

**PERANCANGAN MEKANISME ALAT ANGKUT
KAPASITAS 10 TON**

TESIS

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister dari
Universitas Pasundan Bandung

AGUS SALEH
NPM :128712004



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS PASCA SARJANA
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2016**

ABSTRAK

Salah satu kegiatan *maintenance* dalam melakukan bongkar pasang peralatan industri memerlukan mekanisme alat angkut dengan kriteria desain yang memenuhi persyaratan tertentu. Persyaratan untuk memenuhi kriteria tersebut adalah bobot 10 ton. Kriteria lain yang juga menentukan kualitas desain alat angkut adalah ruangan terbatas dan harus terbebas dari percikan api. Perancangan mekanisme alat angkut ini diterapkan pada pompa berdiameter 744 mm dan dengan panjang 6.000 mm.

Selama ini kegiatan bongkar pasang untuk mengangkat pompa dilakukan dengan menggunakan *Tower Crane* dan harus diangkat ke atas setinggi 30 meter. Kelemahan dari *Tower Crane* ini adalah harus menyewa dengan biaya sekitar ratusan juta rupiah. Oleh sebab itu maka masalah yang akan dipecahkan dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang mekanisme alat angkut yang sesuai dengan kondisi di atas. Adapun tujuan yang hendak dicapai adalah melakukan perancangan mekanisme alat angkut, konseptual desain, optimasi dimensi, pemilihan material dan proses manufaktur, dan analisis biaya. Lingkup dalam perancangan ini adalah beban yang dianalisis bersifat statik. Pemilihan komponen *Engine, Outtriger, Power Pack* hidrolis, silinder hidrolis dan rangka kendaraan merujuk pada standar yang disesuaikan dengan beban kerja.

Tahapan yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah pengumpulan data lapangan dan gambar teknik, melakukan perancangan mekanisme alat angkut, melakukan konseptual desain, menganalisis hasil rancangan dengan bantuan *software*.

Prinsip kerja dari perancangan mekanisme alat angkut ini adalah seperti mekanisme pada *Dump Truck*. Berdasarkan hasil optimasi dimensi dan analisis tegangan menggunakan *software SolidWork* dengan jenis material ASTM A36, maka diperoleh faktor keselamatan (FoS) sebesar 5,4 dan 3,6. Dengan demikian, maka mekanisme tersebut dianggap aman karena memiliki faktor keselamatan lebih besar dari satu.

PENDAHULUAN

Alat angkat dan angkut adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkat dan mengangkut sebuah barang dengan jarak, besar, dan berat tertentu yang sulit untuk dilakukan dengan tenaga manusia. Salah satu alat angkut yang banyak digunakan oleh industri adalah *Dump Truck*. Alat ini biasa digunakan untuk mengangkut barang. Secara umum mekanisme ini dilengkapi dengan bak terbuka yang dioperasikan dengan bantuan hidrolik.

Selama ini bongkar pasang pompa dilakukan dengan menggunakan *Tower Crane*. Biaya yang dikeluarkan untuk sewa alat tersebut cukup mahal. Dampak dari kegiatan ini maka efisiensi menjadi rendah. Oleh sebab itu maka perlu pengadaan alat khusus yang lain dan tidak harus menyewa serta dapat digunakan secara periodik.

Dalam tugas akhir ini, dengan melihat kasus di atas maka perlu dilakukan perancangan mekanisme alat angkut pompa, yang dapat digunakan pada area yang terbatas. Dengan mempertimbangkan latar belakang di atas maka perumusan

masalahnya adalah bagaimana melakukan perancangan mekanisme alat angkut yang memenuhi kriteria di atas.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah melakukan perancangan alat angkut, konseptual desain, optimasi dimensi, pemilihan material dan proses manufaktur, dan analisis biaya. Lingkup pada perancangan mekanisme alat angkut adalah analisis tegangan dilakukan secara statik dan untuk *Engine, Outrigger, Power Pack* hidrolik, silinder hidrolik dan rangka kendaraan disesuaikan dengan standar beban yang diketahui.

