

Perancangan Model Mecanum Wheel pada Forklift AGV

ENCU SAEFUDIN¹, REKSA HUTAMA A. I.¹

¹PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN, INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL BANDUNG

Email : encu@itenas.ac.id

Received 05 09 2021 | *Revised* 10 09 2021 | *Accepted* 13 09 2021

ABSTRAK

Forklift AGV dengan mecanum wheel adalah forklift yang dijalankan oleh sistem komputer. Mecanum wheel adalah roda yang terdiri dari roda pusat dengan sejumlah roller pada keliling roda pusat. Tahapan proses perancangan mecanum wheel meliputi menentukan gerak dasar, diameter piringan roda dan roller, jumlah roller, dimensi chassis, titik pusat massa sistem mecanum robot, traksi setiap roda, material yang digunakan dan membuat mecanum wheel dan chassis dalam bentuk 3D dengan menggunakan software solidworks. Berdasarkan hasil perancangan diperoleh diameter roller bagian samping 6 mm, diameter roller bagian tengah 12 mm, diameter total mecanum wheel 59,2 mm, diameter poros roller 2,96 mm dan dimensi chassis P x L (230 x 110) mm, jumlah gerakan yang dapat dilakukan oleh forklift AGV dengan menggunakan mecanum wheel, daya motor listrik yang diperlukan 12,98 W.

Kata kunci: Forklift AGV, Mecanum Wheel, Gerak Dasar, Dimensi Roda, Dimensi Chassis.

ABSTRACT

AGV forklift with mecanum wheel is a forklift that run by a computer system. Mecanum wheel is a wheel consisting of a central wheel with some rollers around the circumference of the center wheel. The stages of the mecanum wheel design process include determining the basic motion, the diameter of the wheel disc and roller, number of rollers, chassis dimensions, the center of mass of the mecanum robot system, traction of each wheel, the material used, and making the mecanum wheel and chassis in 3D using solidworks software. Based on the design results, the diameter of the side roller is 6 mm, the diameter of the middle roller is 12 mm, the total diameter of the mecanum wheel is 59.2 mm, the diameter of the roller shaft is 2.96 mm and the dimensions of the chassis are W x L (230 x 110) mm, the number of movements that can be carried out by an AGV forklift using mecanum wheel, the required of electric motor power is 12.98 W.

Keywords: AGV Forklift, Mecanum Wheel, Basic Motion, Wheel Dimension, Chassis Dimension.

1. PENDAHULUAN

Forklift adalah kendaraan untuk mengangkat dan memindahkan barang dalam jarak pendek dan ketinggian angkat tertentu. Saat ini telah terdapat berbagai jenis forklift berdasarkan sumber tenaganya, yaitu motor bakar dan listrik dan berdasarkan cara pengoperasiannya, yaitu manual dan otomatis.

AGV (Automatic Guided Vehicles) adalah kendaraan yang dipandu secara otomatis dengan teknologi komputer. Dengan mengaplikasikan AGV pada forklift maka dapat lebih mempermudah pekerjaan manusia karena tidak perlu mengendalikan forklift secara langsung. Tetapi, forklift pada umumnya menggunakan sistem penggerak roda membutuhkan ruang gerak yang besar untuk berputar dan berbelok dan akan mengalami kesulitan jika berada ditempat yang sempit seperti didalam gudang.

Mecanum wheel dapat digunakan pada forklift AGV supaya dapat berputar dengan radius putar yang kecil dan dapat bergerak diagonal yang akan membuat mobilitas dan fleksibilitas forklift AGV lebih tinggi.

Karena mecanum wheel akan menjadi tumpuan dari forklift AGV beserta beban yang dapat diangkutnya maka menjadi salah satu bagian terpenting dari forklift AGV. Jika terjadi kegagalan pada mecanum wheel maka forklift AGV tidak dapat beroperasi. Tujuan Perancangan ini adalah untuk mendapatkan bentuk rancangan forklift AGV dengan mecanum wheel yang dapat bergerak ke berbagai arah dengan menentukan spesifikasi beberapa komponennya, yaitu dimensi chassis, dimensi roller, dimensi poros roller dan besar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan sistem AGV tersebut.

