

DESAIN DAN SIMULASI KEGAGALAN STIK MANDRIL ROKET RX-100 PADA PROSES DECORING MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORK

Design And Simulation Of RX-100 Rocket Mandril Stick Failure In The Decoring Process Using Solidwork Software

Ahmad Yudi Setiawan¹, Nurul Iman Supardi^{1*}, Yulia Azatil ismah²

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu

2) Pusat Riset Teknologi Roket, BRIN, Jl. Raya Lapan No. 2, Mekar Sari Rumpin, Kab. Bogor, Jawa Barat

*¹) E-mail: nuruliman@unib.ac.id

ABSTRACT

The substances used in rocket propellant have the ability to produce molecular gas at very high pressure and temperature during combustion. This material has great energy, and can explode so it is widely used in firearms, explosives and rockets. During the process of making rocket propellant, there is a process, namely the decoring process, which is the process of withdrawing the mandril stick from the propellant mold tube. The mandril stick is a component found at the end of the mandril itself, used as a link between the electric pulley and the mandril which is useful for pulling the mandril out of the mold tube, so that the propellant forms grains according to the mandril that has been printed in the propellant mold tube. The manufacture of mandril sticks is assisted by Solidwork software. In this research, a simulation was carried out on the mandril stick in order to determine the distribution of von Mises stress, displacement, and safety of factors on the RX-100 rocket mandril stick.

Keyword : Rocket, Propellant, Mandril Stick

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan industri propelan di Indonesia sangat besar dan penting mengingat kebutuhan pengembangan propelan dan munisi untuk persenjataan dan pertahanan negara Indonesia. Pengembangan senjata khususnya munisi dan propelan akan dapat digunakan sebagai landasan dalam membangun persenjataan nasional [1]. Penggunaan material pada propelan mempunyai energi yang sangat besar, dan dapat meledak sehingga banyak digunakan untuk senjata api, bahan peledak dan roket [2]. Selain pengembangan yang ada di Lapan, PT. Dirgantara Indonesia mengembangkan roket seri FFAR untuk keperluan Angkatan Udara Republik Indonesia, peningkatan pengembangan teknologi roket saat ini mengalami kesulitan, diakibatkan beberapa hal antara lain sulitnya memperoleh bahan baku dan komponen lainnya. Maka ada suatu pemikiran alternatif pengembangan roket peluncur satelit, yaitu dengan memanfaatkan potensi industri nasional yang dapat mendukung pengembangan peroketan [3]. Pada roket yang dikembangkan selain membawa satelit ke orbitnya teknologi ini juga dapat digunakan sebagai sarana pertahanan dan keamanan yang sangat efektif dibandingkan dengan teknologi senjata lainnya. Oleh karena itu penguasaan teknologi roket menjadi sangat penting sebagai salah satu senjata pertahanan yang bisa diterapkan untuk pertahanan negara Indonesia [4]. Saat proses pembuatan propelan roket yang nantinya akan digunakan langsung oleh roket untuk penelitian maupun untuk pertahanan, terdapat suatu proses yaitu proses *decoring*.

Proses *decoring* adalah suatu proses penarikan stik mandril menggunakan katrol listrik yang nantinya akan membentuk grain sesuai dengan mandril yang telah dimasukkan kedalam tabung cetakan pada proses sebelumnya [5]. Sebelum propelan ditarik menggunakan stik mandril, propelan yang sudah dimasukkan kedalam cetakan dimasukkan kedalam oven pemanas agar mengeras dan berbentuk propelan padat. Untuk mengetahui kegagalan yang terjadi pada proses desain dan simulasi pada proses *decoring* ini menggunakan bantuan *software* yaitu solidwork. Pada proses ini terdapat permasalahan yaitu terjadinya patah pada stik mandril ketika dilakukannya penarikan stik mandril dari tabung cetakan.

Maka dari itu penulis akan membahas mengenai "desain dan simulasi kegagalan stik mandril roket RX-100 pada proses *decoring* menggunakan *software* solidwork". Dimana tujuan laporan kerja praktek ini yaitu agar dapat mengetahui desain dan simulasi menggunakan *software* solidworks serta mengetahui besar distribusi tegangan *von mises stress*, *displacement* dan *factor of safety* pada stik mandril propelan roket RX-100.

