

## DESAIN KOMPONEN UTAMA ALAT UJI KONSTANTA PEGAS UNTUK KAPASITAS 50 N/MM

Moch Zizka Pratama, Muhamad Fitri

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana  
E-mail: zickk.was.here@gmail.com

**Abstrak**---Pegas pada umumnya mempunyai nilai konstanta yang tidak diketahui sehingga menyulitkan dalam pemilihan penggunaan pegas. Alat uji konstanta pegas menggunakan spesimen berupa pegas ulir tekan dengan sistem manual hidrolis dalam bentuk alat bottle jack, hal ini digunakan sebagai penekan bahan uji (pegas ulir tekan). Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mensimulasikan alat uji konstanta pegas dengan faktor keamanan yang tepat dengan kapasitas beban pegas 50N/mm. Metode yang digunakan dengan perhitungan manual lalu disimulasikan pada bagian utama komponen yang berhubungan dengan pengujian bahan pegas ulir tekan menggunakan perangkat lunak Solidwork. Dari hasil simulasi tersebut dapat dikatakan desain rangka kuat menahan beban statis maksimumnya sebesar 2000N atau 203,94 kgf dengan faktor keamanan sebesar 1,1 yang bisa dikatakan aman, jika dipakai dalam keadaan normalnya.

**Kata kunci:** Alat uji konstanta pegas, pegas, simulasi, faktor keamanan

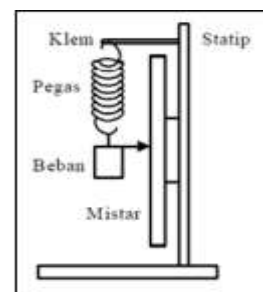
### 1. PENDAHULUAN

Pada era industri seperti sekarang, Pegas merupakan suatu konstruksi yang sudah lama sekali digunakan dalam kehidupan manusia. Pegas mempunyai peran yang sangat penting untuk meredam getaran, oleh karena itu penggunaan pegas sangatlah beragam. Namun untuk menentukan pegas yang cocok digunakan pada suatu produk, mula-mula ditentukan dahulu besaran gaya yang akan bekerja pada pegas tersebut. Lalu karena pegas memiliki batas elastis. Apabila terdapat gaya yang menyebabkan pegas tersebut tertarik melampaui batas elastisitasnya, maka akan menyebabkan fungsi pegas tidak optimal lagi.

Karena itu setiap pegas memiliki nilai konstanta yang berbeda – beda tergantung gaya yang diberikan dan pertambahan panjang yang terjadi pada pegas tersebut. Maka penting bagi kita untuk mengetahui nilai tetapan dari suatu pegas yang menggambarkan kekakuan dari suatu pegas. Sementara, pegas yang ada dipasaran umumnya tidak mempunyai nilai konstanta sehingga menyulitkan dalam pemilihan penggunaan pegas. Lalu, dalam penelitian sebelumnya tentang alat uji pegas seperti pada gambar 1, banyak diantaranya menggunakan pegas jenis tarik untuk menentukan konstanta pegasnya yang biasanya kapasitas beban pegas tersebut kecil.

Terkait hal ini, karena umumnya kapasitas beban yang dipakai tidak sampai 1 kg, penulis mencoba membuat alat uji konstanta pegas dengan kapasitas maksimal 2000N atau 203.94 kg dengan spesimen alat ujinya berupa pegas ulir tekan. Dan dalam mendesain alat ini diperlukan perhitungan pada komponen utama agar alat ini mampu menahan beban statis pegasnya, perangkat lunak yang digunakan

penulis dalam simulasi beban statis disini adalah SolidWork 2017. Cara penggunaan perangkat lunak ini membutuhkan model 3D berupa komponen-komponen yang disatukan menjadi suatu assembly yang telah ditetapkan materialnya. Setelah itu disimulasikan dengan menempatkan beban pada rangka yang akan diteliti, hasil dari simulasi dalam bentuk data berupa nilai minimum sampai maksimum dan warna yang menunjukkan parameter-parameternya yang telah disediakan oleh



perangkat lunak SolidWork 2017.

