

ANALISIS SIFAT MEKANIK MECANUM WHEEL PADA MOTO TUG HELIKOPTER BELT 412 EPI BERBASIS ELEKTRIK

Eko Budiyanto¹⁾ Djoko Ikhwan Prasetyo²⁾ Akhmad Ali Imron³⁾

¹⁾Universitas Muhammadiyah Metro ²⁾³⁾ Politeknik Angkatan Darat

¹⁾ Jalan Ki Hajar Dewantara No. 116, Kota Metro, Lampung.

²⁾³⁾ Jalan Raya Anggrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo, Batu

Email : ekobudiyantoian@gmail.com¹⁾

Djokoikhwan1110@gmail.com²⁾

Aliimron@gmail.com³⁾

ANALYSIS OF MECANUM WHEEL MECHANICAL PROPERTIES ON MOTO TUG HELICOPTER BELT 412 EPI ELECTRIC-BASED

Abstract: *Developments in the world of technology are very developed, especially in the military field. This is evidenced by the increasing number of various and increasingly modern defense equipment. all countries are competing to strengthen their military, this military competition has existed since the kingdom era with the aim of developing technology that is driven by the desire and need to provide a sense of security for their country. The development of this technology is not only for military weapons but in the world of military aviation also requires a tool that can be used as a tool in the process of moving helicopters, especially the Bell 412EPI helicopter. The Bell 412EPI Helicopter is a helicopter belonging to the Indonesian National Army, especially those of the Army Pilots. The Bell 412EPI has more power and the Bell 412EPI avionics already uses a full glass cockpit. The Bell 412EPI helicopter is a defense equipment that has the ability to carry 15 personnel and 1 pilot and 14 passengers. This type of helicopter is equipped with a Pratt & Whitney PT6T-9 Twin Pac engine, with 15 percent more take-off power than other Bell 412s. Other features possessed by the Bell 412EPI are automatic engine start with temperature limiting features and full authority digital engine control. Therefore we need a tool that is able to facilitate the process of moving helicopters both from the shelter and from the garage. So from making this tool using experimental research methods to support quantitative data and prove qualitative data from hypotheses. The tool is a moto tug designed by using a remote control as a tool. In addition, a wheel that will facilitate the movement of the moto tug itself is also needed, namely the mecanum wheel. Mecanum wheel has the accuracy of time effectiveness and flexibility of movement in determining the target angle quickly and precisely.*

Keywords: Helikopter Bell 412 EPI, Remote Control, Mecanum Wheel.

Abstrak: Perkembangan dalam dunia teknologi sangat berkembang terutama dalam bidang militer. Hal ini dibuktikan dengan pada semakin meningkatnya alutsista yang bermacam-macam dan semakin modern. semua negara berlomba-lomba memperkuat militernya, persiangan militer ini sudah ada sejak jaman kerajaan dengan tujuan sebagai pengembangan teknologi yang didorong oleh keinginan dan kebutuhan untuk memberikan rasa aman terhadap negaranya. Perkembang teknologi ini tidak hanya untuk persenjataan militer tetapi dalam dunia penerbangan militer juga membutuhkan alat yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses pемidahan helikopter khususnya helikopter Bell 412EPI. Helikopter Bell 412EPI merupakan helikopter milik dari Tentara Nasional Indonesia khususnya milik dari Penerbang Angkatan Darat. Bell 412EPI ini mempunyai tenaga lebih kuat dan avionik Bell 412EPI sudah menggunakan full glass cockpit. Helikopter Bell 412EPI adalah alutsista yang memiliki kemampuan mengangkut 15 Personil dan 1 orang pilot dan 14 penumpang. Helikopter jenis ini dilengkapi dengan mesin Pratt & Whitney PT6T-9 Twin Pac, dengan tenaga take-off 15 persen lebih besar dari Bell 412 lainnya. Fitur lain yang dimiliki oleh Bell 412EPI ini adalah automatic engine start with temperature limiting features dan full authority digital engine control. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang mampu mempermudah dalam proses pемidahan helikopter baik dari shelter maupun dari garasi. Maka dari pembuatan alat tersebut menggunakan penelitian metode eskperimen untuk menunjang data kuantitatif dab membuktikan data kualitatif dari hipotesis. Alat tersebut adalah moto tug yang dirancang dengan menggunakan remote control sebagai alat bantu. Selain itu juga dibutuhkan roda yang akan mempermudah pergerakan moto tug itu sendiri yakni mecanum wheel. Mecanum wheel memiliki ketepatan efektifitas waktu dan fleksibilitas gerakan dalam menentukan target sudut dengan cepat dan tepat.