2. METODOLOGI

2.1 Sejarah Roket

Penggunaan roket pertama terjadi pada tahun 1232, ketika Tiongkok bertempur melawan Mongol. Pada waktu itu, pasukan Tiongkok menggunakan panci besi berukuran besar yang ditembakkan menggunakan mesiu, dan panci itu mampu melaju hingga 25 kilometer (15 mil), serta dapat meledakkan zona sasaran hingga radius 600 meter akibat pecahannya. Selain itu, pasukan Tiongkok juga menggunakan panah-panah api yang juga menggunakan mesiu sebagai alat pendorongnya.

Teknologi roket pertama kali dikenal di Eropa ketika pasukan Mongol di bawah pimpinan Jenghis Khan menaklukkan sebagian dari Rusia, Eropa Timur, dan Eropa Tengah. Pada waktu itu, pasukan Mongol telah mengenal teknologi roket setelah mengalahkan Tiongkok bagian utara, dan merekrut para pekerja roket di sana sebagai tentara bayaran. Penyebaran roket ke Eropa juga dipengaruhi oleh Turki Ottoman, ketika mereka mengepung Konstantinopel pada tahun 1453, meski Ottoman sendiri dipengaruhi oleh invasi Mongol beberapa abad sebelumnya. Memasuki abad ke-15, roket juga mulai menyebar ke Korea.

Pada akhir abad ke-18, roket juga digunakan oleh pasukan India ketika berperang melawan Inggris. Kemudian, Inggris yang baru mengenal teknologi itu mengambil serta mengembangkannya lebih lanjut pada abad ke-19. Dari situ, penggunaan roket dalam militer pun merebak ke seluruh Eropa. Cahaya merah roket ketika melesat bahkan memberi inspirasi kepada lagu kebangsaan Amerika, *The Star-Spangled Banner*. Sejak itu teknologi roket terus dikembangkan, hingga Robert Goddard menjadikannya semakin efisien, yang lalu diadopsi oleh Wernher von Braun ketika menciptakan roket V-2 [6].

2.2 Propelan

Propelan adalah material yang jika dibakar menghasilkan molekul gas dalam jumlah besar dan temperatur yang sangat tinggi selama pembakaran berlangsung [7]. Material ini mempunyai energi besar, dan dapat meledak sehingga banyak digunakan untuk senjata api, bahan peledak dan roket. Pada teknologi antariksa, propelan digunakan sebagai bahan bakar dan salah satu sistem propulsi dari wahana antariksa. Dalam penerapannya, propelan lebih banyak digunakan dan dikenal pada teknologi roket, untuk keperluan militer yang membawa hulu ledak maupun roket pendorong satelit. Secara umum pada proses pembakaran diperlukan api, bahan bakar dan oksigen. Keberadaan propelan memberikan solusi akan kebutuhan sumber energi yang mampu digunakan pada ruang hampa udara karena tidak membutuhkan oksigen. Kebutuhan oksigen sebagai salah satu komponen pembakaran digantikan dengan oxidizer.

2.2.1 Propelan Padat

Propelan padat adalah propelan yang berbentuk padat atau propelan non fluida. Kelebihan propelan jenis ini adalah lebih mudah untuk disimpan, dan kekurangannya adalah *unthrotlelable* atau besar kecilnya *thrust* yang dihasilkan tidak mampu diatur, dan memiliki *impuls* spesifik lebih kecil dibanding propelan cair [1]. Propelan padat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Propelan Padat [4]

2.2.2 Propelan Cair

Propelan cair atau propelan fluida adalah propelan berbentuk cair, perkembangan terakhir propelan ini banyak digunakan pada roket-roket terbaru. Keunggulan propelan cair adalah *thrust* yang dihasilkan dapat