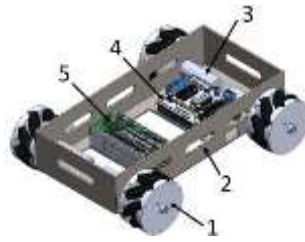
2. METODOLOGI

2.1. Langkah Penelitian

Proses penelitian diawali dengan mempelajari teori-teori terkait mecanum wheel seperti prinsip kerja, variasi bentuk dan variasi fungsinya. Lalu melakukan pengumpulan data dengan menentukan beban maksimum yang direncanakan, jumlah motor listrik dan jumlah roller yang akan digunakan serta membandingkan dengan mecanum wheel yang beredar di pasaran. Dilanjutkan dengan melakukan perancangan konsep sistem forklift AGV atau mecanum robot dengan menentukan dimensi chassis yang akan dirancang dan melakukan peletakan komponen dengan menggunakan simulasi 3D yang bertujuan untuk mendapatkan titik pusat massa sistem berada ditengah chassis. Setelah itu melakukan perancangan bentuk mecanum wheel dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan. Pada proses perancangan bentuk ini didapatkan dimensi roller, dimensi poros roller dan daya motor listrik yang diperlukan. Tahap terakhir adalah membuktikan gerak yang dapat dilakukan oleh mecanum wheel dengan menggunakan persamaan keseimbangan.

2.2. Rencana Perancangan

Rencana perancangan



model sistem mecanum robot

Keterangan :

1. Mecanum wheel
2. Chassis
3. Motor listrik
4. Arduino dan motor driver
5. Baterai

Gambar 1. Rencana Perancangan

2.3. Menentukan Titik Pusat Massa

Penentuan titik pusat massa pada mecanum robot ini berfungsi untuk mengatur letak setiap komponen sehingga titik pusat massa sistem berada ditengah chassis dengan tujuan untuk meningkatkan kestabilan mecanum robot ketika bergerak. Gambar 2 menunjukkan posisi setiap komponen yang terpasang pada chassis, adapun koordinat setiap komponen tercantum pada tabel 1.



Gambar 2. Letak Komponen

Tabel 1. Posisi Komponen

No	Komponen	Massa (kg)	Posisi pada arah X (mm)	Posisi pada arah Y (mm)	Posisi pada arah Z (mm)
1	Motor DC 1	0,06	120,96	28,64	202,48
2	Motor DC 2	0,06	56,72	28,64	202,48
3	Motor DC 3	0,06	120,96	28,64	28,64
4	Motor DC 4	0,06	56,72	28,64	28,64
5	Roda 1	0,125	162,22	28,66	202,48
6	Roda 2	0,125	15,46	28,66	202,48
7	Roda 3	0,125	162,22	28,66	28,72
8	Roda 4	0,125	15,46	28,66	28,72
9	Chassis	0,709	88,6	27,92	115,88

10	Baterai	0,128	88,94	27,23	154,16
11	Arduino	0,05	95,51	23,25	60,91
12	Motor driver	0,05	93,56	30	62,19
13	Beban maksimum	10	88,84	60,86	117,11
Total		11,803			

Dengan menggunakan data pada tabel diatas maka dapat diketahui titik pusat massal sistem mecanum robot dengan meggunakan persamaan dibawah ini:

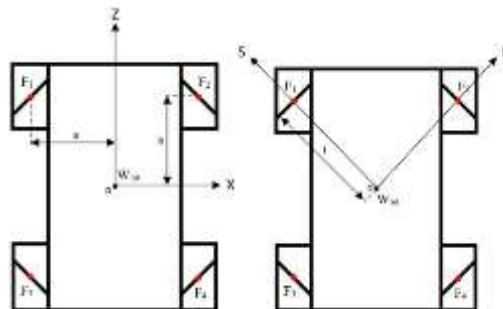
$$X = \frac{\sum w_i \cdot x_i}{\sum w_i} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (1)$$

$$Y = \frac{\sum w_i \cdot y_i}{\sum w_i} = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2 + \dots + w_n y_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (2)$$

$$Z = \frac{\sum w_i \cdot z_i}{\sum w_i} = \frac{w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_n z_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (3)$$

