

PERANCANGAN & ANALISIS STATIK SISTEM TRANSMISI PADA MESIN BALL MILL DENGAN BANTUAN SOFTWARE

Agung Dwi Sapto

Fakultas Teknologi Industri, adwisapto98@gmail.com, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

Shaft, pillow block, and pulley are one of the components in a ball mill machine. Where these components play a role in transmitting the rotation from the motor to the ball mill drum connected to it. This study aims to see the simulation and analysis on the assembly of shaft parts, pillow blocks, and pulleys which provide realistic force direction, model, and load performance. The shaft, pillow block, and pulley will perform static testing by inputting the load value into the Solidworks software. From the calculation of loading, the force value is 367.89 N, centrifugal force is 70 Rpm, and torque is 122.81 N.m. From the simulation results, the maximum von mises stress that occurs is 15,772.108 N / mm². And the lowest safety factor that is obtained is 0.009. So that the shaft, pillow block, and pulley can be categorized as safe to use.

Kata Kunci : Shaft analysis, ball mill machine, safety factor, von mises.

ABSTRAK

Poros, pillow block, dan pulley adalah salah satu komponen yang ada pada mesin ball mill. Dimana komponen tersebut berperan untuk mentransmisikan putaran dari motor ke tabung ball mill yang terhubung padanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui simulasi dan analisis pada assembly bagian poros, pillow block, dan pulley dengan memberikan arah gaya, model, dan beban secara realistis kinerja yang diterima. Poros, pillow block, dan pulley akan dilakukan pengujian beban statik dengan menginput nilai beban kedalam software solidworks. Dari hasil perhitungan pembebanan didapatkan nilai force sebesar 367,89 N, centrifugal force sebesar 70 Rpm, dan torsi sebesar 122,81 N.m. Dari hasil simulasi didapatkan tegangan von mises maksimal yang terjadi sebesar 15.772,108 N/mm². Serta safety factor terendah yang didapatkan yaitu sebesar 0,009. Sehingga poros, pillow block, dan pulley ini dapat dikategorikan aman untuk digunakan.

Kata Kunci : Analisis poros, mesin ball mill, safety factor, von mises

1. PENDAHULUAN

Pasir adalah salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industri pengecoran logam. Metode pencetakan menggunakan pasir merupakan metode yang paling ekonomis untuk menghasilkan berbagai bentuk dan ukuran benda logam yang diproduksi dalam jumlah terbatas. Hal ini menyebabkan besarnya kebutuhan pasir cetak dalam industri pengecoran logam. Namun demikian, penggunaan pasir cetak secara terus-menerus mengakibatkan jumlah limbah pasir cetak yang dihasilkan kian berlimpah. Limbah tersebut apabila tidak dimanfaatkan maka akan berdampak negatif terhadap lingkungan [1-3].

