

# ANALISIS STATIK TOTE IRADIATOR GAMMA

Muhammad Subhan, Ari Satmoko  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN  
E-mail: [m.subhan@batan.go.id](mailto:m.subhan@batan.go.id)

## ABSTRAK

ANALISIS STATIK TOTE IRADIATOR GAMMA. Sebelum masuk keruang iradiasi tote akan berada di tempat *loading-unloading*, di tempat inilah tote akan di isi oleh produk. Dari hasil perhitungan diperoleh massa maksimum produk pada densitas 0,6 [gr/cc] adalah 130 [kg]. Untuk mengetahui kemampuan tote menahan beban akibat produk yang diletakkan di atasnya maka dibutuhkan kekuatan analisis tote. Selain itu diperlukan juga analisis terhadap frame bagian bawah tote yang berfungsi sebagai tempat tumbukan pneumatik. Analisis ini dilakukan agar ketika tote *stuck* dirak iradiasi yaitu pada saat tote didorong oleh pneumatik kita bisa mengetahui kekuatan strukturnya. Analisis dilakukan dengan menggunakan software solidwork, analisis tersebut menggunakan 2 gaya yang bekerja pada tote yaitu gaya akibat produk sebesar 1519 N dan gaya akibat tumbukan pneumatik sebesar 1178 N. Hasilnya diperoleh bahwa tegangan maksimal yang terjadi adalah  $1.1232e+007$  [N/m<sup>2</sup>] sedangkan tegangan izinya adalah  $1.6544e+007$  [N/m<sup>2</sup>]. Karena tegangan yang terjadi masih dibawah tegangan izin, maka kekuatan struktur tote masih dikatakan relatif aman.

*Kata Kunci : tote, berat maksimal produk, gaya dorong pneumatik, hasil tegangan tarik.*

## ABSTRACT

STATIC ANALYSIS OF GAMMA IRRADIATOR TOTE. Before entering the room irradiation tote will be in place of *loading-unloading*, this is where the tote will be filled by the product. From the calculation result obtained the maximum mass of product at density 0,6 [gr/cc] is 130 [kg]. To know the capability of the tote bearing the load due to the product placed on it then it takes the power of tote analysis. In addition it is also required analysis of the bottom frame of the tote that serves as a place of pneumatic collision. This analysis is done so that when the tote stuck on the irradiated shelf that is when the tote is driven by pneumatics we can know the strength of the structure. The analysis is done by using solidwork software, the analysis used 2 styles that worked on the tote, ie the product-effect force of 1519 N and the force due to a pneumatic collision of 1178 N. The result obtained that the maximum stress that occurs is  $1.1232e+007$  [N/m<sup>2</sup>] while the permit stress is  $1.6544e+007$  [N/m<sup>2</sup>]. Because the stress material is still below the permit material stress, the strength of the tote structure is still relatively safe.

*Keywords : tote, maximum weight of product, pneumatic thrust force, result of tensile stress.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini BATAN sedang mengembangkan iradiator gamma untuk melayani proses pengawetan produk industri dan pangan, yang saat ini telah dibangun di kawasan PUSPIPEK Serpong. Instalasi iradiator tersebut merupakan kategori IV di mana sumber radioaktif disimpan di dalam kolam air pada saat tidak digunakan<sup>[1]</sup>. Disain iradiator mengacu pada iradiator yang dikembangkan oleh Izotop Hungaria<sup>[2]</sup>. Salah satu disain tersebut adalah disain mekanik yang mencakup proses *loading-unloading* produk, dimana sebelum di iradiasi produk dikemas dan dimasukkan kedalam

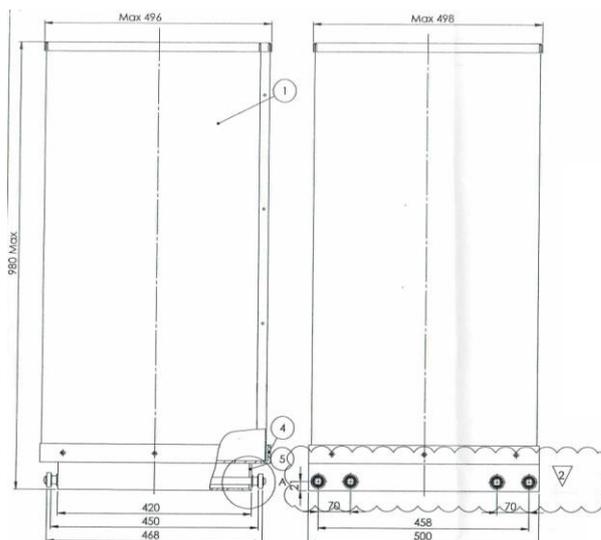
tote yang berukuran 980 mm x 496 mm x 498 mm<sup>[3]</sup>. Produk tersebut harus dipastikan dalam keadaan terbungkus rapi sebelum dimasukkan kedalam tote agar ketika di iradiasi produk tidak berantakan.