2.4. Menentukan Daya Motor Listrik yang Diperlukan

1. Gaya Reaksi Setiap Roda pada Sumbu Y

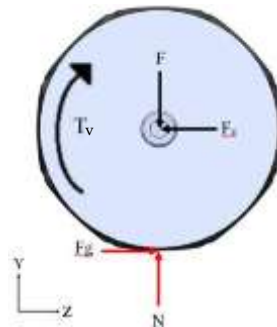


Gambar 3. Koordinat untuk Persamaan Momen

Dengan menerapkan persamaan momen pada gambar 3 didapatkan pernyataan $F_1 = F_4$, $F_2 = F_3$ dan diasumsikan $F_1 = F_2$, $F_3 = F_4$ maka dapat disimpulkan bahwa gaya reaksi dari setiap roda memiliki nilai yang sama besar dan jumlah beban yang diterima oleh setiap roda adalah sama dan dapat ditulis $F_1 = F_2 = F_3 = F_4$ sehingga didapatkan persamaan:

$$F = \frac{W_{tot}}{4} \quad (4)$$

2. Gaya Reaksi Setiap Roda pada Sumbu X dan Z



Gambar 4. DBB Roda

Pada perancangan ini mecanum wheel direncanakan akan terbuat dari plastik nylon dan digunakan pada permukaan jalan berbahan beton. Dengan menggunakan persamaan (4) pada gambar 4 didapatkan nilai $N = 28,946 \text{ N}$ $(F_{g_{\max}})_{\text{roda}} = \mu \cdot N = 0,3 \times 28,946 = 8,68 \text{ N}$ Supaya tidak terjadi slip maka nilai gaya traksi (F_T) sama dengan gaya gesek maksimum.

$$(F_{g_{\max}})_{\text{roda}} = F_T = 8,68 \text{ N}$$

$$T_v = F_T \times \left(\frac{D_{\text{roda}}}{2} \right) = 8,68 \times \left(\frac{57,23}{2} \right) = 248,37 \text{ N.mm} = 0,248 \text{ N.m}$$

$$N_{\square} = \frac{T_v \times n_{\square}}{k} = \frac{0,248 \text{ N.m} \times 500 \text{ rpm}}{9550} = 0,01298 \text{ kW} = 12,98 \text{ W}$$

2.5. Menentukan Dimensi Roda

Beberapa parameter perlu ditentukan untuk mendapatkan dimensi roller mecanum wheel seperti yang telah dijelaskan oleh (Hryniewicz et al., 2017): jari-jari roda (r_{kn}) = 18,5 mm; jari-jari roller (r_w) = 6 mm; diameter roller (d_w) = 12 mm; sudut kemiringan roller (α) = 45°; jumlah roller (n) = 8.

$$r_c = r_{kn} + d_w = 18,5 \text{ mm} + 12 \text{ mm} = 30,5 \text{ mm} \quad h = \cos \frac{1}{2} \alpha$$

$$\alpha r_c = \cos \frac{1}{2} (45) \times 30,5 = 28,178 \text{ mm} \quad l = 2 r_c \sin \frac{1}{2} \alpha =$$

$$2 \times 30,5 \text{ mm} \times \sin \frac{1}{2} (45) = 23,34 \text{ mm} \quad \delta = \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{2} (45)$$

$$= 22,5^\circ \quad h_p = \sin \delta \quad l = \sin (22,5) \times 23,34 \text{ mm} = 8,9$$

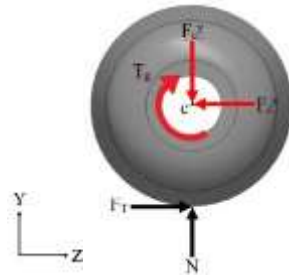
$$\text{mm} \approx 9 \text{ mm} \quad r_{wp} = h_p - r_w = 9 \text{ mm} - 6 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

$$l_w = \frac{l \cos \delta}{\cos(45)} = \frac{23,34 \text{ mm} \times \cos(22,5)}{\cos(45)} = 30,5 \text{ mm}$$

$$l_r = l_w \sin (45) = 30,5 \times \sin (45) = 21,56 \text{ mm}$$

$$l_p = l_w \cos (45) = 30,5 \times \cos (45) = 21,56 \text{ mm}$$

2.6. Menentukan Dimensi Poros Roller



Gambar 5. DBB Roller

Pada perancangan ini material yang akan digunakan sebagai poros roller adalah baja maka nilai koefisien gesek yang digunakan adalah nylon dengan baja poros roller. Dengan menerapkan persamaan gaya pada gambar 5 maka didapatkan:

$$M = 282,96 \text{ N.mm}$$

$$(Fg_{\max})_{\text{poros}} = \mu \times N = 0,4 \times 28,946 = 11,578 \text{ N}$$

$$Tg = (Fg_{\max})_{\text{poros}} \times \left(\frac{D_{\text{poros}}}{2} \right) = 11,578 \times \frac{3}{2} (\text{mm}) = 17,367 \text{ N.mm}$$

$$\text{Bahan poros dipilih adalah S55C, } \sigma_B = 66 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} = 647,46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poros dengan beban puntir dan lentur Sularso (Sularso & Suga, 2004) menjelaskan pada bukunya dapat menggunakan persamaan dibawah ini untuk mendapatkan diameter minimum.

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \right]^{0,33} = 2,96 \text{ mm}$$

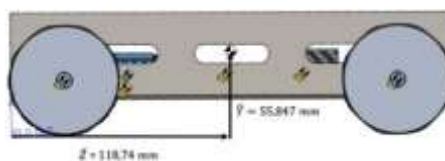
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Titik Pusat Massa

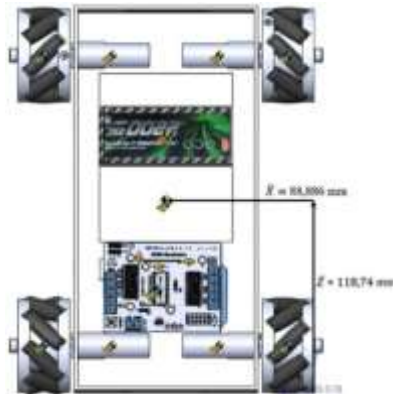
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), (2) dan (3) maka didapatkan titik pusat massa keseluruhan sistem mecanum robot seperti yang terlihat pada tabel 4. Gambar 6 menunjukkan letak titik pusat massa pada sumbu Y dan Z dan gambar 7 menunjukkan letak titik pusat massa pada sumbu X dan Z.

Tabel 2. Titik Pusat Massa

	Sumbu X (mm)	Sumbu Y (mm)	Sumbu Z (mm)
Titik Pusat Massa	88,886	55,847	118,74



Gambar 6. Posisi Titik Pusat Massa pada Sumbu Y dan Z



Gambar 7. Posisi Titik Pusat Massa pada Sumbu X dan Z

Titik pusat massa tidak tepat berada ditengah chassis. Pada sumbu Z terdapat simpangan sebesar 3,74 mm dari titik tengah chassis yaitu 115 mm. Hal ini akan menyebabkan distribusi beban yang diterima setiap roda menjadi tidak merata. Salah satu cara untuk memperbaiki simpangan ini adalah dengan menggeser lokasi baterai karena merupakan komponen terberat yang menempel pada chassis atau dapat diseimbangkan dengan cara menambahkan beban dititik tertentu.

3.2. Gaya Reaksi pada Roda dan Daya Motor Listrik yang Diperlukan

Dari perhitungan gaya reaksi diatas didapatkan gaya yang diterima oleh setiap roda sebesar 28,946 N, gaya traksi yang dihasilkan sebesar 8,68 N dan torsi yang terjadi pada setiap roda sebesar 0,248 N.m.

Berdasarkan data yang telah didapatkan maka dapat diketahui daya motor listrik yang diperlukan sebesar 12,98 W dan dalam perancangan ini motor listrik yang digunakan memiliki daya sebesar 41,8 W.

3.3. Dimensi Roda

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan dimensi roda dan roller seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Dimensi Roda

Bagian	Ukuran (mm)
Diameter total	61
Diameter tengah roller	12
Diameter samping roller	6
Panjang roller	30,5

Persamaan yang digunakan berfokus untuk mendapatkan dimensi roller sehingga dibutuhkan sedikit penyesuaian pada saat melakukan pemodelan 3D karena perlu mempertimbangkan adanya poros roller yang menyambungkan antara piringan roda dengan roller. Setelah dilakukan pengesuaian pada model 3D dimensi total menjadi 59,2 mm.

