

ANALISIS KEKUATAN DESAIN *SKID FRAME* DENGAN SIMULASI LINEAR STATIK BERBASIS INVENTOR-NASTRAN

Ida Farida¹, Kukuh Prasetyo², Much. Furqon M.³, Kurniawan P.Y.⁴, Pratama Dika⁵.

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan UNHAN RI

²Departemen Teknik Dirgantara, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara ITB

^{3,4,5}National Air And Space Power Of Indonesia

^{1,2}ida.farida@idu.ac.id; ^{3,4,5}Muchammadfurqon10@gmail.com

Abstrak — Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk menganalisis kekuatan desain yang dilaksanakan oleh industri manufaktur, khususnya sektor migas dan energi, salah satu hal yang tak lepas dari kegiatan sehari-hari adalah desain, fabrikasi atau konstruksi, dan instalasi struktur *Skid Frame*. *Skid Frame* merupakan rangkaian struktur yang umumnya terdiri dari satu atau beberapa *standard profile* seperti *UNP*, *H-Beam*, dan *L-Profile*. Penelitian ini berangkat dari pentingnya memastikan kekuatan dan keandalan *Skid Frame* yang menopang *Pressure Vessel* dalam aplikasi industri. *Pressure Vessel* sering kali beroperasi di bawah tekanan tinggi dan kondisi beban dinamis yang dapat mempengaruhi integritas struktural *Skid Frame*. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi *gap* tersebut dengan menganalisis kekuatan desain *Skid Frame* menggunakan simulasi linear statik berbasis *Inventor-Nastran*. Metode penelitian melibatkan pemodelan geometri *Skid Frame* dalam *Autodesk Inventor*, aplikasi beban dan kondisi batas, serta analisis linear statik menggunakan *Inventor-Nastran*. Hasil penelitian ini menunjukkan tegangan dan deformasi pada struktur *Skid Frame*. Dari hasil analisis ini, area kritis yang memerlukan perbaikan desain atau penguatan tambahan dapat diidentifikasi. Simulasi linear statik berbasis *Inventor-Nastran* merupakan alat yang efektif untuk menganalisis dan mengoptimalkan desain *Skid Frame* yang menopang *Pressure Vessel*. Pendekatan ini membantu dalam meningkatkan efisiensi desain dan mengurangi risiko kegagalan struktural, sehingga dapat diandalkan untuk aplikasi industri yang menuntut.

Kata kunci: *Skid Frame*, *Pressure Vessel*, Elemen Hingga, Analisis Struktur, *Inventor-Nastran*

Abstrack — *This research was carried out with the aim of analyzing the strength of design carried out by the manufacturing industry, especially the oil and gas and energy sectors, one of the things that cannot be separated from daily activities is the design, fabrication or construction, and installation of Skid Frame structures. Skid Frame is a series of structures which generally consists of one or several standard profiles such as UNP, H-Beam, and L-Profile. This research departs from the importance of ensuring the strength and reliability of the Skid Frame that supports Pressure Vessels in industrial applications. Pressure Vessels often operate under high pressure and dynamic load conditions which can affect the structural integrity of the Skid Frame. This research aims to fill this gap by analyzing the strength of the Skid Frame design using Inventor-Nastran based static linear simulation. The research method involves modeling Skid Frame geometry in Autodesk Inventor, application of loads and boundary conditions, as well as static linear analysis using Inventor-Nastran. The results of this research show the stress and deformation in the Skid Frame structure.*

From the results of this analysis, critical areas requiring design improvements or additional strengthening can be identified. Inventor-Nastran based static linear simulation is an effective tool for analyzing and optimizing the design of Skid Frames that support Pressure Vessels. This approach helps in increasing design efficiency and reducing the risk of structural failure, making it reliable for demanding industrial applications.

Keywords: *Skid Frame, Pressure Vessel, Finite Element, Structural Analysis, Inventor-Nastran.*

1. PENDAHULUAN

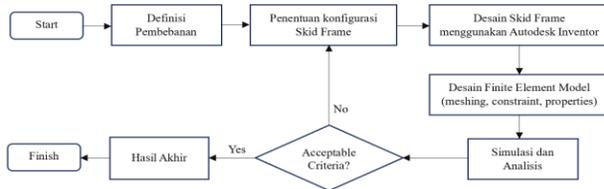
Pressure Vessel atau bejana tekan merupakan wadah yang berisi bahan padat, cair, atau gas yang menahan tekanan internal atau eksternal, juga mampu menahan berbagai beban lainnya [Megyesy, Eugene F., 2001]. Dalam beberapa kasus, *Pressure Vessel* di pasang pada suatu struktur yang disebut *Skid Frame* yang menyalurkan beban dari *Pressure Vessel* ke tanah ataupun *site foundation*. Pada umumnya, *Skid Frame* ini tersusun dari satu atau beberapa rangkai baja ekstrusi dengan profil U (UNP), H (*H-Beam*), ataupun L (*L-Profile / Angle Profile*). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan memberikan *engineering justification* pada desain *Skid Frame* yang menahan beban dari beberapa *Pressure Vessel* beserta kelengkapan struktur *working platform* seperti *stairways*, dan *grating plate*. Beberapa hal penting dalam desain dan analisis *Skid Frame* ini adalah bahwa *Skid Frame* ini berukuran relatif besar karena menopang beberapa *Pressure Vessel*, dimana beban terbesarnya ada di *platform* teratas. Sementara di sisi lain *Skid Frame* ini harus bisa masuk ke dalam *container* yang ukuran maksimumnya 40ft. Oleh karena itu, *Skid Frame* ini didesain dengan dua jenis sambungan atau *joint* yaitu *bolted joint* dan *welded joint*, dimana *welded joint* dilakukan di *manufacturer workshop*, sedangkan *bolted joint* dilakukan di *client site*. Selain

itu, semua desain atau konstruksi *Pressure Vessel* dan *Skid Frame* ini harus memenuhi standar ASME Section VIII Div.I [ASME BPVC 2021].

2. METODE PENELITIAN

Pressure Vessel dan *Skid Frame* yang dianalisis merupakan obyek yang berada di salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur, khususnya sektor energi. Desain *Skid Frame* tersebut merupakan struktur yang menjadi tumpuan utama dari beberapa *pressure vessel*, antara lain: *Expansion Tank*, *Deaerator Tank*, dan *Temperature Barrier Vessels*. *Skid Frame* terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu: kerangka dari *H-Beam*, *U-Profile*, dan *L-Profile*, kemudian *grating plate* untuk pijakan, *handrails*, dan *stairways* atau tangga. Konsep desain *Skid Frame* ini adalah konsep *knocked down* dengan membagi *Skid Frame* menjadi beberapa *section*, dimana setiap *section* tersebut disambung menggunakan *bolted joint*. Pembagian *Skid Frame* menjadi beberapa *section* ini didasarkan pada *load path*, ukuran *container* untuk pengiriman *Skid Frame* ke lokasi *site*, dan kemudahan instalasi. Desain *Skid Frame* dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor* versi 2024, kemudian dianalisis dengan *Nastran* yang terintegrasi dalam *Autodesk Inventor*. Analisis yang dilakukan adalah

pada komponen utama dari *Skid Frame* tersebut, yaitu *H-Beam*, *U-Profile*, dan *L-Profile* karena struktur-struktur tersebut merupakan *load path* utama dari *Skid Frame*. Gambar 1 berikut merupakan *flowchart* simulasi atau analisis yang dilakukan.



Gambar 1. *Flowchart* Simulasi

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa sebelum memulai desain *Skid Frame*, maka terlebih dahulu perlu diketahui pembebanan yang akan terjadi pada *Skid Frame*. Simulasi dan analisis pada penelitian ini difokuskan hanya untuk pembebanan statik berdasarkan data *pressure vessel* yang telah didesain berdasarkan ASME Section VIII Div.I [ASME BPVC 2021]. Selanjutnya menentukan konfigurasi *Skid Frame* yang akan didesain dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut: *load path*, keter sediaan material dan *cost*, kemudahan instalasi dan bongkar pasang, sambungan-sambungan, serta ukuran *container* untuk pengiriman *Skid Frame* ke lokasi *site*. Setelah konfigurasi ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah membuat 3D model *Skid Frame* menggunakan *software Autodesk Inventor*, yang dilanjutkan dengan membuat model *finite element* pada *Nastran Environment* yang sudah *built-in* dalam *Autodesk Inventor*.

2.1. Asumsi

Karena penelitian ini merupakan analisis linear statik, maka ditetapkan beberapa asumsi, yaitu:

- Displacements dianggap sangat kecil relatif terhadap ukuran *Skid Frame*
- Tidak ada *follower forces*

Kedua asumsi diatas adalah asumsi yang umumnya digunakan dalam analisis linear statik. *Follower forces* artinya arah gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda akan berubah seiring dengan deformasi yang terjadi pada benda tersebut [Autodesk Nastran 2024]. Perubahan ini pada umumnya diikutsertakan dalam analisis non-linear.

2.2. Material

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya bahwa uji statik *Skid Frame* ini disimulasikan pada struktur utama yang terdiri dari *H-Beam*, *U-Profile*, dan *L-Profile*. Standar yang menjadi acuan dalam pemilihan *profile* dan materialnya adalah *Carbon Steel ASTM A36* dengan *material properties* yang telah disediakan dalam *Autodesk Library* sebagaimana terlihat pada Tabel 1 berikut [Autodesk Help]. *Carbon Steel* atau material baja merupakan logam yang paling sering dijumpai penggunaannya dalam bidang industri manufaktur karena memiliki kekuatan yang besar, keuletan yang baik, serta mudah untuk difabrikasi [Ichlas Imran, Al, Kadir, 2017].

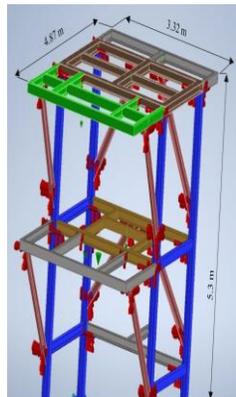
Tabel 1. *Material Properties*

Properties	Value	Unit
Modulus of Elasticity	2.10×10^5	N/mm ²
Shear Modulus	7.93×10^4	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.26	-
Mass Density	7800	kg/m ³
Ultimate Strength	410	N/mm ²
Yield Strength	250	N/mm ²

2.3. Geometri

Bounding box yang mengcover seluruh *Skid Frame* pada penelitian ini mempunyai tinggi 5.3 meter, panjang 4.87 meter, dan

lebar 3.32 meter (lihat Gambar 2). Desain *Skid Frame* ini mempunyai massa sekitar 2.7 ton.

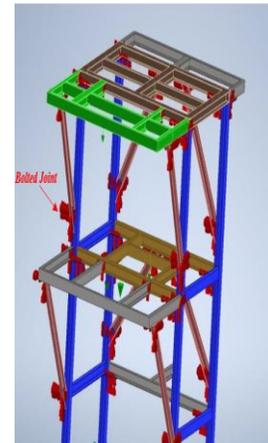


Gambar 2. Geometri Desain *Skid Frame*

Sebagaimana terlihat pada Gambar 2, *Skid Frame* didesain mempunyai empat pilar vertikal utama (warna biru) yang merupakan *H-Beam* ukuran 150mm x 10mm tebal dengan panjang masing-masing 5.3 meter. Keempat pilar *H-Beam* tersebut dilas ke *baseplate* yang disambungkan dengan *anchor bolt* ke *foundation floor*. Dari Gambar 2 terlihat bahwa *Skid Frame* didesain mempunyai dua *platform*, dimana *platform* atas merupakan tumpuan dari *Expansion Tank*, sementara *platform* bawah merupakan tumpuan dari *Deaerator Tank* dan *Temperature Barrier Vessel*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah desain 3D model selesai dirancang menggunakan *Autodesk Inventor*, maka langkah selanjutnya adalah membuat model *finite element Skid Frame* menggunakan *Nastran Environment* yang sudah *built-in* dalam *Autodesk Inventor*. Simulasi pengujian statik pada penelitian ini menggunakan metode *full solid model analysis* dimana model *finite element* dibuat langsung dari 3D model *Skid Frame*. Gambar 3 berikut merupakan model *finite element* yang digunakan untuk simulasi.



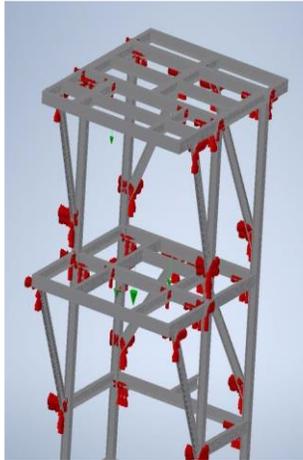
Gambar 3. Model Elemen Hingga

Dari Gambar 3 terlihat ada beberapa tampilan semacam simpul berwarna merah pada beberapa sambungan atau *joint* yang merupakan representasi dari *bolted joint*. Dalam simulasi ini *bolted joint* dimodelkan dengan *rigid body element* yang menyambungkan dua elemen solid. *Bolted joint* dalam desain *Skid Frame* ini menggunakan ISO Grade 8.8 *Bolt* yang mempunyai kekuatan 580 MPa dengan diameter 16mm [ISO 2006]. Semua *joint* atau sambungan selain *bolted joint* sebagaimana terlihat pada Gambar 3 merupakan *welded joint* yang disimulasikan dengan *welded contact* pada pengaturan *Nastran Environment*. Material dalam simulasi linear statik ini adalah *isotropic* dengan *material properties* sebagaimana tertera pada Tabel 1 pada Bab 2.

3.1. Pembebanan dan Tumpuan

Sebagaimana telah dijelaskan dalam Bab 2, *Skid Frame* ini didesain sebagai tumpuan dari beberapa *Pressure Vessel*. Pembebanan dalam simulasi ini merupakan beban statik yang diperoleh dari perhitungan *dead load* sesuai standar ASME [2]. Total beban yang diterima *Skid Frame* ini adalah 170 kN yang merupakan gabungan dari semua berat *pressure vessel* pada kondisi *full load*, dengan nilai *safety factor* 1.5. Gambar 4 berikut

merupakan pembebanan yang di simulasi kan.

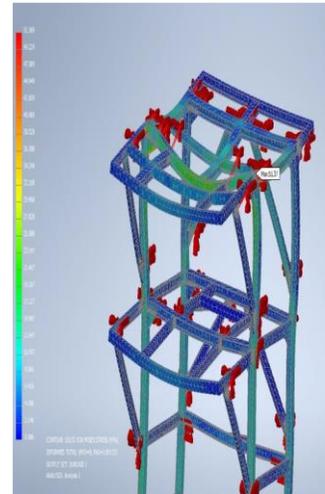


Gambar 4. Pembebanan

Dari Gambar 4 terlihat beberapa panah hijau yang merupakan titik-titik pembebanan yang mengarah ke bawah *Skid Frame*. *Skid Frame* ditumpu pada keempat pilar vertical utama melalui *base plate*. Keempat tumpuan tersebut merupakan *fixed constraint*.

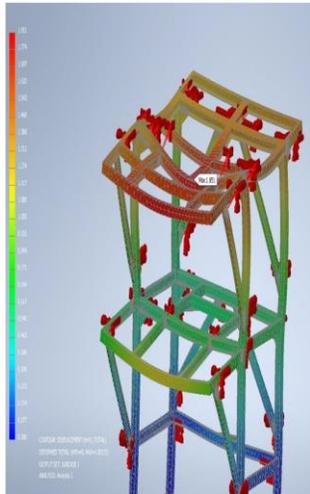
3.2. Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan dengan pengaturan *linear static analysis* pada *Nastran Environment* dengan kriteria *von Mises*. Secara umum kriteria kegagalan *von Mises* ini lebih sering dipakai dalam perhitungan kekuatan atau analisis struktur karena kriteria *von Mises* ini lebih konservatif dibandingkan kriteria kegagalan yang lain [Cunha Jr. Americo 2023], sehingga hasil simulasi atau analisis relatif lebih aman. Gambar 5 berikut merupakan hasil simulasi berupa *von Mises Stress*.



Gambar 5. Von Mises Stress

Dari Gambar 5 diatas terlihat bahwa *stress* atau tegangan maksimum yang terjadi pada *Skid Frame* akibat pembebanan adalah 51.37 MPa. *Maximum von Mises stress* tersebut terjadi pada salah satu *welded joint* di *platform* bagian atas. Hal ini sesuai dengan pembebanan yang disimulasikan, dimana *platform* bagian atas menerima beban paling besar karena struktur *platform* atas tersebut merupakan tumpuan dari *Expansion Tank* yang merupakan *Pressure Vessel* paling berat dari semua *Pressure Vessel* yang dipasang di *Skid Frame*. Gambar 6 berikut adalah deformasi yang terjadi akibat pembebanan. Deformasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 1.85mm pada *platform* atas. Hal ini senada dengan tegangan maksimum yang terjadi, dimana *platform* atas menerima beban paling besar.



Gambar 6. Deformasi

Hasil analisis sebagaimana tertera dalam Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa desain *Skid Frame* ini mampu menahan beban *Pressure Vessel* dalam kondisi *maximum load* beserta beban-beban lain seperti kelengkapan *working platform* beserta beban dari berat sampai beberapa orang operator. Tegangan maksimum yang terjadi pada kondisi beban maksimum sebagaimana terlihat pada Gambar 5 adalah 51.37 MPa, sementara *Yield Strength* material sebagaimana tercantum pada Tabel 1 di Bab 2 adalah 250 MPa. Oleh karena itu, desain *Skid Frame* ini bisa dinyatakan aman untuk selanjutnya masuk ke tahap fabrikasi.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Hasil analisis menyatakan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada desain *Skid Frame* akibat pembebanan maksimum adalah 51.37 MPa, sedangkan deformasi maksimum adalah sebesar 1.85mm, dimana perhitungan analisis ini sudah menyertakan *safety factor* 1.5. *Yield Strength* material yang digunakan pada desain *Skid Frame* ini adalah 250 MPa.

- Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa desain *Skid Frame* ini aman untuk dilanjutkan ke tahap fabrikasi tanpa perlu penambahan struktur penguat lagi. Simulasi linear statik berbasis *Inventor-Nastran* ini merupakan alat yang efektif untuk menganalisis dan mengoptimalkan desain *Skid Frame* yang menopang *Pressure Vessel*. Pendekatan ini membantu dalam meningkatkan efisiensi desain dan mengurangi risiko kegagalan struktural. Untuk hasil analisis yang lebih akurat, perlu adanya analisis tambahan yang sifatnya non-linear dengan beban kombinasi seperti beban akibat ekspansi dari *Expansion Tank*.

5. REFERENSI

- [1] ASME BPVC Section VIII, Division I, 2021, New York.
- [2] Autodesk Nastran 2024 Handbook, Version 11.1, Autodesk, Inc.
- [3] Autodesk Help.
- [4] Cunha Jr, Americo *et al.*, 2023, "Tresca vs. von Mises: Which failure criterion is more conservative in a probabilistic context?" 1: 5-7.
- [5] Ichlas Imran, Al, Kadir, 2017, "Simulasi Tegangan Von Misses dan Analisa Safety Factor Gantry Crane Kapasitas 3 Ton", Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.
- [6] Megyesy, Eugene F., 2001, "Pressure Vessel Handbook", Pressure Vessel Publishing, Inc., Oklahoma.
- [7] Properties of Grade 8.8 Bolt & Nut (ISO), 2006, Rockside Export Limited.