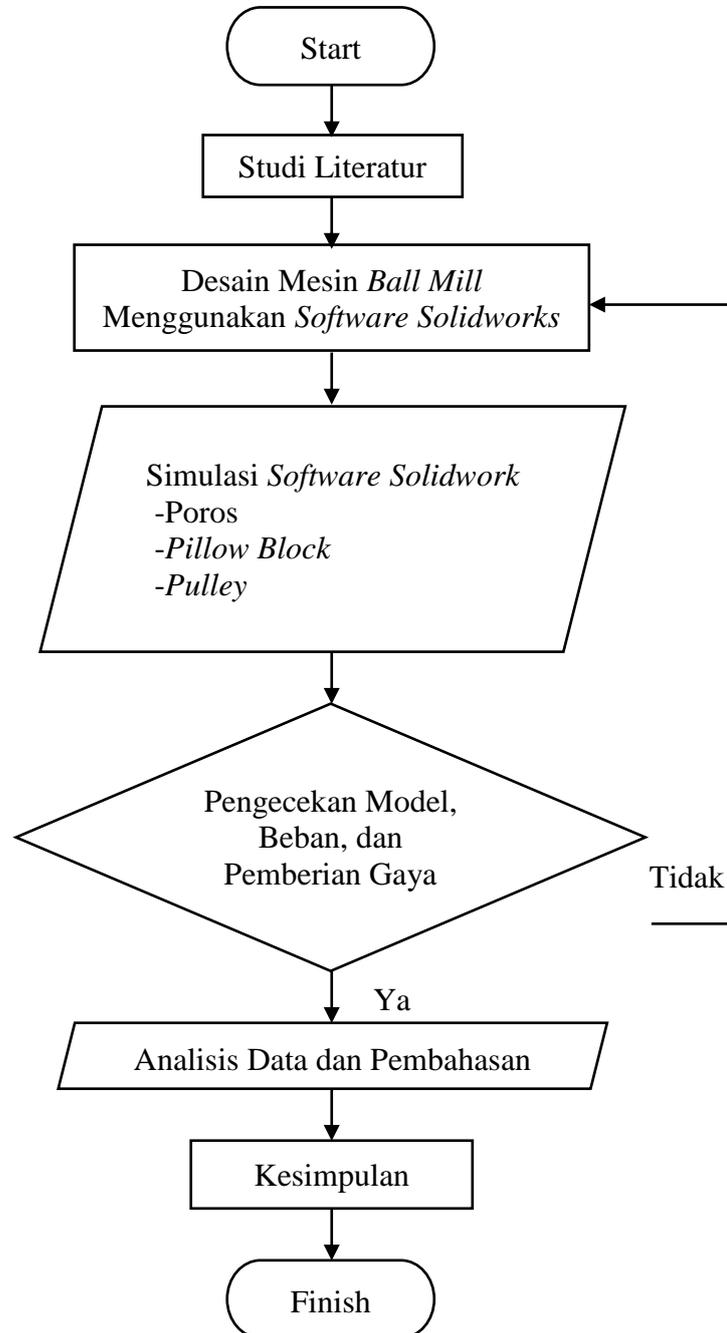
Salah satu upaya untuk mengurangi dampak negatif limbah tersebut adalah dengan di daur ulang supaya bisa digunakan kembali sebagai pasir cetak. Adapun cara yang digunakan untuk mendaur ulang pasir cetak adalah dengan menggiling inti/core cetakan agar terurai menjadi partikel dengan ukuran mesh tertentu.

Alat yang lazim digunakan untuk mereduksi ukuran serbuk hingga mencapai ukuran mikrometer (μm) adalah mesin ball milling. Alat ini bekerja dengan menggunakan bola-bola keras dalam suatu wadah. Bola-bola tersebut saling berbenturan menumbuk serbuk yang digiling hingga ukuran bulirnya menjadi sangat kecil. Mesin ball milling ini sebenarnya sudah ada di pasaran. Tetapi mesin tersebut selama ini menjadi produk khusus dari perusahaan luar negeri, dan dipasarkan di Indonesia sebagai produk impor. Akibatnya harga jual barang ini sangat mahal. Padahal berdasarkan kajian, ternyata mesin tersebut memiliki konstruksi yang relatif sederhana, dan sangat mudah untuk dilakukan rancang bangun sendiri di dalam negeri [4].

Poros, pillow block, dan pulley adalah salah satu komponen yang ada pada mesin ball milling. Dimana komponen tersebut mempunyai peranan kerja yang cukup berat. Poros, pillow block, dan pulley didesain untuk mampu menerima beban-beban tertentu pada saat beroperasi.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis akan melakukan studi dengan melakukan pembebanan statik terhadap poros, pillow block, dan pulley yang digunakan pada mesin ball milling. Pengujian ini diharapkan dapat mengetahui tegangan, displacement, regangan, dan safety factor pada poros, pillow block, dan pulley dengan menggunakan software solidworks.

2. METODOLOGI PENELITIAN

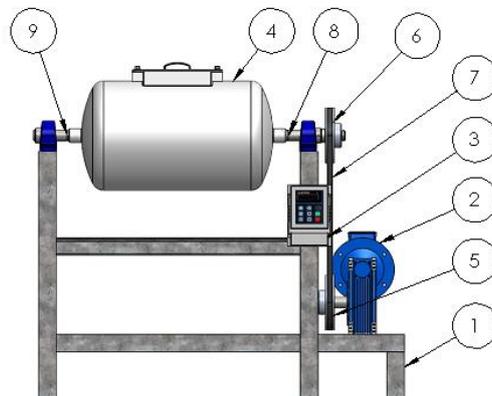


Gambar 1. Flowchart Perancangan Desain Sistem Transmisi Ball Mill dan Analisa FEA

Desain Mesin Ball Milling

Pada tahap desain mesin ball mill dilakukan dengan menggunakan software solidworks. Solidworks adalah salah satu CAD software yang dibuat oleh Dassault Systemes, berguna untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk

merepresentasikan *part* sebelum *real part* nya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan.



