

ANALISIS NOSEL BAHAN TUNGSTEN DIAMETER 200 mm HASIL PROSES PEMBENTUKAN

Ediwan

Peneliti Pusat Teknologi Wahana Dirgantara LAPAN
e-mail: ediwan.ok20@yahoo.com

ABSTRACT

Nosel rocket is which during the time made by LAPAN, using carbon steel which cannot arrest; detain high temperature so that thick made structure enough heavy and, to lighten structure used by tungsten materials that is materials which hold up high temperature, this materials [is] made with forming process that is pipe having size measure according to throat is later; then formed to become nosel, result of this forming is analysed by its strength at various force pressure, analyse to temperature do not be done/conducted by because tungsten material have held up to temperature, result of analysis indicate that thickly of thick tungsten materials 3 mm only holding up to maximum force 3000 kgf

Keywords: *Nozzle, Forming, Force*

ABSTRAK

Nosel roket yang selama ini dibuat oleh LAPAN, menggunakan baja karbon yang tidak dapat menahan temperatur tinggi sehingga struktur yang dibuat harus cukup tebal dan berat. Untuk meringankan struktur, dicoba digunakan nosel dari bahan tungsten yaitu bahan yang tahan temperatur tinggi. Bahan ini dibuat dengan proses pembentukan dari pipa (ukuran sesuai kerongkongan) kemudian dibentuk menjadi nosel. Oleh karena proses pembentukannya, maka timbul banyak tegangan di sekitar tekukan yang perlu dianalisis kekuatannya pada berbagai gaya tekan. Analisis terhadap temperatur tidak dilakukan karena material tungsten sudah tahan terhadap temperatur tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa nosel dari bahan tungsten dengan ketebalan 3 mm masih aman terhadap gaya tekan maksimum 3000 kgf.

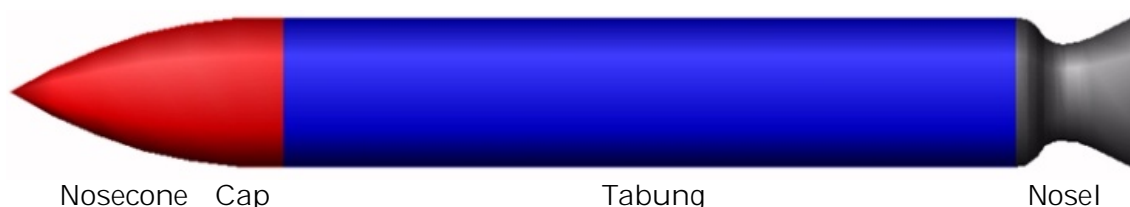
Kata kunci : *Nosel, Pembentukan, Gaya*

1 PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang selama ini dihadapi dalam merancang struktur roket adalah menggunakan material sesuai dengan kebutuhan, yaitu bahan yang digunakan harus dapat menahan tekanan dan temperatur tinggi. Bagian dari struktur motor roket yang akan dianalisa adalah nosel, karena fungsi nosel sangat penting yaitu menghasilkan gaya dorong akibat pembakaran bahan bakar, bagian lain dari motor roket adalah tabung tempat bahan bakar roket berada, serta cap sebagai penutup ujung.

Struktur nosel yang selama ini dibuat menggunakan bahan baja S45C yang termasuk baja karbon yang kekuatannya cukup baik yaitu 5800 kg/cm², tetapi ketahanan temperaturnya

rendah, sehingga bagian tertentu dari nosel harus diisolasi menggunakan bahan grafit dan struktur harus dibuat lebih tebal dari semestinya. Untuk mendapatkan struktur yang lebih ringan perlu dicari alternatif bahan yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai nosel. Salah satu cara adalah menggunakan bahan yang dapat menahan temperatur tinggi, seperti bahan tungsten, apakah bahan ini dapat digunakan atau tidak sebagai nosel roket maka penulis melakukan analisa terhadap nosel yang akan dibuat. Proses pembuatan nosel adalah menggunakan proses pembentukan, dengan bahan dasar pipa berdiameter sesuai kerongkongan atau *throat* dibentuk dengan proses *deep drawing* yang dibuat mengikuti bentuk kontur nosel secara langsung.