Dinding tote terbuat dari plat alumunium dengan ketebalan 2 mm yang ditebuk kemudian disambung antar bagiannya dengan paku keling. Kapasitas ruang volume tote adalah sekitar 0,22 m<sup>3</sup> dengan kapasitas maximal beban tote adalah sekitar 130 [kg]. Permukaan dasar tote harus mampu menahan beban aksial akibat berat produk yang berada di dalam tote. Agar tidak terjadi masalah pada permukaan dasar tote pada saat proses *loading-unloading* maupun pada saat tote bergerak diatas rel menuju ruang iradiasi maka diperlukan analisis terhadap tote. Bagian tote yang di analisis adalah plat permukaan bawah tote yang berfungsi sebagai wadah produk. Selain itu perlu juga dilakukan analisis terhadap frame bagian bawah tote yang berfungsi sebagai tempat tumbukan pneumatik untuk mendorong tote. Analisis ini dilakukan agar ketika tote *stuck* dirak iradiasi pada saat akan didorong oleh pneumatik kita bisa mengetahui kekuatan strukturnya. Analisis ini menggunakan software SolidWork, dengan analisis ini diharapkan dapat diketahui tingkat keamanan strukturnya.

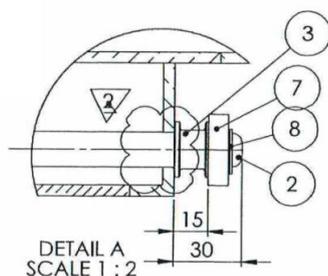
## 1.1 DASAR TEORI

### 1.1.1 Nama Bagian Tote

Tote adalah wadah yang berbentuk seperti balok berongga yang berfungsi untuk meletakkan produk yang akan di iradiasi. Tote terdiri dari beberapa bagian utama yaitu dinding tote yang terbuat dari alumunium, poros yang terbuat dari *stainless steel*, *bearing* dan *spacer* (pembatas antara dinding tote dengan *bearing*). Secara lengkap bagian-bagian tote ditunjukkan pada gambar 1, bagian detail roda ditunjukkan pada gambar 2, sedangkan nama bagiannya ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 1. Bagian tote



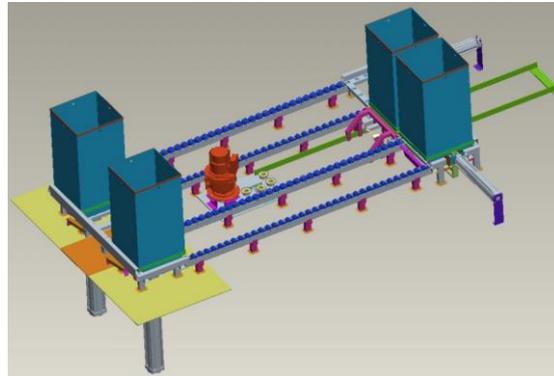
Gambar 2. Detail roda tote

Tabel 1. Nama bagian tote

No	Nama Bagian	Material	Jumlah
1	<i>Tote box side wall</i>	AL	2
2	<i>Tote box Shaft</i>	SS	4
3	<i>Spacer</i>	Brass	8
4	<i>Tote box L profile</i> 80x40x5x500	AL	4
5	<i>Tote box L profile</i> 60x40x5x500	AL	2
6	<i>Tote box L profile</i> 60x40x5x420	AL	2
7	<i>Bearing SKF 6002</i>	By Vendor	8
8	<i>Retaining ring for shaft</i>		8

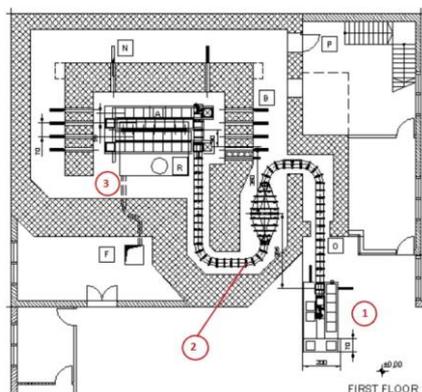
### 1.1.2 Prinsip Kerja Tote

Tempat untuk memasukan dan mengeluarkan produk kedalam tote disebut sebagai tempat *loading-unloading*, tempat *loading-unloading* ditunjukkan pada gambar 3. Di tempat tersebut terdapat 2 sistem pneumatik yang berfungsi untuk mendorong dan menurunkan plat alas tote. Ketinggian plat tersebut dapat diatur ketinggiannya sesuai dengan ketinggian yang dibutuhkan. Pengaturan ketinggian plat berfungsi untuk memudahkan operator dalam memasukan dan mengeluarkan produk.