Tahapan perancangan yang akan dilakukan dalam penyelesaian kasus ini adalah pengumpulan data lapangan dan gambar teknik, melakukan perancangan mekanisme alat angkut, melakukan konseptual desain, melakukan optimasi dimensi, dan menganalisis hasil rancangan dengan bantuan *software*.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah dasar pemikiran dari suatu bangunan bentuk-bentuk kompleks dengan blok-blok sederhana atau membagi objek yang kompleks ke dalam bagian-bagian kecil yang teratur.

2.1.1 Penggunaan Metode Element Hingga

Penggunaan metode elemen hingga terdiri dari beberapa analisis :

- Analisis perancangan adalah perhitungan serta simulasi komputer.
- *Finite Element Methode* atau *Finite Element Analysis* adalah metode simulasi komputer yang paling banyak diaplikasikan dalam *engineering*.
- Penggunaan dari aplikasi CAD atau CAM.

Aplikasi dari metode elemen hingga dalam *engineering* sebagai berikut :

- *Mechanical / Aerospace / Civil / Automobile Engineering*
- *Structure Analysis Static / Dynamic Linier / Non Linier*
- *Thermal / Fluid Flows*

- *Electromagnetics*
- *Gheomechanics*
- *Biomechanics*

2.1.2 Analisis statik

Masalah analisis sebagian besar dapat diperlakukan sebagai masalah statik, berdasarkan pada asumsi di bawah ini :

1. *Small deformation* (perubahan yang terjadi sangat kecil)
2. *Elastic material*
3. *Static load*

2.2 Teori Distorsi Energi

Von Mises menyatakan bahwa akan terjadi luluh bilamana tegangan normal itu tidak tergantung dari orientasi kedua deviator tegangan yang melampaui harga kritis tertentu.

Kriteria luluh Von Mises mengisyaratkan bahwa luluh tidak tergantung pada tegangan normal atau tegangan geser tertentu, melainkan tergantung dari fungsi ketiga harga tegangan geser utama karena kriteria luluh didasarkan atas selisih tegangan normal $\sigma_1 - \sigma_2$ dan sebagainya. Kriteria luluh Von Mises melibatkan suku pangkat dua, hasilnya tidak tergantung dari tanda tegangan individual.

2.3 Filosofi Perancangan

Perancangan Teknik adalah metode yang digunakan Insinyur dalam menciptakan sebuah produk. Adapun proses/langkah-langkahnya cenderung untuk dapat digambarkan dalam berbagai cara yang berbeda. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang sebelum pembuatan komponen diproduksi.

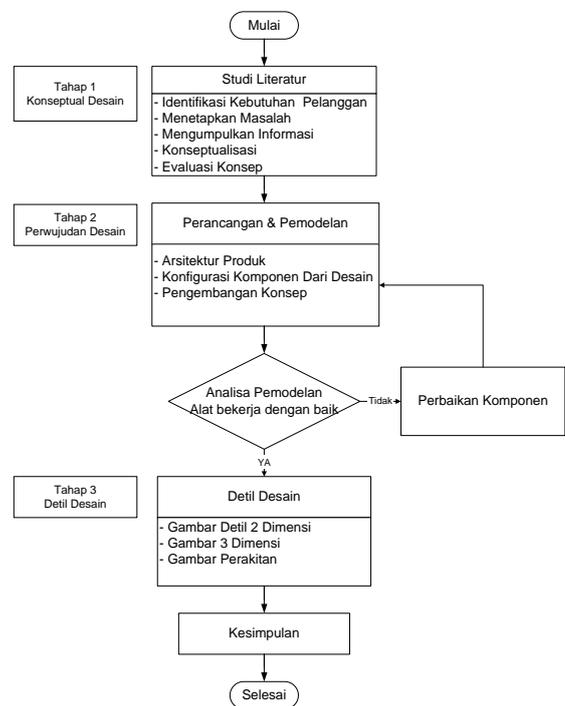
2.4 Pengertian Faktor Keselamatan

Faktor Keselamatan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum. Adapun rumus faktor keselamatan adalah :

