

# Perancangan Sistem Mekanik Robot Pemanjat Pohon Kelapa Berbasis Roda Mecanum

Husnandia Fadli, Ir. Encu Saefudin, M.T.

Institut Teknologi Nasional Bandung  
Email : hufa98@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

## ABSTRAK

*Pohon kelapa merupakan tanaman perkebunan di wilayah tropis pada proses pemetikan buah kelapa dibutuhkan alat bantu karena posisinya cukup tinggi. Oleh karena itu dirancang robot pemanjat pohon kelapa berbasis roda mecanum. Target dari perancangan model robot ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja dan memperoleh gambar teknik dalam bentuk 3D dan 2D. Gambar teknik tersebut mencantumkan spesifikasi rangka robot dan komponen-komponen yang dibutuhkan. Hasil dari rancangan diperoleh koordinat titik pusat massa ( $X = 112,78$  mm,  $Y = 187,98$  mm,  $Z = 244,51$  mm). Panjang batang rangka,  $S$ , 230,94 mm dan tingginya 230,94 mm. Torsi maksimum yang dibutuhkan yaitu 0,711 N.m dan daya motor yang dibutuhkan sebesar 14,89 W. Torsi motor stepper yang digunakan yaitu 0,9 N.m dan daya motor pada satu roda sebesar 18,84 W. Kekakuan pegas hasilnya didapat sebesar 0,562 N/mm dan diameter kawat pegas yang digunakan sebesar 1,88 mm.*

**Kata kunci:** Rancangan, Robot, Pohon Kelapa, Roda Mecanum

## ABSTRACT

*Coconut trees are plantation crops in the tropics on the process of picking coconuts requires tools because of their high position. Therefore, a coconut tree climbing robot based on a mecanum wheel was designed. Target of robot model designing process is to know the working process principles and to obtain technical drawing in 3D and 2D. The technical drawing contains robot frame specification and required components. The results of the design obtained the coordinates of the center of mass ( $X = 112.78$  mm,  $Y = 187.98$  mm,  $Z = 244.51$  mm). The length of member of frame,  $S$ , 230.94 mm and the height is 230.94 mm. The maximum torque needed is 0.711 N.m and the required motor power is 14.89 W. The stepper motor torque used is 0.9 N.m and the motor power on one wheel is 18.84 W. The resulting spring stiffness is 0.562 N/mm and the diameter of the spring wire used is 1.88 mm.*

**Keywords:** Design, Robot, Coconut Tree, Mecanum Wheel

## 1. PENDAHULUAN

Di dunia industri ini peran robot sudah menjadi suatu kepentingan dimana dapat membantu pekerjaan manusia dan robot tersebut diprogram atau dikontrol oleh manusia. Robot adalah sebuah alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang dibuat oleh manusia.

Salah satu pekerjaan manusia yang dapat dilakukan oleh robot adalah dalam bidang perkebunan. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak perkebunan, salah satunya adalah perkebunan kelapa, karena Indonesia merupakan produsen kelapa terbesar di dunia. Dari sekian banyaknya pohon kelapa di Indonesia, namun sepertiga tanamannya dalam kondisi tua dan tidak produktif akibat dari banyaknya masalah dalam pemanfaatan hasil dari kelapa antara lain keterbatasan sumber daya manusia saat musim panen, karena pohon kelapa yang tinggi dan sangat banyak sehingga membutuhkan banyak tenaga pekerja dan akan mengeluarkan biaya yang cukup banyak.