Kata kunci: Helikopter Bell 412 EPI, Remote Control, Mecanum Wheel.

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia teknologi sangat berkembang pesat terutama dalam bidang militer. Ini dapat meningkatnya alutsista yang bermacam-macam dan semakin modern. Negara lain saling meningkatkan teknologi militernya, persiangan militer ini telah ada sejak jaman dahulu dengan tujuan sebagai pengembangan teknologi yang didorong oleh keinginan dan kebutuhan untuk memberikan rasa aman terhadap negaranya.

Perkembang teknologi ini tidak hanya untuk persenjataan militer tetapi dalam dunia penerbangan militer juga membutuhkan alat yang dapat digunakan sebagai alat bantu

dalam proses pемidahan helikopter khususnya helikopter Bell 412EPI. Helikopter Bell 412EPI merupakan helikopter milik dari Tentara Nasional Indonesia khususnya milik dari Penerbang Angkatan Darat (Penerbad). Bell 412EPI ini mempunyai tenaga lebih kuat. Bell 412EPI sudah menggunakan full glass cockpit. Helikopter ini dilengkapi dengan mesin Pratt & Whitney Twin Pac, dengan tenaga take-off 15% lebih besar dari Bell 412 lainnya.

Helikopter Bell 412EPI mempunyai alat angkut yang digunakan untuk memindahkan helikopter tersebut dari tempat parkir atau mendorong mundur helikopter (*Pushback*). Alat yang digunakan

biasanya adalah *groundwheel* yang dimana alat ini memiliki banyak kekurangan yang diantaranya masih membutuhkan banyak personel dan menghabiskan waktu sehingga tidak efisien dan efektif. Disisi lain, tingkat keamanan untuk personel dan helikopter itu sendiri masih lemah sehingga dibutuhkan alat yang dapat mempermudah dalam proses pemindahan helikopter dan dengan tingkat keamanan yang jauh lebih baik.

Dan dibutuhkan alat yang mampu mempermudah dalam proses pemindahan helikopter baik dari shelter maupun dari garasi. Alat tersebut adalah *moto tug* yang dirancang dengan menggunakan *remote control* sebagai alat bantu. Selain itu juga dibutuhkan roda yang akan mempermudah pergerakan *moto tug* itu sendiri yakni *mecanum wheel*. *Mecanum wheel* merupakan sistem yang menggerakkan roda sebagai penggerak robot. *Mecanum wheel* memiliki ketepatan efektifitas waktu dan *fleksibilitas* gerakan dalam menentukan target sudut dengan cepat dan tepat.

Moto tug dengan *mecanum wheel* merupakan solusi yang tepat sebagai alat yang mampu membantu untuk memindahkan helikopter dari shelter maupun garasi dengan mengurangi adanya kendala pada saat pemindahan apabila masih menggunakan *groundwheel*. Alat ini akan lebih tepat guna dan lebih efisien dan

efektif sehingga dapat meminimalisir waktu pemindahan.