Gambar 2. Desain Rangkaian Alat *Ball Milling*

Tabel 1 *Part List*

Item No.	Part
1	Rangka (<i>Frame</i>)
2	Motor Listrik 1 <i>Phase</i> dan <i>Gear Reducer</i> 1:20
3	<i>Inverter VFD</i>
4	Tabung <i>Ball Mill</i>
5	<i>Pulley Motor</i>
6	<i>Pulley Shaft</i>
7	<i>Belt</i>
8	Poros <i>Pulley</i>
9	Poros

3. PEMBAHASAN

Desain *Assembly Poros, Pillow Block, dan Pulley*

Berdasarkan hasil desain, dan konsep desain perancangan poros, *pillow block*, dan *pulley*. Pada bagian poros dibuat ulir untuk mengikat ke bagian komponen tabung *ball mill* dengan ukuran M24x2 L:20mm. Sedangkan untuk diameter antara poros dengan *bearing* pada *pillow block* disesuaikan yaitu 25mm. Lalu untuk bagian diameter antara poros dengan *pulley* adalah 24mm.



Gambar 3. Desain *Assembly Poros, Pillow Block, dan Pulley*

Analisis Kerusakan

Proses analisis kerusakan penulis menggunakan metode *finite element analysis* (FEA) sebagai pemecahan masalah dalam melakukan penganalisisan. Prosedur *finite element analysis* (FEA) yang akan diterapkan dalam hasil analisis secara garis besar terdiri dari :

1. *Preprocessor*
2. *Solver Solution*
3. *Post Processor*

Preprocessor

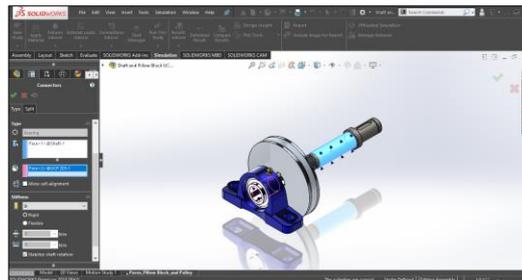
Untuk menjalankan *Mesh* and *Run* diperlukan *preprocessor* data berupa material, pembebanan (*external Load*), penentuan *fix* geometri serta *connections*. Langkah ini bertujuan untuk memproses *mesh and running* agar dapat mengkalkulasikan hasil yang sesuai dengan inputan data yang sesuai. Data *preprocessor* sangat menentukan *result* analisis.

Pemilihan Material

Untuk memulai studi simulasi beban statik pada bagian poros, *pillow block*, dan *pulley* langkah pertama adalah menginput material. Pada bagian poros menggunakan material *ASTM A36 Steel*, *pillow block (bearing)* menggunakan material *AISI 316 Annealed Stainless Steel Bar*, dan untuk bagian *pulley* menggunakan material *Alumunium 7075-T6*.

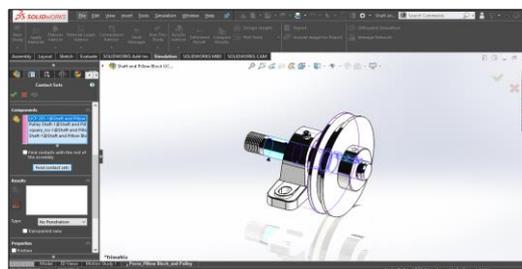
Connection

Pada bagian *connection* digunakan untuk mengkoneksi antara *bearing* pada *pillow block* dengan poros. Untuk prosesnya pada bagian *Type* terdapat kotak berwarna biru dan merah muda. Pada kotak biru pilih bagian *Face* dari poros sedangkan untuk kotak yang berwarna merah muda pilih *Face* bagian dalam dari *bearing* yang berada pada *pillow block*.