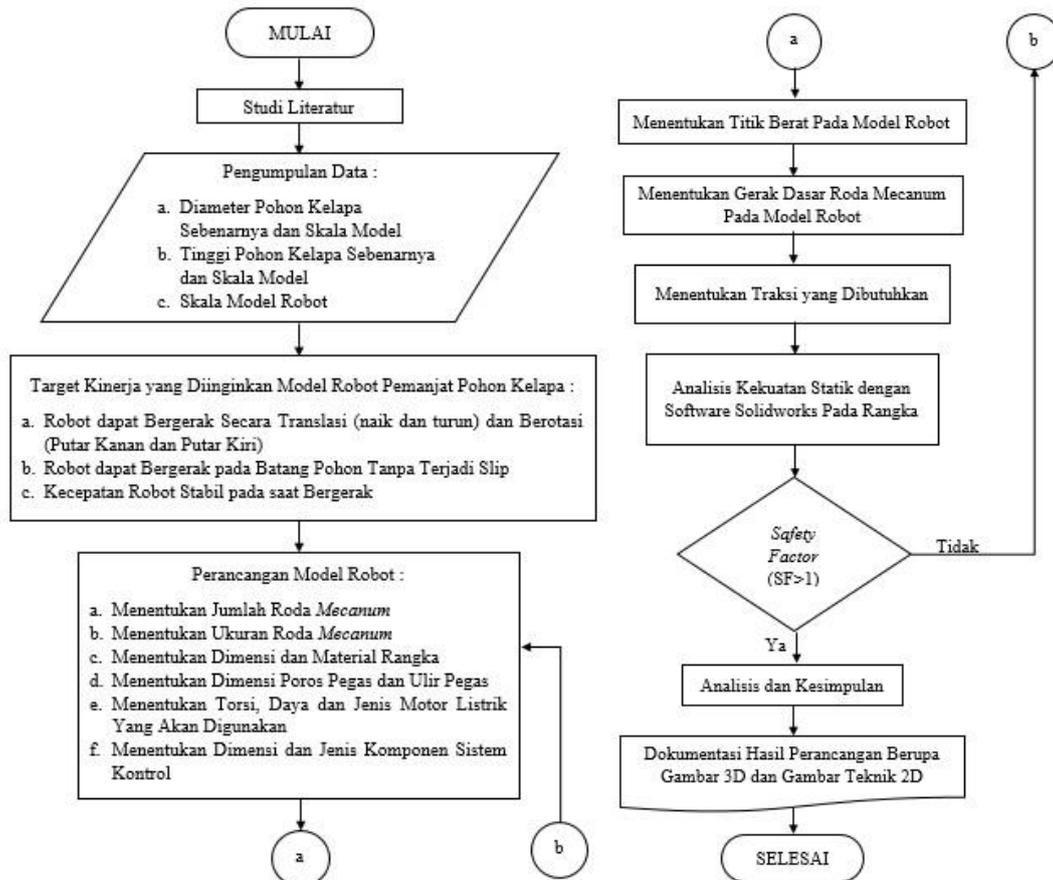
Salah satu usaha yang dilakukan manusia agar mengurangi masalah panen adalah dengan menggunakan metode teknologi. Kemajuan teknologi yang semakin pesat diharapkan mampu mempermudah panen para petani dalam pengerjaannya. Oleh karena itu, dirancang model robot pemanjat pohon kelapa berbasis roda mecanum. Roda mecanum memiliki gerakan yang terdiri dari putaran roda pusat untuk bergerak maju dan mundur, putaran roller untuk bergerak diagonal dan slip rotasi pada sumbu vertikal untuk berputar. Kelebihan yang dimiliki roda mecanum adalah desain kompak, kapasitas beban tinggi dan mudah dikendalikan. Roda mecanum pada model robot berfungsi untuk memanjat pohon tersebut yang dimana dapat bergerak secara translasi (naik dan turun) maupun rotasi.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1 Diagram Alir Penelitian**