$$Factor\ of\ Safety = \frac{Material\ Strength}{Design\ Load}$$

PERANCANGAN DAN PEMODELAN ALAT ANGKUT

3.1 Diagram Alir Perancangan



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

PEMBAHASAN

4.1 Metode Analisis

Setelah model geometri dari mekanisme alat angkut telah siap, maka langkah selanjutnya adalah memasukan model geometri tersebut ke modul penganalisis SolidWork 2013. Pada perangkat lunak tersebut analisis dilakukan berdasarkan

pembebanan yang telah ditentukan, dengan skenario pembebanan dilakukan pada posisi awal menerima beban.

Analisis dilakukan pada kondisi statis dengan beberapa tahapan agar tidak terjadi kesalahan ketika dilakukan *meshing*. Adapun tahapan yang dilakukan adalah analisis pembebanan pada box penerima dan mekanisme rangka tengah.

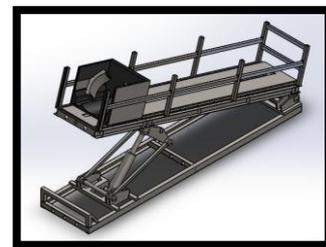
Pada analisis statis, hal yang diteliti adalah mengenai dimana saja daerah-daerah rawan yang terjadi saat rancangan mengalami kondisi kritis. Analisis ini dilihat bagaimana hasil perbandingan tegangan yang terjadi pada daerah rawan tersebut terhadap kekuatan *yield* dari material yang bersangkutan. Pada analisis sebuah desain, jika tegangan yang terjadi lebih besar dari pada kekuatan *yield* material maka dapat dikatakan desain tersebut telah mengalami kegagalan.

Selain analisis diatas, hal lain yang perlu diteliti dan dianalisis adalah seberapa besar *displacement* yang terjadi pada setiap daerah-daerah rawan tersebut. *Displacement* yang terlampaui besar dapat menyebabkan perubahan bentuk dari

rancangan terutama di daerah rawan yang mengalami tegangan tinggi dan akan berakibat *displacement* yang permanen pada mekanisme rancangan.

4.2 Analisis Model

Analisis ini dilakukan sepenuhnya dengan menggunakan modul penganalisis dari *software* Solid Work 2013, dengan memasukan seluruh komponen baik model geometri yang telah *dimeshing* dan kondisi-kondisi pembebanan yang diterapkan untuk mensimulasikan pembebanan, selanjutnya simulasi dapat dilakukan. Adapun model yang akan dianalisis adalah seperti diperlihatkan pada gambar 4.1



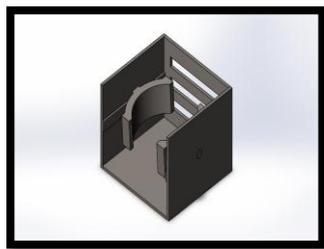
Gambar 4.1 Model pengujian

4.2.1 Analisis Model Box Penerima dan Penarik

Analisis statis pada pembebanan model, berusaha untuk mengetahui dimana dan bagaimana daerah rawan serta kondisi dari rancangan mengalami pembebanan

tersebut. Pada *software* SolidWork 2013 perintah untuk menganalisis statis model geometri tersebut dapat diakses melalui perintah *simulation expres* dari kotak dialog kemudian pilih untuk menganalisis secara statik.