Gambar 1-1: Struktur roket

Pada proses pembentukan atau *forming* dengan metode *deep drawing*, akan menyebabkan bahan menjadi stress, sehingga bahan nosel harus dianalisa berdasarkan beban penekanan sewaktu proses pembentukan, adapun komponen roket dapat dilihat pada Gambar 1-1.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Proses pembentukan adalah proses produksi dengan cara melakukan perubahan bentuk pada benda kerja dengan cara memberikan gaya luar sehingga terjadi deformasi plastis. Proses pembentukan yang umum adalah pengerolan, penempaan, ekstrusi, *deep drawing* dan sebagainya.

Pembuatan nosel roket selama ini dibuat dari baja pejal dengan menggunakan mesin perkakas. Dalam proses ini banyak baja yang terbuang dan dibutuhkan waktu pembuatan yang cukup lama serta dihasilkan nosel yang berat, karena harus dibuat lebih tebal. Dikarenakan baja tidak tahan terhadap temperatur tinggi (lihat Gambar 2-1a), maka diperlukan alternatif untuk memperbaiki proses dan menghasilkan nosel yang lebih ringan dan efisien seperti pada Gambar 2-1b.

Salah satu alternatif adalah, nosel dibuat menggunakan bahan logam yang tahan terhadap temperatur tinggi dalam bentuk pipa berdiameter sesuai dengan diameter terkecil nosel (*throat*). Pipa tersebut diberikan gaya luar menggunakan tenaga hidrolik seperti Gambar 2-2a dan hasil nosel yang

diharapkan sesuai bentuk konturnya disajikan pada Gambar 2-2b.

Pada Gambar 2-4 dapat dilihat, ketahanan suhu vs *ultimate tensile* dari tungsten. Pada diagram ini terlihat bahwa tungsten memiliki ketahanan terhadap suhu relatif tinggi dibanding dengan bahan-bahan lain seperti baja *austenite* atau *inconel*. Bahkan tungsten memiliki *ultimate tensile* lebih besar dibanding grafit. Sehingga tungsten menjadi bahan nosel alternatif.

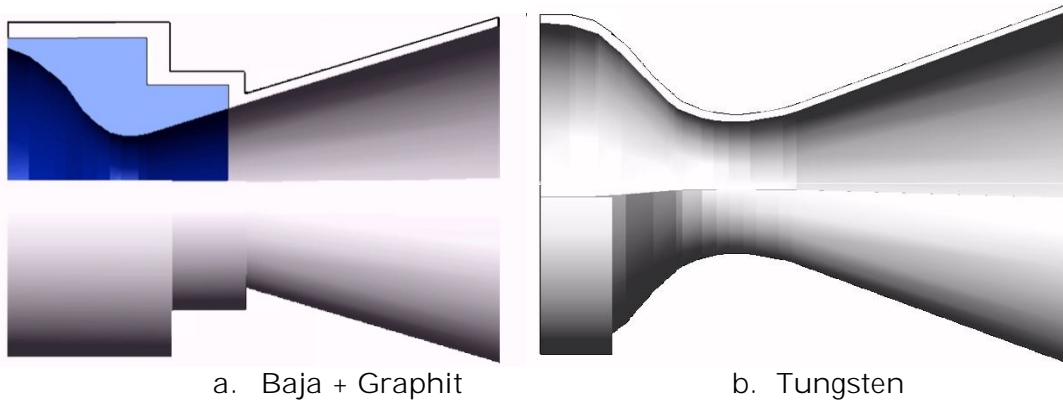
Karena proses pembentukan menghasilkan stress pada bagian yang terdeformasi dan terjadi pada bagian yang paling besar dengan perbandingan diameter awal D_o/D_f dan untuk regangan yang didapat dari rumus (M. P. Groover, 2002):