Ditentukannya gerak yang akan dilakukan roda mecanum pada model robot saat memanjat pohon, seperti naik, turun maupun berotasi. Pengumpulan data dilakukan dengan cara menentukan beban yang akan diterima oleh robot, data dimensi rangka dan roda mecanum, data jumlah dan daya motor listrik yang digunakan dalam sistem untuk menggerakkan robot. Target kinerja yang diinginkan pada model robot pemanjat pohon kelapa berbasis roda mecanum bermaksud untuk menargetkan apa kinerja yang diinginkan model robot saat bergerak atau bekerja. Perancangan konsep ini diawali dengan menentukan titik berat untuk membuat titik pusat sistem yang berada di rangka pada batang pohon kelapa sehingga beban yang diterima setiap roda tidak melebihi daya motor listriknya. Kemudian, menghitung traksi yang terjadi pada setiap roda agar dapat memanjat pohon kelapa dengan baik. Ditentukannya titik berat sebagai tempat bertumpunya beban dari seluruh komponen pada model robot dan termasuk beban dari robot lengan pemetik buah kelapa. Ditentukannya gerak yang akan dilakukan roda mecanum pada model robot saat memanjat pohon, seperti naik, turun maupun berotasi. Ditentukannya traksi yang dibutuhkan roda mecanum pada model robot saat memanjat pohon, seperti naik, turun maupun berotasi. Model robot yang sudah dibuatkan gambar 3D dilakukan simulasi analisis kekuatan statik dengan menggunakan software solidworks. Safety factor adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi dalam analisis rancangan struktur dan sistem secara keseluruhan terjamin keamanannya. Melakukan analisis data perancangan model robot yang telah diperoleh untuk mengetahui keberhasilan dari perancangan dan menyimpulkan hasil perancangan. Pada tahap ini dilakukan dokumentasi dari hasil perancangan model robot pemanjat pohon berbasis roda mecanum berupa gambar teknik 2D dan gambar 3D.

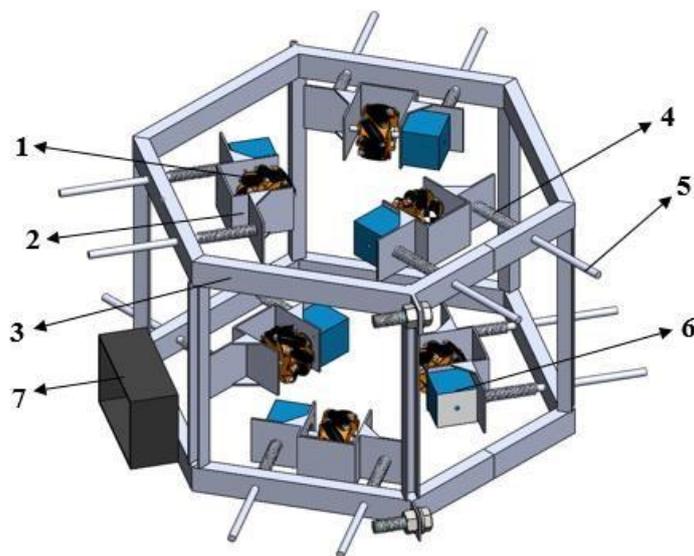
# Perancangan Sistem Mekanik Robot Pemanjat Pohon Kelapa Berbasis Roda Mecanum



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Rencana Perancangan Model Robot

Prinsip kerja dari robot pemanjat pohon kelapa berbasis roda mecanum yaitu dapat bergerak secara translasi (naik dan turun) dan rotasi. Robot ini dikontrol dan diprogram berbasis microcontroller.



Gambar 2. Rancangan Model Robot

Fungsi dari komponen-komponen pada robot:

1. Roda Mecanum

Roda mecanum pada robot ini berfungsi sebagai tumpuan dan penggerak robot pada pohon kelapa.

2. Dudukan Roda Mecanum

Dudukan roda mecanum berfungsi sebagai tumpuan atau tempatnya roda mecanum berputar.

3. Rangka

Rangka pada robot adalah sebuah struktur yang berfungsi sebagai tempat bertumpunya komponen-komponen yang dibutuhkan pada robot pemanjat pohon.

4. Pegas Ulir

Pegas ulir pada robot ini berfungsi untuk menghasilkan traksi antara roda dan batang pohon kelapa dengan cara roda didorong pegas ke arah mendekati batang pohon dan menjauhi rangka.

5. Poros Pegas

Poros pegas berfungsi sebagai dudukan pegas ulir dan tumpuan dudukan roda mecanum.

6. Motor Listrik

Motor listrik pada robot ini berfungsi untuk menggerakkan roda mecanum.

7. Kotak Komponen Sistem Kontrol

Wadah untuk tempatnya menaruh komponen sistem kontrol seperti microcontroller, baterai, motor driver dan komponen sistem kontrol lainnya.

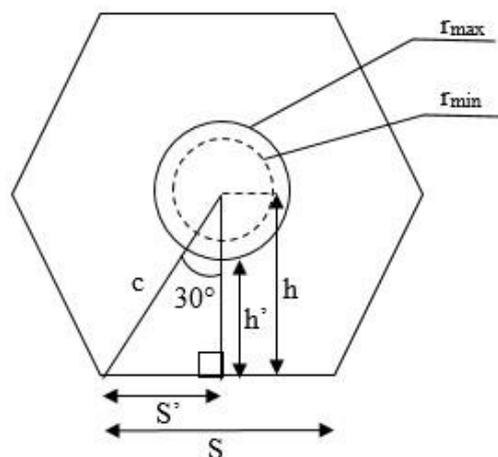
### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Perancangan

Berikut adalah hasil yang diperoleh dari perhitungan rancangan sistem mekanik robot pemanjat pohon kelapa berbasis roda mecanum berupa model.

1. Dimensi Rangka

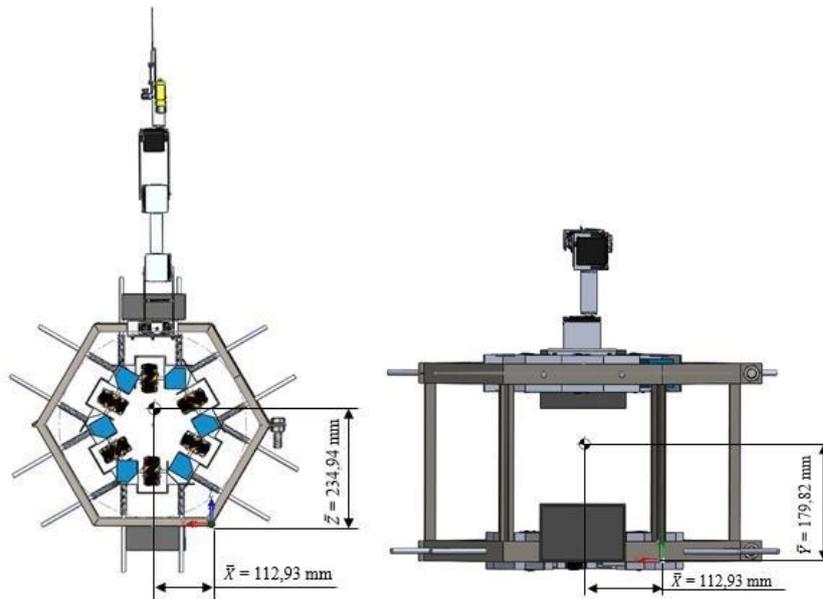
Skala model robot terhadap pohon kelapa yaitu 1:2. Pohon yang akan digunakan pada model robot ini adalah pohon palem. Data dari hasil perancangan adalah jari-jari pohon  $r_{max} = 76,3$  mm dan  $r_{min} = 57,2$  mm kemudian  $h' = 123,7$  mm,  $h = 200$  mm,  $S' = 115,47$  mm,  $S = 230,94$  dan panjang batang vertikal pada robot yaitu 230 mm.



Gambar 3. Dimensi Rangka dan Pohon Palembang

2. Titik Pusat Massa

Hasil yang diperoleh dari titik berat adalah  $m_{tot} = 10,919 \text{ kg}$ ,  $W_{tot} = 107,11 \text{ N}$  dan posisi titik berat gabungan yaitu  $X = 112,93 \text{ mm}$ ,  $Y = 179,82 \text{ mm}$  dan  $Z = 234,94 \text{ mm}$ .



**Gambar 4. Posisi Titik Berat Sumbu X, Y dan Z**

3. Gerak Dasar Roda Mecanum pada Model Robot

**Tabel 1. Gerak Dasar Roda Mecanum**

| No | Gambar Gerak | Arah Gerak  | Putaran Roda Dari Pandangan Kanan |                   |                   |                   |                   |                   |
|----|--------------|-------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |              |             | R1                                | R2                | R3                | R4                | R5                | R6                |
| 1  |              | Naik        | $n \neq 0$<br>CW                  | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CW  |
| 2  |              | Turun       | $n \neq 0$<br>CCW                 | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CCW |
| 3  |              | Putar Kanan | $n \neq 0$<br>CW                  | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CCW |
| 4  |              | Putar Kiri  | $n \neq 0$<br>CCW                 | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CW  | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CCW | $n \neq 0$<br>CW  |

## 4. Hasil Simulasi Gaya pada Setiap Roda dengan Solidworks

**Tabel 2. Hasil Gaya pada Setiap Roda**

| No           | Nama Komponen | $F_Y$ (N) | $F_N$ (N) |
|--------------|---------------|-----------|-----------|
| 1            | Roda 1        | 23,73     | -0,13     |
| 2            | Roda 2        | 12,8394   | -2,86     |
| 3            | Roda 3        | 12,8293   | -2,84     |
| 4            | Roda 4        | 13,2213   | 3,54      |
| 5            | Roda 5        | 12,835    | -0,132    |
| 6            | Roda 6        | 13,015    | 3,49      |
| <b>Total</b> |               | 88,47     | 0,559     |

Keterangan :

$F_Y$  = Gaya Vertikal

$F_N$  = Gaya reaksi dalam arah horizontal dari keseimbangan momen

## 5. Gaya Reaksi pada Setiap Roda

**Tabel 3. Hasil Perhitungan Gaya Reaksi pada Setiap Roda**

| Roda | $F_T$ (N) | N (N)  | $F_{Stotal}$ (N) | $F_s$ (N) | k (N/mm) | d (mm) |
|------|-----------|--------|------------------|-----------|----------|--------|
| 1    | 23,73     | 33,9   | 33,77            | 16,885    | 0,562    | 1,88   |
| 2    | 12,8394   | 18,342 | 15,482           | 7,741     | 0,258    | 1,55   |
| 3    | 12,8293   | 18,327 | 15,487           | 7,743     | 0,258    | 1,55   |
| 4    | 13,2213   | 18,887 | 22,427           | 11,213    | 0,373    | 1,7    |
| 5    | 12,835    | 18,335 | 18,203           | 9,101     | 0,303    | 1,61   |
| 6    | 13,015    | 18,592 | 22,082           | 11,041    | 0,368    | 1,69   |

Jarak perpindahan pegas ( $x$ ) berfungsi sebagai penentu model robot dapat menempel saat dipasangkan ke pohon dengan gaya pegas yang sesuai perhitungan untuk mendapatkan traksi yang dibutuhkan. Panjang pegas pada robot sebesar 100 mm dan nilai  $x$  ditentukan yaitu 30 mm.

Diameter kawat pada pegas menggunakan nilai maksimum agar robot dapat mencengkram pohon dengan baik. Diameter kawat maksimum ada pada pegas 1 sebesar 1,88 mm. Diameter kawat pegas pada robot dicari di pasaran yang mendekati angka nilai perhitungan yaitu sebesar 2 mm. Torsi maksimum yang didapatkan dari perhitungan yaitu 0,711 N.m dan daya motor yang dibutuhkan yaitu 14,89 W kemudian motor yang digunakan adalah motor stepper dengan daya sebesar 18,84 W

Keterangan :

$F_{stotal}$  = Gaya pegas pada dua pegas

$F_s$  = Gaya pegas pada satu pegas

$F_T$  = Gaya traksi

$N$  = Gaya normal  $k =$

Konstanta pegas

$d$  = Diameter kawat (mm)

### 3.2 Hasil Analisis Gaya-Gaya pada Setiap Roda

Pada **Tabel 1**, pola gerak roda mecaum yang digunakan pada gerak naik dan gerak turun, putarannya tidak semua ke arah yang sama. Roda mecaum yang tidak searah ada pada roda 4 karena untuk menyeimbangkan gerak robot agar tidak terjadi momen dalam arah sumbu Z. Dimana hal tersebut mengakibatkan hasil  $\Sigma F_Y$  pada gerak naik dan gerak turun hasilnya sama yaitu  $4F_Y$  dan hasil  $\Sigma F_X$  pada gerak naik hasilnya yaitu  $-2F_X$  sedangkan gerak turun memiliki hasil  $2F_X$ . Berdasarkan dari hasil  $\Sigma F_X$  dan  $\Sigma F_Y$  pada gerak naik dan gerak turun, pergerakan robot saat bergerak akan menjadi seperti ulir.

### 3.3 Posisi Titik Pusat Massa

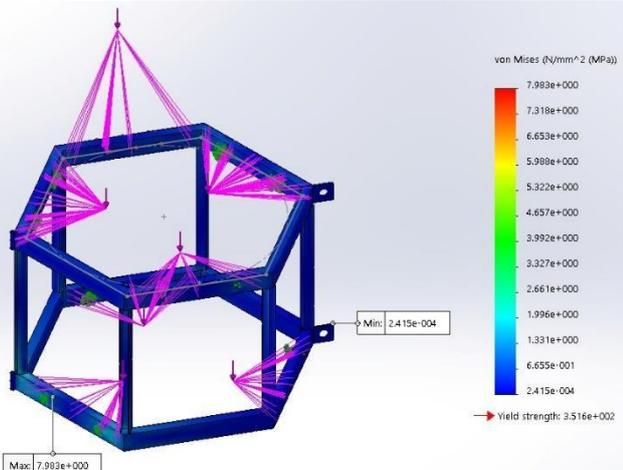
Titik pusat massa pada sistem ini tidak berada tepat ditengah rangka robot karena terdapat lengan robot pada satu sisi yang membuat titik berat bergeser dari titik pusat rangka. Maka titik koordinat berat rangka dijadikan pembanding dengan titik berat keseluruhan sistem dan hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4. Perbandingan Titik Pusat Massa**

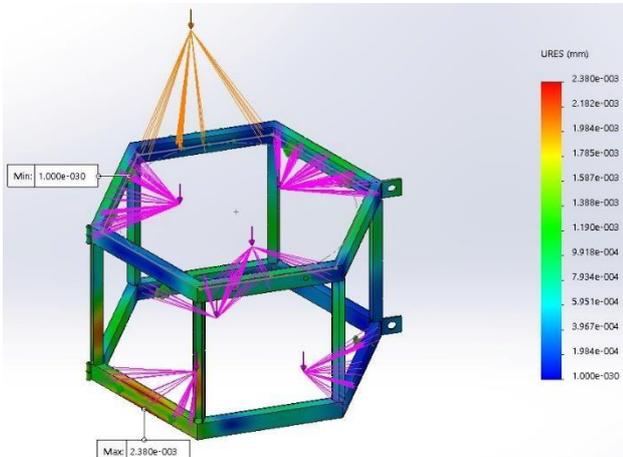
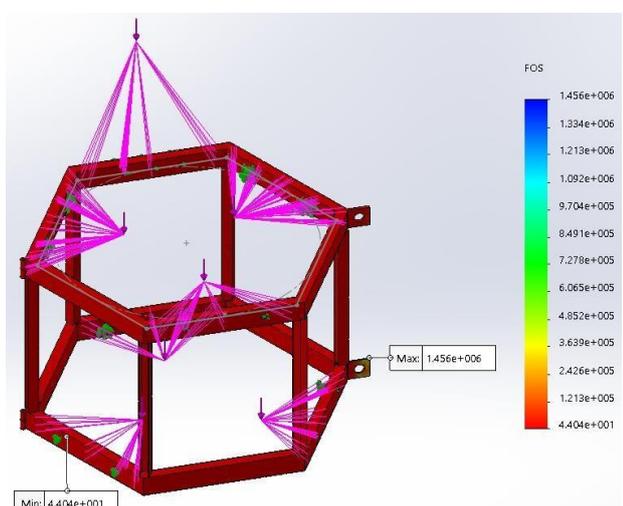
|        | X      | Y      | Z      |
|--------|--------|--------|--------|
| Rangka | 112,8  | 143,55 | 199    |
| Sistem | 112,78 | 187,98 | 244,51 |