Adapun model box penerima dan penarik pompa yang akan diuji diperlihatkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Model Pengujian Box Penerima Dan Penarik

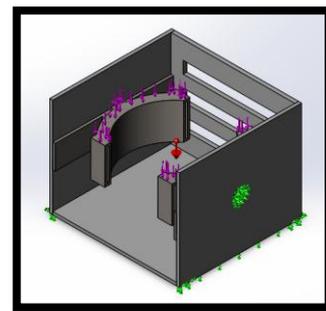
Sifat material yang akan di uji ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Sifat material

Nama	ASTM A36 Steel
Model type	Linear Elastic Isotropic
Default failure	Max Von Mises Stress
Yield strength	250 N/mm ²
Tensile strength	400 N/mm ²
Elastic modulus	200.000 N/mm ²

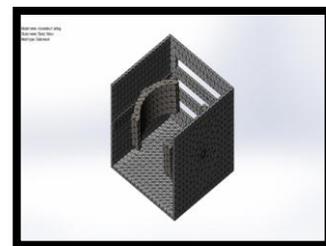
Poisson's ratio	0.26
Mass density	7850 Kg/cm ³
Shear modulus	79300 N/mm ²

Kemudian *setting* kondisi beban dan tumpuan seperti diperlihatkan pada gambar 4.3, maka analisis dapat mulai dijalankan.



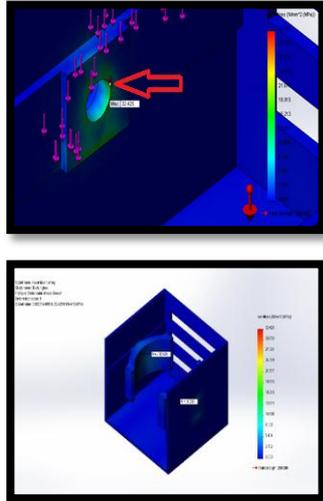
Gambar 4.3 Pemberian Beban

Setelah parameter-parameter dimasukan kemudian di *run* dan menunjukkan bahwa model yang dibuat berhasil tanpa ada kesalahan, maka model akan dibuat seperti pada gambar 4.4



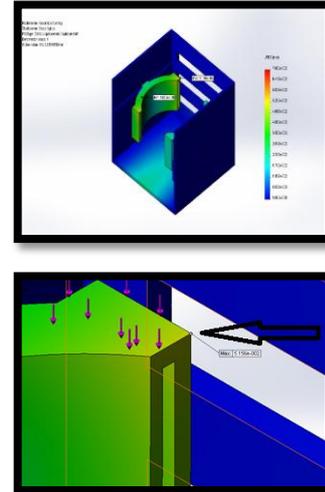
Gambar 4.4 Model Yang Dimeshing

Kemudian hasil dari *running program* adalah diperlihatkan pada gambar 4.5



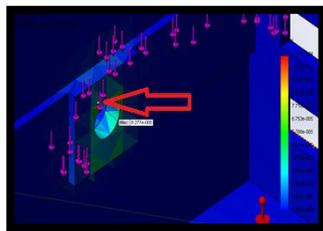
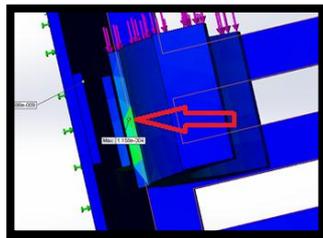
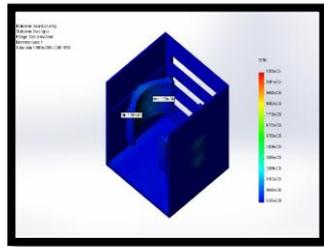
Gambar 4.5 Von Mises Pada Box
Penerima Dan Penarik

Dari gambar 4.5 tegangan maksimum yang terjadi pada box penerima sebesar 32.4254 N/mm^2 (Mpa). Menunjukkan bahwa nilai tersebut adalah tegangan maksimum yang diterima oleh komponen yang terjadi pada nodal 948 pada bagian yang ditunjukkan dengan panah. Bagian inilah yang kritis yang menerima beban maksimum.



