static structural* dan data yang dihasilkan berupa *Equivalen Stress (von-mises)*, *Safety Factor*, *Deformation*. Setelah itu hasilnya dianalisis. Diagram alir dari proses ini ditunjukkan pada gambar 3.



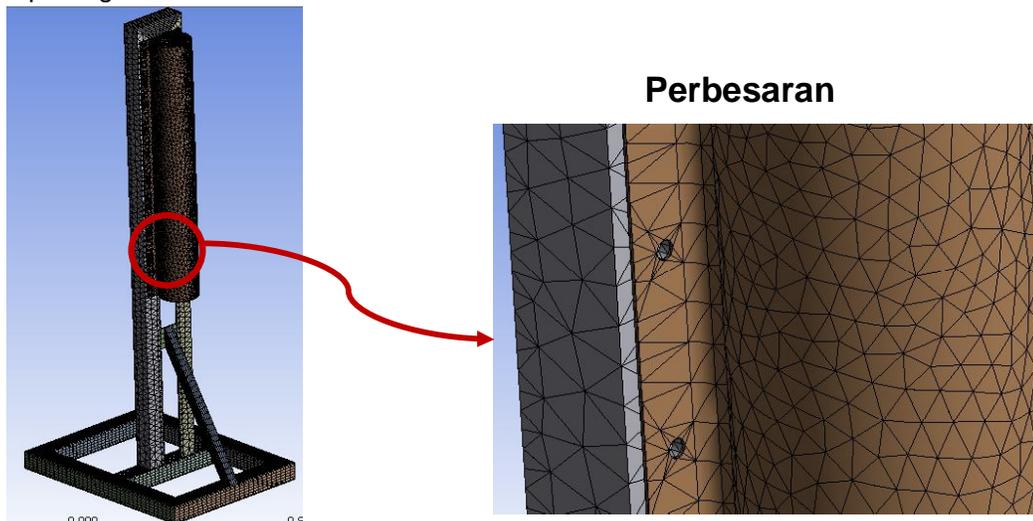
Gambar 3. Diagram alir Proses Analisis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Meshing

Meshing adalah proses membagi geometri model solid menjadi elemen-elemen dan setiap elemen mempunyai node. Setiap node mempunyai derajat kebebasan dimana gaya akan terdistribusi ke setiap elemen. Semakin banyak *node* maka hasilnya semakin mendekati kondisi aslinya, namun perlu diperhatikan kemampuan komputer yang digunakan untuk melakukan analisis, karena dengan bertambahnya *node* diperlukan

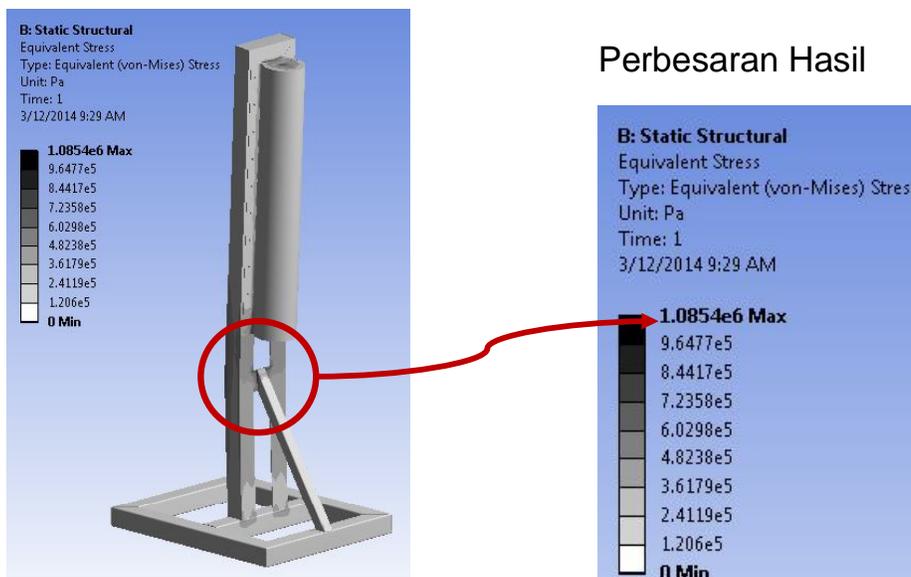
perhitungan yang semakin banyak sehingga membutuhkan spesifikasi komputer yang tinggi. Hasil *meshing* pada analisis ini terdiri dari 132182 *node* 43947 elemen, dan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. hasil meshing