**Gambar 1.** Desain alat uji pegas tarik

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Rangka Desain

Rangka adalah struktur datar yang terdiri dari sejumlah batang-batang yang disambung-sambung satu dengan yang lain pada ujungnya, sehingga membentuk suatu rangka kokoh. Konstruksi rangka bertugas mendukung beban atau gaya yang bekerja pada sebuah sistem tersebut [1]. Konstruksi rangka bertugas mendukung beban atau gaya yang bekerja pada sebuah sistem tersebut. Beban tersebut harus ditumpu dan diletakan pada peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya.

$$Faktor\ Safety(n) = \frac{Actual\ Strength}{Required\ Strength} \quad (3)$$

**a) Tegangan**

Setiap material adalah elastis pada keadaan alaminya. Karena itu jika gaya luar bekerja pada benda, maka benda tersebut akan mengalami deformasi. Ketika benda tersebut mengalami deformasi, molekulnya akan membentuk tahanan terhadap deformasi. Tahanan ini per satuan luas dikenal dengan istilah tegangan. Secara matematik tegangan bisa didefinisikan sebagai gaya per satuan luas [2].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dimana:

- $\sigma$  = Tegangan (N/m<sup>2</sup>)
- F = Gaya atau Beban (N)
- A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

Ketika sebuah benda diregangkan dengan gaya F, maka tegangannya adalah tegangan tarik. Jika gaya yang bekerja kebalikan dari gaya pada tegangan tarik maka menyebabkan kompresi pada benda, tegangan ini disebut tegangan tekan. Sejauh tegangan bertindak dalam arah tegak lurus terhadap permukaan yang terpotong, maka tegangan itu disebut tegangan normal.

**b) Regangan**

Regangan adalah deformasi per satuan panjang [3]. Dalam rumus matematika dapat ditulis sebagai berikut,

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

Dimana:

- $\epsilon$  = Regangan
- $\Delta l$  = Perubahan panjang (m)
- l = Panjang Awal (m)

**c) Tegangan dan beban yang diijinkan**

Sebuah alat atau mesin harus memenuhi kekuatan yang ditentukan oleh besaran gaya yang bekerja. Karena kekuatan adalah kemampuan suatu struktur untuk menahan beban, kriteria sebelumnya dapat dinyatakan kembali sebagai berikut: Kekuatan aktual suatu bangunan harus melebihi kekuatan yang diperlukan. Rasio kekuatan aktual dengan kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan n: [4].

Pastinya faktor keamanan harus melebihi 1,0 jika ingin menghindari kegagalan. Faktor keamanan biasanya dimulai dari 1,0 sampai dengan 10 tergantung pada kondisi dari suatu alat. Adanya faktor keamanan tersebut juga akan memunculkan *margin of safety* yaitu jarak dari faktor keamanan. Dan biasanya *margin of safety* ini ditulis dengan menggunakan persentase sehingga dapat dituliskan sebagai berikut, [5].

$$Margin\ of\ safety\ (\%) = (Faktor\ Safety\ (n) - 1) \times 100\% \quad (4)$$

Tegangan yang dihitung pada sebuah alat juga harus memenuhi faktor keamanan untuk menghindari kegagalan pada saat gaya bekerja pada alat tersebut. Tegangan yang diijinkan tersebut merupakan perbandingan antara *yield strength* dan faktor keamanan atau dapat dituliskan, [6].

$$\sigma_{allow} = \frac{\sigma_y}{n} \quad (5)$$

Dimana:

- $\sigma_{allow}$  = Tegangan yang diijinkan (N/m<sup>2</sup>)
- $\sigma_y$  = Yield Strength (N/m<sup>2</sup>)
- n = Factor Safety

Beban yang terjadi pada batang adalah beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi merata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope titik. Ini karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja [7]. Selain tegangan, beban pada sebuah alat juga harus memenuhi faktor keamanan. Jika tidak maka suatu alat akan kelebihan beban dan dapat membuat kerusakan pada alat tersebut. Beban yang diijinkan adalah perkalian antara tegangan yang diijinkan dengan luas penampang atau dapat ditulis sebagai berikut, [8].