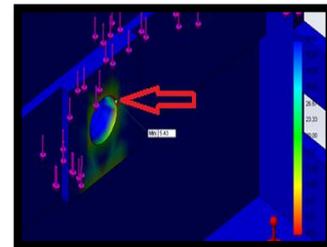
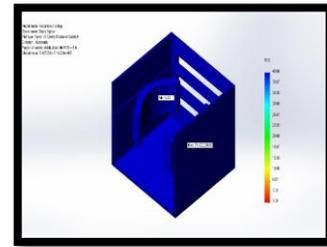
Gambar 4.6 *Displacement* Pada Box
Penerima

Gambar 4.6 *displacement* maksimum pada penarik sebesar 0.0515558 mm . Menunjukkan bahwa nilai tersebut adalah *displacement* maksimum yang terjadi pada komponen tersebut dan tepatnya pada nodal 2080 pada bagian yang ditunjukkan dengan panah. Bagian inilah yang menerima *displacement* maksimum.



Gambar 4.7 *Strain* Maksimum Pada Box Penerima

Gambar 4.7 *Strain* maksimum pada box penerima dan penarik sebesar 0.000115763. Menunjukkan bahwa *strain* maksimum yang terjadi pada komponen tersebut terjadi pada nodal 1408 bagian yang ditunjukkan dengan panah. Daerah inilah yang terjadi *strain* terbesar.



Gambar 4.8 *Factor of Safety* Pada Box Penerima Dan Penarik

Gambar 4.8 *Factor of Safety* (FoS) minimum pada box penerima dan penarik sebesar 5.4. dan ini menunjukkan bahwa faktor keamanan pada komponen tersebut adalah kondisi aman

Tabel 4.2 Hasil analisis box penerima dan penarik

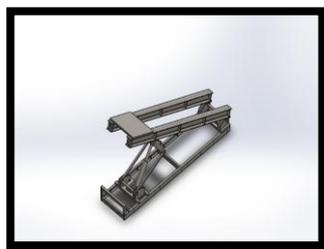
Nama type	Minimum	Maksimum
<i>VON : Von Mises Stress</i>	0.0000050031 N/mm ² (MPa) Node : 11870	32.4254 N/mm ² (MPa) Node : 948
<i>Displacement</i>	0 mm Node : 2021	0.05 mm Node : 5753
<i>Strain</i>	0.0000000015 Element : 59	0.0000115763 Element : 1408
<i>Factor of Safety</i>	5.4 Node : 134	7.142.2300 Node : 11870

Secara keseluruhan analisis statis yang dilakukan pada box penerima dan penarik

seperti ditunjukkan pada gambar 4.5 sampai dengan gambar 4.8, bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada bagian itu masih dibawah nilai *yield strength* dari material. Kemudian *displacement* dan *strain* yang terjadi masih dalam kondisi normal dan tidak menyebabkan perubahan bentuk secara signifikan. Faktor keamanan yang dimiliki aman.

4.2.2 Analisis Komponen Rangka Tengah

Analisis terakhir yang dilakukan adalah pada komponen rangka tengah sebagai tempat dudukan box penerima pompa sekaligus untuk menaik dan menurunkan pompa, serta untuk menggerakkan box menjauh dan mendekat kabin. Model yang akan dilakukan analisis seperti pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Model Pengujian Rangka Tengah

Sifat material yang ditunjukkan oleh *software* adalah sebagai berikut

Tabel 4.3 Sifat material

Nama	ASTM A36 Steel
Model type	Linear Elastic Isotropic
Default failure	Max Von Mises Stress
Yield strength	250 N/mm ²
Tensile strength	400 N/mm ²
Elastic modulus	200.000 N/mm ²
Poisson's ratio	0.26
Mass density	7850 Kg/cm ³
Shear modulus	79300 N/mm ²