3.2. Hasil analisis tegangan maksimum (von mises stress)

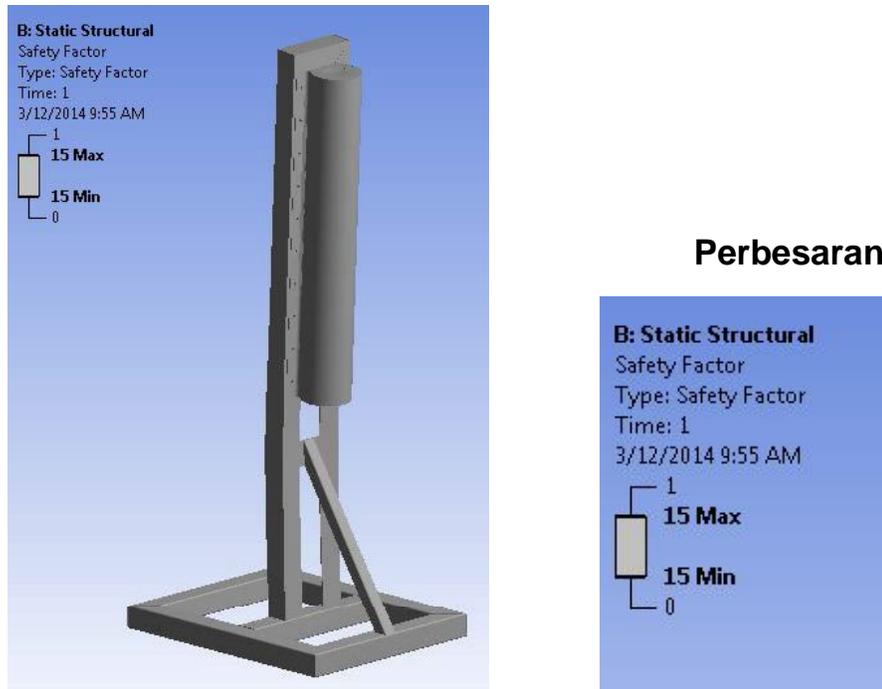
Tegangan maksimum dalam hal ini *Equivalent Stress (von-Mises)* yang terjadi adalah sebesar $1,0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ seperti terlihat pada gambar 5, sehingga struktur tersebut dapat dikatakan aman karena masih di bawah tegangan maksimum yang diijinkan material yaitu sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.



