

# **ANALISIS CAP ROKET RX 450 PENGARUH TEKANAN UNTUK BERBAGAI KETEBALAN**

## ***ANALYSIS OF ROCKET CAP RX 450 EFFECT OF PRESSURE FOR VARIOUS THICKNESS***

Ediwan, M Dito, Haryadi A  
Pusat Teknologi Roket Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
ediwan@lapan.go.id

### **Abstrak**

*Cap* sebuah roket berguna untuk menahan tekanan ke depan akibat pembakaran bahan bakar, sehingga bagian ini perlu dianalisis lebih mendalam lagi agar didapat struktur yang lebih ringan dan aman dalam operasinya. Selama ini masalah *cap* adalah strukturnya yang cukup berat karena *cap* bentuknya datar, pada roket RX 450 bentuknya diubah menjadi *spherical dome*, sehingga perlu dianalisis lebih mendalam lagi agar didapat struktur yang lebih ringan untuk digunakan pada roket. Untuk mendapatkan struktur yang ringan tersebut, maka dilakukan analisis pada berbagai ketebalan yaitu 10 mm, 5 mm dan 2,5 mm, dimana selama ini ketebalan dari *cap spherical dome* adalah 10 mm. Apakah 5 mm dan 2,5 mm masih aman untuk digunakan, maka dari analisis tersebut akan direkomendasikan untuk digunakan pada *cap* roket selanjutnya. Analisis dilakukan menggunakan 2 buah *software* Struktur pada tekanan 60 Bar, sebagai pembandingan dari hasil teoritis, sehingga didapat hasil yang lebih baik dan terjamin kehandalannya

Kata kunci : Roket, *Cap*, Tekanan

### **Abstract**

*A rocket cap is used to resist forward pressure due to rocket fuel combustion, so this part needs to be analyzed more in order to obtain a lighter and safer structure in its operation. Common problem regarding the cap is the quite heavy weight due to its flat shape, the rx 450 rocket caps shape is altered into spherical dome shape, so deeper analysis needed in order to obtain a lighter structure to be used on the rocket. To obtain such a light structure, an analysis is performed on various thicknesses of 10 mm, 5 mm and 2,5 mm, current thickness of the spherical dome cap is 10 mm. Whether 5 mm and 2,5 mm is still safe to use, then the analysis will be recommended for use on subsequent rocket caps. The analysis was performed using 2 different analysis software at 60 Bar pressure, as a comparison of the theoretical results, so better results and guaranteed reliability will be obtained*

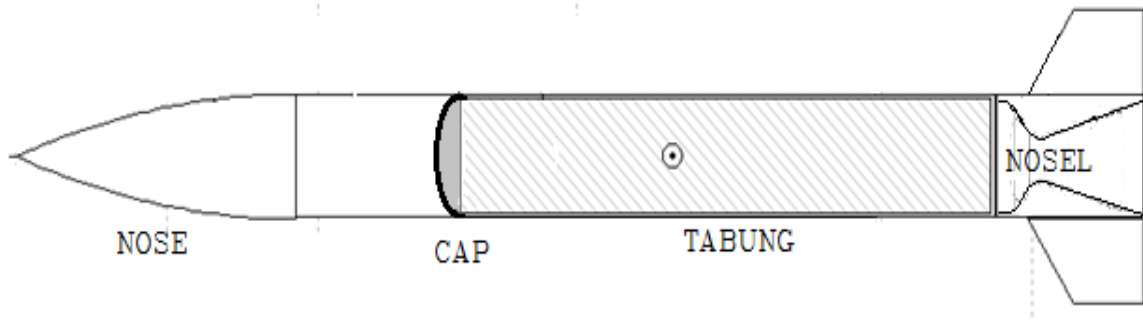
*Keywords: Rocket, Cap, Pressure*

## **1. PENDAHULUAN**

Teknologi roket mulai digiatkan di semua negara untuk digunakan sebagai sarana penelitian, dari penelitian atmosfer, modifikasi cuaca, sebagai peluncur muatan, penelitian petir sebagai alat pertahanan suatu negara, sarana latihan perang-perangan untuk tentara hingga digunakan untuk berbagai kebutuhan.

Sebuah roket terdiri dari berbagai komponen struktur, diantaranya struktur nosel, tabung, sirip, *cap* dan sebagainya, sehingga diperlukan analisis yang lebih mendalam untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, seperti keamanan dari struktur yang akan digunakan.

Pada tulisan ini akan di analisis komponen *cap* untuk roket RX 450 dari pengaruh tekanan, pada berbagai ketebalan, sehingga akan didapat struktur ringan yang sesuai dan aman untuk digunakan. *Cap* pada roket terletak di depan yang menahan beban tekanan, sedangkan bagian belakang terdapat sebuah nosel, seperti Gambar 1 berikut ini



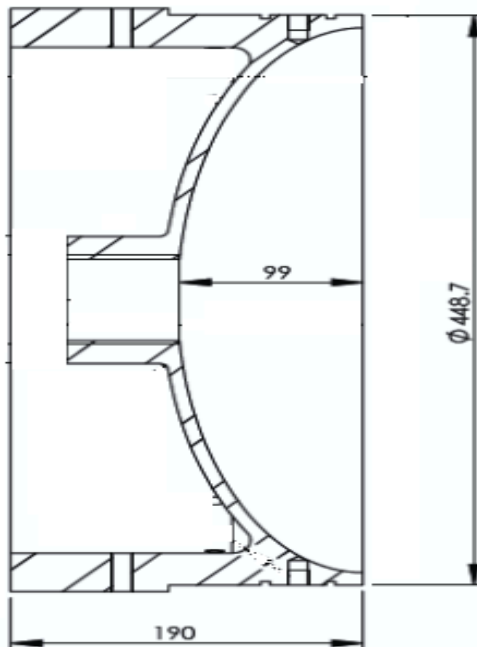
Gambar 1. Struktur Roket

Adapun ketebalan *cap* yang sudah pernah digunakan sebelumnya yaitu 10 mm, apakah masih aman bila ketebalannya dipertipis, sehingga didapat struktur yang lebih ringan. Untuk penelitian ini diperlukan *software* analisis struktur dan untuk menganalisis yang lebih mendalam lagi dengan menggunakan beberapa *software* komputer seperti Patran-Nastran dan Solidwork-Cosmos dimana solidwork sebagai pembuat model dan cosmos untuk analisisnya pada ketebalan 10 mm, 5 mm dan 2,5 mm, karena bila hanya menggunakan sebuah *software* saja, maka pembandingnya hanya dengan teoritis saja. sehingga kurang meyakinkan.

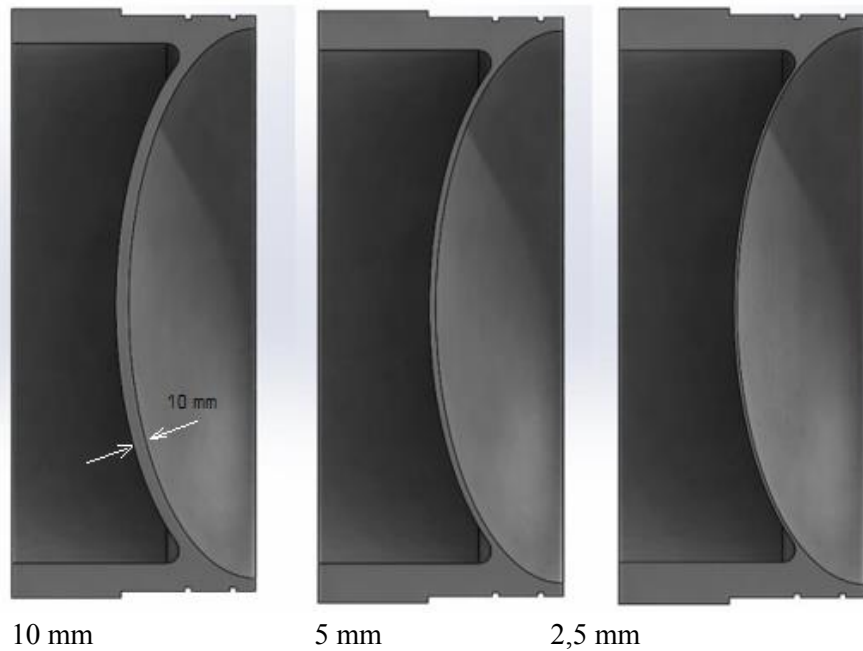
Dari analisis nantinya didapat dimensi ketebalan yang sesuai untuk struktur ringan yang aman sebagai rekomendasi. Diharapkan untuk *cap* selanjutnya lebih ringan dari sebelumnya

## 2. METODOLOGI

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah struktur *cap* adalah membuat model struktur *cap* seperti yang pernah dibuat sebelumnya tetapi belum pernah dipublikasikan seperti Gambar 2 menggunakan *software* CAD dan dengan membuat beberapa model ketebalan yang berbeda seperti Gambar 3 dan dianalisis menggunakan dua buah *software* analisis struktur. Bentuk *cap* yang dibuat adalah untuk dipasang pada tabung roket berdiameter 450 mm [1].



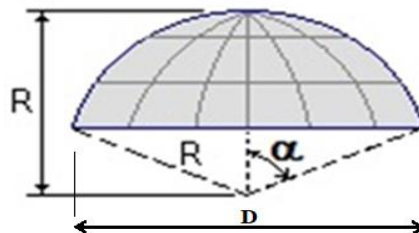
Gambar 2. Dimensi *Cap* Roket RX 450



Gambar 3. Desain Model Cap

### 3. ANALISIS TEGANGAN

Bentuk geometri matematik dari struktur cap RX-450 ini adalah *spherical dome*, yang tergantung dari jari-jari busur dan sudut busur seperti Gambar 4 di bawah ini. Semakin besar nilai R maka busur semakin mendekati datar [2,3,4]



Gambar 4. Geometri *spherical Dome* [5]

Bila data radius busur dan sudut busur diketahui dapat menggunakan formula berikut ini [6]

$$\sigma_{\phi} = \frac{P.R}{t(1+\cos(\phi))} \quad (1)$$

Dimana :

R = Jari-jari busur cap

$\alpha$  = Sudut busur cap

D = Diameter tabung

Sedangkan bila menggunakan perhitungan dari buku *pressure vessel ASME code* untuk tutup bejana tekan berbentuk *spherical dome* yang tebalnya berbeda-beda dapat disederhanakan menggunakan rumus khusus, karena rumus ini hanya menunjukkan tegangan maksimum saja. [7,8]. Rumus ke 2 ini digunakan sebagai rumus teoritis karena menggunakan bentuk sambungan tidak tetap.

Variasi Ketebalan Dinding Cap bejana tekan adalah,

$$t = \frac{P.D}{2.S.E - 0.2 P} \quad (2)$$

dimana

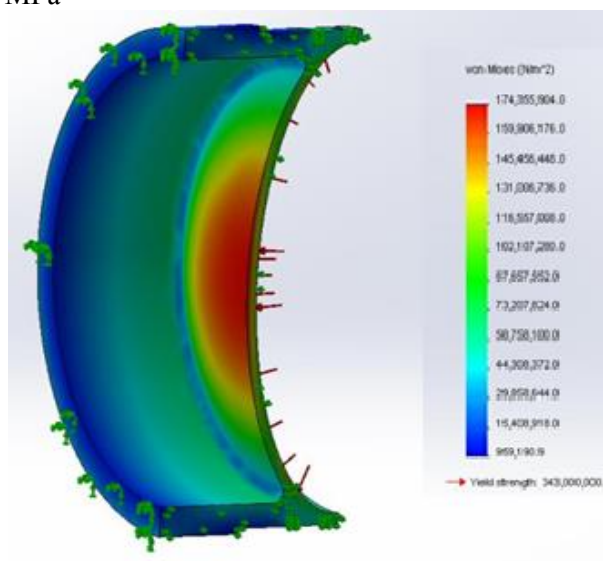
- P = Tekanan dalam
- D = Diameter tabung motor roket
- T = Tebal dinding *Cap*
- S = Tegangan *Yield*
- E = Efisiensi Sambungan Tabung ke *Cap*

#### 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil analisis dari ketiga bentuk ketebalan menggunakan dua buah *software* analisis struktur seperti yang disebutkan sebelumnya

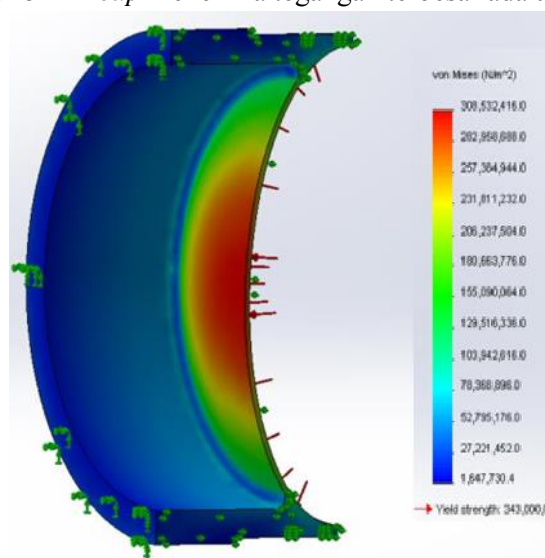
##### 4.1 Analisis Menggunakan Cosmos pada Solidwork

Solidwork digunakan membuat model *CAP* yang akan dianalisis oleh *software* Cosmos dan hasil analisisnya seperti Gambar 5 berikut ini. Tegangan maksimum dapat dilihat berwarna merah sebesar sebesar 174 MPa



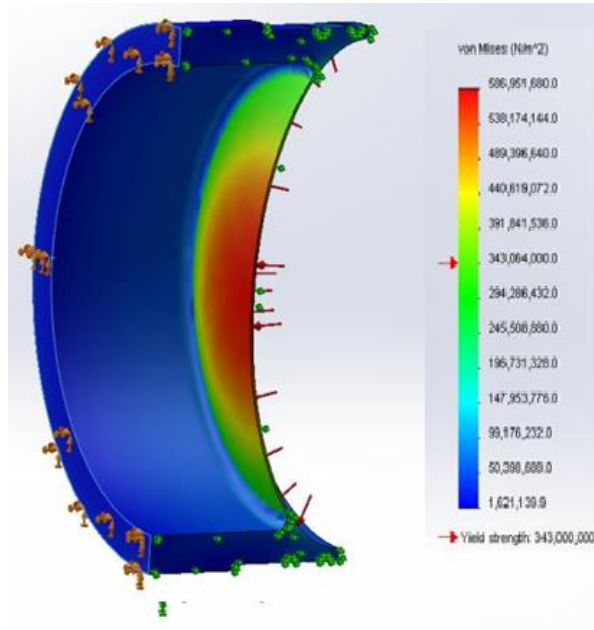
Gambar 5. *Cap* Tebal 10 mm

Gambar 6 pada ketebalan 5 mm *cap* menerima tegangan terbesar adalah 308 MPa



Gambar 6. *Cap* Tebal 5 mm

Gambar 7 *Cap* pada ketebalan 2,5 mm menerima tegangan terbesar adalah 587 MPa



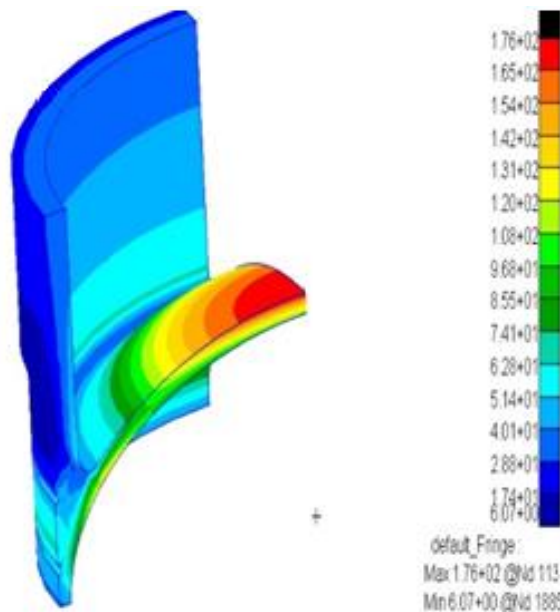
Gambar 7. Cap Tebal 2,5 mm

Dari ketiga gambar di atas didapat pada ketebalan 10 mm tegangan sangat kecil yaitu 174 MPa dan pada ketebalan 2,5 mm tegangan sangat besar yaitu 587 MPa

#### 4.2 Analisis Menggunakan Nastran

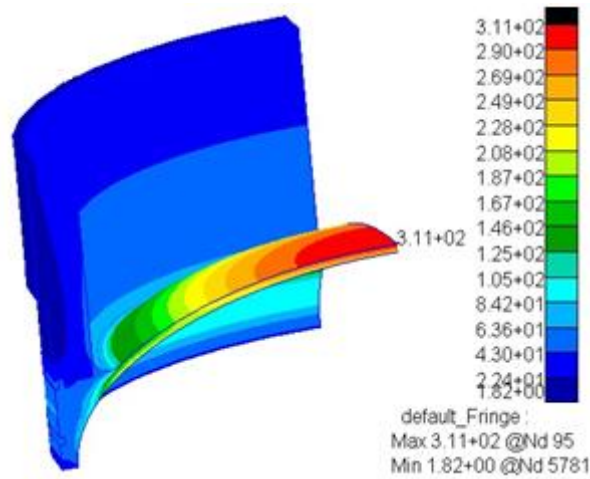
Hasil analisis berikut ini dilakukan menggunakan *software* Nastran, sama dengan cara di atas hasil permodelannya dianalisis pada ketebalan 10 mm, 5 mm dan 2,5 mm yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8 sampai Gambar 10.

Pada Gambar 8 untuk ketebalan 10 mm, ditunjukkan nilai tegangan maksimum berwarna merah sebesar 176 MPa



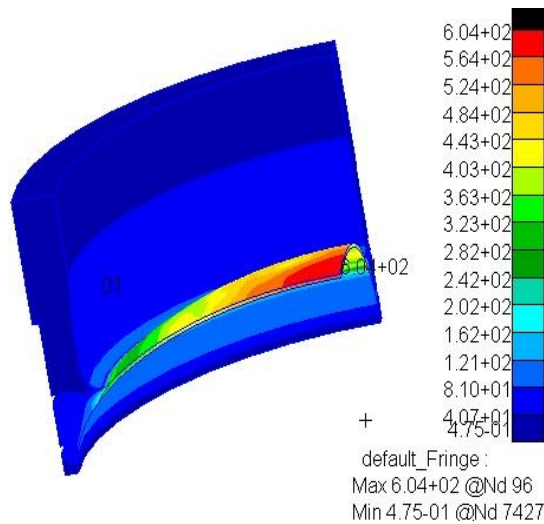
Gambar 8. Cap Tebal 10 mm

Pada Gambar 9 untuk ketebalan 5 mm ditunjukkan nilai tegangan maksimum berwarna merah sebesar 311 MPa



Gambar 9. Cap Tebal 5 mm

Pada Gambar 10 untuk ketebalan 2,5 mm ditunjukkan nilai tegangan maksimum berwarna merah sebesar 604 MPa



Gambar 10. Cap Tebal 2,5 mm

Dari ketiga Gambar di atas didapat pada ketebalan 10 mm tegangan yang terjadi sangat kecil yaitu 176 MPa dan pada ketebalan 2,5 mm tegangan yang terjadi sangat besar yaitu 604 MPa. Hasil analisis yang berupa simulasi tersebut di atas dibuatkan tabel dan grafiknya seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 11 berikut ini.

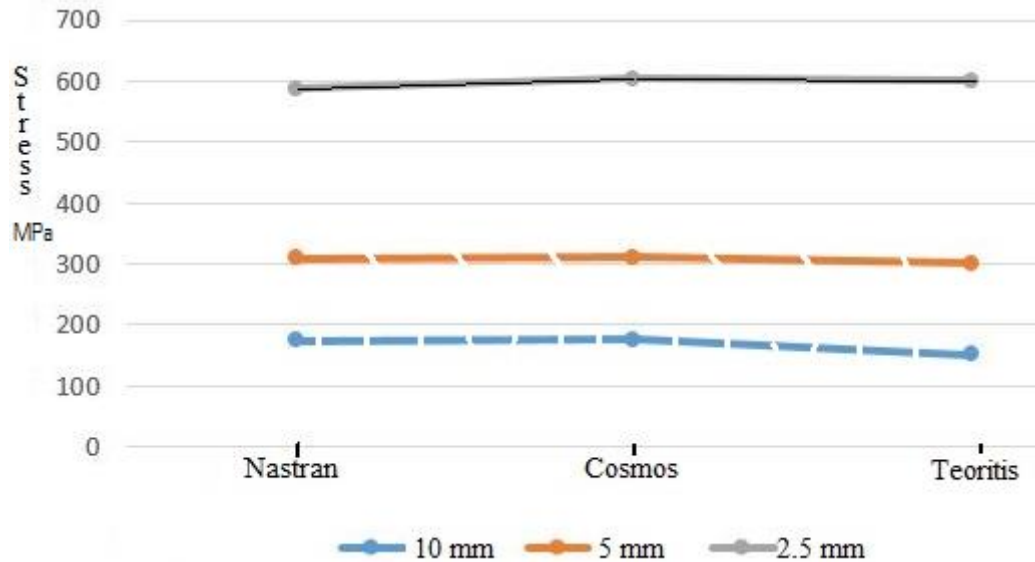
Tabel 1. Faktor Keamanan [10,11]

<i>Stress</i>		10 mm	5 mm	2,5 mm
Cosmos	MPa	174	308.5	587
Nastran	MPa	176	311	604
Teoritis	MPa	151	301	601
<i>Yield</i>	MPa	343	343	343
SF		>2	>1.1	>0.6

Dari analisis kedua *software* di atas dan hasil teoritis menggunakan buku *pressure vessel ASME code* untuk tutup bejana tekan berbentuk *spherical dome* pada berbagai ketebalan dibandingkan dengan harga *Yield*, dimana harga *yield* ini sebagai harga kekuatan maksimum bahan yang digunakan yaitu baja karbon S45C [11].

Faktor keamanan adalah harga perbandingan tegangan *yield* sebagai batas kekuatan yang diizinkan suatu bahan terhadap harga tegangan yang terjadi. Untuk menyatakan bahwa struktur tersebut aman maka tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari batas *yield* sehingga faktor keamanannya  $>1$ .

Karena yang akan dibandingkan adalah tegangan yang nilainya hampir sama pada tiap ketebalan, maka variabel tegangan dibuat pada sumbu Y dan *software* yang akan digunakan dibuat pada sumbu X seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Grafik Tegangan Cap Roket RX 450

Dari analisis menggunakan 2 *software* yang berbeda didapat hasil yang hampir sama, begitu juga di bandingkan dengan hasil teoritisnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5 sampai Gambar 10 serta dapat juga dilihat pada Tabel 1 dan grafik pada Gambar 11

Tabel 1 dan Gambar 11 yang berupa grafik terlihat bahwa *cap* dengan tebal 2,5 mm menerima tegangan yang paling tinggi dan berada di atas tegangan *yield* bahan sehingga *cap* tersebut tidak aman untuk digunakan pada *cap* roket rx 450.

*Cap* dengan ketebalan 10 mm dan 5 mm menghasilkan tegangan yang lebih rendah dari tegangan *yield* bahan yaitu faktor keamanannya  $>1$ , sehingga masih aman untuk digunakan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis di atas maka dapatlah diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

- Dari tabel 1 dan Gambar grafik 11 menunjukkan bahwa ketebalan 2,5 mm dinyatakan tidak aman karena faktor keamanannya  $< 1$ . Ketebalan 2,5 mm tidak aman bila digunakan baik dari hasil perhitungan secara teoritis maupun dengan simulasi menggunakan *software* analisis struktur
- Semua perhitungan yang dilakukan dengan teoritis maupun simulasi komputer hampir mendekati sama, sehingga *Cap* yang semula tebalnya 10 mm masih dapat ditipiskan sampai ketebalan  $\geq 5$  mm
- Saran, bila menggunakan bahan yang mempunyai kekuatan lebih tinggi dari bahan S45C, maka ketebalan 2,5 mm masih aman, namun material yang berkekuatan tinggi biasanya susah didapatkan dipasaran
- Untuk saran mungkin perlu dilakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur tegangan seperti *strain gage*, karena selama ini *strain gage* hanya digunakan untuk nosel saja

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada rekan peneliti, perancang dan teknisi struktur Pustekroket LAPAN atas kerja samanya yang baik dalam semua proses pengumpulan data dan analisis *cap* RX 450, baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung

### **PERNYATAAN PENULIS**

Menyatakan bahwa tulisan ilmiah yang akan dipublikasikan ini adalah hasil karya sendiri dan bukan merupakan duplikat sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebut sumbernya. Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan secara sadar serta tanggung jawab penulis

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] *Ediwan, Analaysis of Various Mesh Effect To The Stress and Displ in Rocket Motor Tube RX 420 Due To Chamber Pressure. (ISAST), ISBN 978-979-1458-74-0. The published LAPAN 2013*
- [2] *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. 1, 1980*
- [3] *ASME B31.3 Process Piping. American Society of Mechanical Engineers, New York 2012*
- [4] *ASME B31.1 Power Piping. New York : American Society of Mechanical Engineers, New York 2012*
- [5] *Calladine C.R, Theory of Shell Structures, Cambridge University Press 1983*
- [6] *Dennis Moss, Pressure Vessel Design Manual, Elsevier, Inc, USA 2004.*
- [7] *William A. Nash, Strength of Material, William A. Nash, McGraw Hill 1994*
- [8] *Theory of Plates and Shells S. Timoshenko, McGraw-Hill Book company 1989*
- [9] *Ediwan, Bursting Test Tabung Berdiameter 12 Inchi  $t=12$  mm dan 8 mm, Prosiding Seminar Nasional Iptek Dirgantara 2005*
- [10] *Ediwan, Penelitian Penggunaan Bahan Baja Untuk Struktur Motor Roket, Jurnal IPTEK Material (JIMAT) Diterbitkan oleh LAPAN, 2005*
- [11] *Ediwan, Proses Pembuatan dan Pengujian Tabung Dia 8" Tebal 7 mm Bahan Api-5L-X42, Jurnal Ilmu dan Rekayasa Teknologi Industri (JIRTI) Vol.12, Diterbitkan Oleh FTI Universitas Empu Tantular, 2005*