Gambar 8 merupakan model mecanum wheel yang telah dibuat dalam bentuk 3D menggunakan solidworks.

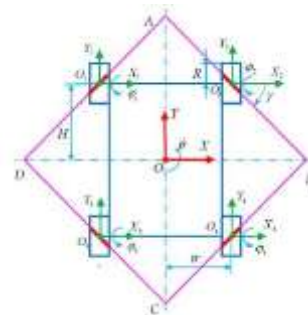


Gambar 8. Desain Mecanum Wheel

3.4. Dimensi Poros Roller

Dengan beban yang telah disimulasikan pada sistem mecanum robot maka didapatkan besar diameter minimum poros roller (d_s) yaitu sebesar 2,96 mm. Dalam perancangan poros roller ini digunakan diameter 3 mm sebagai pembulatan dan mempermudah dalam proses produksi.

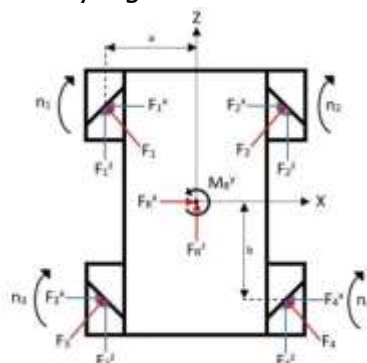
3.5. Konfigurasi Mecanum Wheel



Gambar 9. Konfigurasi yang Digunakan

(Li et al., 2019)

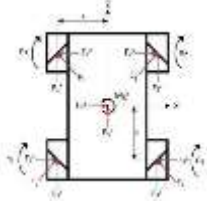
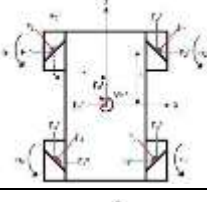
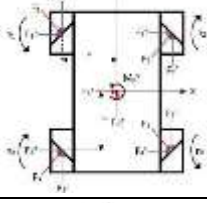
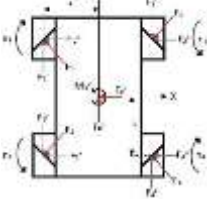
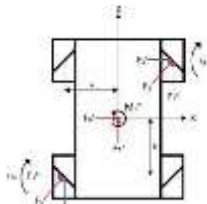
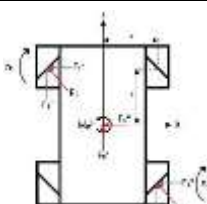
Konfigurasi mecanum wheel pada gambar 9 dapat memenuhi kondisi gerak omnidirectional dari sistem 4 roda mecanum dan chassis persegi panjang (Li et al., 2019). Analisis dibawah bertujuan untuk mengetahui gerakan yang dihasilkan oleh mecanum wheel.

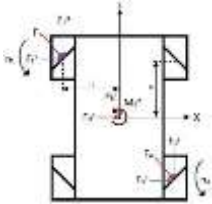
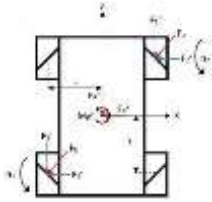
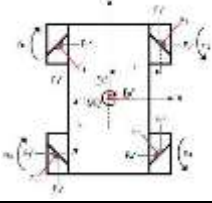
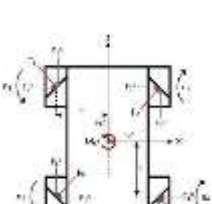
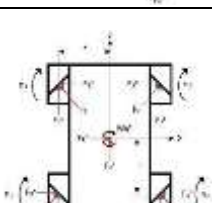
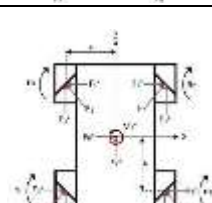
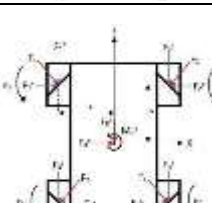