Gambar 3. Tempat *loading-unloading* [2]

Tote yang masih dalam keadaan kosong akan di isi produk secara manual oleh operator di tempat *loading-unloading*. Setelah tote terisi produk, tote digerakkan oleh sistem pneumatik bergerak menuju *box car*. Setelah tote berada diatas *box car*, kemudian *box car* akan bergerak menuju ruang iradiasi melalui jalur rel yang pergerakannya digerakan oleh motor listrik. Selama di ruang iradiasi pergerakan tote digerakan oleh sistem pneumatik yang bergerak secara simultan menggerakkan tote secara terus menerus sampai tote kembali ke atas *box car*. Alur pergerakan tote mulai dari tempat *loading-unloading* sampai pada ruang iradiasi ditunjukkan pada gambar 4.

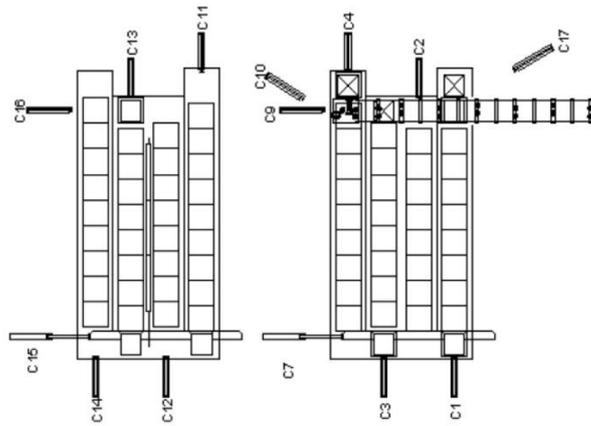


- Keterangan
1. Tempat *loading-unloading*
  2. Jalur rel (ruang antara tempat *loading-unloading* dan ruang iradiasi)
  3. Ruang iradiasi produk

Gambar 4. Tata letak ruang iradiasi [2]

### 1.1.3 Prinsip Kerja Pneumatik

Produk yang sudah dikemas dimasukan ke dalam tote, tote tersebut berada ditempat *loading-unloading* . Kemudian tote tersebut bergerak diatas rel menuju ruang iradiasi. Setelah sampai diruang iradiasi tote masuk kedalam rak iradiasi. Simulasi pergerakan pneumatik ditunjukkan pada gambar 5 sedangkan irama pergerakan pneumatik ditunjukkan pada tabel 2.



Gambar. 5 Tata letak pneumatik diruang iradiasi

Tabel.2 Irama Pergerakan Pneumatik Berdasarkan Penomoran Tiap Silinder [9]

Nama Silinder	Siklus ke-1	Siklus ke-2	Siklus ke-3	Siklus ke-4	Siklus ke-5	Siklus ke-6	Kembali ke posisi start
	Start	Posisi					
C1	maju	mundur					
C2			maju	mundur			
C3	maju	mundur					
C4			maju	mundur			
C7		mundur		maju			
C9		maju		mundur			
C10		mundur		maju			
C11			maju	mundur			
C12					mundur	mundur	
C13			maju	mundur			
C14					maju	mundur	
C15		maju		mundur			
C16		mundur		maju			
C17		mundur		maju			

### 1.1.3 Teori Tegangan dan Regangan [4]

Dalam sebuah analisis, 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<sup>[8]</sup>. Tegangan yang terjadi dihitung dengan membagi besar beban yang terjadi dengan *cross-sectional area* (luas penampang) dari material yang diuji. Kemudian berdasarkan definisi tegangan normal, maka tegangan yang berlaku tegak lurus pada potongan tersebut dapat diterjemahkan menjadi persamaan 1 :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1) \text{ [5]}$$

dengan :

- $\sigma$  = tegangan normal [Newton/ m<sup>2</sup>]
- P = Gaya [Newton]
- A = Luas [m<sup>2</sup>]

Sedangkan untuk mencari massa maksimal tote, menggunakan persamaan 2 :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$\rho$  = Massa jenis      [kg/m<sup>3</sup>]  
 $m$  = massa              [kg]  
 $V$  = volume              [m<sup>3</sup>]

#### 1.1.4 Pemodelan Elemen Hingga

Setelah mengetahui kondisi-kondisi dasar yang perlu diketahui dalam melakukan analisis struktur, hal lain yang perlu dilakukan kemudian adalah pembuatan model itu sendiri. Pada saat ini pemodelan elemen hingga telah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak dan komputer. Walaupun telah dimudahkan dengan piranti lunak tersebut tetapi tetap ada beberapa langkah yang harus dilakukan dalam melakukan pembuatan model untuk dianalisis dengan menggunakan elemen hingga. Tahapan langkah tersebut dapat dijabarkan secara garis besar sebagai berikut:

- a. Pembuatan geometri awal struktur yang akan dianalisis
- b. Penentuan jumlah elemen yang akan diberikan pada model geometri tersebut
- c. Pembuatan elemen dari hasil pemodelan geometri struktur yang akan dianalisis (*mesh generation*)
- d. Pemberian kondisi batas (*constraint/boundary condition*) yaitu kondisi batas diperlukan untuk menentukan bagaimana model tersebut tertumpu padaudukannya dalam kondisi yang nyata. Hal ini menentukan bagaimana hasil dari analisis model geometri tersebut. Berbagai macam kondisi batas yang biasa digunakan antara lain *fixed-fixed*, *fixed-free*, *free* dan sebagainya.
- e. Penentuan jenis material dan property material yang digunakan, hal ini berkenaan dengan massa jenis material tersebut, modulus elastisitas (*young modulus*, E), *poission's ratio*, dll.
- f. Pemberian kondisi pembebanan (*loading condition*). Kondisi pembebanan yang diberikan pada model struktur bergantung pada kondisi nyatanya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sedekat mungkin dengan kondisi kenyataannya. Beban yang biasa digunakan antara lain beban gaya, momen, atau tekanan baik statik ataupun dinamik.
- g. Analisis, yang merupakan langkah terakhir dalam tahapan analisis metode elemen hingga. Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak FEM (*Finite Elemen method*). Jenis analisis yang dapat dilakukan juga bervariasi dari jenis analisis statik, dinamik, *buckling*, maupun analisis perpindahan panas.

## 2. METODOLOGI

Dalam melakukan analisis, metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Mencari berat maksimal produk tote
- Menentukan jenis silinder pneumatik yang akan dijadikan sebagai *sample*
- Membuat model CAD 3D tote dan memberikan material
- Menentukan jenis analisis (menggunakan analisis statik) dan memasukkan distribusi beban kemudian *running* untuk memperoleh hasilnya
- Evaluasi dan validasi
- Analisis pembahasan dan kesimpulan

## 3. HASIL dan PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan Berat Maksimal Tote

Ukuran kotak tote adalah 0,486 [m] x 0,486 [m] x 0,915 [m] maka volume tote adalah 0,2161 [m<sup>3</sup>]. Sedangkan untuk mendapatkan berat maksimal produk harus terlebih dahulu diketahui densitas produk terbesar. Densitas produk terbesar yang dapat di iradiasi sesuai spesifikasi iradiator gamma adalah 600 [kg/m<sup>3</sup>] [2] maka berdasarkan persamaan 2

$$\begin{aligned}
 m &= V \times \rho \\
 &= 0,2161 \text{ [m}^3\text{]} \times 600 \text{ [kg/m}^3\text{]} \\
 &= 129,66 \text{ [kg]} = 130 \text{ [kg]}
 \end{aligned}$$

Ditambahkan massa tote sebesar 25 kg, maka massa total tote = 25kg + 130kg = 155 kg  
 $W = m \times g$   
 $= 155 \text{ [kg]} \times 9,8 \text{ [N/m}^2\text{]}$   
 $= 1519 \text{ [N]}$

Maka berat maksimal produk tote adalah 1519 [kg]

### 3.2 Data Silinder Pneumatik<sup>[9]</sup>

Di ruang iradiasi tote digerakan oleh sistem pneumatik yang bergerak secara simultan. Setiap pneumatik mempunyai fungsinya masing-masing, terdapat pneumatik yang bergerak dengan cara mendorong sedangkan ada juga yang bergerak dengan cara menarik. Salah satu pneumatik yang dijadikan sebagai *sample* adalah pneumatik silinder C1. Spesifikasi Pneumatik silinder C1 secara lengkap ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel. 3 Spesifikasi Silinder Pneumatik

Type	Standard cylinder DSBC
Mode of operation	Double Acting
Design	Piston / piston rod / profile barrel
Piston diameter (mm)	50
Stroke (mm)	500
Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 15552 (ISO 6431, VDMA 24562)</li> <li>• With self-adjusting pneumatic end-position cushioning PPS - adapts perfectly to changes in load and speed</li> <li>• For position sensing</li> <li>• High flexibility thanks to the wide range of variants</li> <li>• Extensive range of accessories makes it possible to install the cylinder virtually anywhere</li> </ul>
Cushioning	P : Elastic cushioning rings/pads at both ends PPV : Pneumatic cushioning, adjustable at both ends PPS : Pneumatic cushioning, self-adjusting at both ends
Force at 6 bar, advancing (N)	1,178
Force at 6 bar, retracting (N)	990
Rod Length (mm)	2,228.50
Cushioning length (mm)	22