Gambar 4. *Connection Bearing*

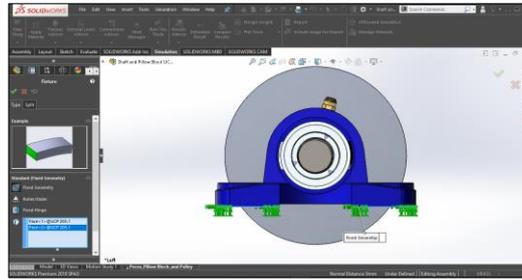
Karena bagian yang akan disimulasikan terdiri dari beberapa *part* maka perlu dilakukan *contact set*. *Contact Set* merupakan fitur penting dalam persiapan melakukan analisa untuk menggambarkan interaksi antara satu *part* dengan bagian *part* yang lain. Pada kolom *contact set* pilih “*automatically find contact set*” kemudian blok semua pada benda kerja tersebut maka akan tercantum di kolom berwarna merah muda pada bagian *components*. Lalu klik “*find contact sets*” maka akan muncul beberapa *contact set* pada kolom dibagian *results*, setelah itu pilih semua *contact set* pada kolom bagian *result*.



Gambar 5. *Contact Set*

Fixed Geometry

Fixed geometry dilakukan untuk menentukan titik tumpuan pada benda, titik tumpuan ini merupakan bagian yang dianggap tidak bergerak atau dibatasi pergerakannya ketika simulasi dilakukan.



Gambar 6. Fixed Geometry

Pembebanan (External Loads)

Pada bagian *external load* terdapat *force*, *torque*, *pressure*, dan *centrifugal force*. Beban yang akan diberikan untuk simulasi beban statik pada bagian poros, *pillow block*, dan *pulley* adalah *force*, *torque*, dan *centrifugal force*.

1. *Force*

Beban pada bagian poros yang mengikat tabung sebesar 367,89 N.

Diketahui :

Berat Tabung = 8 kg

Berat Material Pasir Silika = 5kg Berat bola baja = 62,00205 kg

Berat total = 75.00205 kg

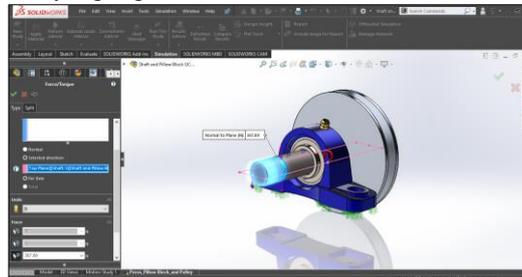
Jawab :

$$F = m \times g$$

$$F = 75,00205 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 735,78 \text{ N}$$

Karena poros yang di gunakan pada *ball mill* ada 2 buah, maka beban yang digunakan dibagi 2 sehingga beban yang digunakan sebesar 367,89 N.



Gambar 7. Simulasi Pemberian Beban Force

2. *Centrifugal Force*

Untuk menentukan *centrifugal force* dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. Perhitungan *Ball Mill Critical Speed*

Berdasarkan data yang diperoleh diameter dalam tabung adalah 245 mm. Untuk menentukan putaran kritis mesin *ball mill* digunakan persamaan berikut :

$$n_c = \frac{42.3}{\sqrt{D}}$$

Dimana :

n_c = Kecepatan kritis (Rpm)

D = Diameter dalam tabung (m)

Maka :

$$n_c = \frac{42.3}{\sqrt{245 \times 10^{-3} \text{ m}}}$$

$$n_c = 85.45 \text{ Rpm}$$

Kecepatan normal mill adalah 70-80% dari kecepatan kritis, dengan demikian diambil 75% dari kecepatan kritis, maka :

$$\text{Mill speed} = 85.45 \times 75\%$$

$$\text{Mill speed} = 64.08 \text{ Rpm}$$

b. Perhitungan Gear Reducer

Berdasarkan data yang diperoleh jumlah putaran awal adalah 1400 Rpm. Sedangkan *ratio reducer gearbox* 1:20. Maka jumlah putaran *output reducer gearbox* (n_2) dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

Dimana :

n_1 = Jumlah putaran awal, *input* (Rpm)

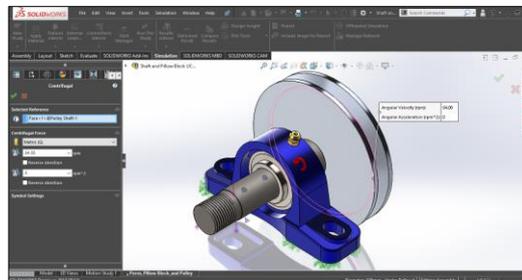
n_2 = Jumlah putaran yang dihasilkan, *output* (Rpm)

i = *Ratio Gearbox*

Maka :

$$n_2 = 1400 \text{ Rpm} : 20$$

$$n_2 = 70 \text{ Rpm}$$



Gambar 8. Simulasi Pemberian Beban *Centrifugal Force*

3. *Torque*

Torsi pada bagian *pulley* dengan gaya sebesar 122.81 N.m. Untuk menentukan torsi dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. Perhitungan Daya Rencana

Berdasarkan data faktor koreksi yang diambil sebesar 1,2 untuk daya maksimum yang diperlukan, kemudian daya motor listrik adalah 0,75 kW. Untuk menentukan daya rencana didapat dari persamaan berikut :

$$P_d = f_c \cdot P \text{ (kW)}$$

Dimana :

f_c = Faktor Koreksi

P = Daya Normal (kW)

Maka :

$$P_d = 1.2 \times 0.75 \text{ kW}$$

$$P_d = 0.9 \text{ kW}$$

Jadi daya rencana yang diperoleh sebesar 0.9 kW

b. Perhitungan Momen Puntir

Untuk menentukan momen puntir diperoleh dari persamaan berikut :

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

Dimana :

P_d = Daya Rencana (kW)

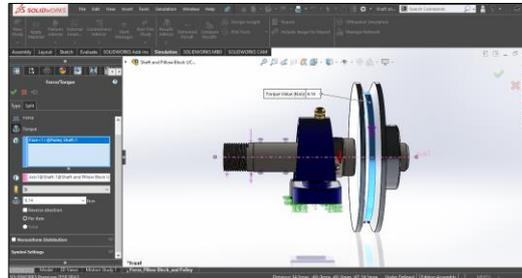
n_1 = Putaran Motor (Rpm)

Maka :

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{0.9 \text{ kW}}{70 \text{ Rpm}}$$

$$T = 12522.86 \text{ kg.mm}$$

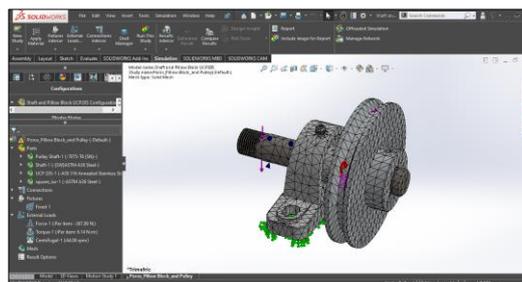
Jadi momen puntir yang diperoleh sebesar 12522.86 kg.mm. Kemudian dikonversikan untuk disimulasikan kedalam uji statik pada aplikasi *Solidworks* yaitu menjadi sebesar 122.81 N.m.



Gambar 9. Simulasi Pemberian Beban Torsi

Solver Solution

Proses ini merupakan langkah perhitungan analisis dari *subject* dengan cara perhitungan *element* per *element* pada proses *meshing system*. Langkah perhitungan yang dilakukan secara otomatis oleh komputer dengan menggunakan 100 persamaan ataupun model matematika lanjut seperti rumus diferensial, *laplace* serta rumus matriks yang telah tersedia pada *software*.



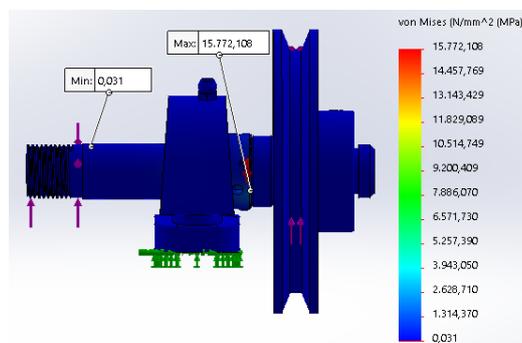
Gambar 10. Proses Simulasi Meshing

Post Processor

Metode ini merupakan fasilitas untuk melihat hasil simulasi yang telah dilakukan. Setelah proses *solving* selesai, biasanya hasil simulasi langsung ada tiga analisis yang dapat ditampilkan secara otomatis pada *software solidworks* yaitu :