Kondisi industri di Indonesia sedang berkembang, terlihat dari Indeks Produksi Industri Menengah ke Atas, meningkat sebesar 13,67% dalam 2 tahun terakhir. Meskipun peningkatan ini tidak terlalu besar namun tetap perlu di waspadai. Peningkatan dengan level ini berdampak pada sistem pergudangan yang dimiliki industri di Indonesia. (Chaerul Qalbi AM, 2017)

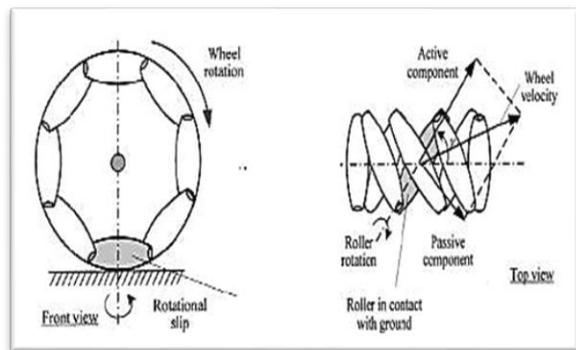
Mecanum wheel system adalah sistem penggerak roda yang digunakan untuk menggerakkan *moto tug*. Pada *mecanum wheel Moto Tug* ini dilaksanakan dengan cara modifikasi sistem penggerak roda. Keterbatasan sistem penggerak roda adalah sulitnya mendapatkan material bahan yang mampu menopang berat Helikopter Belt 412 EPI dengan berat 3,5 Ton. Ini sangat membatasi *fleksibilitas* dari *Moto tug Belt 412 EPI*. (Yunus Suprianto, 2018)

Terdapat rancang model *mecanum wheel* pada forklift AGV yang dibuat. Untuk mengetahui hasil dari rancangan tersebut maka dalam tulisan ini akan dilakukan pembuatan, perakitan dan pengujian model *mecanum wheel* dengan mempertimbangkan langkah pembuatan, perakitan, dan pengujian. Proses pembuatan mengacu terhadap hasil rancangan dan menggunakan beberapa mesin

produksi dan beberapa alat bantu. Proses perakitan mencakup model mecanum wheel, sistem kontrol, dan semua komponen. Untuk mengetahui hasil pembuatan dan perakitan perlu dilakukan proses pengujian dengan parameter yang menjadi dasar pengujian. Terdapat perbedaan nilai dari hasil pengujian kecepatan dan dari data arduino 200 rpm meningkat sekitar 175%, sedangkan data dari setiap putaran motor listrik berbeda 10-20 rpm dan terjadi penyimpangan pada saat pengujian pola gerakan. (Encu Saefudin, 2021)

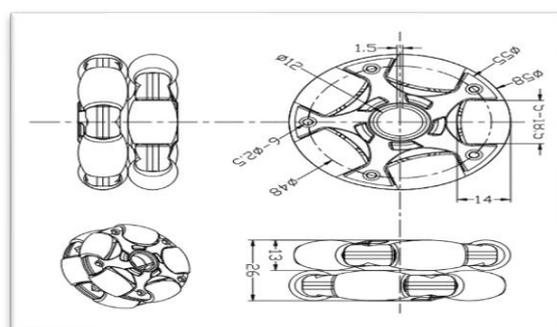
Akhir-akhir ini banyak peneliti yang fokus pada penelitian terkait penggunaan mekanisme lari omnidirectional beroda. Terutama, kendaraan omnidirectional mecanum telah banyak digunakan di militer, penyimpanan dan transportasi, layanan sosial, dan bidang lainnya, Dibandingkan dengan kendaraan konvensional, kendaraan robotik omnidirectional memiliki banyak keunggulan dalam hal mobilitasnya di ruang sempit dan lingkungan yang ramai. Mereka memiliki kemampuan untuk dengan mudah melakukan tugas-tugas tertentu di lingkungan padat yang diperkirakan dengan hambatan statis, hambatan dinamis atau area sempit, Biasanya lingkungan seperti itu dapat ditemukan di pabrik, bengkel, gudang, rumah sakit, dll. Kendaraan omnidirectional secara tradisional dirancang untuk beroperasi pada permukaan yang halus/keras/datar. Sangat sedikit usaha yang

telah didedikasikan untuk mengembangkan kendaraan tersebut untuk bergerak di medan kasar yang kompleks seperti permukaan berbatu. Kendaraan segala arah memiliki 3 derajat kebebasan (DOF) di tanah. Mereka bisa. (Carlos Erlan Olivial Lima, 2019)



Gambar 1 DOF's Mecanum Wheel (Carlos Erlan Olivia Lima, 2019)

Bahan yang digunakan untuk membangun robot omni wheels sebagian besar menggunakan akrilik dengan ketebalan 2 mm. Bahan ini memiliki kelebihan yaitu relatif ringan. Adapun setiap roda robot omni terbuat dari plastik dengan diameter 58mm yang di sisi luarnya terdapat 10 buah roda bebas. (Aditya Dimas Daniel, 2013)



Gambar 2. Ukuran Omni Wheels
(Nexus, 2019)



Gambar 3. Omni Wheels
(Nexus, 2019)

3. Variabel Bebas

Variabel bebas ialah variabel yang mempengaruhi faktor yang diukur, dimanipulasi dan yang dipilih oleh peneliti, antara lain:

1. Beban
2. Diameter roda
3. Panjang roda

METODE PENELITIAN

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Otomotif Kendaraan Tempur Poltekad Kodiklatad.

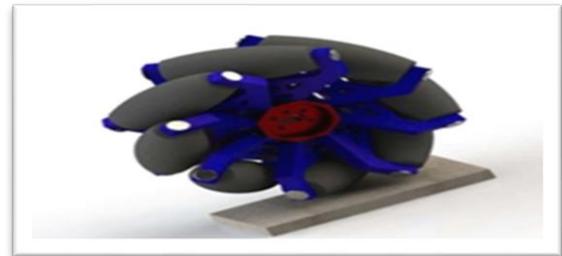
- Waktu Penelitian
- Waktu penelitian selama 6 bulan Februari 2022 - Agustus 2022

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menunjang data kuantitatif dan membuktikan data kualitatif dari hipotesis.

2. Variabel Terikat

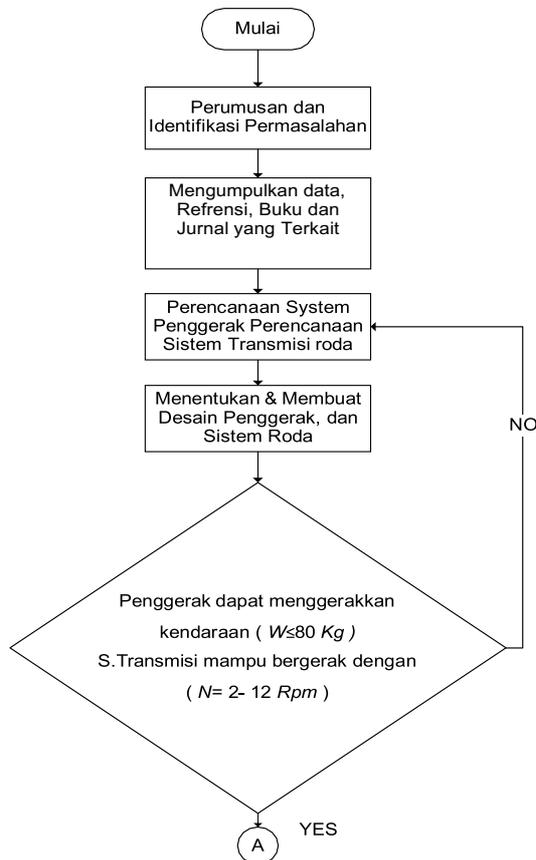
Variabel terikat ialah faktor yang diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh dari variabel bebas yang terdapat faktor yang dapat berubah atau tidak sesuai dengan yang dipelajari oleh peneliti.

1. Tekanan pada roda
2. Kapasitas dari roda
3. Torsi roda



Gambar 4 Propocsed Wheel
(Carlos, 2019)

4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 5 Diagram Alir (Djoko Ikhwan Prasetyo, 2022)

HASIL PENELITIAN

Dalam merencanakan pembuatan alat sistem *mecanum wheel*, dilakukan perhitungan pada tiap – tiap komponen sebagai acuan untuk system *mecanum wheel* dapat bekerja secara baik

1. Putaran pada roda Besarnya putaran yang terjadi pada roda dengan kecepatan yang di rencanakan sebesar 5 km/jam atau 70,10

m/menit dengan jari jari roda 250 mm.

$$\begin{aligned}
 K_{\text{roda}} &= 2 \cdot \pi \cdot r \\
 &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,125 \text{ m} \\
 &= 0,785 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat di ketahui bahwa 1 langkah putaran roda yaitu 0,785 m.

- a. Kecepatan putar yang di butuhkan

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{v}{\pi D} \text{ (rpm)} \\
 n &= \frac{5.1000 \text{ m/jam}}{0,785 \text{ m}} \\
 &= \frac{6337,13 \text{ rotasi/jam}}{60 \text{ rotasi/jam}} \\
 &= 105,6 \text{ rpm} \\
 &\text{Dibulatkan menjadi} \\
 &106 \text{ rpm.}
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan kecepatan 5 km/jam dapat di pilih perbandingan gear box dengan mengetahui penggerak dan yang di gerakkan.

- b. Perbandingan kecepatan putaran (i)

$$\begin{aligned}
 \frac{n_2}{n_1} &= \frac{1}{i} \text{ sehingga } i = \frac{n_1}{n_2} \\
 i &= \frac{2750}{76} = 35,92
 \end{aligned}$$

- Di bulatkan menjadi 36 putaran

Dihadapkan dengan yang terdapat di pasaran maka di pilih gearbox dengan reduksi sebesar 1:60

- c. Perencanaan beban torsi (T) terhadap beban robot (W) dengan beban robot keseluruhan sebesar 210 kg maka beban yang di tumpu

oleh tiap-tiap roda adalah 52,5 dengan rincian sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= m \cdot g \text{ (N)} \\ &= 30 \text{ N} \cdot 10 \text{ m/s} \\ &= 300 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka gaya yang di tumpu tiap-tiap roda 300 N : 4 roda = 75 N Sedangkan torsi pada roda dapat di hitung sebgai berikut :

d. Gaya yang di butuhkan

$$\begin{aligned} F &= u_3 \cdot N \\ &= 0,455 \cdot 75 \text{ N} \\ &= 34,125 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka gaya yang di butuhka untuk menggerakkan roda adalah 238,35 sedangkan torsi pada roda dapat dihitung sebagai berikut :

e. Torsi yang di butuhkan

$$\begin{aligned} T &= F \cdot r_{\text{roda}} \\ &= 34,125 \text{ N} \cdot 0,14 \text{ m} \\ T &= 47,77 \text{ nm} \\ T &= 29,8 \text{ kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

f. Daya yang di butuhkan (p)

$$\begin{aligned} p &= \frac{2 \pi n t}{60} \\ p &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 21,8 \cdot 4,2}{60} \\ p &= 96 \text{ watt} \end{aligned}$$

2. Momen puntir pada sistem *omni wheel*. Besarnya Momen puntir yang terdapat pada sistem transmisi sebagai dasar untuk merencanakan sistem *omni wheel*.

Dengan perencanaan seperti yang tercantum di bawah ini :

- Daya motor penggerak (P_{motor}) = 350 Watt
- Putaran motor listrik (n) = 2750 Rpm
- Diameter roda penggerak (d) = 350 mm
- Jari – jari lingkaran roda (r_1) = 125 mm
- Jari – jari lingkaran baut (r_2) = 77,5 mm
- Perbandingan gigi reduksi pada gearbox = 1 : 60

Momen puntir pada sistem *omni wheel* pada saat tidak menggunakan sistem transmisi *gearbox* adalah sebesar 123,96 kg.mm, dan momen puntir pada sistem *omni wheel* pada saat menggunakan sistem transmisi sebesar 74,378 kg.mm dan gaya tangensial pada roda sebesar (F_{t1}) = 0,42 kg, gaya tangensial pada lingkaran baut (F_{t2}) = 0,96 kg.

3. Perhitungan Kekuatan Baut Pengikat *Frame* pada Sistem *mecanum Wheel*.

Gaya yang diterima pada baut pengikat *frame* berasal dari momen puntir yang terjadi pada sistem *Omni wheel*.

Momen puntir pada sistem *omni wheel* dibagi 4 buah baut pengikat *frame* roda yaitu $W = 997,75$ kg, Tegangan geser ijin $\sigma_a = 4,8$ (difinis dingin), diameter poros penghubung baut (d) = 12 mm.

Dalam perencanaan baut pengikat *frame* dilakukan perhitungan dengan

menggunakan rumus-rumus elemen mesin ddiperlihatkan konfigurasi dimensi baut .

Jumlah poros baut 4 buah, jadi tiap poros menerima beban sebesar

$$F = Ft_2 / 4 = 0,9597 \text{ kg} / 4$$

$$= 0,23 \text{ kg}$$

$$\tau = F / A = 0,23 / 3,14 \cdot 12^2 = 0,03 \text{ kg/mm}^2$$

$$M_{\text{poros}} = F \cdot \frac{1}{2} L = 0,00667804 \text{ kg} \cdot 60 \text{ mm} = \mathbf{0,4007 \text{ kg.mm}}$$

$$d_{\text{poros}} = \left(\frac{10}{\sigma_a} M \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{10,2}{4,8} 0,4007 \right)^{\frac{1}{3}} = \mathbf{0,9529 \text{ Kg.mm}}$$

Diameter poros yang di ijjinkan adalah 11,7 mm, sedangkan diameter poros yang dipakai untuk penyambung baut frame sebesar 12 mm, maka baik.

Besarnya gaya resultan yang terjadi pada roda *omni*, gaya tangensial pada roda

PEMBAHASAN

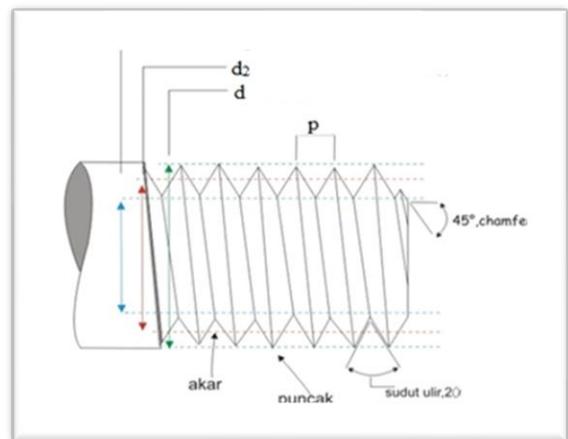
Bantalan yang digunakan pada perencanaan poros *roller polyurethane* adalah bantalan gelinding jenis bola tunggal (*Single row ball bearing*).

(F_{t1}) = 0,42 kg dan beban pada tiap – tiap roda (N) = 52,5 kg, maka :

$$F = \sqrt{(N^2 + Ft_1^2)} = \sqrt{(37,5^2 + 22,8^2)} = \mathbf{43,887 \text{ kg}}$$

$$F_a = R \text{ Cos } 45 = 44 \text{ kg} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} = \mathbf{31,028}$$

$$F_r = R \cdot \text{SIN } 45 = 44 \text{ kg} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} = \mathbf{31,1 \text{ kg}}$$



Gambar 6 Kekuatan Baut (Djoko Ikhwan Prasetyo, 2022)

Beban yang bekerja pada bantalan gelinding. Perhitungan Beban yang bekerja pada bantalan, dimana bantalan gelinding dengan cincin dalam yang bekerja, aka beban maksimal yang diterima roda (F_{roda}) = 518,43 N, nilai X_o = 0,6, nilai Y_o = 0,5, nilai (V) = 1, F_a = 0 dan putaran pada

motor DC (n) = 2750 Rpm. (Sumber :
Elemen Mesin, Ir. Sularso hal :135).

a.

$$p = x_0 \cdot v \cdot F_{roda} = Y_0 \cdot F_a$$

$$0,6 \cdot 1 \cdot 518,43 \text{ N} + 0,5 \cdot 0 \text{ N}$$

$$= 311,56 \text{ N} = 30564 \text{ kg}$$

b. Faktor kecepatan (F_n).

$$F_n = \left[\frac{33,3}{n} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\frac{33,3}{2750} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \mathbf{0,004}$$

c. Faktor umur (F_h).

$$F_H = F_n \times \frac{c}{p}$$

$$= 0,32 \times \frac{535 \text{ kg}}{43,5 \text{ kg}}$$

$$= \mathbf{3,93}$$

d. Umur Bantalan (L_h).

$$L_h = 500 \times F_h^3$$

$$= 500 \times 3,93^3$$

$$= \mathbf{30349}$$

e. Keandalan umur bantalan (L_n)
Keandalan yang dipilih dari tabel 98
%.

$$a_1 = 0,33, a_2 = 1, a_3 = 1 \quad (\text{Jam})$$

$$L_n = a_1 \times a_2 \times a_3 \times L_h$$

$$L_n = 0,33 \times 1 \times 1 \times 30349$$

$$L_n = 10015,2 \text{ jam}$$

1. Perhitungan Poros pada Roller *Polyurethane*. Sebelum menghitung reaksi gaya yang terjadi pada poros *roller polyurethane*, terlebih dahulu diperhitungkan Beban/gaya yang bekerja pada poros *roller polyurethane*.

a. Beban pada tumpuan poros *roller polyurethane* (W).

Sebelum menghitung beban yang terjadi pada poros *roller polyurethane*, maka dihitung terlebih dahulu beban akibat torsi dari sistem penggerak. Daya pada motor DC yang digunakan = 350 Watt, kecepatan robot $V = 5 \text{ Km/jam}$, beban total pada robot UAV $F = 210 \text{ Kg}$, maka rumus yang digunakan adalah :

1) Beban yang diterima pada tiap – tiap roda (W_R).

$$W_R = W_R : 4 \text{ (N)}$$

$$= 5.5348 : 4$$

$$= 1383,5 \text{ kg}$$

$$= 13,558,30 \text{ N}$$

2) Beban akibat torsi pada sistem transmisi (W_T).

$$W_T = 2 \text{ KW}$$

$$= 2000 \text{ KW} / 1,3889$$

$$\text{m/s}$$

$$= 1.440 \text{ N}$$

3) Beban total pada poros *roller polyurethane* (W_{Tp}).

$$W_{Tp} = W_R + W_T \text{ (N)}$$
$$= 14.998,30 \text{ N}$$

KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan beban yang diterima pada tiap roda sebesar 13.558,30 N
2. Beban total pada poros roller polyuretane total 14.998,30 N
3. Untuk hasil beban torsi system tranmisi sebesar 1.440 N

DAFTAR PUSTAKA

- Erlan, Carlos, Olival Lima, And Shigenori Sano. N.D .2019. "Design And Analysis Of A New Type Of Mecanum Wheel." *International Journal Of Mechanical And Production Engineering (Ijmpe)*. [Http://iraj.in](http://iraj.in).
- Qalbi Dkk. / Prosiding, C, And Snttm Xvi. 2017. "Comparative Study On Performance Of Mecanum Wheels Under Various Rollers And Loads."
- Supriyanto, Yunus, And Kusnadi Sufiyanto. 2018. "Desain Mecanum Wheel System Pada Kendaraan Robot Tempur Kota." "Trainer Robot Omni Wheels Sebagai Media Pembelajaran." N.D.
- Sardjono dkk. 2008. "Analisis karakteristik material gear sprocket dengan atau tanpa lapisan polyurethane pada sepeda motor."
- Vidi Mycharoka M dkk. 2019. "Rekomendasi Pembuatan Roda Berbahan Dasar Polyurethane Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) Studi Kasus Pada CV. Sumber Rejeki Teknik."
- Christopher Sutandyo B dkk. 2013. "Macam-macam epoxy dan polyurethane based flooring system beserta kinerjanya."