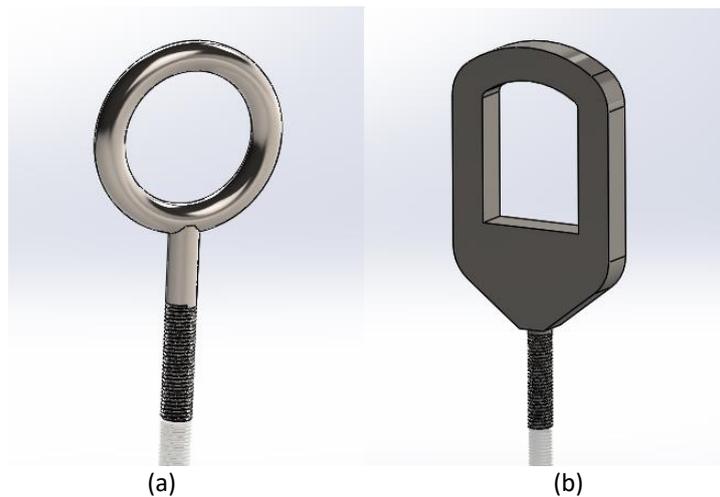
diatur atau throttleable dan memiliki impuls spesifik relatif besar. Beberapa kekurangan antara lain biaya produksi yang cukup mahal, resiko peledakan saat proses pembuatan dan cara penyimpanan yang lebih sulit. Propelan cair mengandung beberapa komposisi antara lain oxidizer dan fuel. Propelan roket cair pada hakekatnya sama seperti bahan bakar pesawat terbang, namun kebutuhan oksigen dipenuhi dari oxidizer sendiri yang dibawa dalam bentuk cair [2].

2.3 Perangkat Percobaan

Perangkat percobaan yang dilakukan sebelum Simulasi pada stik mandril roket RX-100 meliputi antara lain :

2.3.1 Desain Stik Mandril Roket RX-100

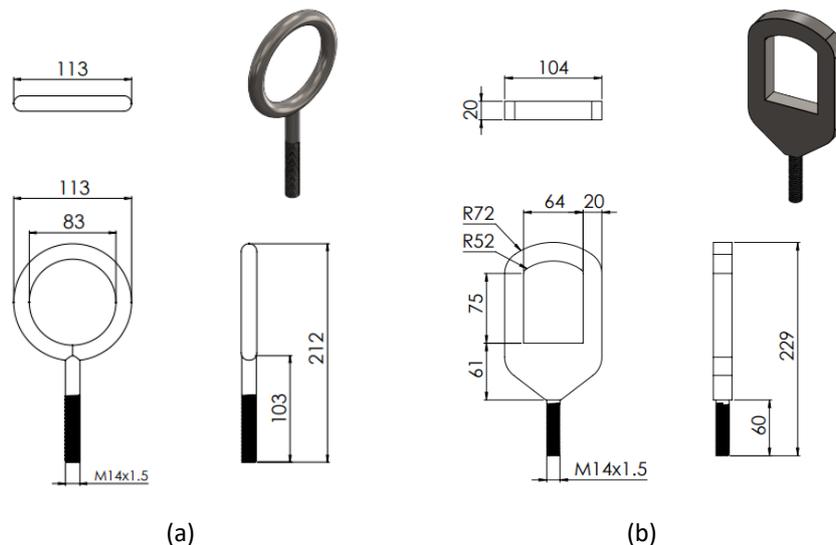
Stik mandril yang didesain menggunakan *Software Solidwork* ini merupakan hasil yang telah diukur pada bagian stik mandril saat ini dan stik mandril setelah didesain ulang. Desain stik mandril dapat dilihat pada Gambar 2.



(a) Stik Mandril Saat Ini
(b) Stik Mandril Setelah Didesain ulang

2.3.2 Data Spesifikasi Stik Mandril Roket RX-100

Stik mandril roket RX-100 yang disimulasikan dapat dilihat pada geometri dibawah ini pada Gambar 3.



(a) Geometri Stik Mandril Saat Ini
(b) Geometri Stik Mandril Setelah Didesain ulang

2.3.3 Material Stik Mandril Roket RX-100

Material yang digunakan pada simulasi ini adalah dua material yang berbeda, pertama pada stik mandril saat ini menggunakan material stainless steel yang memiliki kekuatan luluh (yield strength) sebesar 210 Mpa,

dan kedua pada stik mandril setelah didesain ulang menggunakan material AISI 4340 steel, normalized yang memiliki kekuatan luluh (yield strength) sebesar 710 Mpa.