1. *Stress Result*
2. *Displacement Result*
3. *Strain Result*

Stress Result (Tegangan)

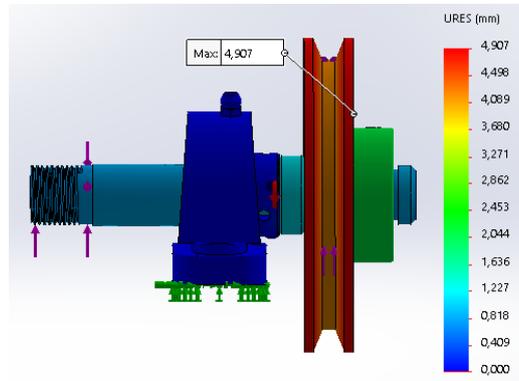


Gambar 11. Von Mises Stress

Dari hasil simulasi dapat dilihat tegangan maximum berada diantara *bearing* dengan poros dengan nilai *von mises* sebesar 15.772,108 N/mm².

Displacement Result (Perpindahan Bentuk)

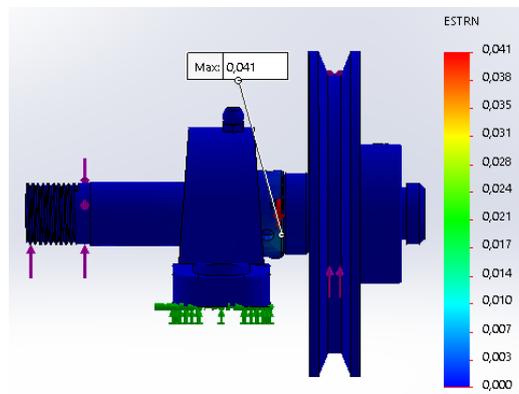
Pada Plot ini terlihat besar distribusi defleksi yang dialami model. Terlihat pada *legend*, besar defleksi tertinggi yang dialami model terjadi pada bagian *pulley* dengan nilai URES sebesar 4,907 mm.



Gambar 12. Displacement Result

Strain Result (Regangan)

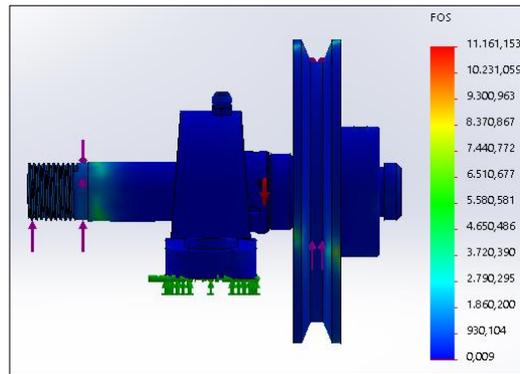
Perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula ada daerah elastis, besarnya tegangan berbanding lurus dengan regangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda tersebut disebut modulus elastisitas atau modulus *young*. Jika pada simulasi menghasilkan nilai maksimum dan bagian *part* yang menerima gaya lalu berubah berwarna merah ataupun kuning, *part* tersebut mengalami regangan yang diakibatkan tegangan maksimal yang berada pada daerah tersebut.



Gambar 13. Strain Result

Safety Of Factor

Pada plot ini terlihat *safety factor* yang dimiliki oleh model. *Safety factor* pada plot ini mengacu pada kekuatan material dari model menanggung tegangan yang dialami setelah beban diberikan.