$$\epsilon = \frac{D_f - D_o}{D_o} \quad (2-1)$$

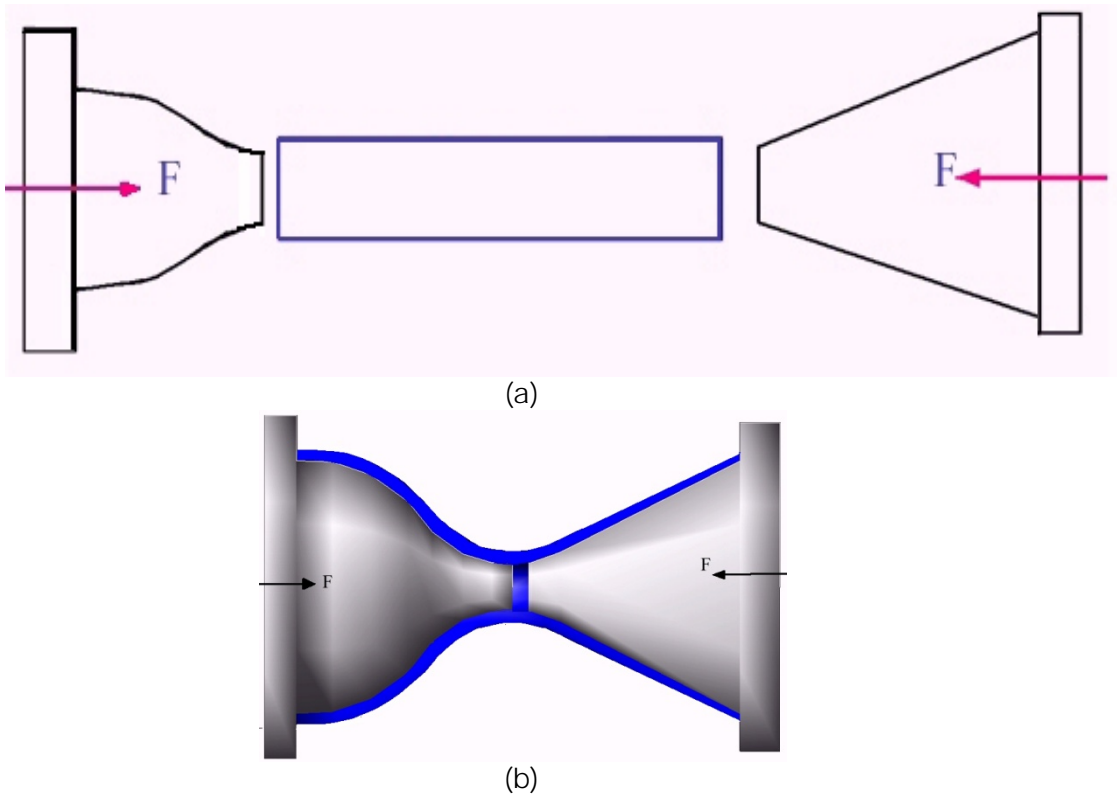
Dan tegangan dalam adalah, $\sigma = Y * \epsilon$
Gaya yang dibutuhkan untuk menekan sebesar, $F = D_o \cdot l_o (UTS) \frac{D_o}{D_f} - 0.7$

Dari formula di atas kemudian disusun dalam metode elemen hingga dan diselesaikan dengan menggunakan software komputer.

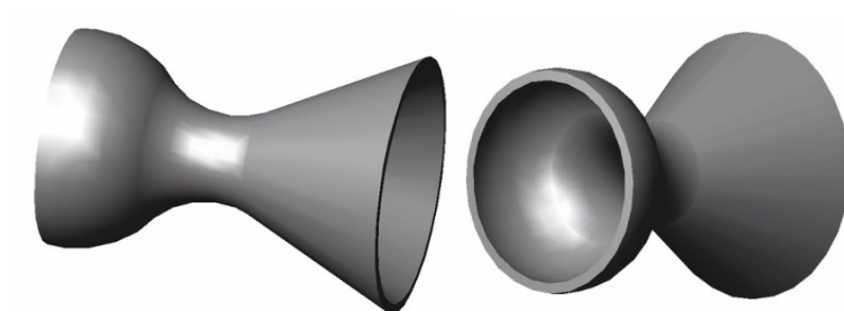
Perhitungan beban dilakukan setelah distribusi gaya penekan didapat, kemudian gaya tersebut diberikan pada kontur struktur nosel dengan data masukan bahan tungsten seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2-1.