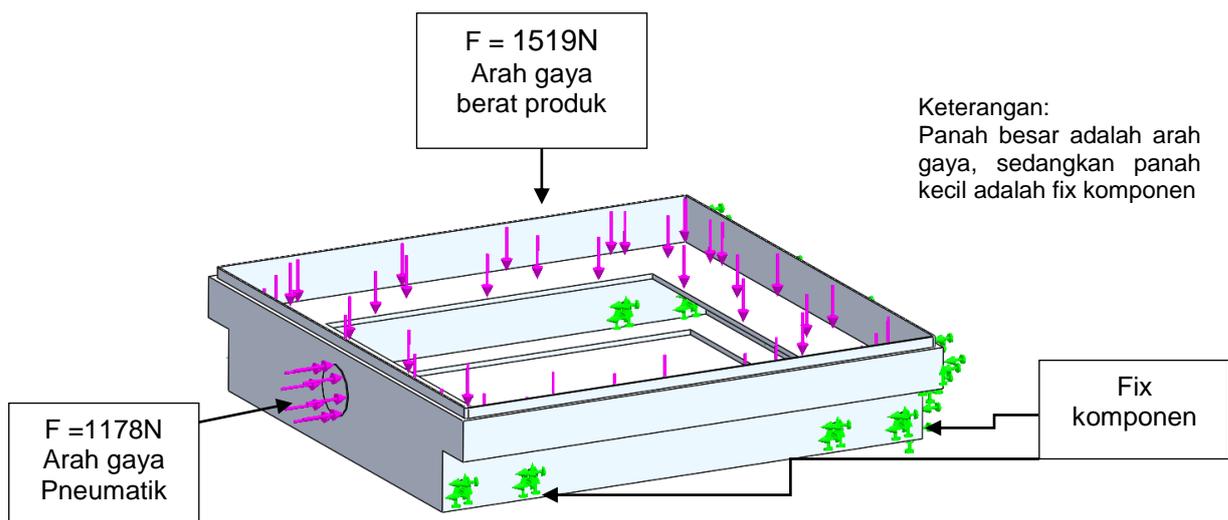
### 3.3 Pemodelan CAD

Pemodelan elemen hingga (*finite element modeling*) dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai tegangan pada struktur yang dimodelkan <sup>[5]</sup>. Pemodelan elemen hingga untuk membuat analisis tote menggunakan software Solid Work. Data profil, dimensi dan material ditunjukkan pada tabel 4 sedangkan pemodelan pemberian beban dan fixasi ditunjukkan pada gambar 6.

Tabel 4. Profil, Dimensi dan *Material properties*

No	Keterangan	Dimensi	Material
1	Tote box side wall	486 [mm]; 486 [mm]; 915 [mm]; dengan tebal plat 2 [mm]	Alumunium
2	Tote box L profile	80[mm]; x 40[mm]; x 5[mm]; x 500 [mm]; dengan tebal 5 [mm]	Alumunium

3	Tote box L profile	80[mm]; x 40[mm]; x 5[mm]; x 500 [mm]; dengan tebal 5 [mm]	Alumunium
<i>Properties</i>			
<i>Name:</i>	1060 Alloy	<i>Elastic modulus:</i>	6.9e+010 N/m <sup>2</sup>
<i>Model type:</i>	Linear Elastic Isotropic	<i>Mass density:</i>	2700 kg/m <sup>3</sup>
<i>Yield strength:</i>	2.75742e+007N/m <sup>2</sup>	<i>Shear modulus:</i>	2.7e+010 N/m <sup>2</sup>
<i>Safety Factor : 0,6</i>	(2.75742e+007) X 0,6 = 1.6544+007N/m <sup>2</sup>		
<i>Tensile strength:</i>	6.89356e+007N/m <sup>2</sup>		