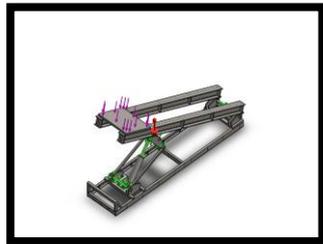
Keberhasilan suatu perakitan dalam *software* ini, maka akan diperlihatkan benda uji menjadi terbentuknya nodal-nodal seperti pada gambar 4.10. Tetapi jika tidak benar dalam penerapan ukuran maka ketika melakukan *mates* tentunya ketika dilakukan *meshing* akan gagal



Gambar 4.10 Model Yang Sudah Dimeshing

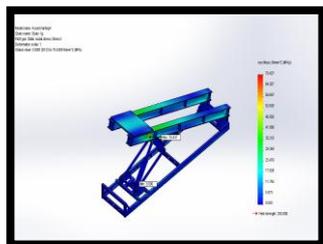
Sebelum dilakukan pengujian maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan

adalah memasukan sifat material, jenis tumpuan dan pemberian beban maka model bisa dilakukan *running* analisis seperti pada gambar 4.11



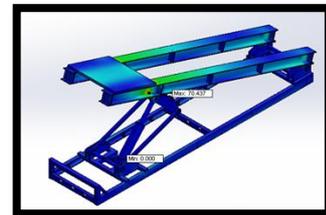
Gambar 4.11 Pemberian Tumpuan Dan Beban

Setelah parameter – parameter dimasukan maka hasil analisis statis tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12



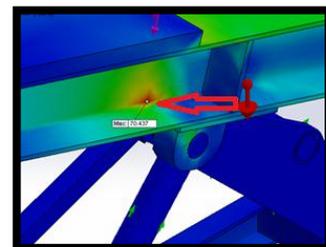
Gambar 4.12 Hasil Analisis Von Mises Pada gambar 4.12 terlihat hampir keseluruhan bagian dari rancangan masih berada dalam kondisi yang aman. Diperlihatkan pada nilai global tegangan yang terjadi adalah rasio antara 0,000126123 to 70.4369 N/mm² (Mpa). Tegangan maksimum yang terjadi mencapai 70.4369 N/mm² (Mpa). Jika dilihat dari lokasi tempat tegangan

maksimum itu terjadi didaerah bagian beam. Daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13 sebagai berikut



Gambar 4.13 Daerah Yang Terkena Tegangan Maksimum

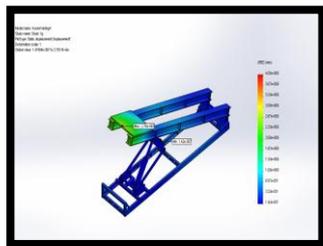
Kemudian lebih detilnya, tegangan yang terjadi pada kondisi maksimum adalah seperti diperlihatkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Perbesaran Daerah Yang Terkena Tegangan Maksimum

Kemudian daerah – daerah lainnya yang ditunjukkan oleh warna biru dan hijau menunjukkan bahwa komponen tersebut aman karena tegangan yang bekerja di bawah nilai *yield strength* material sebesar 250.000 Mpa. Tegangan maksimum yang terjadi pada daerah beam masih dibawah nilai *yield strength* material beam, maka tegangan ini masih dapat dikatakan aman.

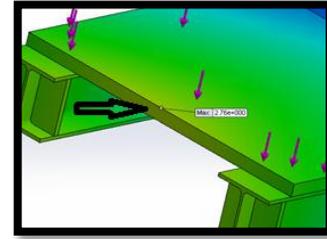
Setelah mengetahui tegangan – tegangan kritis yang terjadi, hal berikut yang harus dilihat adalah seberapa besar *displacement* yang terjadi pada rancangan tersebut. Hasil analisis *displacement* maksimum pada pembebanan ini dapat langsung dilihat dengan mengubah tampilan hasil analisis pada menu hasil *displacement*. Pilihan sebelumnya *Von Mises* maka di ubah ke posisi *displacement* kemudian *show*. Setelah opsi itu dipilih maka tampilan analisis akan berubah seperti terlihat pada gambar 4.15 sebagai berikut



Gambar 4.15 Tampilan *Displacement*

Hasil pengujian diperlihatkan pada gambar 4.15 maka diperoleh nilai *displacement* sebesar rasio 0,00000014 to 2.7 mm.