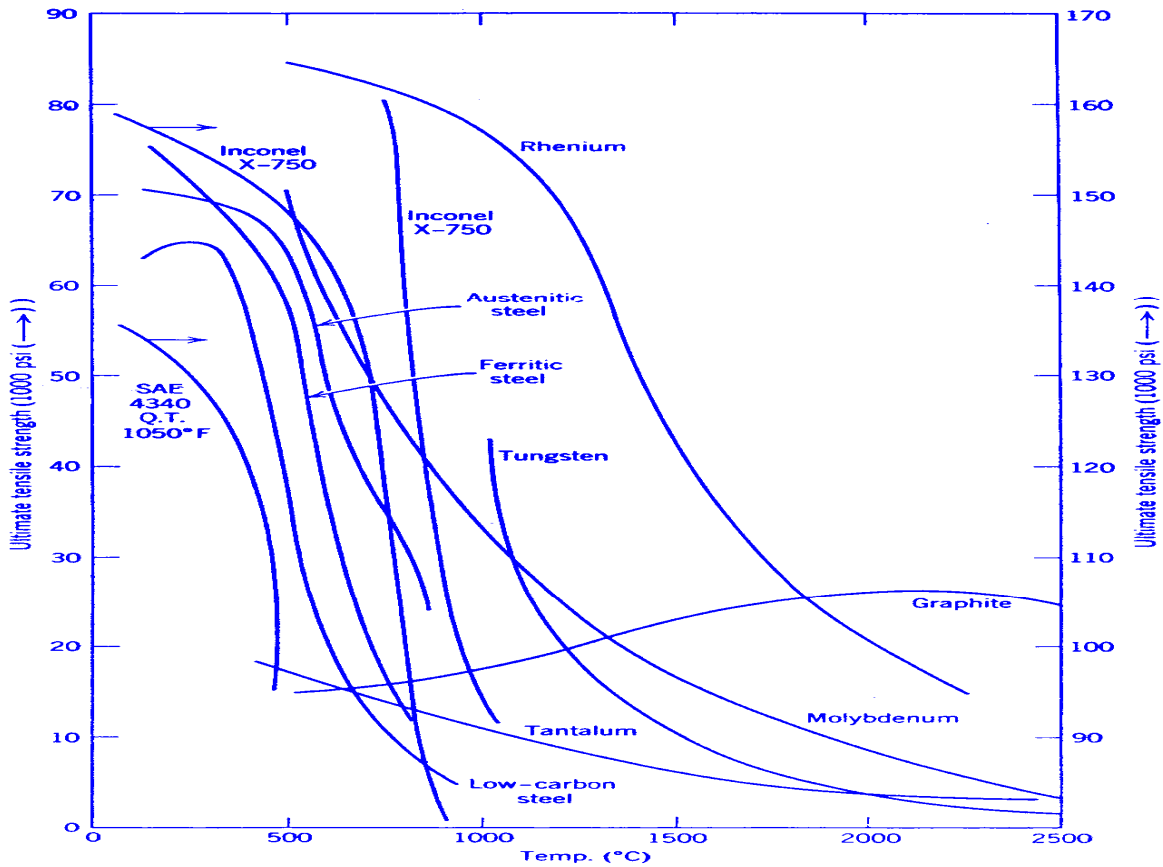
Gambar 2-1: Perbandingan bentuk nosel baja dan nosel tungsten