$$F_{allow} = \sigma_{allow} \times A \quad (6)$$

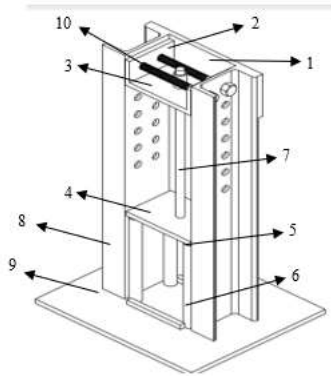
Dimana:

- $F_{allow}$  = Beban yang diijinkan (N/m<sup>2</sup>)
- $\sigma_{allow}$  = Tegangan yang diijinkan (N/m<sup>2</sup>)
- A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

**2.2 Desain rangka produk**

Seperti dilihat pada gambar 2 yang merupakan penjelasan tentang nama komponen dalam desain rangka alat uji konstanta pegas. Alat Uji

Konstanta Pegas menggunakan spesimen berupa pegas ulir tekan dengan sistem manual hidrolik dalam bentuk alat *bottle jack*, hal ini digunakan sebagai penekan bahan uji (pegas ulir tekan).



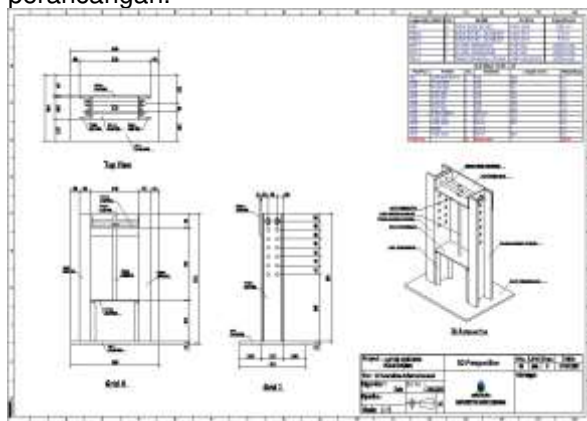
**Gambar 2.** Desain alat uji konstanta pegas

Keterangan komponen:

1. Pelat sambung tiang rangka utama
2. Pelat pengunci bantalan pengatur
3. Pelat bantalan pengatur
4. Pelat penekan
5. Besi behel silinder
6. Pipa besi behel
7. Besi behel pengikat pegas
8. Tiang rangka utama
9. Pelat landasan
10. Batang pengatur

**a) Gambar Teknik**

Pada gambar 3 memuat tentang gambar teknik alat uji konstanta pegas sebelum proses perancangan.



**Gambar 3.** Gambar Teknik Alat Uji

**b) Cara Kerja Alat**

Cara kerja alat ini sangat sederhana dimulai dari:

1. Mempersiapkan specimen alat uji pegas yang akan diujikan.
2. Menempatkan specimen pada behel pengikat pegas dalam posisi yang tepat yaitu pada pusat dari pelat penekan.

3. Lakukan pendongkrakan dengan bottle jack atau hidrolik manual untuk menekan specimen pegas.
4. Pada tiang pelat pengatur terdapat alat ukur untuk mendapatkan hasil penekanan atau perpanjangannya.
5. Catat hasil perpindahan ditunjukkan pada kawat pelat pengatur.
6. Hitung hasil percobaan dengan rumusan konstanta pegas.

**2.3 Pegas Ulir Tekan**

Pegas adalah sebuah elemen fleksibel yang digunakan untuk menghasilkan gaya atau torsi dan pada saat yang sama menyimpan energi [9]. Selain itu pendapat lain mengatakan “A spring is mechanical devices which is defined as elastic machine element, which will be deflect under the action of the external force and regain its original shape when external forces are removed” [10]. Dapat disimpulkan bahwa pegas adalah sebuah perangkat fleksibel yang dapat menghasilkan gaya atau torsi ketika diberi gaya eksternal dan dapat kembali ke bentuk semula jika gaya eksternal dilepaskan sehingga dapat menyimpan energi mekanis. Ketika pegas mendapat tekanan atau tarikan dari luar, maka pegas akan memberikan gaya yang berlawanan sebanding dengan perubahan panjang pegas.