### 3.4 Simulasi Kekuatan Statik dan Safety Factor pada Rangka Tabel

**Tabel 5. Hasil Simulasi pada Rangka dengan Solidworks**

| No | Simulasi  | Hasil Simulasi  |
|----|---|---|
| 1  |  | <p><u>Tegangan</u></p> <p>Material : AISI 1025</p> <p><math>\sigma_{max} = 7,983 \text{ MPa}</math></p> <p><math>\sigma_{min} = 2,415 \times 10^{-4} \text{ MPa}</math></p> |

**Tabel 5. Hasil Simulasi pada Rangka dengan Solidworks (Lanjutan)**

| No | Simulasi   | Hasil Simulasi  |
|----|--|---|
| 2  |   | <p style="text-align: center;"><u>Defleksi</u></p> <p style="text-align: center;">Material : AISI 1025</p> <p style="text-align: center;"><math>\delta_{\max} = 2,38 \times 10^{-3} \text{ mm}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\delta_{\min} = 1 \times 10^{-30} \text{ mm}</math></p>  |
| 3  |  | <p style="text-align: center;"><u>Safety Factor</u></p> <p style="text-align: center;">Material : AISI 1025</p> <p style="text-align: center;"><math>SF_{\max} = 1,456 \times 10^6</math></p> <p style="text-align: center;"><math>SF_{\min} = 4,404 \times 10</math></p> <p style="text-align: center;">(SF &gt; 1)</p> <p>Berdasarkan hasil dari nilai safety factor minimum yang didapat, nilai safety factor lebih dari 1 maka rangka aman digunakan.</p> |

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan model robot pemanjat pohon kelapa berbasis roda mecanum yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dimensi robot yang dirancang berupa skala model 1:2 dari dimensi pohon kelapa, dimana model robot ini menggunakan pohon palem. Berdasarkan gaya traksi dan torsi yang didapat dari perhitungan, maka robot akan dapat bergerak naik, turun, berputar kanan dan berputar kiri. Berdasarkan analisis gaya pada setiap roda didapat 4 gerakan yang mampu dilakukan oleh model robot hanya dengan mengatur gerakan pada setiap rodanya. Dari daya motor yang diperhitungkan maka motor listrik yang digunakan adalah motor stepper dan daya motor sebesar 18,84 W. Berdasarkan hasil simulasi analisis tegangan dan safety factor minimum (44,04) dapat dinyatakan bahwa

rangka dibuat dengan baja hollow material AISI 1025 carbon steel dengan tebal 1 mm kuat untuk digunakan.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Saya ucapkan terima kasih banyak yang sebesar sebesarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pembuatan jurnal ini. Terutama kepada orang tua yang telah memberikan dukungan moril maupun materil. Tidak lupa juga kepada bapak Ir. Encu Saefudin, M.T. dan bapak Eka Taufiq Firmansjah, S.T., M.T. yang telah membimbing dalam proses pengerjaan sehingga semuanya dapat diselesaikan dengan baik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Beer, F. B., & Johnston, E. R. (2010). *Vector Mechanics For Engineers: Statics & Dynamics 9th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design 9th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Meriam, J. L., & Kraige, L.G. (2011). *Engineering Mechanics: Statics 7th Edition*. New York: Wiley.
- Reksa Utama A. I. (2021). Perancangan Model Mecanum Wheel Pada Forklift AGV. Laporan Tugas Akhir. Bandung: ITENAS Bandung.
- Sularso & Suga, K,. (2008). *Dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.