Gambar 2-2: Tahapan proses forming tungsten



Gambar 2-3: Hasil proses forming



Gambar 2-4: Ultimate tensile vs suhu tungsten

Tabel 2-1: SIFAT BAHAN TUNGSTEN W.74

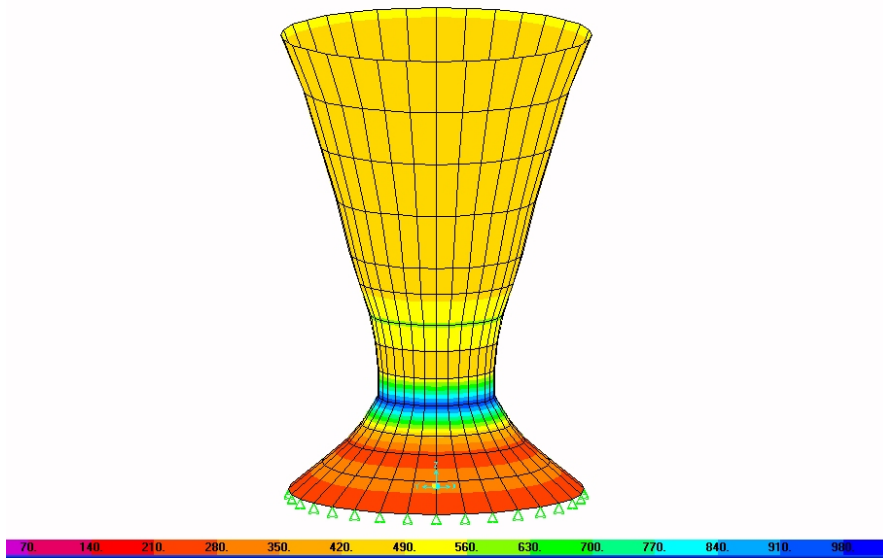
Kuat tarik	2275 kg/cm ²
Massa jenis	17.6 g/cm ³
Melting Point	3500 °C
Modulus Elastisitas	411 GPa
Vickers Hardness	3430 MPa
Diameter pipa	8 cm

Sumber : Parker, E.R. 1967, *Material Missiles and SpaceCraft*

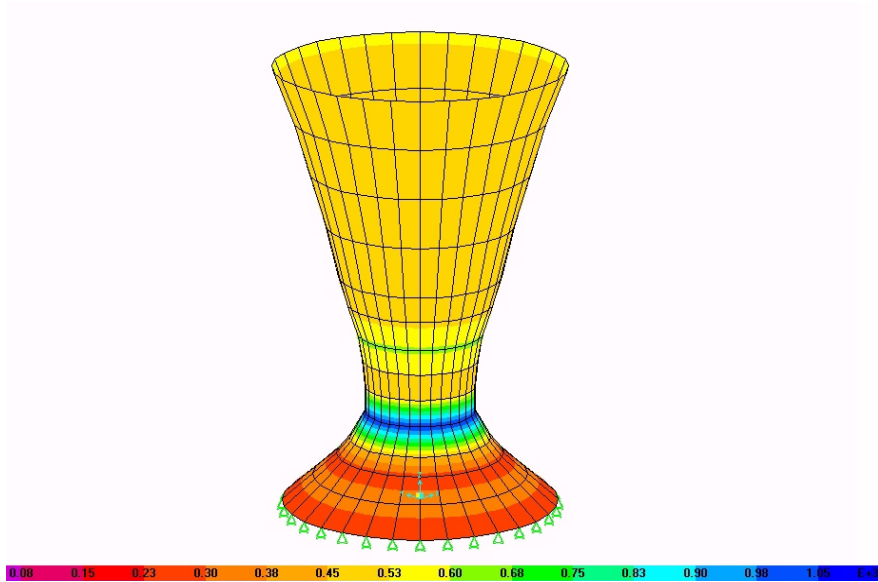
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memudahkan penelitian dan mempercepat hasil, dilakukan simulasi komputer menggunakan

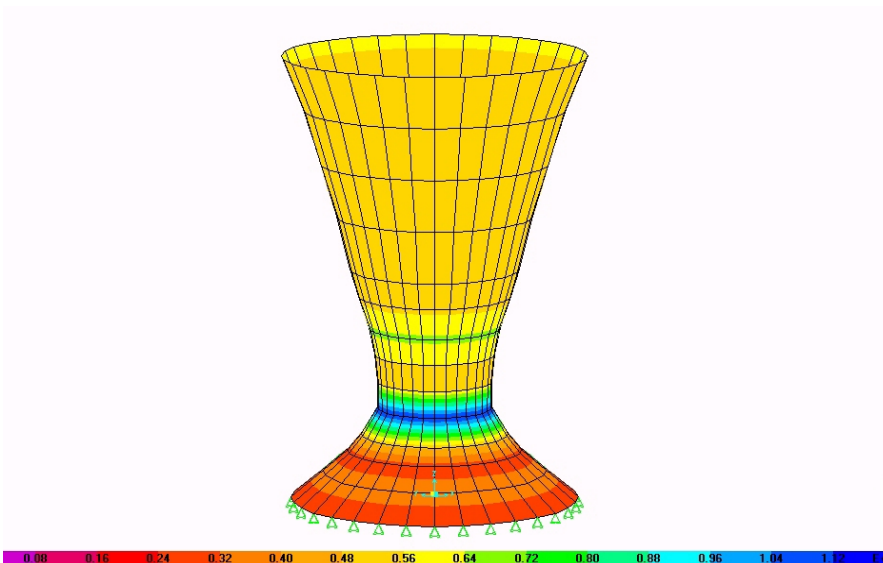
perangkat lunak bidang struktur pada berbagai beban dengan ketebalan yang sama yaitu 2.5 mm. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3-1, 3-2, dan 3-3.



Gambar 3-1: Tegangan akibat gaya tekan 2000 kgf sebesar 950 kg/cm²



Gambar 3-2: Tegangan Akibat gaya tekan 3000 kgf sebesar 1050 kg/cm²



Gambar 3-3: Tegangan akibat gaya tekan 3000 kgf sebesar 1120 kg/cm²

Dari perhitungan dan simulasi program di atas dapat dianalisis bahwa Gambar 3-1 memperlihatkan nosel dengan gaya tekan 2000 kg, tegangan yang terjadi antara 980 kg/cm² hingga 2250 kg/cm² masih aman dan tidak terjadi kerusakan. Gambar 3-2 memperlihatkan nosel dengan gaya tekan 2500 kg, tegangan yang terjadi antara 1050 kg/cm²-2250 kg/cm² masih aman. Gambar 3-3 menunjukkan bahwa nosel dengan gaya tekan 3000 kg tegangan yang terjadi antara 1120 kg/cm²-2250 kg/cm² masih aman. Namun dirasa bahwa gaya tekan 3000 kgf adalah yang maksimum. Pengujian dengan gaya tekan lebih besar 3000 kgf akan menimbulkan kerusakan. Selain itu, variasi gaya tekan yang dilakukan tidak mempengaruhi tegangan struktur secara signifikan. Dalam pengujian ini pengaruh temperatur diabaikan, karena bahan tungsten aman sampai temperatur di atas 2000°C (Tabel 2-1 dan Gambar 2-4). Berat total nosel bahan tungsten tebal 2.5 mm adalah 2.5 kg sedangkan nosel dengan bahan yang selama ini digunakan adalah sebesar 4.8 kg. Jadi dengan penggunaan nosel dari bahan tungsten akan mengurangi berat struktur roket secara keseluruhan.

4 KESIMPULAN

Dari perhitungan dan simulasi program di atas dapat disimpulkan bahwa,

- Bahan tungsten dapat digunakan sebagai nosel roket

- Nosel yang dihasilkan lebih ringan dibandingkan nosel yang dibuat selama ini yang menggunakan baja karbon ditambah grafit
- Waktu proses pembuatan juga lebih cepat terutama untuk produksi massal sehingga lebih efisien dan harga lebih murah
- Nosel tungsten dengan tebal 2.5 mm bisa menahan beban yang terjadi
- Nosel tungsten bisa menjadi nosel alternatif menggantikan nosel grafit yang selama ini digunakan roket LAPAN.

DAFTAR RUJUKAN

- Abraham, L.H, 1962. *Structural Design of Missiles and SpaceCraft*, McGraw-Hill Book, New York.
- Bonney, Zucrow, Besserer, 1956. *Principles of Guided Missile Design*, D.Van Nostrand Co, Inc New York.
- Chin, 1961. *Missile Configuration Design*, McGraw-Hill Book C, Inc, NewYork.
- Cornelisse, Schoyer, Wakker, 1979. *Rocket Propulsion and Spaceflight Dynamics*, Pitman Publishing Limited, London.
- Groover, M.P., 2002. *Fundamentals of Modern Manufacturing 2/e*. John Wiley & Sons, Inc.
- Parker, E.R. 1967. *Material Missiles and SpaceCraft*, University Barkley California.
- Sutton, G.P 1976. *Rocket Propulsion*, John Willey & Son Inc, New York.
- Zucrow, M.J 1968. *Aircraft And Missile Propulsion*, John Willey & Son Inc, New York.