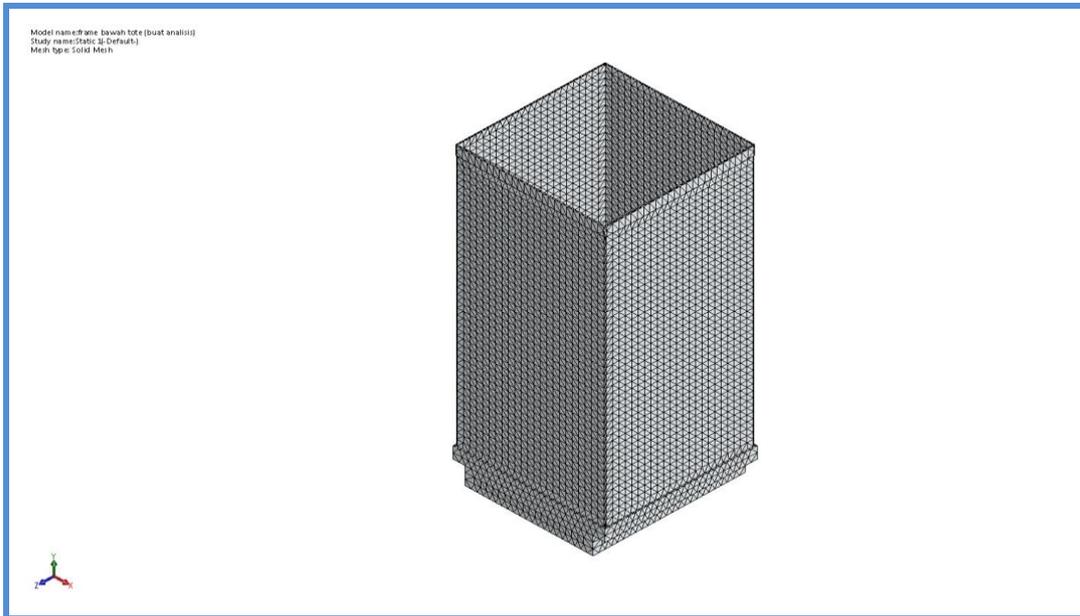


Gambar. 6 Arah beban dan Fix komponen (potongan tote)

### 3.3 Meshing Model

Sebelum proses analisis dilakukan maka langkah setelah pemodelan adalah melakukan proses meshing pada struktur tote sesuai dengan tahapan analisis pada software. Meshing adalah proses membagi geometri model solid menjadi elemen-elemen dan setiap elemen mempunyai titik. Setiap titik mempunyai derajat kebebasan dimana gaya akan terdistribusi ke setiap elemen. Semakin banyak titik maka hasilnya semakin mendekati kondisi aslinya, namun perlu diperhatikan kemampuan komputer yang digunakan untuk melakukan analisis, karena dengan bertambahnya titik diperlukan perhitungan yang semakin banyak sehingga membutuhkan spesifikasi komputer yang tinggi [6]. Hasil meshing pada analisis ini terdiri dari 64849 titik dan 32334 elemen seperti ditunjukkan pada gambar 7

<i>Total Nodes</i>	64849
<i>Total Elements</i>	32334
<i>Maximum Aspect Ratio</i>	36.933
<i>% of elements with Aspect Ratio &lt; 3</i>	3.23
<i>% of elements with Aspect Ratio &gt; 10</i>	70.9



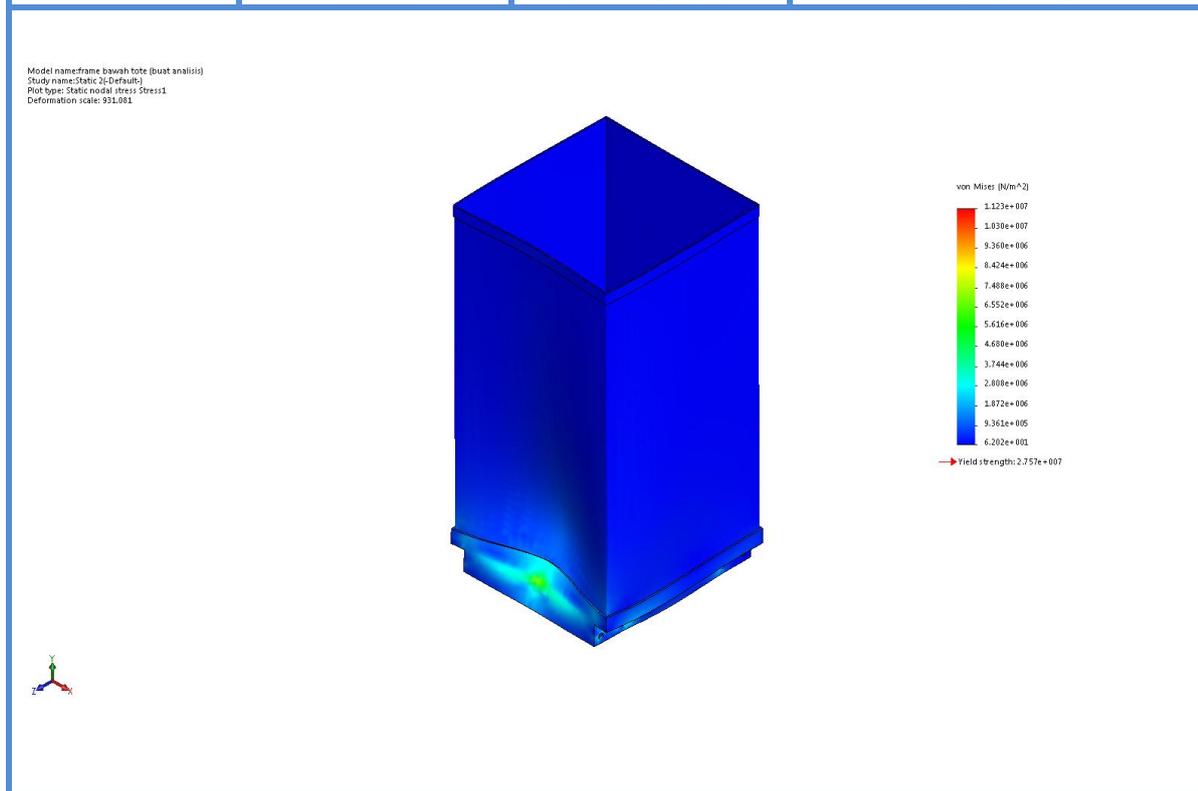
Gambar 7. Hasil Meshing

### 3.4 Hasil Analisis

#### 3.4.1 Tegangan Maksimum (*Von Mises Stress*)

Tegangan maksimum yang terjadi pada tote sebesar  $1.1232e+007$  [N/m<sup>2</sup>] seperti ditunjukkan pada gambar 8. Tegangan maksimum yang terjadi masih dikatakan aman karena masih dibawah tegangan maksimum yang di izinkan yaitu sebesar  $1.6544+007$ N/m<sup>2</sup>

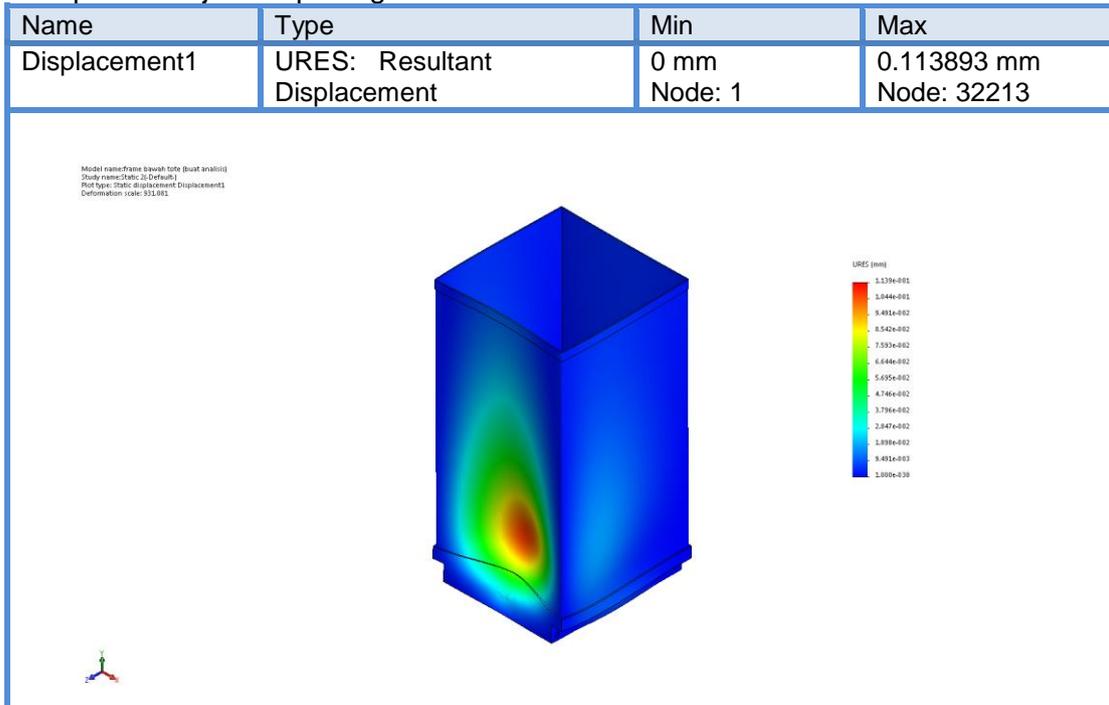
Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	62.0152 N/m <sup>2</sup> Node: 28941	1.1232e+007 N/m <sup>2</sup> Node: 10072



Gambar 8. Hasil tegangan maksimum

### 3.4.2 Deformasi Maksimum (*Displacement*)

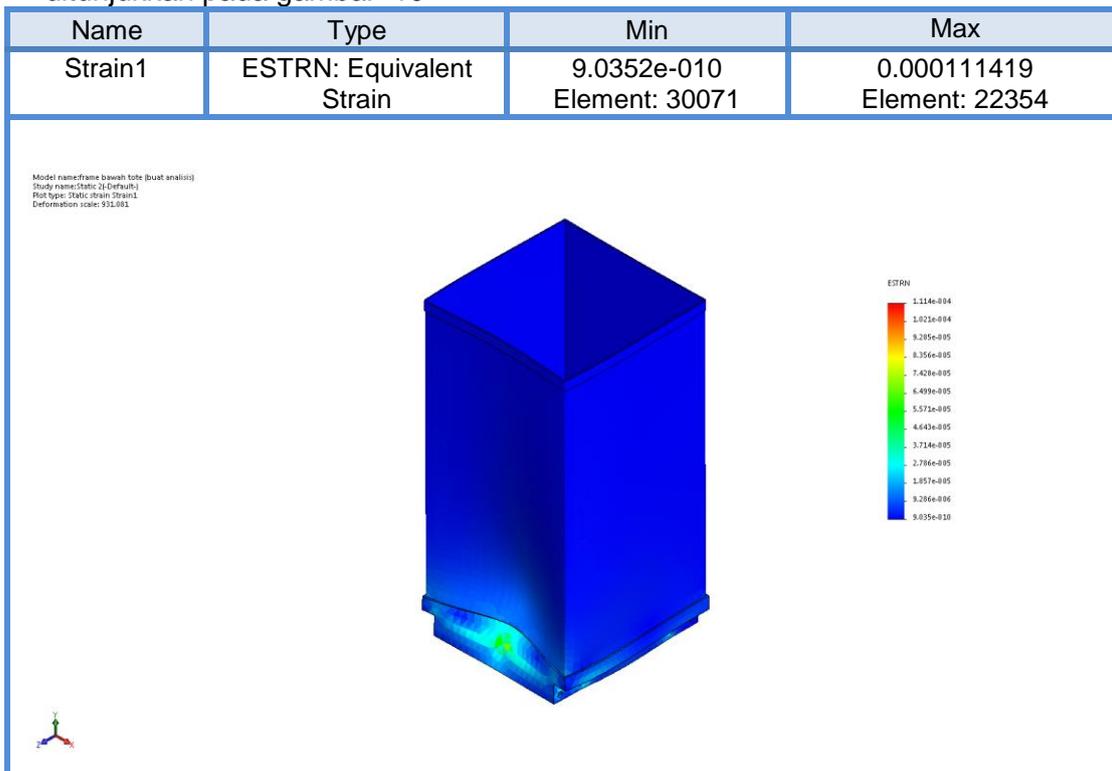
Dari hasil analisis diperoleh deformasi maksimum sebesar 0.113893 mm seperti ditunjukkan pada gambar 9



Gambar. 9 Deformasi Maksimum

### 3.4.2 Regangan Maksimum (*Strain*)

Dari hasil analisis diperoleh regangan maksimum sebesar 0.000109857 seperti ditunjukkan pada gambar 10



Gambar. 10 Regangan Maksimum

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa disain tote iradiator gamma untuk permukaan bawah tote yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan produk sangat aman digunakan. Selain itu seandainya-pun tote *stuck* (kondisi macet saat diruang iradiasi) kemudian system pneumatik tetap bergerak menumbuk permukaan frame tote maka masih tetap aman meskipun selisihnya sangat sedikit yaitu untuk tegangan yang terjadi pada tote adalah  $1.1232e+007 \text{ N/m}^2$ , sedangkan tegangan izinnnya adalah  $1.6544+007\text{N/m}^2$ . Tegangan tersebut adalah hasil kombinasi dari gaya produk yang menekan permukaan alas tote dan gaya pneumatic yang bergerak dari samping untuk mendorong tote.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ari Satmoko, *Desain Mekanik Dan Pengendalian Gerakan Rak Sumber Isotop Pada Iradiator Gamma 200 Kci*, Jurnal Perangkat Nuklir Volume 09 ISSN: 1978-3515, Tangerang Selatan, 2015.
- [2] Anonymous, *Technical Specification: Multipurpose Continuous And Batch Gamma Irradiator (Co-60 Sources)*, PT. Gamma Mitra Lestari, Jakarta, 2014.
- [3] Subhan, Pengujian Tote, Technical Note, *TN001-WP1.1-IRG2017-RFN.4*, 21 Maret 2017.
- [4] PRIMIS HILL, MCGRAW, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, Eighth edition, Budynas-nisbett. 2005.
- [5] Digilib.Itb.Ac.Id, *BAB II Teori Dasar.*, [digilib.itb.ac.id/files/disk1/618/jbptitbpp-gdl-adhityahim-30851-3-2008ta-2.pdf](http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/618/jbptitbpp-gdl-adhityahim-30851-3-2008ta-2.pdf), Di unduh pada 3 Juni 2017.
- [6] Awwaludin, *Analisis Statik Support Pemegang Sumber Pada Prototip Pencitraan Petikemas Menggunakan Ansys*, Jurnal Perangkat Nuklir Volume 07 ISSN: 1978 3515, Tangerang Selatan, 2013.
- [7] Awwaludin, *Analisis Statik Rangka Pemegang Sumber Cs-137 Berbentuk Batang pada Perekayasa Peti Kemas Menggunakan Software CATIA*, Jurnal Perangkat Nuklir Volume 08 ISSN: 1978 3515, Tangerang Selatan, 2014.
- [8] C.S. Desai Sri Jatno Wirjosoedirjo., *Dasar-dasar Metode Elemen Hingga*, Erlangga, Jakarta, 1996.
- [9] Subhan, Muhammad. *Penentuan Dimensi Dan Spesifikasi Silinder Pneumatik Untuk Pergerakan Tote Iradiator Gamma Multiguna BATAN*, Jurnal Perangkat Nuklir Volume 10 ISSN: 1978 3515, Tangerang Selatan, 2016.