

## **ANALISIS KEKUATAN POROS DAN RODA BERSIRIP PADA ALAT PENANAM PADI PORTABEL MELALUI PENDEKATAN SIMULASI**

*The Shaft and Finned Wheel Strength Analysis on Portable Rice Planters Through A Simulation Approach*

**Ahmad Hartono<sup>1</sup>, Ragil Sukarno<sup>2\*</sup>, I Wayan Sugita<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia

\* Email Korespondensi : [ragil-sukarno@unj.ac.id](mailto:ragil-sukarno@unj.ac.id)

Artikel Info - : Diterima : 18-06-2022; Direvisi : 16-07-2022; Disetujui: 20-07-2022

### **ABSTRAK**

Alat penanam padi otomatis sangat dibutuhkan oleh petani dalam usaha meningkatkan hasil panen. Saat ini alat penanam padi otomatis sudah ada di pasaran namun harganya cukup mahal, sehingga dibutuhkan alat penanam padi otomatis alternatif yang memiliki harga lebih terjangkau. Salah satu komponen yang sangat penting dalam alat penanam padi otomatis adalah poros dan roda, sehingga dalam penelitian ini difokuskan pada kedua komponen tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan poros dan roda bersirip pada alat penanam pada sistem jajar legowo melalui pendekatan simulasi. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* yang diterapkan terhadap komponen poros dan roda alat penanam padi. Penelitian diawali dengan membuat desain rancangan model 3D, menentukan material poros dan roda, melakukan *meshing*, menentukan kondisi batas, menentukan posisi pembebanan, dan selanjutnya menjalankan simulasi analisis tegangan. Material poros yang digunakan adalah baja *JIS G4501 Grade S45C*, sedangkan material untuk roda adalah baja *JIS G3101 Grade S400*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan *von mises* maksimal 54,90 MPa, perpindahan (*displacement*) maksimal sebesar 0,113 mm, serta nilai *safety factor* paling rendah sebesar 3,8. Hasil ini menunjukkan bahwa desain poros dan roda pada alat penanam padi telah memenuhi batas aman dan dapat dilanjutkan dalam tahap proses manufaktur.

**Kata Kunci: Alat Penanam Padi, Poros Dan Roda Bersirip, Analisis Tegangan**

### **ABSTRACT**

*Farmers need automatic rice planting tools to increase crop yields. Currently, automatic planting tools are already on the market, but the price is relatively high, so an alternative automatic rice planter tool is needed that has a more affordable price. One of the very important components in an automatic rice planter is the shaft and wheels, so in this study focused on these two components. This study aimed to determine the strength of the shaft and finned wheels on the planter in the jajar legowo system through a simulation approach. This research method uses a simulation approach using Autodesk Inventor software which is applied to the components of the shaft and the wheel of the rice planter. The research begins with making a 3D model design, determining the shaft and wheel materials, meshing, determining boundary conditions, determining the loading position, and then running a voltage analysis simulation. The shaft material used is JIS G4501 Grade S45C steel, while the material for the wheels is JIS G3101 Grade S400 steel. The simulation results showed that the maximum von mises stress was 54.90 MPa, the maximum displacement was 0.113 mm, and the minimum safety factor value of 3.8. These results show that the shaft and wheel design on the rice planter has met the safe limit and can be continued in the manufacturing process stage.*

**Keywords: Rice Planters, The Shaft And Finned Wheels, Stress Analysis**

## 1. Pendahuluan

Indonesia yang merupakan negara agraris adalah salah satu penghasil produk pertanian terbesar di Asia Tenggara. Salah satu produk pertanian yang berasal dari Indonesia yaitu padi (*Oryza sativa L.*) yang juga merupakan sumber makanan pokok dari penduduk Indonesia. Oleh karena itu ketersediaan padi di Indonesia harus sesuai dengan kebutuhan warga negaranya. Kementerian Pertanian dalam upaya untuk meningkatkan hasil panen melakukan beberapa upaya yang bertujuan untuk meningkatkan hasil panen. Salah satu rekomendasi dari Departemen Pertanian adalah sistem tanam yang baik dan benar melalui pengaturan jarak tanam yang dikenal dengan sistem tanam jajar legowo [1].

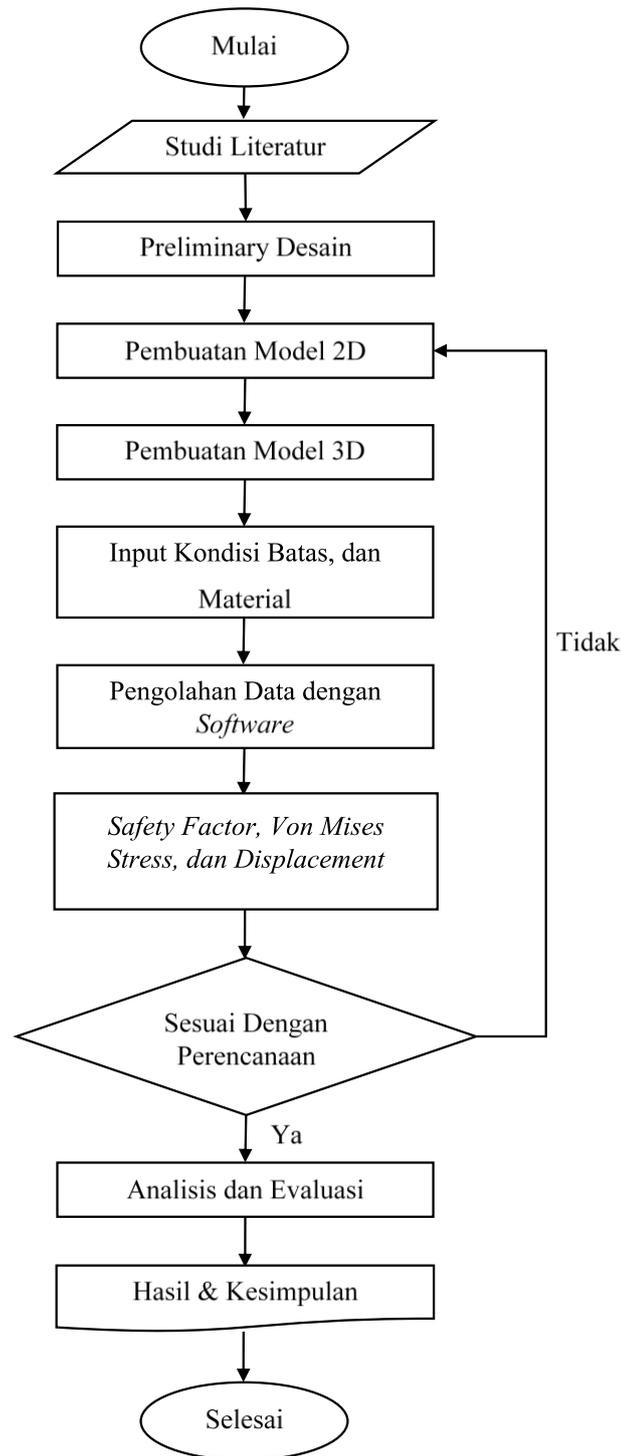
Untuk saat ini proses penanaman padi di daerah penanaman masih menggunakan cara manual, hal ini dikarenakan alat penanam padi otomatis masih relatif mahal. Alat penanam padi sendiri adalah alat yang digunakan untuk menanam bibit padi yang telah disemaikan terlebih dahulu dengan umur atau ketinggian tertentu, pada areal tanah sawah kondisi siap tanam [2]. Alat penanam padi atau istilah lainnya *rice transplanter* memberikan kemudahan dalam penanaman benih padi bagi para petani pada saat tibanya musim tanam [3]. Alat penanam padi otomatis saat ini telah banyak di pasaran, namun harganya masih relatif mahal, sehingga dibutuhkan alternatif alat penanam padi otomatis dengan harga yang terjangkau.

Alat penanam padi otomatis ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu sistem penanam, sistem pengumpan bibit padi, sistem transmisi dan penggerak, sistem kendali dan rangka utama serta sistem pelampung [4], serta poros dan roda penggerak [5]. Diantara komponen-komponen pada alat penanam padi ini, poros dan roda merupakan salah satu komponen yang mendapatkan beban maksimal, sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan analisis tegangan dari desain rancangan poros dan roda. Salah satu metode yang dapat dilakukan dengan mudah dan cepat adalah melalui simulasi dengan menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga [6-9]. Amin and Mandang (2018) melakukan penelitian untuk menganalisis parameter desain roda bersirip ramping yang digunakan pada traktor pada tanah basah (sawah). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi pelat sirip dengan sudut  $45^\circ$  dan berdimensi  $7 \times 10.5$  cm memberikan hasil yang terbaik dan tegangan maksimal terjadi pada sirip dengan sudut  $45^\circ$  [5].

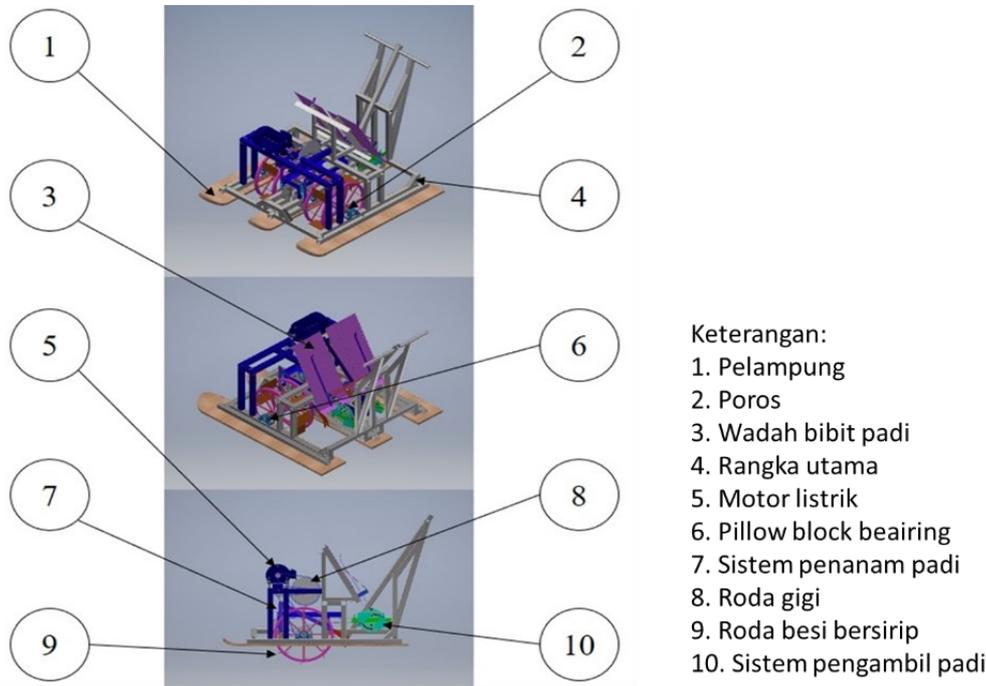
Dari kebanyakan alat penanam padi otomatis yang ada saat ini sirip diletakan pada ujung roda tanpa penahan di kedua sisinya. Sedangkan pada saat digunakan pada tanah basa tegangan yang bekerja pada sirip ini sangat besar, sehingga dalam penelitian ini dirancang sebuah roda bersirip yang pada kedua sisi sirip diberikan penahan yang berbentuk melingkar sepanjang roda yang diterapkan pada alat penanam padi jajar legowo. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tegangan pada sirip, roda, serta poros dari alat penanam padi, sehingga alat penanam padi ini dapat berfungsi secara optimal. Untuk mengetahui kekuatan poros dan roda bersirip pada alat penanam pada sistem jajar legowo maka dalam penelitian ini dilakukan analisis tegangan dengan menggunakan pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor*.

## 2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini adalah menggunakan pendekatan simulasi dengan menggunakan *software Autodesk Inventor*. Langkah-langkah penelitian selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan gambar lengkap desain alat penanam padi sistem jajar legowo ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 2.** Desain Alat Penanam Padi

## 2.1 Perhitungan Torsi

Torsi didefinisikan berupa gaya dan jarak tegak lurus garis aksi dari titik atau sumbu tertentu. Torsi adalah hasil yang berasal dari perkalian gaya terhadap jarak sumbu, atau dapat dirumuskan seperti berikut [10]:

$$T = F \times l \quad (1)$$

Dimana:

$T$  = Torsi (N mm)

$F$  = Gaya (N)

$l$  = Jarak (mm)

## 2.2 Perhitungan Roda Besi Bersirip

Roda besi bersirip memiliki struktur yang terdiri dari pelat sirip yang dipasang pada satu atau dua rim atau pada jari-jari dengan sudut sirip tertentu, *flens* sebagaiudukan jari-jari dan penghubung ke poros [11].

Roda besi bersirip terdiri dari roda besi bersirip lahan kering serta roda besi bersirip untuk lahan sawah. Adapun roda besi untuk lahan sawah memiliki jumlah sirip yang lebih sedikit serta bentuk sirip yang lebih lebar dibanding yang terdapat pada roda besi untuk lahan kering. Karena jumlah sirip lebih sedikit dan jarak sirip lebih lebar pada pipa pelek, hal tersebut membuat roda besi pada lahan sawah sangat efektif untuk mencegah bongkahan tanah menempel atau terperangkap diantara sirip [12].

Adapun rumus untuk mencari jumlah sirip roda besi bersirip adalah seperti berikut ini [5]:

$$Sr = \frac{\pi Dr}{Ss} \quad (2)$$

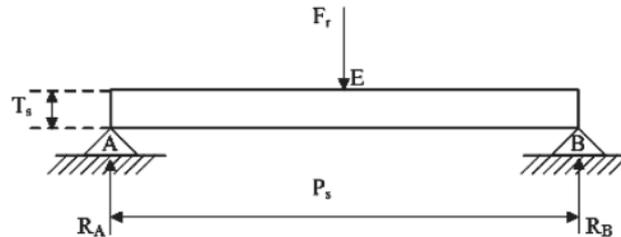
Dimana:

$Sr$  = Jumlah Sirip

$Dr$  = Diameter Roda (cm)

$Ss$  = Spasi Sirip (cm)

Sedangkan rumus yang digunakan untuk mencari ketebalan sirip pada roda besi dapat dihitung menggunakan rumus berikut [13]:



**Gambar 3.** Gaya Yang Terjadi Dalam Titik Tumpuan

$$R_A = R_B = \frac{F_r}{2} \quad (3)$$

Sehingga, momen pada titik E bisa didapatkan dengan persamaan berikut:

$$M_E = R_A \left( \frac{P_s}{2} \right) \quad (4)$$

$$T_s = \sqrt{\frac{(6 \cdot M_E)}{J_{sa} \cdot \sigma_a \cdot P_s}} \quad (5)$$

Dimana:

$M_E$  = Momen titik E (kg)

$P_s$  = Tinggi sirip (m)

$T_s$  = Tebal sirip (mm)

$J_{sa}$  = Jumlah sirip aktif

Perhitungan gaya dorong yang terjadi pada roda besi bersirip adalah seperti berikut ini [14]:

a) Gaya reaksi resultan

$$F_r = \frac{T}{r} \quad (6)$$

b) Gaya reaksi horizontal

$$F_h = F_r \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

Gaya reaksi vertikal

$$F_v = F_r \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

c) Gaya reaksi total

$$F_{total} = F_h + F_r + F_v \quad (9)$$

Dimana:

$F_r$  = Gaya reaksi resultan (N)

$T$  = Torsi roda (Nm)

$r$  = Jari-jari roda (m)

$F_h$  = Gaya reaksi horizontal (N)

$F_v$  = Gaya reaksi vertikal (N)

$F_{total}$  = Gaya reaksi total (N)

### 2.3 Perhitungan Poros

Adapun rumus dalam merencanakan sebuah poros sebagai berikut [15]:

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(s_{f1} \cdot s_{f2})} \quad (10)$$

$$d_s = \left[ \frac{5.1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad (11)$$

Dimana:

$d_s$  = Diameter poros (mm)

### 2.4 Perencanaan Puli

Perhitungan yang digunakan dalam perencanaan sabuk-V antara lain [15]:

a) Daya rencana

$$P_d = P \cdot fc \quad (12)$$

Dimana:

$P_d$  = Daya rencana (kW)

$P$  = Daya mesin (kW)

$fc$  = Faktor koreksi

b) Momen rencana

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n} \quad (13)$$

Dimana:

$T$  = Momen rencana (kg mm)

$n$  = Putaran puli (rpm)

c) Diameter puli kecil ( $d_p$ )

Diameter puli kecil diambil dari pemilihan tipe puli.

d) Diameter puli besar ( $D_p$ )

$$D_p = d_p \cdot i \quad (14)$$

Dimana:

$D_p$  = Diameter puli besar (mm)

$d_p$  = Diameter puli kecil (mm)

$i$  = Perbandingan transmisi

e) Kecepatan sabuk

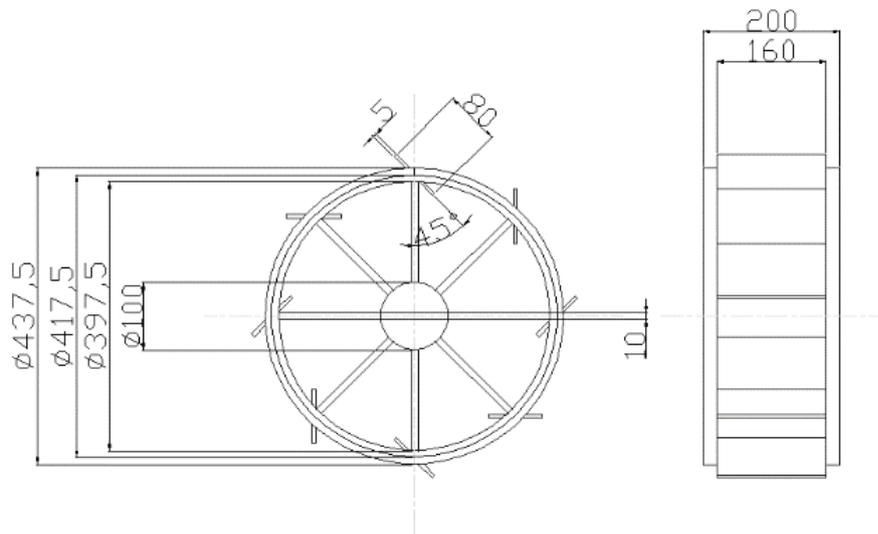
$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (15)$$

Dimana:

$v$  = Kecepatan sabuk linear (m/s)

### 2.5 Pembuatan Model 2D

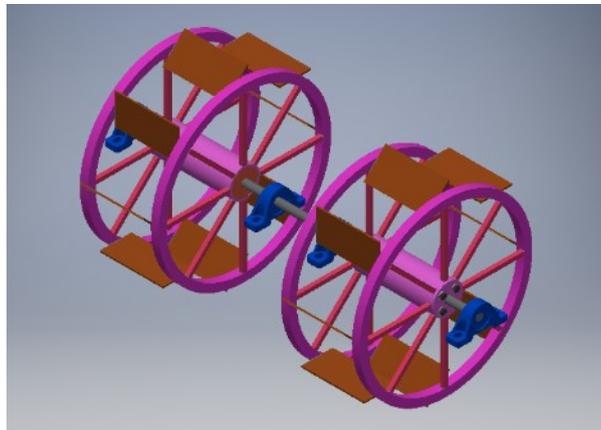
Pembuatan model 2D yang dilakukan pada penelitian ini yaitu, merancang komponen-komponen yang diperlukan berdasarkan data setelah dilakukannya pengkondisian alat. Gambar dibuat menggunakan perangkat lunak *Autodesk AutoCAD 2007* Gambar yang dibuat berupa kerangka serta komponen-komponen penunjang lain yang dibutuhkan pada alat penanam padi.



**Gambar 4.** Pembuatan Model 2D

## 2.6 Pembuatan Model 3D

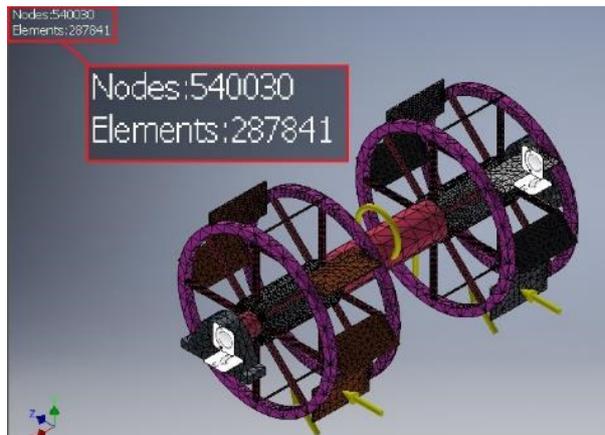
Pembuatan model 3D dari komponen serta kerangka dari alat penanam padi yang ada menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor Professional 2019*. Setelah selesai pembuatan desain selanjutnya dilakukan *assembly* pada komponen-komponen serta kerangka dari alat penanam padi tersebut.



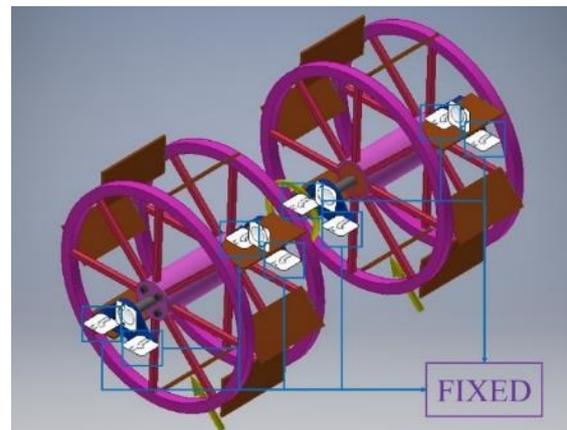
**Gambar 5.** Pembuatan Model 3D

## 2.7 Meshing

*Meshing* yang digunakan dalam *default software Autodesk Inventor 2019* berbentuk segitiga dengan ukuran rata-rata 0,100. Hasil dari *meshing* tersebut adalah terdapat 588,907 *nodes* dan 317,348 *elements*, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil Meshing



**Gambar 7.** Lokasi Fixed Pada Desain

## 2.8 Input Material

Material yang digunakan untuk bahan poros adalah *JIS G4501 Grade S45C* dengan kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) 569 MPa, sedangkan komponen pada bagian roda alat penanam padi menggunakan material jenis *JIS G3101 Grade S400* dengan *ultimate tensile strength* 400 MPa

## 2.7 Input Kondisi Batas

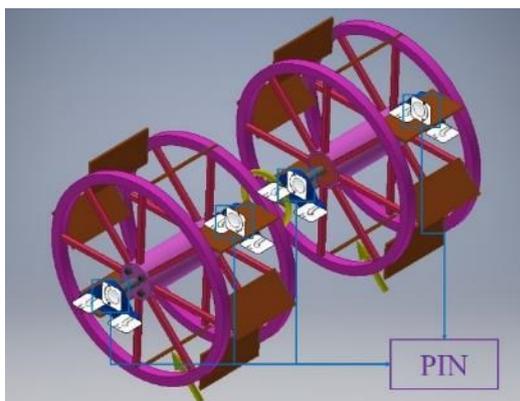
Kondisi batas ialah data yang diperlukan *software* untuk melakukan simulasi. Dalam penelitian ini pemberian kondisi batas berupa tumpuan maupun pembebanan pada alat penanam padi ini diantaranya:

### A. Fixed

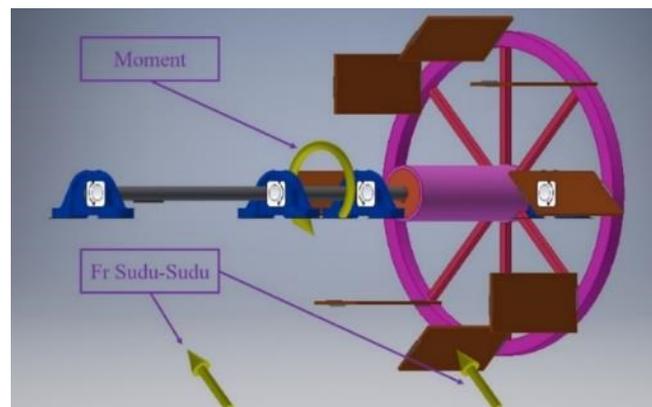
*Fixed* yang ada dalam alat penanam padi ini terdapat pada bagian *pillow block bearing* karena bagian ini adalah bagian yang menahan beban roda serta poros pada alat penanam padi ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

### B. Pin

Pada alat penanam padi ini *pin* terletak pada setiap *bearing* atau bantalan yang terdapat pada setiap poros, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Lokasi Pin Pada Desain



**Gambar 9.** Pembebanan Pada Desain

### C. Pembebanan

Pada saat roda alat penanam padi ini bekerja dan memberikan pembebanan gaya yang terjadi maupun diterima oleh roda dapat diuraikan seperti Gambar 9.

## 2.10. Analisis

Setelah pengaturan *meshing*, *input* material, menentukan kondisi batas, dan pembebanan, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan analisis pada *Autodesk Inventor*.

## 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 3.1 Analisis Perhitungan

#### 3.1.1. Roda

Setelah mendapatkan hasil perhitungan *preliminary desain* dilanjutkan dengan melakukan perhitungan roda secara manual dengan mendapatkan hasil torsi 314.928,76 Nmm, dan melanjutkan perhitungan untuk roda menentukan diameter roda, jarak sirip, tebal sirip, dan gaya reaksi total. Hasil perhitungan diameter roda, jarak sirip, tebal sirip, dan gaya reaksi total yang telah didapatkan secara manual ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Roda

| Item              | Hasil Perhitungan |
|-------------------|-------------------|
| Diameter Roda     | 437,5 mm          |
| Jarak Sirip       | 171,8 mm          |
| Tebal sirip       | 4 mm              |
| Gaya Reaksi Total | 514,06 N          |

#### 3.1.2. Poros

Dalam hasil perhitungan dengan menggunakan *preliminary desain* untuk mendapatkan hasil perhitungan poros, secara manual mendapatkan hasil perhitungan torsi terlebih untuk memutar poros saat poros bekerja untuk menjalankan roda besi bersirip pada mesin penanam padi portabel, mendapatkan perhitungan manual tegangan ijin, tegangan bengkok yang telah di dapatkan dalam perhitungan manual. Dengan material yang telah digunakan menggunakan material poros S45C. Tabel 2. Menunjukkan hasil perhitungan *preliminary desain* dengan tujuan mengetahui torsi, tegangan ijin, tegangan bengkok dan diameter poros yang digunakan pada poros mesin penanam padi.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan *Preliminary Desain*

| Hasil Perhitungan                           | Torsi          | Tegangan Ijin           | Diameter Poros |
|---|----------------|-------------------------|----------------|
| Hasil Perhitungan <i>Preliminary Desain</i> | 314.928,76 Nmm | 4,83 Kg/mm <sup>2</sup> | 42 mm          |

#### 3.1.3. Pelampung

Bahan pembuatan pelampung direncanakan dibuat menggunakan bahan kayu untuk menambah daya apung alat saat digunakan di sawah. Dengan ukuran pelampung samping P×L adalah 1355×250mm dan tebal 20 mm, serta pelampung tengah P×L adalah 1355×210mm dan tebal 20 mm.

#### 3.1.4. Rangka

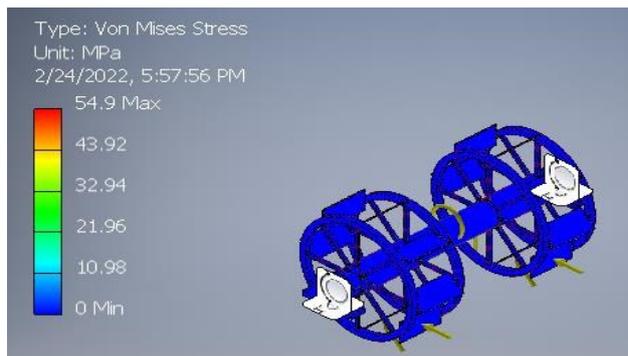
Bahan pembuatan rangka adalah *hollow* dengan ukuran 40×40×3mm. Dengan ukuran rangka seperti pada Tabel 3 di bawah ini:

**Tabel 3.** Dimensi *Hollow* Rangka

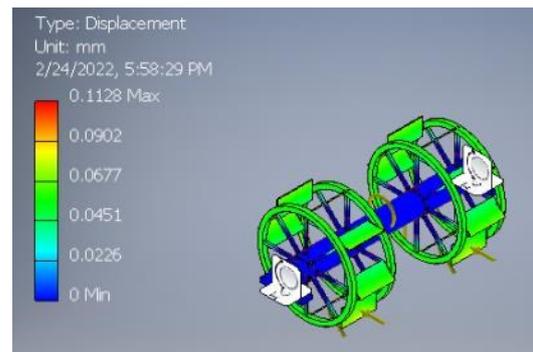
| Item                | Jumlah | Panjang (mm) | Item                                     | Jumlah | Panjang (mm) |
|---------------------|--------|--------------|--|--------|--------------|
| Penopang pelampung  | 3      | 1130         | Penopang penanam padi dan pengambil padi | 6      | 40           |
|                     | 2      | 460          |  | 2      | 500          |
|                     | 2      | 80           |  | 2      | 240          |
|                     | 2      | 110          |  | 2      | 110          |
|                     | 2      | 40           |  | 1      | 200          |
|                     | 1      | 920          | Penopang motor listrik                   | 4      | 400          |
|                     | 1      | 200          |  | 2      | 75           |
| 4                   | 1030   | 2            |  | 415    |              |
| Penopang poros      | 2      | 60           | 2  | 420    |              |
|                     | 4      | 264          | 1  | 920    |              |
| Penopang wadah padi | 2      | 100          |  |        |              |
|                     | 2      | 920          |  |        |              |

### 3.2 Hasil Analisis *Von Mises Stress*, *Displacement* dan *Safety Factor*

Hasil simulasi dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2019* ditunjukkan pada Gambar 10 – 12 dan Tabel 4.



**Gambar 10.** Hasil *Von Mises Stress*



**Gambar 11.** Hasil *Displacement*



**Gambar 12.** Hasil *Safety Factor*

**Tabel 4.** Hasil Simulasi

| <b>Name</b>             | <b>Minimum</b> | <b>Maximum</b> |
|-------------------------|----------------|----------------|
| <i>Nodes</i>            | 540030         |                |
| <i>Element</i>          | 287841         |                |
| <i>Von Mises Stress</i> | 0 MPa          | 58,90 MPa      |
| <i>Displacement</i>     | 0 mm           | 0,113 mm       |
| <i>Safety Factor</i>    | 3,8            | 15             |