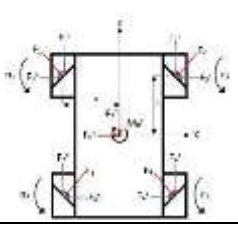
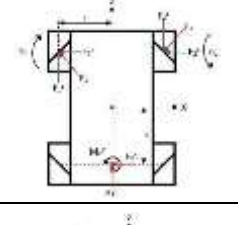
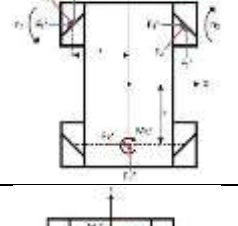
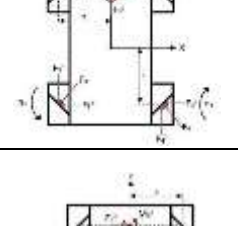
Gambar 10. Analisis Gaya Gerak Maju

Dimensi chassis yang dirancang adalah 230 x 110 mm, maka dengan analisis keseimbangan seperti pada gambar 10 mecanum robot akan bergerak maju. Beberapa gerakan yang dapat dilakukan oleh sistem 4 mecanum wheel dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Gerak Dasar Mecanum Robot

No	Gambar Gerak	Arah Gerak	Putaran Roda Dari Pandangan Kanan			
			R1	R2	R3	R4
1		Maju	Semua roda berputar dengan besar dan arah yang sama (Clockwise)			
2		Mundur	Semua roda berputar dengan besar dan arah yang sama (Counter Clockwise)			
3		Gesar Kanan	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW
4		Gesar Kiri	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW
5		Maju Serong Kanan	$n = 0$	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CW	$n = 0$
6		Maju Serong Kiri	$n \neq 0$ CW	$n = 0$	$n = 0$	$n \neq 0$ CW

7		Mundur Serong Kanan	$n \neq 0$ CCW	$n = 0$	$n = 0$	$n \neq 0$ CCW
8		Mundur Serong Kiri	$n = 0$	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CCW	$n = 0$
9		Berputar Clockwise	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW
10		Berputar Counter Clockwise	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW
11		Maju belok kanan	$n \neq 0$ CW	$n = 1/2$ CW	$n \neq 0$ CW	$n = 1/2$ CW
12		Maju belok kiri	$n = 1/2$ CW	$n \neq 0$ CW	$n = 1/2$ CW	$n \neq 0$ CW
13		Mundur belok kanan	$n \neq 0$ CCW	$n = 1/2$ CCW	$n \neq 0$ CCW	$n = 1/2$ CCW

14		Mundur belok kiri	$n = 1/2$ CCW	$n \neq 0$ CCW	$n = 1/2$ CCW	$n \neq 0$ CCW
15		Berputar lateral CCW roda depan	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW	$n = 0$	$n = 0$
16		Berputar lateral CW roda depan	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW	$n = 0$	$n = 0$
17		Berputar lateral CW roda belakang	$n = 0$	$n = 0$	$n \neq 0$ CCW	$n \neq 0$ CW
18		Berputar lateral CCW roda belakang	$n = 0$	$n = 0$	$n \neq 0$ CW	$n \neq 0$ CCW

Gerak dasar pada tabel diatas dapat dihasilkan jika dimensi chassis berbentuk persegi panjang dimana nilai panjangnya lebih besar daripada lebarnya. Jika chassis berbentuk persegi maka beberapa gerakan tidak akan bekerja dan jika lebar chassis lebih besar dari panjangnya maka gerakan yang dihasilkan akan berkebalikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan model mecanum wheel yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa mecanum wheel dapat melakukan 18 gerakan hanya dengan mengatur kecepatan pada setiap rodanya, memiliki 8 buah roller pada setiap mecanum wheel dengan diameter 6 mm disamping dan 12 mm ditengah roller, bentuk chassis yang digunakan adalah persegi panjang dengan ukuran 230 x 110 mm, bahan yang digunakan sebagai poros roller adalah baja S55C dengan diameter 3 mm dan daya motor listrik minimum yang diperlukan untuk menggerakkan sistem mecanum robot adalah 12,98 W.

DAFTAR PUSTAKA

- Hryniewicz, P., Gwiazda, A., Banaś, W., Sękal, A., & Foit, K. (2017). Modelling of a mecanum wheel taking into account the geometry of road rollers. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 227(1), 3 - 5.
- Li, Y., Dai, S., Zhao, L., Yan, X., & Shi, Y. (2019). Topological design methods for mecanum wheel configurations of an omnidirectional mobile robot. Symmetry, 11(10), 17.
- Sularso, & Suga, K. (2004). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Pradnya Paramita.