

## PERENCANAAN DESAIN TRIBOMETER TIPE PIN ON DISK TEST BERSTANDAR ASTM G-99 DENGAN DUA VARIASI PUTARAN MOTOR

Asad Sirojulmuminin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: 41319120123@student.mercubuana.ac.id

**Abstrak--** Direncanakan suatu alat uji keausan tribometer pin on disk yang memungkinkan memberikan data yang diperlukan dalam mengukur laju keausan material. Tribometer ini direncanakan memiliki variasi putaran hingga 1000 rpm, dan memiliki putaran dua arah (bolak-balik). Pengukuran laju keausan material, Tribometer type pin on disc memerlukan disain yang lebih mudah mobilitasnya, oleh karena diperlukan penambahan roda pada struktur rangka kaki-kakinya. Penambahan perencanaan desain roda pada tribometer pin on disc memungkinkan tribometer yang direncanakan ini dapat dipindahkan secara mudah oleh penggunanya saat digunakan. Dalam perencanaan tribometer pin on disk ini, perlu dianalisa ketahanan rangka dalam menahan beban yang diakibatkan oleh motor penggerak dan memperhatikan standar ASTM G99. Ketahanan roda dalam menopang seluruh komponen tribometer juga diperkirakan dengan static analysis pada perangkat lunak solidworks dan dinyatakan dalam factor of safety (FOS). Dimana untuk motor perkiraan massa 5 kg, dapat ditopang oleh rangka dengan material alloy steel (SS) dengan yield strength 620421997,8 (N/m<sup>2</sup>) dengan nilai factor of safety (FOS) sebesar 350. Static analysis dilakukan juga pada bagian roda dengan material plastik nylon 101 dengan yield strength 6,0 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup> yang dibebani oleh berat tribometer sebesar 17,3 kg (32 kg dalam pengujian untuk keamanan) dengan nilai factor of safety (FOS) sebesar 84. Ukuran pin didesain mengikuti standar ASTM G99 yakni berdiameter 6mm dan tinggi 34mm. Lengan beban dapat memanjang hingga 33mm untuk menguji material dengan diameter 90mm hingga 120mm.

**Kata kunci:** Keausan, Laju keausan, Tribometer pin on disk, ASTM G99, Variasi pembebanan, Kecepatan putar, Static Analysis

**Abstract--** A pin on disk tribometer wear test is planned which will allow to provide the data needed to measure the wear rate of the material. This tribometer is planned to have a rotation variation of up to 1000 rpm, and has a two-way rotation (back and forth). The addition of a wheel design plan to the pin on disc tribometer allows this planned tribometer to be moved easily by the user during use. In planning this pin on disk tribometer, it is necessary to analyze the resistance of the frame to withstand the load caused by the driving motor and pay attention to the ASTM G99 standard. The wheel resistance in supporting all tribometer components is also estimated by static analysis in the Solidworks software and is expressed in the factor of safety (FOS). Where for a motor with an estimated mass of 5 kg, it can be supported by a frame with alloy steel (SS) material with a yield strength of 620421997.8 (N/m<sup>2</sup>) with a factor of safety (FOS) value of 350. Static analysis is also carried out on the wheels with material nylon 101 plastic with a yield strength of 6.0 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup> loaded with a tribometer of 17.3 kg (32 kg in safety testing) with a factor of safety (FOS) value of 84. The pin size is designed according to ASTM G99 standards which is 6mm in diameter and 34mm in height. The load arm can extend up to 33mm to test materials with a diameter of 90mm to 120mm.

**Keywords:** Wear, Wear rate, Tribometer pin on disk, ASTM G99, Variation of loading, Rotating speed, Static analysis

### 1. PENDAHULUAN

Fenomena kontak atau gesekan antar komponen yang saling bersinggungan pada proses permesinan menjadi suatu kewajaran yang sering kali diabaikan. Gaya gesekan ialah gaya yang timbul akibat gerakan relatif antara dua

permukaan yang bersinggungan sedemikian hingga akibat persinggungan tersebut gerakan yang satu terhadap yang lain menjadi tidak leluasa dan mengalami hambatan. Semakin lekat atau kuat persinggungan tersebut, maka semakin besar gaya gesekannya. [1]

Keausan merupakan proses hilangnya material secara progresif dari sebuah komponen yang disebabkan adanya kontak gesekan (friksi)

diantara komponen tersebut atau perpindahan sejumlah material dari suatu komponen yang disebabkan adanya pergerakan relatif antara dua permukaan komponen tersebut. [2]

Dalam hal ini, diperlukan suatu alat untuk mengetahui nilai keausan yaitu Tribometer. Terdapat beberapa jenis tribometer, diantaranya *Thrust Washer*, *block on ring*, dan *pin on disk*. [3]

Dari ketiga jenis tersebut, tribometer *pin on disk* merupakan pilihan yang sering digunakan untuk melakukan pengujian keausan. Hal ini dikarenakan penggunaan tribometer *pin on disk* mampu mensimulasikan beberapa mode pemakaian termasuk: searah, dua arah, omnidirectional, quasi-rotasi.

Di Indonesia alat uji tribologi masih jarang sekali. Penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya telah membuat alat uji gesekan dan keausan atau *tribometer* tipe *pin on disk* dengan gerakan 1 arah saja. [4]

Salah satu tribometer buatan China harganya mencapai 100 juta rupiah. Tribometer buatan China ini bisa mengukur gaya gesek, kontrol manual maupun otomatis, suhu, counter. [5]

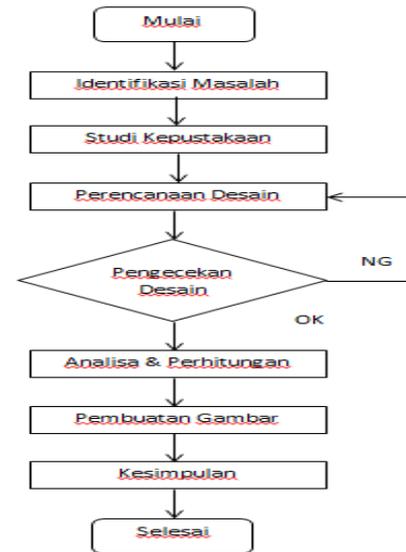
Oleh karena itu dalam penelitian ini direncanakan alat uji keausan tribometer *pin on disk* yang memiliki variasi kecepatan putar hingga 1000 rpm, dengan dua arah putaran yang portable. Tuntutan bahwa alat pengujian harus mudah dipindahkan tanpa mengurangi kualitas data yang dihasilkan, sudah semakin tinggi. Penelitian rancang bangun alat tribometer jenis *pin on disk* umumnya memiliki disain *stationery* atau *fixed*.

## 2. METODOLOGI

### A. Alat dan bahan

- Laptop asus A451L
- Perangkat Lunak *Solidworks* 2016

### B. Diagram alir



### C. Tribometer *pin on disk*

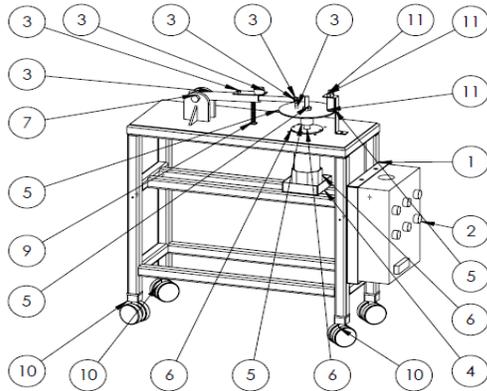
Tribometer *pin on disk* terdiri dari stasioner "pin" di bawah beban yang diterapkan dengan sebuah *disc* yang berputar. Pin dapat berbentuk apapun untuk mensimulasikan kontak tertentu, tetapi bentuk bulat sering digunakan untuk menyederhanakan geometri kontak. Koefisien dari gesekan ditentukan oleh rasio kekuatan gesekan untuk pemuatan gaya pada pin. *Pin on disk* tes telah terbukti bermanfaat dalam menyediakan tes keausan sederhana dan gesekan tes untuk pelapis gesekan rendah seperti karbon berlian-seperti lapisan pada katup kereta dan pada komponen mesin pembakaran internal.

Pengujian *pin on disk* adalah metode karakteristik koefisien gesekan, gaya gesekan, dan tingkat keausan antara dua bahan. Beberapa konfigurasi yang tersedia tergantung pada tujuan dan sasaran. spesifikasi umum meliputi: ASTM G99, ASTM G133 dan ASTM F732. Pengujian *pin-on-disk* dapat mensimulasikan beberapa mode pakaian, termasuk: searah, dua arah, omnidirectional, dan quasi-rotasi. [6]

Kemampuan elemen pengujian *pin-on-disk*. [7]:

- 1000 N beban normal per stasiun
- 100 + MPa stres kontak
- 2,5 N-m torsi
- Sampai dengan 0,25 km per menit gerak searah
- Kecepatan geser < 15 mm/s hingga 1,000 mm/s
- Suhu > 200 °C

D. Konsep Desain



Gambar 1. Konsep desain

Tabel 1. Bill of Materials

Item No.	Part	Quantity
1	Rangka utama	1
2	Panel box	1
3	Lengan beban	1
4	Rangka tengah	1
5	Disc	1
6	Motor listrik	1
7	Baut lengan	1
8	Mur lengan	1
9	Pegas penahan	1
10	Roda	4
11	Counter	1

E. Gaya gesek statis

Gaya gesekan statik adalah gaya gesekan yang bekerja di antara dua permukaan yang saling diam satu terhadap yang lain, misalkan permukaan benda dengan lantai. Gaya gesekan statis mempunyai nilai: [8]

$$F_s = \mu_s F_N \tag{1}$$

Dimana :

$\mu_s$  = Koefisien gesek statis  
 $F_N$  = Gaya normal

F. Perencanaan daya motor

Motor listrik adalah komponen yang sangat penting dalam mesin yang digunakan sebagai sumber tenaga. Motor listrik ini berfungsi untuk menggerakkan poros sehingga disc dapat berputar. Dengan diketahuinya kecepatan dan torsi yang bekerja maka rumus daya motor didapat: [9]

$$P = T \cdot \omega \tag{2}$$

Dimana :

$$T = F \cdot r \tag{3}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Dimana :

T = Torsi yang bekerja pada poros (kg-mm)  
 F = Gaya yang bekerja pada benda (N)  
 r = Lengan gaya atau jarak sumbu rotasi ke titik tangkap gaya (m)

G. Perencanaan poros

Karena pada perencanaan desain tribometer *pin on disk* dianggap momen bengkok yang terjadi sangat kecil, maka perhitungan yang digunakan dalam merancang poros utama ialah menggunakan rumus poros yang ditujukan untuk mendapat momen puntir atau torsi saja.[9]

$$ds = \left[ \frac{5,1}{\tau_a} Kt \cdot Cb \cdot T \right]^{1/3} \tag{4}$$

Dimana:

$\tau_a$  = Tegangan geser yang diijinkan (kg/mm<sup>2</sup>)  
 ds = diameter poros (mm)  
 Kt = Faktor koreksi momen puntir (1,0 untuk pembebanan secara halus)  
 Cb = Faktor koreksi momen lentur (1,0 untuk pembebanan lentur sangat kecil)  
 T = Momen rencana (kg.mm)

H. Perencanaan komponen uji

Menurut ASTM G99 komponen tribometer ini harus: [10]

- pin berbentuk bulat atau silinder berkisar 2mm hingga 10mm. Tak hanya itu, pin harus memiliki dudukan yang dapat menahan dan mengatur pin pada saat pengujian, serta memungkinkan untuk ditambahkan variasi pembebanan.
- Counter, mesin tribometer lebih disukai jika memiliki counter yang dapat menampilkan jumlah putaran *disk*.

I. Static Analysis

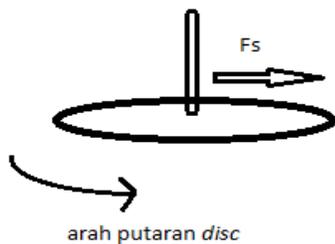
Proses ini dilakukan untuk menguji ketahanan roda dan rangka terhadap pembebanan. Terdapat setidaknya 3 pengujian yang dapat dilakukan untuk mengetahui kelayakan komponen roda: [11]

- **Analisa von mises**  
 Pada analisa ini akan ditampilkan tegangan terbesar dan terendah yang diterima oleh komponen sehingga dapat mengakibatkan luluh. Sehingga komponen dikatakan baik apabila kuat luluh material lebih besar disbanding tegangan maksimum yang diterima komponen pada analisa *von mises*.
- **Analisa displacement**  
 Analisa ini akan menampilkan informasi berupa pergeseran atau deformasi terbesar dan terendah yang diterima oleh komponen saat menerima beban.
- **Analisa factor of safety (FOS)**  
 Analisa ini akan menampilkan area dengan faktor keamanan tertinggi dan terendah sehingga dapat diketahui apabila komponen memiliki faktor keamanan terendah lebih besar dari 2, maka komponen tersebut dinyatakan aman.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat alat tribometer ini bekerja, beban akan diberikan pada bagian atas lengan untuk menekan/memberi pembebanan pada *pin*. *Pin* bergerak kebawah menyentuh spesimen yang diputar pada *disc* yang digerakkan oleh motor penggerak. Sentuhan *pin* dan spesimen mengakibatkan gesekan yang dapat menghambat putaran. Karena pembebanan yang akan digunakan pada tribometer ini adalah 50 gram, 100 gram, dan 200 gram, maka dipilih beban terbesar 200 gram sebagai dasar perhitungan beban pada *pin* terhadap *disc*. ( $\mu_s = 0,61$  untuk aluminium)

#### A. Perencanaan daya



Gambar 5. Arah putaran *disc* terhadap gaya gesek statis

- Perhitungan gaya gesek statis yang bekerja saat *disk* akan diputar

$$F_s = F_N \times \mu_s$$

$$F_s = m \cdot g \times \mu_s$$

$$F_s = 0,2 \cdot 9,8 \times 0,61$$

$$F_s = 1,2 \text{ N}$$

- Torsi yang diperlukan untuk memutar *disc* dengan putaran motor 1000 rpm,

Dimana *r* adalah jarak pin terhadap poros motor yakni 12 cm

$$T = F \times r$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi yang bekerja pada poros (kg.m)}$$

$$F = 1,2 \text{ N}$$

$$r = 0,12 \text{ m}$$

penyelesaian :

$$T = 1,2 \times 0,12$$

$$T = 0,144 \text{ Nm} = 0,0144 \text{ kg.m}$$

- Daya motor minimum yang diperlukan untuk memutar *disc* saat bergesekan dengan *pin*

$$P = T \times \omega$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi minimum untuk memutar } disc \text{ (kg.m)}$$

$$\omega = \text{kecepatan sudut (rps)}$$

Penyelesaian :

$$P = 0,0144 \times \frac{1000}{60}$$

$$P = 0,24 \text{ kg.m/det}$$

$$P = 0,0024 \text{ kW} = 2,4 \text{ watt}$$

Catatan :

$$1 \text{ Hp} = 75 \text{ kg.m / dtk} = 0,747 \text{ Kw}$$

Dikarenakan daya minimum motor listrik yang diperlukan untuk memutar *disc* saat bergesekan dengan *pin* dengan pembebanan 200 gram adalah 3,9 watt, maka penggunaan motor jenis 90YT-90W-D-V22 dengan daya 90 watt, putaran 90-1600 rpm, serta mampu melakukan putaran bolak-balik dianggap sudah mencukupi kebutuhan alat.

#### B. Perencanaan Poros

Pada perencanaan desain tribometer *pin on disk* dianggap momen bengkok yang terjadi pada bagian poros sangat kecil, maka perhitungan yang digunakan dalam perencanaan poros ini menggunakan rumus poros yang ditujukan untuk mendapat momen puntir atau torsi saja. Suatu poros berbahan baja karbon S30C dengan kekuatan tarik 48 ( $\text{kg/mm}^2$ ) akan dibuat untuk mentransmisikan daya sebesar 90 watt, dengan putaran poros 1000 rpm.

- Menghitung daya rencana (Pd) :

$$Pd = fc \cdot P$$

Dimana :

fc = faktor koreksi (2 untuk mentransmisikan daya rata-rata)

$$P = 0,09 \text{ (kW)}$$

Penyelesaian :

$$Pd = 2 \cdot 0,09$$

$$Pd = 0,18 \text{ (kW)}$$

- Menghitung momen rencana (T) :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n}$$

Dimana :

$$Pd = 0,18 \text{ (kW)}$$

$$n = 1000 \text{ (rpm)}$$

Penyelesaian :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,18}{1000}$$

$$T = 176 \text{ (kg.mm)}$$

- Menghitung Tegangan geser ijin ( $\tau_a$ )

$$\tau_a = \tau_b / (Sf1 \times Sf2)$$

Dimana :

$$\tau_b = 48 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Sf1 = faktor keamanan 1 (5,6 untuk bahan dengan kekuatan dijamin)

Sf2 = faktor keamanan 2 (2 untuk pengaruh kekasaran)

Penyelesaian :

$$\tau_a = 48 / (5,6 \times 2)$$

$$\tau_a = 4,3 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

- Menghitung ukuran poros

$$ds = \left[ \frac{5,1}{\tau_a} Kt \cdot Cb \cdot T \right]^{1/3}$$

Dimana:

$$\tau_a = 4,3 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

ds = diameter poros (mm)

Kt = Faktor koreksi momen puntir (2,3 untuk terjadinya tumbukan dan kejutan)

Cb = Faktor koreksi momen lentur (1,5 untuk sedikit kemungkinan pembebanan lentur)

$$T = 176 \text{ (kg.mm)}$$

Penyelesaian :

$$ds = \left[ \frac{5,1}{4,3} 2,3 \cdot 1,5 \cdot 176 \right]^{1/3}$$

$$ds = 8,77 \text{ (mm)} \sim 12 \text{ (mm)}$$

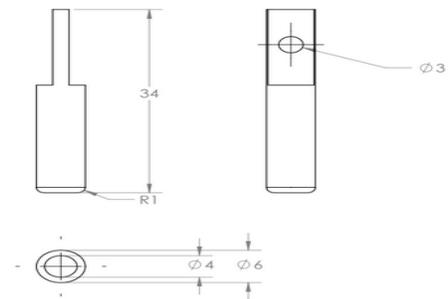
Dari perhitungan diameter poros pada perencanaan diatas mendapatkan nilai sebesar 8,77 mm, diambil toleransi dengan nilai 12 mm untuk mendapatkan diameter poros sesuai dengan spesifikasi umum.

### C. Perencanaan komponen pengujian

- Perencanaan *Pin*

Berdasarkan standarisasi ASTM G99 disebutkan bahwa *pin* berbentuk bulat atau silinder berkisar 2 mm hingga 10 mm. Tak hanya itu, pin harus memiliki dudukan yang dapat menahan dan mengatur pin pada saat pengujian, serta memungkinkan untuk ditambahkan pembebanan secara variasi.

Maka *pin* direncanakan memiliki direncanakan memiliki diameter 6 mm , dengan tinggi *pin* 34 mm. material *pin* harus lebih keras dari material benda uji.

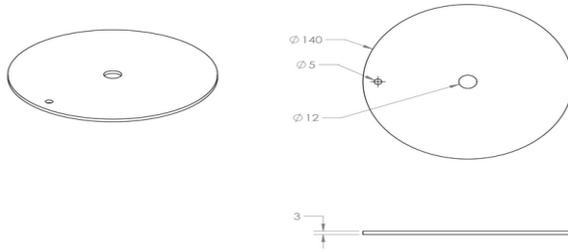


Gambar 6. Pin

- Perencanaan *Disc*

Komponen *disc* direncanakan memiliki ketebalan 3 mm dengan jarak ketinggian antara meja dan *disc* adalah 58 mm. Umumnya semakin besar ukuran *disc* tentunya akan meningkatkan variasi pengujian yang dapat dilakukan. Akan tetapi, sering kali ditemui piringan yang berputar, mengalami putaran yang tidak stabil/oblok dikarenakan proses permesinan yang tidak baik. Oleh karena itu perencanaan ukuran diameter *disc* mengacu pada ukuran diameter material maksimum yang ingin diuji.

Telah diketahui sebelumnya bahwa diameter maksimum benda yang akan diuji adalah 120 mm, maka untuk alasan penempatan logam *counter* diameter *disc* dibuat menjadi 140 mm.

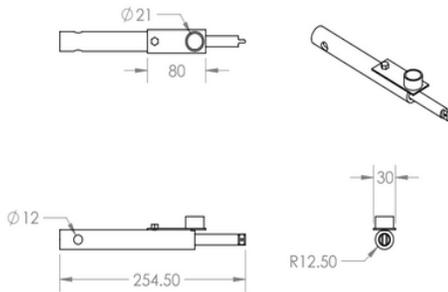


**Gambar 7. Disc**

• Perencanaan Lengan Beban

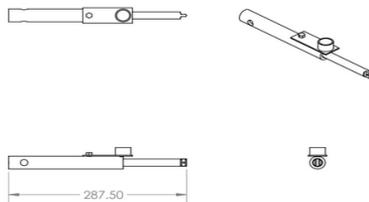
Berdasarkan standar ASTM G99 disebutkan bahwa pin harus memiliki dukungan yang dapat menahan dan mengatur pin pada saat pengujian, serta memungkinkan untuk ditambahkan variasi pembebanan. Pengaturan panjang-pendek lengan beban dibuat berdasarkan kebutuhan terhadap variasi diameter material uji, yakni 90 mm hingga 120 mm. Artinya panjang lengan beban maksimum dan minimum setidaknya harus memiliki perbedaan sebesar  $120\text{ mm} - 90\text{ mm} = 30\text{ mm}$

a. Lengan beban saat panjang minimum



**Gambar 8. Lengan beban saat panjang minimum**

b. Lengan beban saat panjang maksimum



**Gambar 9. Lengan beban saat panjang maksimum**

Berdasarkan perencanaan diatas, dapat diketahui bahwa jarak antara lengan beban saat minimum dan lengan beban saat maksimum adalah

$$287,50\text{ mm} - 254,50\text{ mm} = 33\text{ mm}$$

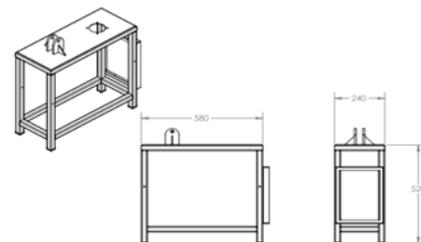
Karena lengan beban memiliki nilai perbedaan panjang saat maksimum dan minimum lebih dari 30 mm, maka desain rancangan diatas dikatakan mampu memenuhi kebutuhan dalam menguji material berdiameter 90 mm hingga 120 mm.

• Counter

Counter merupakan komponen yang mampu menghitung jumlah putaran disc secara aktual. Sensor counter diletakkan diatas disc yang didesain memiliki logam tambahan, dengan jarak 1 mm hingga 2mm dari sensor proximity(membaca saat ada logam didekatnya). Sensor kemudian mengirimkan sinyal menuju display pada panel box untuk di visualisasikan dalam bentuk angka.

D. Perencanaan Kerangka

Rangka tribometer pin on disc yang direncanakan memiliki 2 tingkat, dimana tingkat paling atas ialah area pengujian, dan bagian dibawahnya adalah dukungan motor listrik yang dapat dilepas untuk keperluan penggantian motor apabila terjadi kerusakan. Selain berfungsi menopang seluruh komponen tribometer, rangka didesain untuk tetap memberikan posisi pengujian yang nyaman terhadap penggunaannya. Oleh karena itu rangka dibuat dengan dimensi panjang 580 mm, lebar 240 mm, dan tinggi 520 mm.



**Gambar 10. Desain rangka utama**

Dalam perencanaan rangka tribometer pin on disc ini didominasi dengan penggunaan besi hollow dengan ketebalan 2 mm. Besi hollow/

*structural steel* yang tersedia dipasaran umumnya merupakan baja paduan/ alloy steel(SS). Sehingga dipilih material untuk rangka ialah *alloy steel* (SS) dengan *property* sebagai berikut :

**Tabel 2.** *Property alloy steel (structural steel)*

Modulus elastisitas	Kuat tarik	Kuat luluh
2,100000005 x 10 <sup>11</sup> (N/m <sup>2</sup> )	723825617 (N/m <sup>2</sup> )	620421997,8 (N/m <sup>2</sup> )

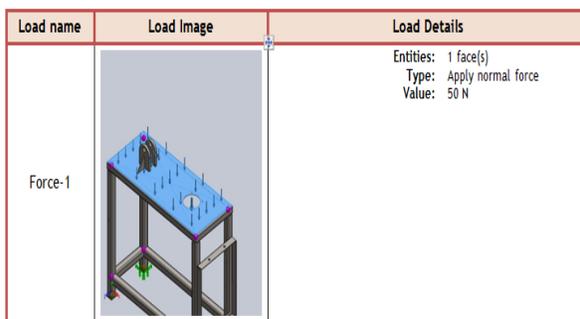
- Menentukan beban motor listrik

Pembebanan terbesar yang dialami rangka ialah rangka utama yang menopang motor listrik dengan massa motor listrik sebesar 3 kg. untuk alasan keamanan massa motor dibulatkan menjadi 5 kg. Maka beban yang diterima rangka utama adalah :

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g \\
 &= 5 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 &= 49 \sim 50 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Menentukan area yang mengalami pembebanan eksternal

Pada perencanaan rangka tribometer *pin on disc* ini terdiri dari rangka utama dan rangka tengah. Pengujian ini hanya dilakukan pada rangka utama motor dikarenakan beban motor sebagian besar ditahan oleh rangka utama.



**Gambar 11.** Pemberian beban pada rangka utama

- Melakukan *mesh*

Tingkat akurasi dari hasil simulasi dipengaruhi oleh kualitas *mesh* yang dibuat. Semakin baik kualitas *mesh*, waktu yang diperlukan untuk simulasi semakin besar. Pada simulasi ini digunakan kualitas *mesh* standar, agar hasil

pengujian tetap baik, dengan waktu simulasi yang tidak terlalu lama.

Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan pada *software solidworks* didapati data sebagai berikut

**Tabel 3.** Hasil analisa statis rangka utama

<i>Static analysis</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maksimum</i>
<i>Von mises</i>	38 N/m <sup>2</sup>	1,524 x 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
<i>Displacement</i>	1 x 10 <sup>-30</sup> mm	1,687 x 10 <sup>-2</sup> mm
<i>Strain</i>	1 x 10 <sup>-30</sup> mm	1,687 x 10 <sup>-2</sup> mm
<i>Factor of safety(FOS)</i>	3,452x 10 <sup>2</sup>	5,09 x 10 <sup>6</sup>

E. Roda

Pada perencanaan tribometer *pin on disc* ini roda merupakan komponen baru yang membedakan dengan tribometer lain yang pernah dirancang. Penambahan roda yang dilengkapi pengunci agar ketika dioperasikan, struktur rangka dalam posisi *fixed* atau tribometer tidak ikut bergerak. Saat dipindahkan ke tempat lain, pengunci roda tribometer harus berada dalam keadaan tidak terkunci. Roda direncanakan terdapat pada seluruh kaki rangka, sehingga ukuran roda disesuaikan dengan ukuran rangka tribometer *pin on disc*. Material roda merupakan plastik nylon 101 dengan spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 4.** *Property nylon 101*

Modulus Elastisitas	Kuat tarik	Kuat luluh
1,0 x 10 <sup>9</sup> N/m <sup>2</sup>	7,93x10 <sup>7</sup> N/m <sup>2</sup>	6,0 x 10 <sup>7</sup> N/m <sup>2</sup>

Pembebanan yang diterima roda dari berat rangka dan seluruh komponen yang menempel pada rangka, membuat penulis perlu memastikan faktor keamanan roda saat dioperasikan. Oleh karena itu dilakukan pengujian *von mises*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety*.

- Menentukan massa rangka dan komponen untuk perkiraan beban yang diterima roda

Berdasarkan pengukuran estimasi massa pada desain di *software solidworks*, massa

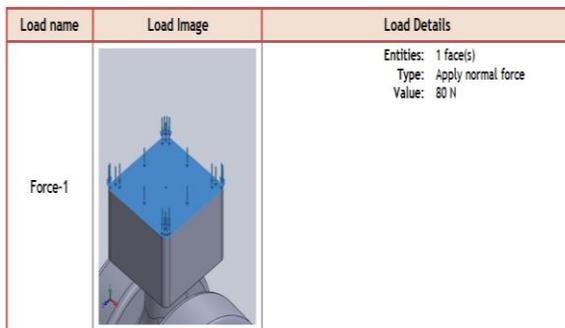
rangka dan komponen adalah sebesar 17,3 kg. Maka untuk alasan keamanan massa pengujian dibuat menjadi 32 kg.

- Menetapkan beban pada area kontak dengan rangka

Telah diketahui sebelumnya melalui pengukuran, pembebanan yang diakibatkan oleh rangka dan komponen lain adalah sebesar 32 kg. maka pembebanan yang terjadi pada setiap roda adalah sebesar :

$$F = \frac{32}{4} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 78,4 \sim 80 \text{ N}$$



**Gambar 12.** Pembebanan Eksternal Roda

Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan pada *software solidworks* didapati data sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hasil analisa statis komponen roda

Static analysis	Minimum	Maksimum
Von mises	4,585 x 10 <sup>2</sup> N/m <sup>2</sup>	6,096 x 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>
Displacement	1 x 10 <sup>-30</sup> mm	2 x 10 <sup>-2</sup> mm
Strain	5,237 x 10 <sup>-7</sup> mm	4,783 x 10 <sup>-4</sup> mm
Factor of safety(FOS)	89,64	1,233 x 10 <sup>5</sup>

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisa yang telah dipaparkan pada bab hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

- Daya minimum motor listrik yang diperlukan untuk memutar *disc* saat bergesekan dengan pin dengan pembebanan 200 gram

adalah 3,9 watt, maka penggunaan motor jenis 90YT-90W-D-V22 dengan daya 90 watt, putaran 90-1600 rpm, serta mampu melakukan putaran bolak-balik dianggap sudah mencukupi kebutuhan alat.

- *pin* direncanakan memiliki direncanakan memiliki diameter 6 mm , dengan tinggi *pin* 34 mm. material *pin* harus lebih keras dari material benda uji. Diameter *disc* 140 mm, serta lengan beban *adjustable* hingga 33 mm.
- Rangka dengan dimensi panjang 580 mm, lebar 240 mm, dan tinggi 520 mm. Material rangka adalah *alloy steel (Structural Steel)* dengan spesifikasi modulus elastisitas 2,100000005 x 10<sup>11</sup> (N/m<sup>2</sup>), kuat tarik 723825617 (N/m<sup>2</sup>), kuat luluh 620421997,8 (N/m<sup>2</sup>) menerima tegangan maksimum sebesar 1,524 x 10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup> dengan nilai pergeseran dan peregangan terbesar adalah 1,687 x 10<sup>-2</sup> mm. *Factor of safety (FOS)* dari hasil *static analysis* pada *software solidworks* hingga 340 (lebih dari 2) yang dapat diartikan perencanaan rangka ini sangat aman.
- Roda material plastik nylon 101 dengan spesifikasi kuat luluh 6,0 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup>, modulus elastisitas 1,0 x 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>, kuat tarik 7,93 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup>. Dengan pembebanan 17,3 kg (diambil 32 kg untuk alasan keamanan) 8 kg/roda. Mengalami tegangan maksimum 6,096 x 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>, dengan pergeseran terbesar adalah 0,02 mm dan peregangan terbesar adalah 4,873 x 10<sup>-4</sup> mm. *Factor of safety (FOS)* dari hasil *static analysis* pada *software solidworks* adalah 84 (lebih dari 2), sehingga dapat dinyatakan perencanaan roda ini aman.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Peter Soedjo, *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Andi, 1999.

[2] A. H. Yuwono, *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Jakarta: Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2009.

[3] Z. Mané et al., "A new rotary tribometer to study the wear of reinforced rubber materials," *Wear*, 306, pp. 149-160, 2013.

[4] Kun Muhammad Wafda, "Rancang Bangun Struktur Dan Mekanisme Pembebanan Tribometer Tipe Pin-On-Plate Gerakan Reciprocating dengan Penggerak Electropneumatic," Surabaya, 2015.

- [5] Muhammad Syarifudin Al Faruqi, "Rancang Bangun Dan Uji Alat Tribometer Tipe Pin On Disk," , Surakarta, 2014.
- [6] M. Bezzazi, A. Khamlichi, A.Jabbouri, P. Reis, and J.P. Davim, "Experimental characterization of Frictional behaviour of Clutch Facings using Pin-on-disk machine," *Materials and Design. Elsevier Sci. Netherlands.* 28(7), pp. 2148-2153, 2007.
- [7] Adzan Ramadhan, "ANALISIS PERBANDINGAN TRIBOMETER TYPES DENGAN VARIASI MATERIAL," *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.2*, pp. 101-105, 2015.
- [8] Bahar Fitrianto M, Darmanto, and Syafa'at Imam, "PENGUJIAN KOEFISIEN GESEK PERMUKAAN PLAT BAJA ST 37 PADA BIDANG MIRING TERHADAP VISKOSITAS PELUMAS DAN KEKASARAN PERMUKAAN," vol. 11, 2015.
- [9] Sularso and Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradya Paramita, 2004.
- [10] ASTM International, "Standard Test Method for Wear Testing with Pin on Disk Apparatus," Designation: G 99 – 95a, pp. 1-5, 2000.
- [11] Sungkono Imam, Irawan Hery, and Arifianto Patriawan Desmas, "Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork," vol. 8, 2019.