Pegas dapat dikelompokkan sesuai dengan arah dan sifat gaya yang dihasilkan ketika pegas mengalami defleksi (penyimpangan arah) menjadi beberapa jenis, yaitu tekan, tarik, radial dan torsi. Pegas ulir tekan dengan bahan karbon tinggi merupakan bahan yang paling umum digunakan untuk pegas kecuali lingkungan suhu tinggi atau rendah atau untuk beban kejut tinggi Gambar 4 merupakan gambaran tentang pegas ulir tekan, umumnya terbuat dari kawat bundar, dililitkan lurus, berbentuk silindris dengan jarak bagi konstan antara lilitan yang satu dengan lilitan berikutnya. Kawat persegi atau segiempat juga dapat digunakan. Panjang pegas tanpa beban disebut panjang bebas. Bila dikenai gaya tekan, lilitan-lilitan pegas tertekan semakin dekat sampai semua bersinggungan, dan pada saat itu panjang pegas minimum yang disebut panjang solid [11].



**Gambar 4.** Pegas Ulir Tekan

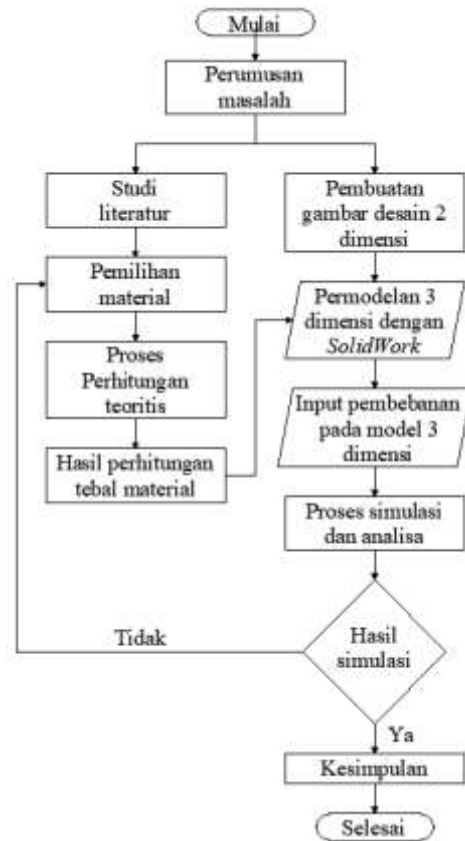
**2.4 Pemilihan bahan material**

Material yang digunakan untuk membuat alat ini adalah baja karbon rendah tipe ASTM A36. Dengan pembandingan material lainnya adalah Alloy Steel. Bisa dilihat pada tabel 1 tentang properti material jenis ASTM A36 dan Alloy Steel. Pemilihan material ini didasarkan karena material ini umum digunakan dan mudah dicari dipasaran. Cocok digunakan pada proses grinding, pancing, tapping, drilling dan proses machining. Material ini juga mudah untuk dilas menggunakan segala jenis metode pengelasan, dan penyambungan yang dibentuk memiliki kualitas yang sangat baik.

**Tabel 1.** Tabel properties material baja

| Properties                 | Jenis Baja     |               |
|----------------------------|----------------|---------------|
|                            | ASTM A36 Steel | Alloy Steel   |
| Tensile Strength, Ultimate | 400 – 550 MPa  | 725 MPa       |
| Tensile Strength, Yield    | 250 MPa        | 620 MPa       |
| Modulus of Elasticity      | 200 GPa        | 210 GPa       |
| Bulk Modulus               | 140 GPa        | 150 – 165 GPa |
| Poissons Ratio             | 0,260          | 0,280         |
| Shear Modulus              | 79,3 GPa       | 79 GPa        |
| Thermal conductivity       | 25 W/m-K       | 50 W/m-K      |
| Specific heat              | 460 J/kg-K     | 460 J/kg-K    |

**3. METODOLOGI**

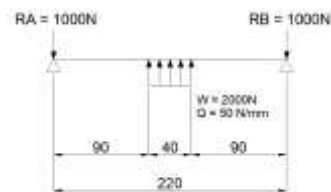


**Gambar 5.** Diagram Alir

**3.1 Perhitungan Teoritis**

Perhitungan teoritis dilakukan dengan cara menentukan kekuatan masing-masing komponen, dimana sebelumnya dimensi masing-masing komponen telah ditentukan.