Gambar 14. *Safety Of Factor*

Hasil dari faktor keamanan pada *assembly* poros, *pillow block*, dan *pulley*. Nilai tersebut dihasilkan dari perhitungan otomatis dengan menggunakan *software solidworks*. Dapat dilihat nilai *safety factor* minimum pada model adalah 0,009 sedangkan untuk nilai maximumnya adalah 11.161,153. Sehingga poros, *pillow block*, dan *pulley* ini masih dikatakan aman untuk digunakan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan simulasi menggunakan *software solidworks*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan pembebanan *force*, *torque*, dan *centrifugal force*. Didapatkan nilai *force* sebesar 367,89 N, nilai *centrifugal force* sebesar 70 Rpm, dan nilai torsi sebesar 122.81 N.m.
2. Dari hasil simulasi pada bagian *stress result* (tegangan) didapatkan nilai minimum sebesar 0,031 N/mm² dan maximum sebesar 15.772,108 N/mm². Nilai maximum berada diantara bagian *bearing* dengan poros.
3. Dari hasil simulasi pada bagian *displacement result* (perpindahan bentuk) didapatkan nilai maximum sebesar 4,907 mm.
4. Dari hasil simulasi pada bagian *strain result* (regangan) didapatkan nilai ESTRN maximum sebesar 0,041 yang berada pada bagian antara *bearing* dengan poros.
5. Dari hasil simulasi pada bagian *safety of factor* didapatkan nilai terkecil sebesar 0,009 dan nilai tertinggi sebesar 11.161,153.

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan untuk perbaikan yang dapat dilakukan dimasa yang akan datang, diantaranya :

1. Untuk penelitian berikutnya, dapat menggunakan dua aplikasi yang berbeda untuk dapat membandingkan perbedaan-perbedaan nilai yang didapat dari hasil simulasi.
2. Dapat membandingkan jenis material yang berbeda guna mencari yang lebih efektif untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Luqman, M., & Sapto, A. D. (2023). Perancangan sistem transmisi penggerak mesin bubut mini konvensional. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 18(1), 77-83.
- [2] Ihsan, Yazid. 2006. "Rancang Bangun Dan Karakterisasi *Ball Milling* Untuk Proses Penghalusan Serbuk Bahan Magnetik". Fakultas MIPA, Fisika. Universitas Negeri Semarang.
- [3] Sapto, A. D., Islam, M. S., & Utomo, D. K. (2021). Perancangan dan analisis sistem penggerak prototype lift gerak vertical horizontal skala 1: 10. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 16(2), 69-74.
- [4] Wibowo, Ruffi Candra. (2017). "Rancang Bangun Mesin *Ball Mill* Untuk Memperkecil Pasir Silica Bekas Inti Cor". Skripsi Sarjana thesis, UMK.
- [5] Suryady, S., & Muchlis, A. (2023). Manufaktur Bracket Front Seat Cushion Lh Menggunakan Material SPCC. *Propeller Jurnal Permesinan*, 1(2), 73-84.
- [6] Suharsono, Nashwan Dwi., dan Arya Mahendra Sakti. 2018. "Rancang Bangun Alat Reduksi Dan Klasifikasi Ukuran Penggerusan Tipe *Screener Ball Mill*", *Jurnal Rekayasa Mesin Volume 5 Nomor 1*, Oktober 2018.
- [7] Nugroho, E. A., & Suryady, S. (2022). DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA PENCACAH LIMBAH PLASTIK KAPASITAS 125L. *Presisi*, 24(2), 18-25.

- [8] Abdurachman, Ridho. (2016). “Perancangan Ball Mill Kapasitas 200 mg”. *Other thesis, University of Muhammadiyah Malang*.
- [9] Syarifudin, Annas. (2015). “Rancang Bangun Mesin *Ball Milling* (Sistem Transmisi)”. Proyek Akhir. *Other thesis, Universitas Sebelas Maret*.
- [10] Darma, Mitra. 2019. “Perancangan Mesin Bola Penghancur (*Ball Mill*)”. Skripsi. Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- [11] Sularso dan Suga Kiyokatsu. 1997. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [12] Ir. Hery Sonawan, MT. *Perancangan elemen mesin*, 2010 penerbit alfabeta: Bandung.
- [13] Ardiansyah, Wildan .R.F. 2016. *Perancangan dan Perhitungan Transmisi Pada Mesin Pengaduk Tipe Horizontal Berkapasitas 60 kg/jam*. FTI, Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [14] Z. Abidin and B. Rama, “Analisa Distribusi Tegangan Dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 Cc Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Rekayasa Mesin Univ. Sriwij.*, vol. 15, no. 1, pp. 30–39, 2015.
- [15] T. Mulyanto and A. D. Sapto, “Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Dengan Software Solidworks,” *J. PRESISI*, vol. 18, no. 2, pp. 24–29, 2017.