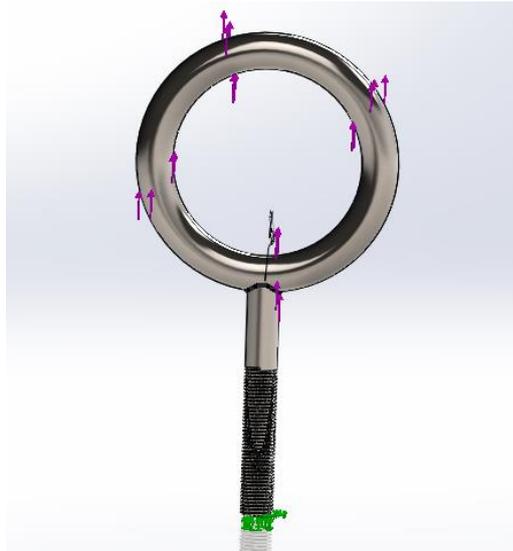
2.4 Prosedur Proses Simulasi Stik Mandril Roket RX-100

Penyelesaian simulasi menggunakan solidwork simulation dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai kriteria kegagalan dari struktur stik mandril. Langkah-langkah menjalankan simulasi antara lain :

A. Pre Processing

Merupakan tahapan awal proses penyelesaian simulasi pembebanan stik mandril yang meliputi proses pembuatan 3D model, menentukan jenis material, penentuan tumpuan, dan pembebanan yang diberikan kemudian dilanjutkan dengan *meshing*.

1. Proses pembuatan Geometri Stik Mandril Roket RX-100
Geometri stik mandril dibuat menggunakan *software computer aided design (CAD) solidwork 2019*. Geometri desain sasis kendaraan listrik otonom dibuat dalam satu bagian tanpa menggunakan fitur *assembly*.
2. Menentukan Jenis Material
Jenis material yang digunakan dalam pembuatan stik mandril ini yang pertama pada stik mandril saat ini menggunakan material stainless steel dan kedua pada stik mandril setelah didesain ulang menggunakan material AISI 4340 steel, normalized.
3. Pemberian Tumpuan dan Pembebanan
Pemberian tumpuan pada stik mandril diletakkan pada bagian stik paling bawah pada bagian stik mandril disimbolkan dengan warna hijau dan pemberiaan pembebanan pada stik mandril dengan pembebanan pada stik bagian atas dengan gaya normal. Stik mandril mendapat beban atau gaya sebesar 49.000 Newton. Pemberian tumpuan dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemberian Tumpuan dan Pembebanan

4. Proses *Meshing*
Proses *meshing* dilakukan untuk membagi struktur ke elemen-elemen yang lebih kecil. Proses *meshing* dilakukan dengan ukuran elemen maksimum sebesar 5 mm dan ukuran elemen minimum 1 mm. Pembatasan dilakukan untuk menghemat waktu dalam proses komputerisasi dan tetap memperhitungkan kualitas dari proses analisa yang akan dilakukan.
5. Proses *Running*
Proses *running* yaitu proses solving atau menjalankan proses elemen hingga dapat dilakukan pada solidwork simulation 2019 setelah proses *meshing* berhasil tanpa ada eror atau kesalahan yang terjadi. Keluaran yang didapat dari proses ini adalah tegangan von Mises, deformasi, serta regangan.

B. Post Processing

Post processing merupakan proses simulasi dari penyelesaian yang menampilkan hasil simulasi dari stik mandril. Hasil simulasi dari *post processing* berupa nilai tegangan *von mises*, deformasi (*displacement*), serta *safety factor* dari stik mandril roket RX-100.

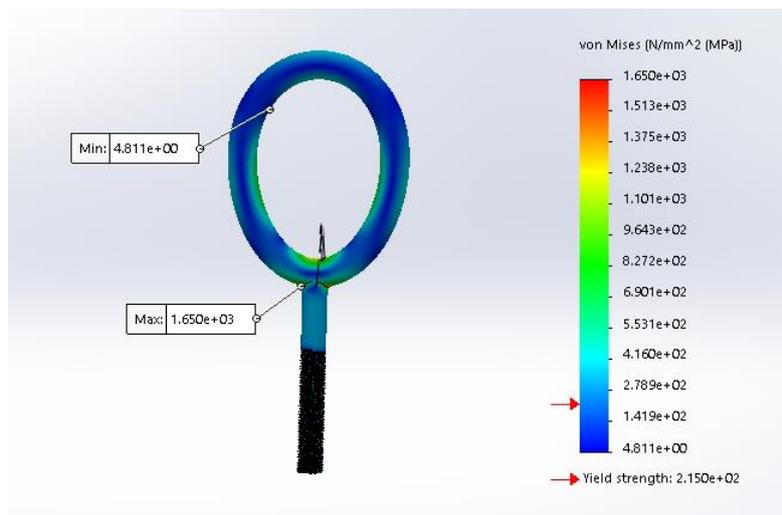
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi Stik Mandril Saat Ini