a) Pelat pengatur dan penekan  
 Dengan skema pembebanan pada pelat pengatur dan pelat penekan adalah:



$$W = \frac{F}{40} \Rightarrow W = \frac{2000}{40} = 50 \text{ N/mm}$$

Hasil dari nilai W ( $\Delta F$ ) didapat:

$$\Delta F = k \cdot \Delta l$$

$$\Delta F = 50 \text{ N/mm} \cdot 40 \text{ mm}$$

$$\Delta F = 2000 \text{ N}$$

Momen maksimal yang didapat:

$$M_{max} = \frac{F}{2} \left( a + \frac{RA}{2W} \right)$$

$$M_{max} = \frac{2000}{2} \left( 90 + \frac{1000}{2 \cdot 50} \right)$$

$$M_{max} = 1000 (90 + 10)$$

$$M_{max} = 100000 \text{ Nmm}$$

Perhitungan tebal pada pelat pengatur:

$$\sigma_{allow} = \sigma_y / S_f$$

$$= 250 \text{ MPa} / 1,5$$

$$= 166,67 \text{ MPa}$$

Tebal minimum pelat pengatur adalah,

$$t = \sqrt{\frac{6M}{b \cdot \sigma_{allow}}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot 100000}{100 \cdot 166,67}}$$

$$t = \sqrt{35,99} = 5,99 \text{ mm}$$

Minimum tebal pelat adalah 6 mm

b) Diameter batang pengatur  
Tegangan geser ijin pada baut (batang pengatur):

$$\sigma_{allow} = \sigma_y / S_f$$

$$= 250 \text{ MPa} / 3$$

$$= 83,33 \text{ MPa}$$

Berdasarkan tegangan geser pada baut (batang pengatur), dapat dihitung diameter minimal baut yaitu:

$$A_{bolt} = \frac{F}{\sigma_{allow}} \Rightarrow \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{F}{\sigma_{allow}}$$

$$d_1^2 = \frac{F}{\sigma_{allow} \cdot \pi} \Rightarrow d_1 = \sqrt{\frac{F}{\sigma_{allow} \cdot \pi}}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{19,62 \text{ kN}}{83,33 \text{ MPa} \cdot \pi}} \Rightarrow d_1 = \sqrt{\frac{19,62 \text{ kN}}{261,66 \text{ MPa}}}$$

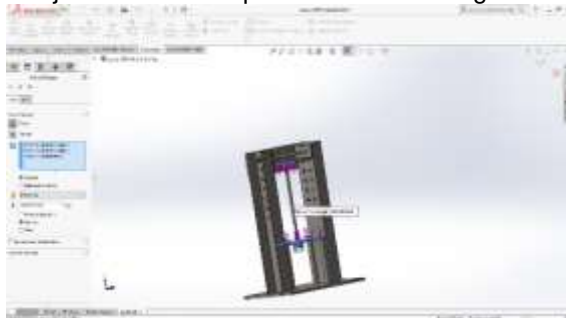
$$d_1 = \sqrt{0,075 \text{ m}} \Rightarrow d_1 = \sqrt{75 \text{ mm}}$$

$$d_1 = 8,66 \text{ mm}$$

Minimum diameter batang adalah 12 mm

### 3.1 Hasil Simulasi SolidWorks

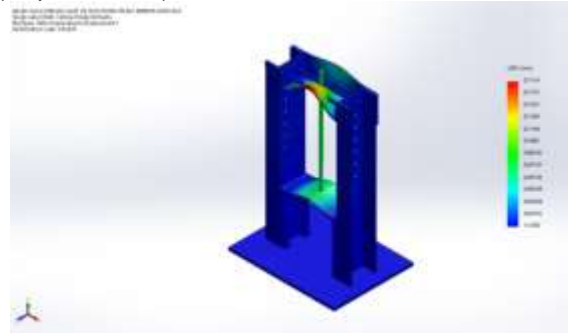
a) Skema Pembebanan  
Pada gambar 6 terdapat skema pembebanan ditunjukkan oleh arah panah berwarna ungu.