Pada gambar 4.16 diperlihatkan nilai *displacement* maksimum dan minimum



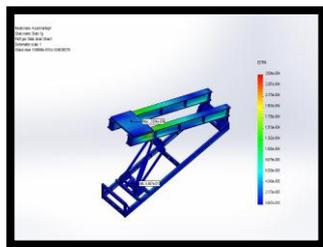
Gambar 4.16 *Displacement* Maksimum Dan Minimum

Dari hasil analisis tersebut dapat langsung terlihat bahwa *displacement* maksimum terjadi pada daerah yang berwarna hijau yaitu pada daerah komponen alat bantu percobaan sebesar 2.7 mm dan nilai minimum yang terjadi adalah 0,00000014 mm pada bagian komponen segitiga yang ditunjukkan warna biru.

displacement terbesar adalah daerah bagian depan ketika pertama menerima beban , tetapi kondisi tersebut tidak terus bertahan diposisi itu, melainkan box penerima itu akan bergerak sampai membawa pompa ke posisi terlentang.

Setelah mengetahui *Stress* dan *displacement* yang terjadi, hal berikut yang harus dilihat adalah seberapa besar *strain* yang terjadi pada rancangan tersebut. Hasil analisis *strain* maksimum pada pembebanan ini dapat langsung dilihat dengan mengubah tampilan hasil

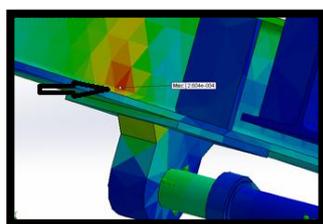
analisis pada menu hasil *Strain*. Pilihan sebelumnya *displacement* maka di ubah ke posisi *strain* kemudian *show*. Setelah opsi itu dipilih maka tampilan analisis akan berubah seperti terlihat pada gambar 4.17 sebagai berikut



Gambar 4.17 Tampilan *Strain*

Hasil pengujian diperlihatkan pada gambar 4.17 maka diperoleh nilai *Strain* sebesar rasio 0,000000000058 to 0,000260375

Pada gambar 4.18 ditunjukkan gambar perbesaran dari daerah yang ada perubahan *strain*

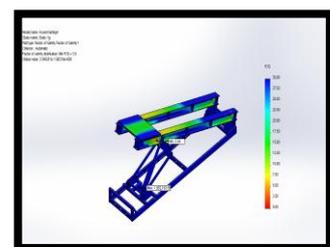


Gambar 4.18 Perbesaran *Strain* Maksimum Dan Minimum

Dari hasil analisis tersebut dapat langsung terlihat bahwa *strain* maksimum terjadi pada daerah yang berwarna merah yaitu

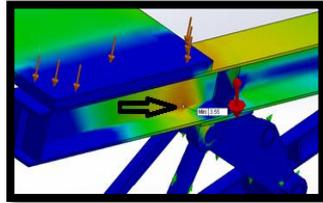
pada daerah komponen *beam* dengan nilai 0,000260375.

Setelah mengetahui *Stress*, *Displacement*, *Strain* yang terjadi, selanjutnya adalah seberapa besar *Factor of Safety* yang dimiliki pada rancangan tersebut. Hasil analisis ini dapat langsung dilihat dengan mengubah tampilan hasil analisis pada menu *result*. Pilihan sebelumnya *Stress*, *Displacement* dan *Strain* maka di ubah ke posisi *Result* kemudian *show*. Setelah opsi itu dipilih maka tampilan analisis akan berubah seperti terlihat pada gambar 4.19 sebagai berikut



Gambar 4.19 *Factor of Safety* Maksimum Dan Minimum

Gambar 4.20 perbesaran dari komponen beam yang memiliki faktor keamanan 3.6



Gambar 4.20 Perbesaran Gambar Dari
Factor of Safety

Dari hasil analisis tersebut dapat langsung terlihat bahwa faktor keamanan terkecil berada pada daerah beam sebesar 3.6 tetapi secara keseluruhan nilai faktor keamanan yang diperoleh berada pada rasio 3.55 sampai 1.982.290

Nilai FOS diperoleh dari perhitungan ratio antara tegangan ijin material dengan tegangan yang terjadi, oleh karena itu apabila nilai $FOS \geq 1$ maka secara teori sudah memenuhi kaidah tegangan ijin.

Dari hasil pengujian diatas maka ditabelkan sebagai berikut

Tabel 4.4 Hasil pengujian rangka tengah

Nama type	Minimum	Maksimum
<i>VON : Von Mises Stress</i>	0.000126123 N/mm ² (MPa) Node : 66776	70.4369 N/mm ² (MPa) Node : 24963
<i>Displacement</i>	0.00000014 mm Node : 69514	2.7 mm Node : 60805
<i>Strain</i>	0.00000000059 Element : 34378	0.000026 Element : 10961
<i>Safety of Factor</i>	3.55 Node : 24963	1.982.190 Node : 66776

4.3 Analisis Manufaktur

Dalam analisis manufaktur tentunya hal yang paling pertama di tentukan adalah gambar komponen, selanjutnya jenis material yang akan di proses karena hal ini berkaitan dengan proses selanjutnya. Berdasarkan dari konsep desain awal, bahwa material yang dipilih adalah ASTM A36 dengan sifat material yang telah dijelaskan pada bab – bab sebelumnya. Adapun langkah-langkah yang akan ditempuh adalah

1. Penentuan proses produksi untuk masing – masing komponen yang dibuat.

Daftar seluruh komponen yang akan dibuat. Identifikasi proses pekerjaan terhadap komponen. Dijelaskan bagaimana komponen bisa lebih dari satu atau lebih proses produksi. Pembahasan ini secara detil ditabelkan pada lembar lampiran.

2. Pemilihan peralatan dan mesin yang dibutuhkan

Peralatan atau mesin yang dipergunakan adalah

- Mesin bubut
- Mesin frais
- Mesin sekrup

- Mesin las
- Mesin pembentukan pabrikan

Kelengkapan peralatan yang dibutuhkan

- Pahat Hss ukuran 1/2, 3/8 dan insert karbida
- End mill Ø10, 12, 16, 20, dan pisau mantel
- Bor Ø10, 12, 14, 16
- Tap M10, M12, M14, M16, M20
- Kikir plate, setengah radius, kikir bulat
- Gerinda tangan
- Gergaji tangan
- Kikir intsrumen

3. Perhitungan waktu proses produksi
Berdasarkan pembahasan detil pada lembar lampiran, maka alokasi waktu yang diperoleh untuk tiap pemesinan adalah

Tabel 4.5 Alokasi waktu

NO	NAMA PEKERJAAN	WAKTU
1	Pemesinan bubut	13879 menit
2	Pemesinan Frais	16731 menit
3	Pemesinan Las	6223 menit
4	Pabrikasi	540 menit
5	Perakitan	7 hari

4. Penentuan operator yang dibutuhkan
Berdasarkan jumlah waktu yang tersedia dan bervariasinya jenis pekerjaan, maka operator yang diperlukan untuk melakukan penyelesaian pekerjaan secara efektif maka perlu sebanyak 4 orang

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan yang dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Mekanisme model rancangan yang direncanakan untuk menerima pompa adalah sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan
2. Faktor keamanan yang diperoleh pada box penerima dan penarik adalah sebesar 5.4 dan untuk faktor keamanan pada rangka tengah sebesar 3.6 menurut kaidah teori bahwa faktor keamanan tersebut aman