Hasil dari setelah dilakukannya simulasi dengan variabel jenis material stainless steel, kemudian memperoleh nilai von mises stress, displacement, dan safety factor sebagai berikut :

3.1.1 Von Mises Stress

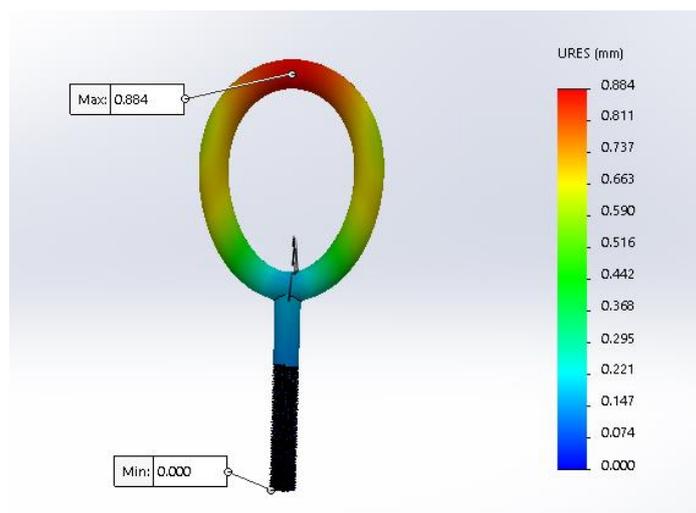
Pada stik mandril saat ini dilakukan analisis *von mises stress* dan didapatkan hasil untuk tegangan maksimum sebesar 1.650 Mpa. Tegangan paling tinggi terdapat pada bagian atas stik mandril, sedangkan tegangan minimum terdapat pada bagian bawah stik mandril sebesar 4,811 Mpa. Hasil simulasi distribusi tegangan von mises stress dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Von Mises Stress Stik Mandril Saat Ini

3.1.2 Displacement

Analisis displacement yang terjadi akibat beban yang terdapat pada stik mandril saat ini pada gambar 6 terlihat dimana bidang warna biru merupakan *displacement* minimum, sedangkan bidang warna merah merupakan *displacement* maksimum. Jika dilihat dari hasil analisis beban pada stik mandril terlihat hasil *displacement* maksimum yaitu sebesar 0,884 mm padawarna merah dan *displacement* minimum sebesar 0 mm yang ditunjukkan dengan warna biru. Dapat dilihat pada Gambar 6.

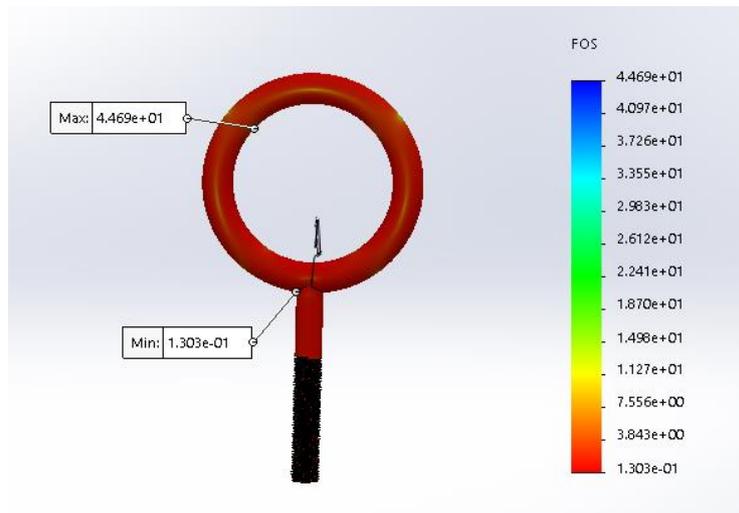


Gambar 6. Hasil Displacement Stik Mandril Saat Ini

3.1.3 Safety Factor

Simulasi selanjutnya pada struktur dari stik mandril propelan roket RX 100 saat ini adalah angka keamanan (*safety factor*). Pada gambar 7 terlihat *safety factor* minimum sebesar 0,13 yang terjadi pada bagian

stik mandril. Hal ini terjadi karena bagian tersebut mengalami distribusi tegangan secara langsung. Sedangkan angka keamanan maksimum terdapat pada bagian warna biru yaitu sebesar 4,469. Dapat dilihat pada Gambar 7.