Gambar 5. Hasil analisis tegangan maksimum

3.3. Hasil Analisis Safety Factor

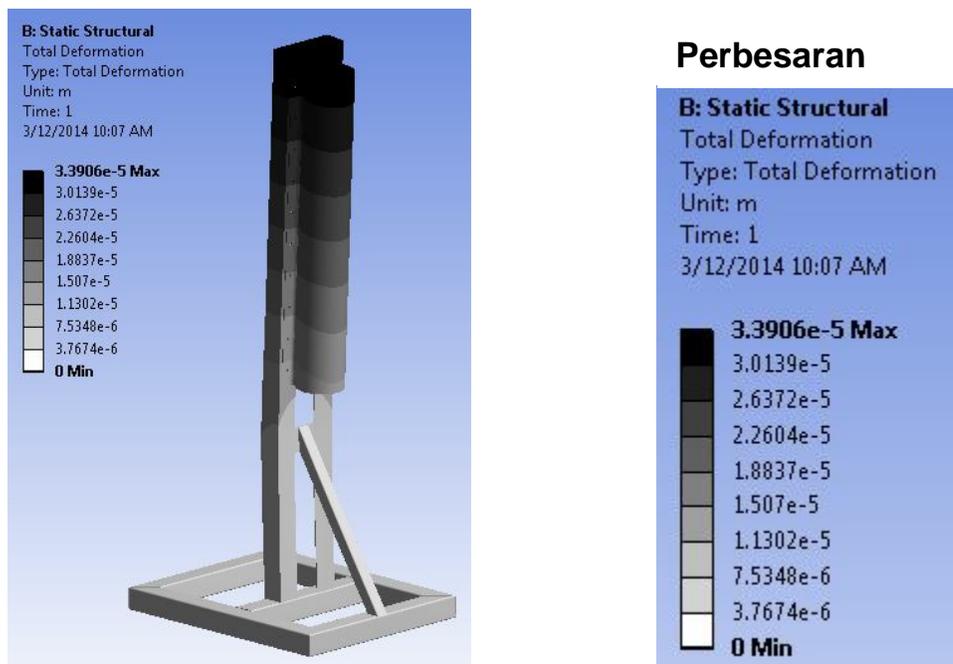
Safety Factor Tegangan maksimum dalam hal ini *Equivalent Stress (von-Mises)* yang terjadi adalah minimum 15 dan maksimum 15 dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 6. Dalam hal ini desain dapat dikatakan sangat aman untuk digunakan.



Gambar 6. Hasil analisis *safety factor*

3.4. Hasil Analisis Peralihan / Deformasi maksimum

Dari hasil analisis didapatkan peralihan/deformasi maksimum sebesar 0,000033906 mm seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil analisis Peralihan / Deformasi

3.5. Rangkuman hasil simulasi.

Hasil analisis struktur menggunakan *software* Ansys dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. Rangkuman hasil simulasi dengan *software* analisis

No	Hasil Analisis	Pembebanan	Deformasi	Nilai Batas
1	Tegangan Maksimum (<i>Equivalent von-mises stress</i>)	93 N	$1,0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	$2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
2	<i>Safety Factor</i>	93 N	15 (Min and Max)	1 - 10
3	Peralihan/ <i>Deformation</i>	93 N	0,000033906 mm	4,942 mm

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Desain *support* atau rangka pemegang sumber ^{137}Cs 250 mC yang digunakan pada perangkat Portal Monitor Pencitraan Peti kemas dengan pembebanan 93 N memenuhi kriteria aman karena tegangan yang ditimbulkan sebesar $1,0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ masih jauh di bawah tegangan yang diijinkan sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.
2. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa *Safety Factor* minimal dan maksimal 15 sehingga memungkinkan untuk memperkecil struktur hingga *safety factor* berada antara 1 sampai 10 yang berdampak pada penghematan biaya produksi struktur.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KHAIRUL HANDONO, dkk, *Rancang Bangun Sistem Kendali Conveyor pada Protipe Monitor Peti Kemas Dengan Teknik Serapan Sinar Gama*, Prosiding PPI, PTAPB-BATAN Yogyakarta, 2011.
- [2] KHAIRUL HANDONO, YULIAN ALVANO, A. FITRI DIAN, *Karakterisasi Prototipe Portal Monitor Menggunakan Sumber ^{137}Cs 250 mCurie*.
- [3] JAMES M. GERE, STEPHEN P. TIMOSHENKO., *Mekanika bahan*, edisi kedua versi SI., Alih bahasa Hans J. Wospakrik Institut Teknologi Bandung 1996.
- [4] PRIMIS HILL, MCGRAW, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, Eighth edition, Budynas-nisbett. 2005.
- [5] MOAVENI, Saeed.(2008) *Finite Element Analisis: Theory And Application With ANSYS*. Pearson Prentice Hall : United States of America.
- [6] *American Standard Testing and Material (ASTM)*, 2013
- [7] C.S. DESAI SRI JATNO WIRJOSOEDIRJO., *Dasar-dasar Metode Elemen Hingga*, Erlangga, Jakarta, 1996.