Hasil analisis menggunakan *Autodesk Inventor* menunjukkan bahwa nilai tegangan *von mises* maksimal sebesar 54,90 MPa, sedangkan material yang digunakan pada poros adalah JIS G4501 Grade S45C dengan kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) 569 MPa, dan komponen pada bagian roda adalah JIS G3101 Grade S400 dengan *ultimate tensile strength* 400 MPa. Sehingga tegangan yang dikenakan terhadap poros dan roda akibat kontak dengan tanah lebih rendah daripada kekuatan dari material yang digunakan, sehingga desain yang dirancang sangat aman untuk diaplikasikan. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimal sebesar 0,11277 mm dan nilai *safety factor* paling rendah sebesar 3,8. Hal ini menunjukkan bahwa desain roda dan poros ini sangat aman dan dapat diaplikasikan serta dilanjutkan pada proses manufaktur.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan poros dan roda pada alat penanam padi sistem jajar legowo didapatkan ukuran diameter roda sebesar 437,5 mm, ketebalan sirip 4 mm, gaya reaksi total yang terjadi adalah 514,06 N, torsi 314928,76 nmm, tegangan ijin 4,83 kg/mm<sup>2</sup>, dengan diameter poros 42 mm. Ukuran pelampung samping P×L adalah 1355×250 mm dengan ukuran pelampung tengah P×L adalah 1355×210 mm, serta ketebalan masing-masing pelampung 20 mm. Dengan ukuran rangka P×L×T adalah 1130×1040×344 mm. Desain alat penanam padi sistem tanam jajar legowo sudah dapat digunakan dengan baik untuk menanam padi dengan jarak tanam 12,5 cm × 25 cm. Hasil analisis tegangan pada poros dan roda bersirip menggunakan *Autodesk Inventor* menunjukkan bahwa nilai tegangan *von mises* maksimal sebesar 54,90 MPa, yang mana nilai ini sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan tarik maksimal dari material yang digunakan. Material poros adalah JIS G4501 Grade S45C dengan kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) 569 MPa, dan material pada bagian roda adalah JIS G3101 Grade S400 dengan *ultimate tensile strength* 400 MPa. Sehingga tegangan yang dikenakan terhadap poros dan roda akibat kontak dengan tanah lebih rendah daripada kekuatan dari material yang digunakan. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimal sebesar 0,11277 mm dan nilai *safety factor* paling rendah sebesar 3,8. Hal ini menunjukkan bahwa desain roda dan poros ini sangat aman dan dapat diaplikasikan serta dilanjutkan pada proses manufaktur.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] S. Karokaro, J. E. Rogi, S. D. Runtuwuu, and P. Tumewu, "Pengaturan Jarak Tanam Padi (*Oryza Sativa* L.) Pada Sistem Tanam Jajar Legowo," in *Cocos*, 2015, vol. 6, no. 16.
- [2] T. Suhendranta, "Prospek pengembangan mesin tanam pindah bibit padi dalam rangka mengatasi kelangkaan tenaga kerja tanam bibit padi," *Sepa*, 2017.
- [3] A. T. Utomo and A. K. Amin, "Rancang Bangun Mesin Penanam Padi Dengan Dengan Sistem Ratio Putaran Roda," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [4] S. Umar, A. Hidayat, and S. Pangaribuan, "Pengujian mesin tanam padi sistim jajar legowo (jarwo transplanter) di lahan rawa pasang Surut," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [5] A. N. Amin and T. Mandang, "Simulasi Perancangan Roda Bersirip Ramping untuk Traktor Roda Dua," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 6, no. 1, pp. 53-60, 2018.
- [6] D. Djumhariyanto, "Analisa Tegangan Poros Roda Mobil Listrik Dengan Metode Elemen Hingga," *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, 2016.

- 
- [7] I. Miklos, C. Miklos, and C. Alic, "Finite element analysis of cylindrical gear with mechanical event simulation," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 393, no. 1: IOP Publishing, p. 012046.
- [8] H. Isworo, A. Ghofur, G. R. Cahyono, and J. Riadi, "Analisis Displacement pada Chassis Mobil Listrik Wasaka," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 94-104, 2019.
- [9] Y. Jazuli, M. Kabib, and A. Z. Hudaya, "Desain Dan Simulasi Mesin Oven Kopi Tipe Tray Rotary Kapasitas 25 Kg," *JURNAL CRANKSHAFT*, vol. 4, no. 1, pp. 57-66, 2021.
- [10] R. Khurmi and J. Gupta, *A textbook of machine design*. S. Chand publishing, 2005.
- [11] W. Hermawan, M. Yamazaki, and A. Oida, "Design and traction performance of the movable lug wheel," *Journal of terramechanics*, vol. 35, no. 3, pp. 159-177, 1998.
- [12] J. Sakai, R. Godfrled, R. P. A. Setiawan, E. N. Sembiring, I. Suastawa, and T. Mandang, "Traktor 2-Roda," 1998.
- [13] T. Rizaldi, "Metode Disain Optimum Roda Besi Bersirip untuk Lahan Sawah [disertasi]," *Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor*, 2015.
- [14] J. L. Meriam, L. G. Kraige, and J. N. Bolton, *Engineering mechanics: dynamics*. John Wiley & Sons, 2020.
- [15] K. Sularso, "Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin," *Pradnya Paramita Jakarta*, 1994.