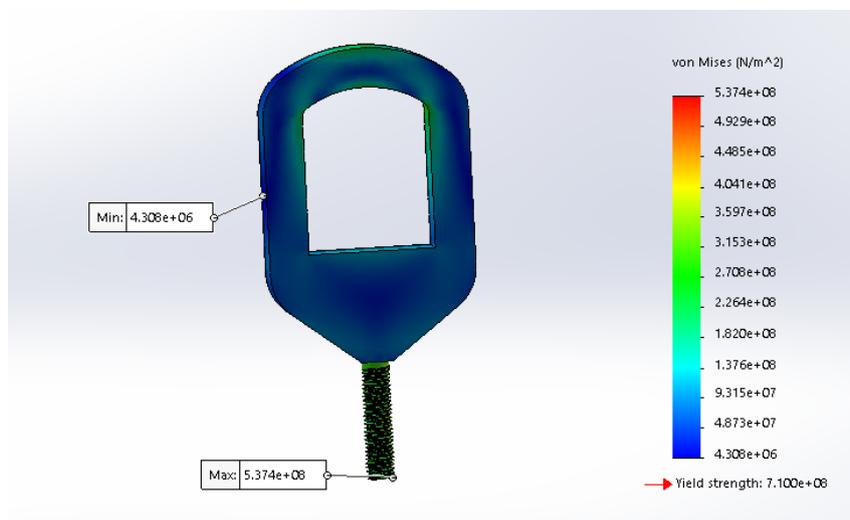
Gambar 7. Hasil Safety Factor Stik Mandril Saat Ini

3.2 Hasil Simulasi Stik Mandril Setelah Didesain Ulang

Hasil dari setelah dilakukannya simulasi dengan variabel jenis material AISI 4340 steel normalized, kemudian memperoleh nilai von mises stress, displacement, dan safety factor sebagai berikut :

3.2.1 Von Mises

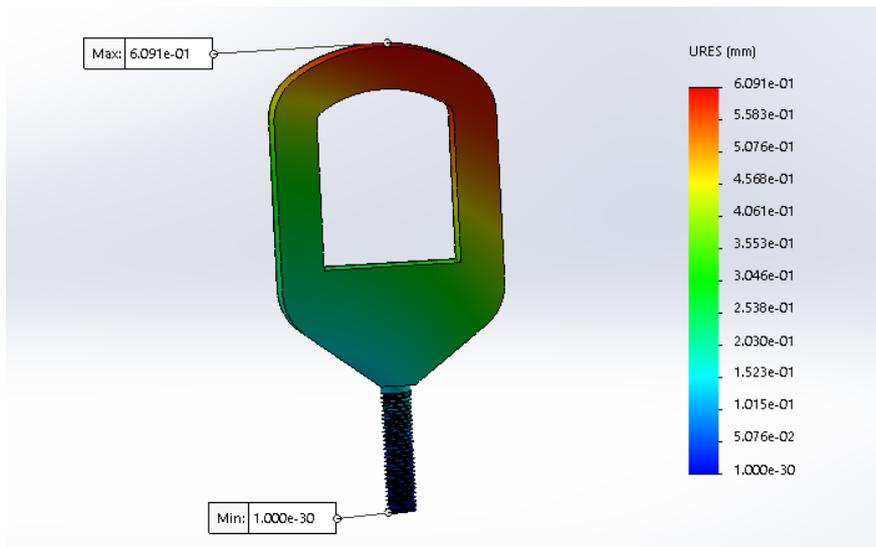
Pada stik mandril setelah didesain ulang dilakukan analisis *von mises stress* dan didapatkan hasil untuk tegangan maksimum sebesar 537,4 Mpa. Tegangan paling tinggi terdapat pada bagian stik mandril, sedangkan tegangan minimum terdapat pada bagian struktur samping pada stik mandril sebesar 430,8 Mpa. Hasil simulasi tegangan *von mises stress* pada stik mandril saat ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Von Mises Stik mandril Setelah Didesain Ulang