Gambar 6. Skema Pembebanan

b) Analisis tegangan beban Statis  
Analisis distribusi tegangan beban statis dilakukan terhadap rangka Alat Uji Konstanta Pegas. Analisis dilakukan untuk mengetahui kekuatan rangka plat pengatur dan penekan terhadap beban statis, untuk mengetahui kekuatan rangka, agar aman dan kuat.

Dilihat pada gambar 7 besarnya perubahan material terjadi akibat beban yang diberikan (*displacement*).



Gambar 7. Perubahan (*displacement*)

Berdasarkan Analisis perubahan (*displacement*) pada gambar diatas didapatkan data pada table 2 dibawah:

Tabel 2. Perubahan (*Displacement*)

| Material       | Perubahan ( <i>Displacement</i> ) |         |         |
|----------------|-----------------------------------|---------|---------|
|                | Min                               | Standar | Max     |
| ASTM A36 Steel | 0 mm                              | 0,08 mm | 0,13 mm |
| Alloy Steel    | 0 mm                              | 0,10 mm | 0,17 mm |

Perubahan (*displacement*) maksimum sehingga terjadi deformasi plastis ditunjukkan dengan warna merah dan perubahan minimum ditunjukkan dengan warna biru. Dari analisis yang dilakukan, perubahan rangka yang di ijinakan ketika diberi tekanan adalah dengan jarak *displacement* ditunjukkan dengan warna hijau.

Dilanjutkan dengan analisis tegangan pada pelat pengatur dan pelat penekan yang terdapat dalam gambar 8, beban yang diterima atau dibebankan pada pelat tersebut adalah 2000 Newton atau setara 203,943 kgf. Hasil simulasi pengujian analisis distribusi tegangan beban statis tipe *Von Mises Stress* yang telah dilakukan terhadap pelat pengatur dan penekan.



Gambar 8. Tegangan regangan statis

Dari analisis yang dilakukan didapat hasil tegangan pada tabel 3 dibawah:

Tabel 3. Tegangan (*Stress*)

| Material | Tegangan ( <i>Stress</i> ) |        |          |
|----------|----------------------------|--------|----------|
|          | Min                        | Actual | Max      |
| ASTM     | 0 MPa                      | 235,7  | 1414 MPa |

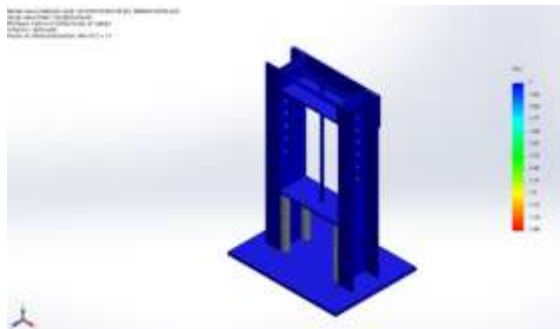
|             |       |           |          |
|-------------|-------|-----------|----------|
| A36 Steel   |       | MPa       |          |
| Alloy Steel | 0 MPa | 620,4 MPa | 2025 MPa |

Dari nilai perbandingan antara besar *yield strength* terhadap besar beban yang diberikan (*safety factor*) didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{ASTM A36 Steel: } SF = \frac{250}{235.7}, SF = 1,1$$

$$\text{Alloy Steel : } SF = \frac{620}{620.4}, SF = 1$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai faktor keamanan lebih dari angka 1 sehingga disimpulkan bahwa material kuat akan tetapi tidak untuk menahan beban maksimum saat digunakan. Jika hasil perhitungan *safety factor* adalah kurang dari 1, maka material sudah mengalami *deformasi* atau patah. Karena tegangan maksimal sudah sebanding atau lebih besar dari *yield strength* material. Hasil dari simulasi faktor keamanan terdapat pada gambar 9 dibawah:



Gambar 9. Faktor Keamanan (*Factor of Safety*)

Berdasarkan hasil simulasi statis untuk faktor keamanan didapatkan nilai berdasarkan tabel 4 dibawah:

Tabel 4. Faktor keamanan (*Factor of Safety*)

| Material       | <i>Factor Of Safety</i> |            |            |
|----------------|-------------------------|------------|------------|
|                | <i>Standar</i>          | <i>Min</i> | <i>Max</i> |
| ASTM A36 Steel | 1,5                     | 1,1        | 2          |
| Alloy Steel    | 1,5                     | 1,8        | 2          |

Dari tabel diatas dapat dipastikan bahwa dengan menggunakan 2 material tersebut rangka tetap memenuhi faktor keamanan yang mana nilai tersebut mendekati nilai standarnya yaitu 1,5.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari uraian pembahasan simulasi dan nalisa tentang desain statis Alat Uji Konstanta Pegas Kapasitas 50N/mm yang telah dijelaskan, maka dapat ditarik kesimpulan secara keseluruhan sebagai berikut:

- a) Desain ini dibuat dengan beberapa komponen utama diantaranya tiang rangka UNP yang sudah di lubangi sebagai sarana pelat pengatur untuk menyesuaikan dengan specimen alat uji, lalu plat penekan di desain movable agar hidrolik mampu untuk menekan specimen uji, disamping desain ini memiliki lubang untuk memasukkan baut (batang pengatur) untuk mengunci pelat pengatur agar stabil dan tidak bergerak dalam proses pengujian specimen (pegas).
- b) Dalam perhitungan manual pada komponen utama didapat ukuran material sebagai berikut:
  1. Pelat penekan dengan dimensi tebal x panjang x lebar adalah 6x220x100mm
  2. Pelat pengatur dengan dimensi tebal x panjang x lebar adalah 6x220x100mm
  3. Diameter batang pengatur dengan dimensi baut diameter x panjang adalah 12x280mm
- c) Pengujian beban statis pada alat dilakukan menggunakan simulasi manual dan perangkat lunak solidworks 2017. Dari hasil dari analisis yang sudah dilakukan desain yang dibuat mampu untuk menahan beban statis dari pegas sebagai alat ujinya yang berkapasitas 50N/mm. Lalu, hasil analisis tegangan aktual yang terjadi pada Alat Uji Konstanta Pegas yaitu sebesar 235,7 Mpa dan tegangan maksimumnya yaitu sebesar 1414 Mpa. Hasil analisis deformasi maksimal yang terjadi pada Alat Uji Konstanta Pegas yaitu sebesar 0,1393mm. Yang terakhir adalah hasil analisis faktor keamanan pada distribusi tegangan Alat Uji Konstanta Pegas ini belum sepenuhnya memenuhi syarat aman dari nilai minimumnya (1,5) yaitu 1,1. Akan tetapi karena hasil perhitungannya alat tersebut sangat dekat dengan nilai minimumnya jika alat tersebut dipaksakan dengan kapasaitas maksimum yang berulang maka material akan mengalami deformasi plastis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Khurmi RS Gupta, JK., 2005. *Text Book of Machine Design Eurasia, Publising House, ltd Ram Nagar, New Delhi*
- [2]. Yunus, A. D. 2010. *Diktat mekanika kekuatan material.*
- [3]. Jadhav, A. R., Pol, G. J., & Desai, A. A. 2015. *Design and Manufacturing of Hydraulic Spring Stiffness Testing Machine. 4395(October 2014), 184–190.*
- [4]. Gere, J. M. 2008. *Mechanics of Materials. 6th ed. In Book. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2009.01.011>*

- [5]. Shigley, Joseph E., dan Larry D. Mitchell. 1983. *Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat (Gandhi Harahap, Penerjemah)*. Jakarta. Erlangga
- [6]. Sularso, Kiyokatsu Suga, 2004 "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin". Jakarta: Pradya Paramita
- [7]. Binsar Hariandja 1996 "Mekanika teknik: statika dalam analisis struktur berbentuk rangka". Jakarta. Erlangga
- [8]. Childs, Peter R. N.,2004. *Mechanical Design*, 2nd ed, Elsevier.
- [9]. Martias, H. D. 2018. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Defleksi Pegas Spiral. 1*, 1–7.
- [10]. Naik, S., & Kumbhalkar, S. B. J. S. S. 2018. *Design & Analysis of Helical Spring Testing Machine : A Review. 6(01)*, 1059–1060.
- [11]. Mott, R. 2004. *Timur 1*. Elemen-elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis.