

ANALISIS KEKUATAN TABUNG MODUL *DISTRIBUTOR CHANNEL* PADA PERANGKAT BRAKITERAPI *MEDIUM DOSE RATE (MDR)*

Rahmat, Ari Satmoko
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN
Kawasan PUSPIPTEK Gd 71, Lt 2 Serpong

ABSTRAK

ANALISIS KEKUATAN TABUNG MODUL *DISTRIBUTOR CHANNEL* PADA PERANGKAT BRAKITERAPI *MEDIUM DOSE RATE (MDR)*. Telah dilakukan analisis kekuatan tabung untuk modul distributor channel pada perangkat Brakiterapi Medium Dose Rate (MDR). Analisis dilakukan untuk mengetahui kekuatan tabung modul distributor channel. Tabung berfungsi sebagai tumpuan perakitan komponen modul distributor channel. Tabung menghubungkan modul container sumber dengan modul transfer tube. Tabung dibuat dari bahan aluminium dan tebal 8 mm. Metode yang dilakukan adalah menganalisis kekuatan tegangan tabung dengan menggunakan pemodelan software CATIA V5R17. Dari analisis diperoleh bahwa nilai translational displacement sebesar $1,19 \times 10^{-4}$ mm. Nilai tegangan von mises stress sebesar $3,37 \times 10^6$ N/m² masih lebih kecil dari yield strength bahan aluminium yang besarnya $9,5 \times 10^8$ N/m². Pada baut M6 sebagai tumpuan jepit memiliki von mises stress hanya $1,55 \times 10^7$ N/m² dan nilai yield strength sebesar $3,1 \times 10^8$ N/m². Hasil evaluasi dari analisis pada struktur tabung tersebut dapat digunakan dalam desain modul distributor channel pada perangkat Brakiterapi MDR.

Kata kunci: Kekuatan, Tabung, Aluminium, Brakiterapi.

ABSTRACT

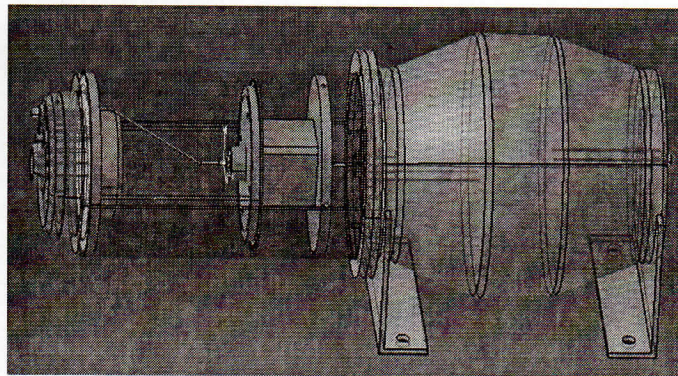
STRENGTH ANALYSIS OF TUBE CHANNEL DISTRIBUTION MODULE IN THE BRACHYTHERAPY MEDIUM DOSE RATE (MDR). It has been analyzed the strength of tube channel distribution modules Medium Dose rate (MDR) Brachytherapy device. The analysis was performed to find out strength of tube channel distributor module. The tube function is as pedestal assembly module components distributor channel. The tube connects between the source container module and the transfer tube module. The tube is made of aluminum and 8 mm thick. The method used was to analyze the tensile strength tubes using modeling software CATIA V5R17. From the analysis was found that the value of translational displacement is 1.19×10^{-4} mm. The von mises stress voltage value of $3,37 \times 10^6$ N/m² is still smaller than the yield strength of aluminum which magnitude $9,5 \times 10^8$ N/m². At the pedestal clamp screw M6 has von mises stress just $1,55 \times 10^7$ N/m² and yield strength values of $3,1 \times 10^8$ N/m². The results of the evaluation analyzes the structure of the tube can be used in the design of the module on the distributor channel MDR Brachytherapy devices.

Key words: Strength, Tube, Aluminum, Brachytherapy.

1. PENDAHULUAN

Perangkat Brakiterapi *Medium Dose Rate (MDR)* yang dikembangkan PRPN - BATAN terdiri dari beberapa modul. Salah satunya adalah modul *distributor channel* yang berfungsi untuk memilih jalur keluaran yang akan digunakan oleh seling aplikator dengan jumlah *channel* terdiri dari 12 *channel*. Pada modul *distributor channel* terdapat didalamnya modul *transfer tube* yang berfungsi sebagai perantara atau penghubung seling aplikator yang bersifat fleksibel untuk membawa sumber isotop". Posisi modul ini dijepit pada modul *container* sumber dengan 4 buah baut M6 pada *flang container*

sumber sebagai tumpuan jepit. Modul ini tidak memiliki penyanggah atau *support*, kemungkinan besar akan mengalami tegangan *stress* akibat menahan beban yang ada pada modul tersebut. Semua berat beban komponen modul ini melekat pada tabung komponen. Tabung yang terdapat pada modul *distributor channel* ini berfungsi sebagai pelindung dan tempat tumpuan perakitan komponen-komponen lainnya. Tabung dan komponen-komponen dirancang dengan posisi horizontal. Rancangan tabung ini diharapkan kuat dan kokoh dari tegangan (*stress*) agar posisi *transfer tube*, aplikator dan rongga lintasan tetap presisi untuk mencapai target sasaran sesuai yang diinginkan.

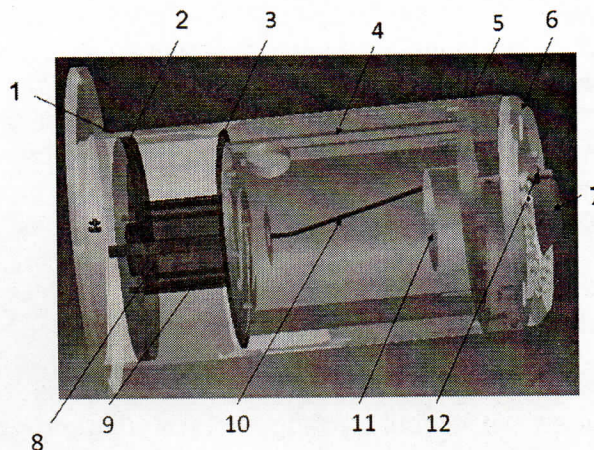


Gambar 1. Modul Distributor channel tanpa adanya support penyangga

Komponen - Komponen pada modul *distributor channel* itu memiliki berat atau massa sehingga membebani tabung. Beban tersebut dapat mempengaruhi kondisi dan posisi tabung serta akan mengakibatkan potensi ketidakpresisian pada tabung dalam mencapai target sasaran aplikator. Maka dari itu perlu dilakukan analisis kekuatan rancangan tabung. Analisis dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan kehandalan pada rancangan konstruksi tabung modul *distributor channel*.

2. LANDASAN TEORI

Salah satu persoalan mekanik yang ada pada modul *distributor channel* ini adalah pada tabung komponen luar. Tabung menerima beban dari komponen komponen yang berada didalamnya. Pada gambar 2 menunjukkan komponen – komponen yang berada dalam tabung. Tabung tersebut akan mengalami suatu gaya dan mengakibatkan adanya tegangan. Tegangan ini akan menentukan apakah suatu konstruksi tabung tersebut akan dapat menahan beban yang bekerja padanya. Pengaruh tegangan pada suatu konstruksi meliputi cakupan diantaranya jenis bahan, bentuk geometri dan pembebanan. Penentuan tegangan dikenal dengan istilah distribusi tegangan. Distribusi tegangan dapat diketahui dengan pendekatan perhitungan kesetimbangan gaya-gaya, momen dan tahanan momen.



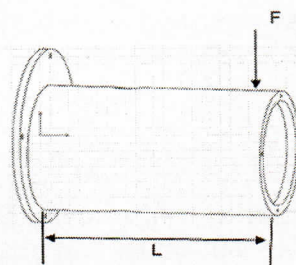
Gambar 2. Gambar komponen-komponen yang membebani tabung aluminium

Komponen-komponen yang membebani tabung terdiri dari :

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Tabung | 7. Cover plate connector |
| 2. Dudukan motor | 8. Hollow motor shaft |
| 3. Disk Indexer | 9. Stepper motor hollow |
| 4. Tube in componen | 10. Transfer tube channel |
| 5. Swivel connector plate | 11. Steering shaft bearing |
| 6. Disk remain connector | 12. Flexible tube nipple |

2.1 Momen^[2]

Momen adalah hasil kali gaya dengan panjang lengan gaya, seperti terlihat pada gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3. Gaya , momen dan lengan gaya

Dari gambar 3, momen dapat di tuliskan dengan :

$$M = F \times L \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

M = momen (gaya x panjang)

F = gaya

L = panjang lengan gaya

Momen dapat bertanda positif dapat pula negatif, tergantung pada perjanjian pada analisisnya. Misal bila arah perputaran momen sesuai jarum jam, tanda momen dianggap positif dan sebaliknya. Tegangan positif dan negatif dapat pula di tentukan lain sesuai dengan kebutuhan.

2.2. Tahanan Momen

Suatu tabung yang salah satu ujungnya dijepit dan pada ujung lain di kenakan gaya, yang mengalami pelengkungan. Akibat pelengkungan, sisi atas tabung akan mengalami tarikan dan sisi bawah mengalami tekanan. Hal itu di sebabkan sisi atas mengalami pemanjangan (tarik) sedang sisi bawah mengalami pelengkungan penekukan atau pemendekan (tekanan).

Besarnya momen pada tabung dinyatakan dengan:

$$M = F \times L \text{ sesuai persamaan (2)}$$

Dimana :

L = jarak dari gaya F

Akibat momen ini timbul tegangan tarik (tegangan pelengkungan) yang besarnya dinyatakan dengan :

$$\sigma = M / W \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

σ = tegangan tarik pelengkungan (gaya/luas)

W = tahanan momen (panjang)

2.3 Logam Aluminium ^[3]

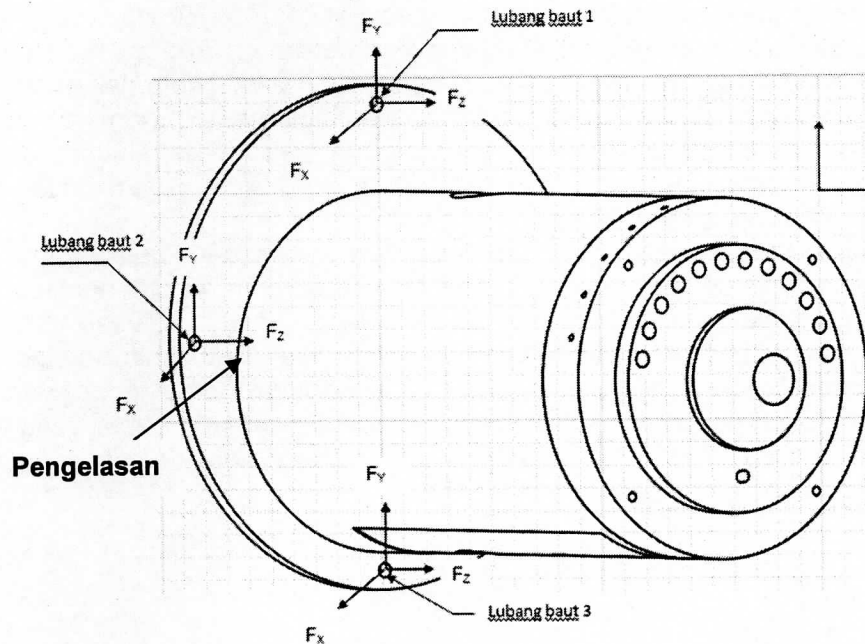
Aluminium adalah logam berwarna putih keperakan. Aluminium dikenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal itu disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida dipermukaan logam aluminium setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi. Aluminium adalah logam non besi yang memiliki kekuatan terhadap massa yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk produksi pabrikasi misalnya untuk konstruksi struktur. Desain struktur tabung yang digunakan pada modul *distributor channel* terbuat dari logam aluminium.

3. PEMBAHASAN

Makalah ini membahas tentang rancangan tabung pada modul *distributor channel* yang menggunakan bahan aluminium berbentuk *silinder* dengan ketebalan 8 mm, dengan pembebanan seberat 20 kg. Analisis ini bertujuan untuk memeriksa apakah desain dapat diterima. Rancangan bentuk struktur dan analisis kekuatan mekanik tabung dibuat dengan menggunakan *software CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Applications)* Versi 5 release 17. Dalam analisis ini juga memeriksa kekuatan baut M6. Mengevaluasi nilai tegangan *von mises* dan juga *translational displacement* pada tabung dan kekuatan baut besi M6. Hasil rancangan ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pembuatan tabung pada modul *distributhor channel*.

3.1 Pemodelan Tabung

Tabung dimodelkan seperti dalam gambar 4 di bawah ini. Gaya diberikan pada ujung tabung. Sebagai penyangga *clamp* digunakan pada ke empat lubang baut.



Gambar 4. Distribusi gaya pada keempat lubang baut sebagai tumpuan jepit

Distribusi gaya dapat dilihat pada gambar 4, tabung dibuat dari bahan aluminium. Tabung menerima beban dari komponen-komponen yang berada didalamnya dengan berat sebesar 20 kg. Sebagai tumpuan jepit pada tabung dilakukan dengan 4 buah baut M6 yang terletak pada setiap posisi 90° sehingga distribusi gaya terdapat pada ke empat lubang baut itu seperti terlihat pada gambar 4 di atas. Pada pangkal poros leher tabung dengan badan tabung dihubungkan dengan cara pengelasan. Kekuatan pengelasan dengan bahan material aluminium diketahui sebesar $\sigma = 7 \text{ ksi}^{[4]}$, atau setara dengan $48,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Hasil Analisis & Simulation Catia V5R17 pada Tabung^[5]

Analisis pada tabung modul distributor channel dilakukan dengan menggunakan Analisis & Simulation pada catia V5R17. Tabung terbuat dari aluminium memiliki sifat material seperti terlihat pada table 1. Bahan material aluminium memiliki nilai yield strength sebesar $9,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

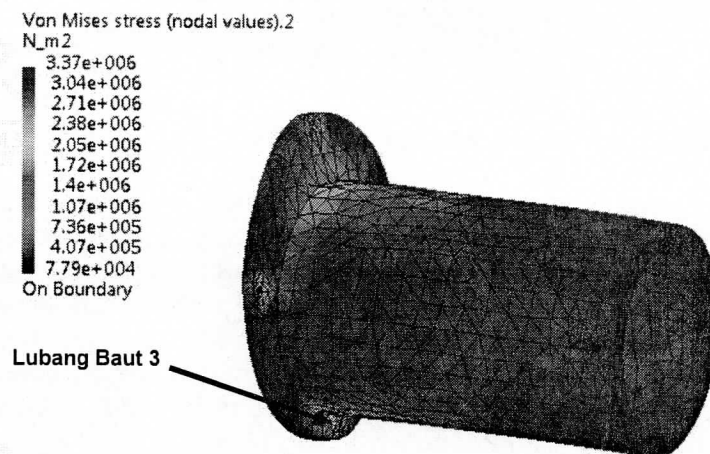
Tabel 1. Karakteristik sifat-sifat bahan material Aluminium

Material	User Material.1 : Aluminium
Young's modulus	7e+010N_m2
Poisson's ratio	0.346
Density	2710kg_m3
Coefficient of thermal expansion	2.36e-005_Kdeg
Yield strength	9.5e+007N_m2

a. Analisis *von mises stress* pada tabung

Stress terbesar yang terjadi pada tabung sebesar $3,37 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ yaitu terjadi pada lubang baut 3, seperti terlihat pada Gambar 5 di bawah ini. Analisis menunjukkan besar *von mises stress* pada tabung didapat sebesar $3,37 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan masih lebih kecil dari pada *yield strength* dari bahan material aluminium yang digunakan sebesar $9,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Hal ini berarti bahwa tabung yang terbuat dari bahan material aluminium sangat mampu menahan kekuatan *stress* yang akan terjadi pada dirinya apabila mendapat beban seberat 20 kg.

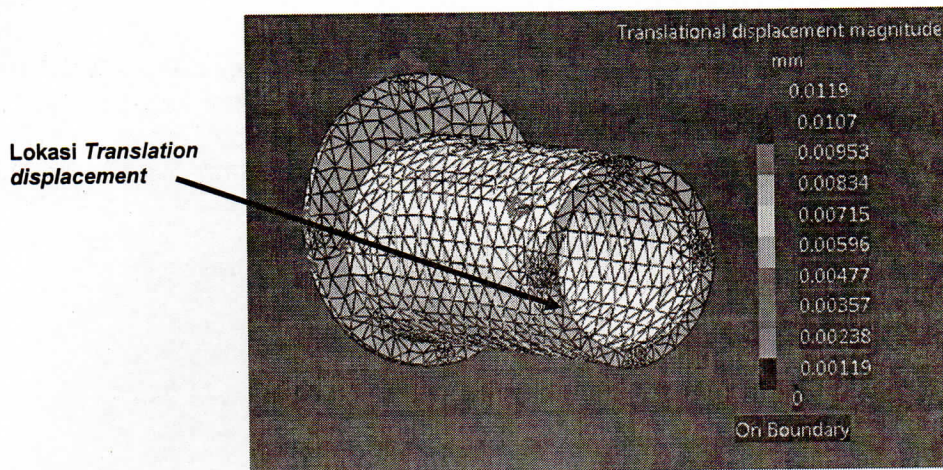
Pada pangkal poros tabung juga mengalami *stress* menandakan bahwa pada poros tabung yang dihubungkan dengan badan tabung dengan cara pengelasan juga mengalami *stress*. *Stres* yang terjadi di area pengelasan hanya sebesar $1,15 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. *Stress* yang terjadi di area pengelasan tidak signifikan jika dilihat dari besarnya nilai kekuatan pengelasan material aluminium pada pangkal poros tabung tersebut. Besarnya nilai kekuatan pengelasan jauh lebih besar dari pengaruh *stress* yang terjadi yaitu sebesar $48,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Hal itu menunjukkan bahwa pada daerah pengelasan aman dari pengaruh *stress* tabung .



Gambar 5. Analisis *von mises stress* pada tabung

b. Analisis *translational displacement* pada tabung

Translational displacement terbesar terjadi pada tabung diperoleh sebesar $1,19 \times 10^{-2} \text{ mm}$, yaitu terjadi pada bagian depan mulut tabung seperti terlihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Analisis translational displacement pada tabung

Dari hasil analisa *translation displacement* diperoleh kelendutan maksimum sebesar $1,19 \times 10^{-2}$ mm. Nilai *translation displacement* tersebut masih relatif kecil dan tidak mengganggu struktur lainnya. Mengacu dari analisis tersebut maka tabung hasil rancangan ini dapat diterima dan selanjutnya dapat dilakukan fabrikasi dalam rangka perancangan tabung untuk modul *distributor channel*.

c. Gaya-gaya pada *clamp*

Berdasarkan pada tabel 2 Hasil perhitungan *force* dan *moment* keempat lubang baut pada tabung diketahui bahwa pada lubang baut 3 terjadi *force* dan *moment* yang paling besar. *Force* sebesar 345,338N dan *moment* sebesar 33,304N. Pada distribusi gaya *force* terdapat pada gaya Z sebesar 338,63N yang merupakan beban gaya tekan terhadap lubang baut 3. Hasil gaya ini digunakan untuk memeriksa kekuatan baut. Lubang baut 3 menjadi acuan untuk menganalisis kekuatan baut M6. Analisis kekuatan baut besi M6 dilakukan menggunakan *Catia V5R17*. Hasil analisis pada keempat lubang baut M6 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil analisis perhitungan *force* dan *moment* ke empat lubang baut pada tabung versi *Catia V5R17* [5]

Lubang baut 1	Lubang baut 2	Lubang baut 3	Lubang baut 4
<i>Force</i>	<i>Force</i>	<i>Force</i>	<i>Force</i>
X = -0,83N	X = -22,671N	X = 0,395N	X = 23,106N
Y = 75,779N	Y = 29,396N	Y = 67,733N	Y = 27,092N
Z = -189,901N	Z = -74,467N	Z = 338,63N	Z = -74,262N
Norm = 204,464N	Norm = 83,207N	Norm = 345,338N	Norm = 82,357N
<i>Moment</i>	<i>Moment</i>	<i>Moment</i>	<i>Moment</i>
X = -16,957N x m	X = -1,089N x m	X = -33,304N x m	X = -1,05N x m
Y = -0,078N x m	Y = -6,666N x m	Y = 0,116N x m	Y = 6,627N x m
Z = 0,062N x m	Z = -2,933N x m	Z = 0,096N x m	Z = 2,775N x m
Norm = 16,957N x m	Norm = 7,363N x m	Norm = 33,304N xm	Norm = 7,261N xm

3.2 Hasil *Analysis & Simulation Catia V5R17* pada Baut M6

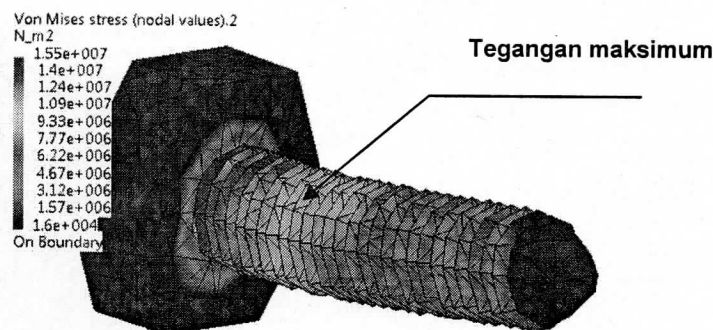
Analisis pada baut M6 juga dilakukan dengan menggunakan *Catia V5R17*. Baut M6 yang terbuat dari besi memiliki sifat material seperti terlihat pada Tabel 3. Baut M6 memiliki nilai *yield strength* sebesar $3,1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Baut dimodelkan seperti gambar 7, baut ini menerima gaya aksial maksimum, hasil dari analisis tabung modul *distributor channel* di atas seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Karakteristik sifat-sifat material baut M6 besi

Material	User Material.1 : Iron
Young's modulus	1.2e+011N_m2
Poisson's ratio	0.291
Density	7870kg_m3
Coefficient of thermal expansion	1.21e-005_Kdeg
Yield strength	3.1e+008N_m2

Analisis *von mises stress* pada baut M6

Dari hasil analisis seperti terlihat pada Gambar 7 di bawah ini terlihat bahwa *stress* maksimum terjadi pada pangkal badan baut. Dari hasil analisis menunjukkan besarnya *von mises stress* pada baut M6 didapat sebesar $1,55 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan masih lebih kecil dari pada nilai *yield strength* dari besi (*Iron*) pada tabel 3 sebesar $3,1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Berdasarkan hasil analisa ini, baut M6 mampu menahan tabung yang memiliki beban berat sebesar 20 kg.



Gambar 7. Analisis *von mises stress* pada baut M6

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa analisis kekuatan konstruksi tabung dilakukan dengan menggunakan *software CATIA V5R17*. Tabung modul *distributor channel* terbuat dari material Aluminium. Analisis pada tabung didapatkan *translational displacement* maksimal sebesar $1,19 \times 10^{-2} \text{ mm}$, sedangkan *von mises stress* maksimal sebesar $3,37 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Nilai *translational*

deplacement dan *von mises stress* tersebut masih di bawah nilai *yield strength* aluminium yaitu sebesar $9,5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Pada baut M6 sebagai tumpuan jepit memiliki *von mises stress* hanya $1,55 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan nilai *yield strength* sebesar $3,1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Jadi desain perancangan tabung pada *modul distributor channel* dapat diterima untuk difabrikasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ARI SATMOKO, 2011, *Perekayasa Perangkat Loading-Unloading Isotop Brakiterapi Untuk Penyembuhan Kanker Servik*, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN, Serpong, BATAN-RPN-L-2C11-010072.
- [2]. UTAJA, Momen dan Tahanan Momen, 2004, *Mekanika Teknik, Pelatihan Metoda Komputasi Untuk Pemodelan Dan Simulasi Dengan Ansys 5.4 / Multiphysics*, Pusdiklat - BATAN, Jakarta.
- [3]. ABDUL HAFIZH DKK, diakses 8 November 2011, *Aluminium Murni dan Paduannya*, Fakultas Teknologi Pertanian, Institute Pertanian Bogor, 2009. Sumber : <http://www.scribd.com/doc/25300537/Makalah-Aluminium>,
- [4]. EDWIN H GAYBRD, IR & CHARLES N.GAYBRD, 1979, Second Edition, McGraw Hill Book Company.
- [5]. AGUS FIKRI ROSJADI, diakses 15 Oktober 2010, *Tutorial Catia : Analisis Elemen Hingga Seri 2*, , agus.fikri@gmail.com <http://agus-fikri.blogspot.com>