3.2.2 Displacement

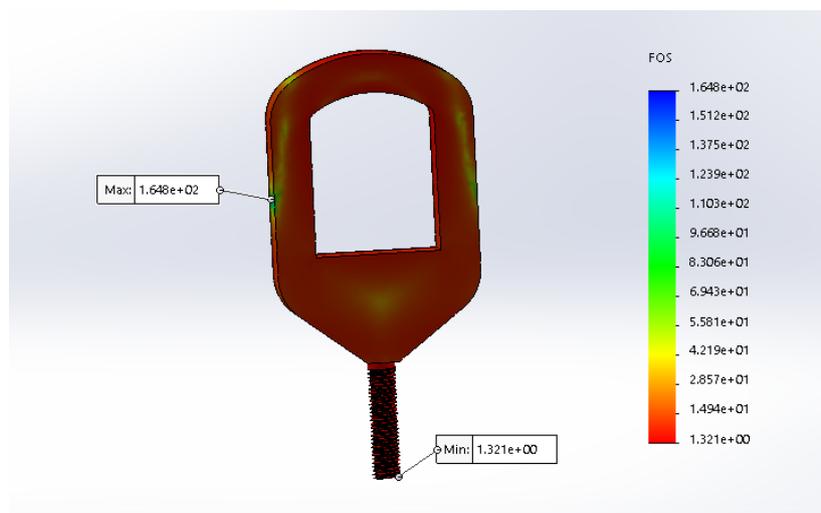
Analisis displacement yang terjadi akibat beban yang terdapat pada stik mandril saat ini pada gambar 9. terlihat dimana bidang warna biru merupakan *displacement* minimum, sedangkan bidang warna merah merupakan *displacement* maksimum. Jika dilihat dari hasil analisis beban pada stik mandril terlihat hasil *displacement* maksimum yaitu sebesar 6,091 mm padawarna merah dan *displacement* minimum sebesar 1,00 mm yang ditunjukkan dengan warna biru. Dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Displacement Stik Mandril Setelah Didesain Ulang

3.2.2 Safety factor

Simulasi selanjutnya pada struktur dari stik mandril propelan roket RX 100 setelah didesain ulang adalah angka keamanan (*safety factor*). Pada gambar 4.6 terlihat *safety factor* minimum sebesar 1,321 yang terjadi pada bagian stik mandril. Hal ini terjadi karena bagian tersebut mengalami distribusi tegangan secara langsung. Sedangkan angka keamanan maksimum terdapat pada bagian warna biru yaitu sebesar 1,648. Dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Safety Factor Stik Mandril Setelah Didesain Ulang

Pada proses desain stik mandril roket RX-100 didesain dengan menggunakan software solidwork. Dalam proses simulasi ini terdapat 2 komponen yang dilakukan simulasi, pertama stik mandril saat ini dengan menggunakan material stainless steel dan kedua stik mandril setelah didesain ulang dengan menggunakan material AISI 4340 steel normalized.

Setelah didapatkan hasil desain maka dilakukan simulasi dengan tujuan mengetahui kekuatan pembebanan statik stik mandril dengan memperoleh nilai dari von mises stress, displacement, dan safety factor. Simulasi pertama yaitu terhadap stik mandril saat ini dengan material stainless steel, diperoleh tegangan maksimum von mises stress sebesar 1.650 Mpa dan minimum sebesar 4,811 Mpa. Pada *displacement* maksimum yaitu sebesar 0,884 mm dan *displacement* minimum sebesar 0 mm dan *safety factor* maksimum sebesar 4,469 dan minimum sebesar 0,13.

Simulasi kedua yaitu pada stik mandril setelah didesain ulang, besar distribusi tegangan pada *von mises stress* didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 537,4 Mpa dan tegangan minimum sebesar 430,8 Mpa.

Pada *displacement* maksimum yaitu sebesar 6,091 mm dan *displacement* minimum sebesar 1,00 mm dan *safety factor* maksimum sebesar 1,648 dan minimum sebesar 1,321.

Pada stik mandril saat ini menggunakan material *stainless steel* 304, material ini memiliki kelebihan seperti ketahanan korosi, kekuatan dan daya tahan, mudah dibersihkan, dapat didaur ulang, minim perawatan. Pada material *stainless steel* 304 ini juga memiliki kekurangan seperti biaya yang cukup mahal, konduktivitas termal yang rendah, sulit dilas, dan juga kekuatan tarik yang tidak begitu tinggi.

Pada stik mandril setelah didesain ulang menggunakan material AISI 4340 *Steel, normalized*, material ini juga memiliki kelebihan seperti kekuatan dan ketahanan yang cukup baik, karakteristik mekanis yang baik, kemampuan pengerasan, kekuatan tarik yang tinggi. Pada material ini juga memiliki kekurangan seperti biaya produksi yang sedikit lebih mahal, ketahanan terhadap korosi yang kurang baik, dan juga berat.

4. KESIMPULAN

1. Desain stik mandril propelan roket RX-100 didesain dengan menggunakan *software* solidwork. Material yang digunakan pada stik mandril saat ini adalah *stainless steel* 304 dan materiil yang digunakan pada stik mandril setelah didesain ulang adalah AISI 4340.
2. Cara dalam melakukan simulasi pada stik mandril ini ialah dengan proses pembuatan geometri desain stik mandril propelan roket RX-100 dengan menggunakan *software* solidwork kemudian menentukan jenis material yang digunakan, pemberian titik tumpuan dan pembebanan pada stik mandril propelan roket RX-100 lalu melakukan proses *meshing* dan melakukan proses *running* sehingga akan didapatkan hasil *von mises stress, displacement, dan safety factor*.
3. Pada proses melakukan simulasi stik mandril saat ini besar distribusi tegangan pada *von mises stress* didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 1.650 Mpa dan tegangan minimum sebesar 4,811 Mpa. Pada *displacement* maksimum yaitu sebesar 0,884 mm dan *displacement* minimum sebesar 0 mm dan *safety factor* maksimum sebesar 4,469 dan minimum sebesar 0,13. Pada proses simulasi stik mandril setelah didesain ulang besar distribusi tegangan pada *von mises stress* didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 537,4 Mpa dan tegangan minimum sebesar 430,8 Mpa. Pada *displacement* maksimum yaitu sebesar 6,091 mm dan *displacement* minimum sebesar 1,00 mm dan *safety factor* maksimum sebesar 1,648 dan minimum sebesar 1,321.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. B. Wibowo, "Strategi Penguasaan Teknologi Cast Double Base (Cdb) Dalam Rangka Menunjang Litbang Propelan Roket Dan Membangun Industri Propelan Di Indonesia (Control Strategy of Casting Double Base Propellant (Cdb) Technology in Order To Support R&D of Rocket Propella," *Maj. Sains dan Teknol. Dirgant.*, vol. 10, no. 1, pp. 33–44, 2015.
- [2] A. Susanto, L. Hajar Abdillah, M. STT Adi Sucipto, and P. Pustekroket, "Propelan Dan Teknologi Pembuatannya," 2014.
- [3] J. Bakara, "Suatu Pemikiran Tentang Sistem Koordinasi Pemanfaatan Industri Nasional Dalam Pengembangan Teknologi Roket," *J. Anal. dan Inf. Kedirgant.*, no. September 1962, pp. 151–164, 2013.
- [4] Sutrisno, "Proses Produksi Propelan Rx 550 Menuju Terwujudnya Roket Pengorbit Satelit (RPS).
- [5] A. Nuryanto and Sutrisno, "Aspal Buton (Asbuton) Sebagai Bahan Bakar Roket Padat," *J. Teknol. Dirgant.*, vol.7,no.1,pp.36–45,2009.
- [6] p2k.stekom.ac.id,"Roket,"p2k.stekom.ac.id.Accessed:Aug.20,2023.Available:https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Roket#:~:text=Roket pertama dibuat di Tiongkok,dengan tujuan perang maupun damai.
- [7] F. A. Manistatho, Y. E. Prawatya, R. A. Wicaksono, 2021, Analisa Pengaruh Arang Aktif Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria* (L.) Nielsen) Sebagai Komposisi Fuel Propelan Padat pada Bahan Bakar Roket, *JTRAIN : Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik*, Vol. 2, No. 2, 62-67.