

PERFORMANCE *DRIVE TRAIN* SISTEM *HYBRID* PADA KENDARAAN GOKART

Prasetyo Dono Saputro^{1*}

ABSTRAK

Drive train (power transfer) is a mechanism that removes the power generated by the engine to drive the wheels of vehicle. Transmission system is one important component in the drive train, whose main function is to channel out of the engine torque to the drive wheel. Transmission system is divided into 3 kinds: manual gear transmission, transmission hydrodynamic, and continuously variable transmission (cvt). And transmission used in ic engines hybrid go-kart is a CVT. In the design of hybrid drive train system on go-kart vehicles produce an analysis of torque, traction, and speed, are able to produce hybrid vehicles go-kart. And obtained $\tau_{max} = 144,79$ (N.m) , $\tau_{min} = 1,38$ (N.m), $F_{traksi\ max} = 723,94$ (N), $F_{traksi\ min} = 6,89$ (N) , $P_{max} = 2312,6$ watt , $P_{min} = 74,6$ watt , $\alpha_{max} = 6,07$ (m/s²) , $\alpha_{min} = 0,02$ (m/s²), on Yamaha AL115S(5TL3) engine, while in DC motor obtained by $\tau_{max} = 14,25$ (N.m) , $\tau_{min} = 6,72$ (N.m), $F_{traksi\ max} = 71,27$ (N), $F_{traksi\ min} = 33,58$ (N) , $\alpha_{max} = 1,14$ (m/s²) , $\alpha_{min} = 0,53$ (m/s²).

Keywords: *Design of Drive Train, Hybrid Drive Train, Hybrid Kart, Hybrid Kart Design, Hybrid Kart Train Drive Design.*

PENDAHULUAN

Drive train (pemindah daya) adalah mekanisme yang memindahkan tenaga yang dihasilkan oleh mesin untuk menggerakkan roda kendaraan. Pemindah daya umumnya yang digunakan ada 2 jenis, yaitu: RWD dan FWD. RWD adalah mesin depan penggerak belakang (*front engine rear wheel drive*) dan FWD adalah mesin depan penggerak depan (*front engine front wheel drive*).

Kendaraan *hybrid* adalah kendaraan yang menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga. Jadi sebenarnya sudah banyak orang yang memiliki kendaraan *hybrid* dalam konteks ini. Intinya setiap kendaraan yang menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga penggerak baik langsung ataupun tidak adalah sebuah *hybrid*. Mobil *hybrid* menggabungkan dua sumber

¹ Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pasuruan, Pasuruan, Indonesia

*Corresponding author:

e-mail: prasetyods@itsnupasuruan.ac.id

tenaga. Selain itu, teknologi *hybrid* dan komponen-komponen yang mensupportnya terus mengalami inovasi dan perubahan dalam setiap pengaplikasian kepada kendaraan. Salah satu diantaranya adalah *drive train* (system penggerak). *Drive train* ini sangat penting dalam teknologi *hybrid*.

METODOLOGI

Untuk memenuhi perhitungan kita harus melakukan analisa terhadap gaya – gaya yang terjadi. Setelah itu data – data tersebut dapat kita rancang tahap-tahap perhitungannya sebagai berikut:

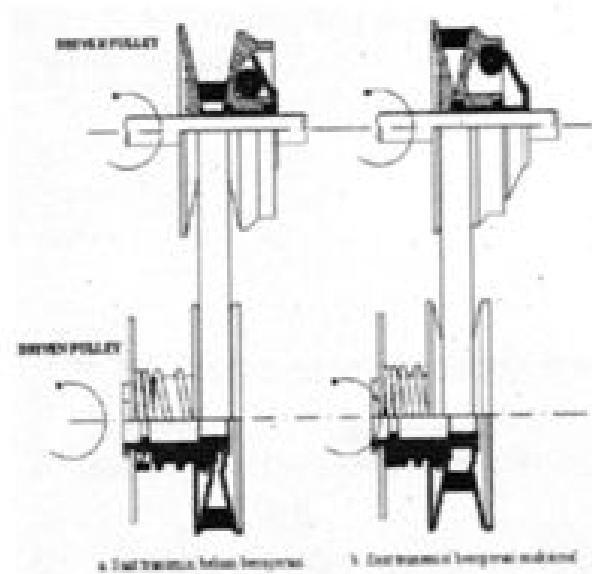
1) Perhitungan Kemampuan Dari CVT

Gaya sentrifugal pada sebuah benda dengan massa m dinyatakan sebagai berikut :

$$F_{cp} = M a_{cp} = \frac{mv^2}{\rho} f \quad (1)$$

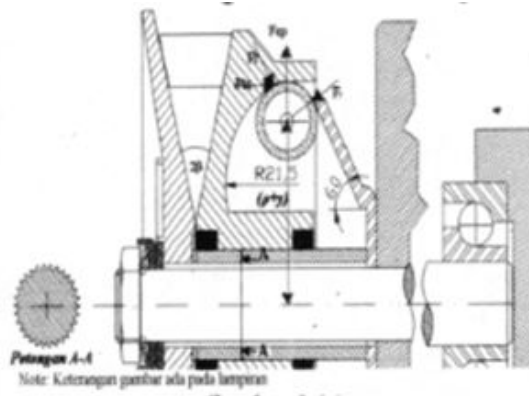
Dimana :

- a_{cp} = Percepatan *centripetal*
- v = Kecepatan *tangensial*
- ρ = Jarak benda dari pusat rotasi
- f = Unit vector dengan arah keluar pusat rotasi



Gambar 1. Mekanisme Sistem Transmisi CVT (Wijanarko, 2007)

Mekanisme dari system penggerak varator *driver pulley* dapat dimodelkan dalam diagram benda bebas sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Benda Bebas (Wijanarko, 2007)

Dimana :

F_t = gaya reaksi variator *pulley* karena pengaruh gaya sentrifugal

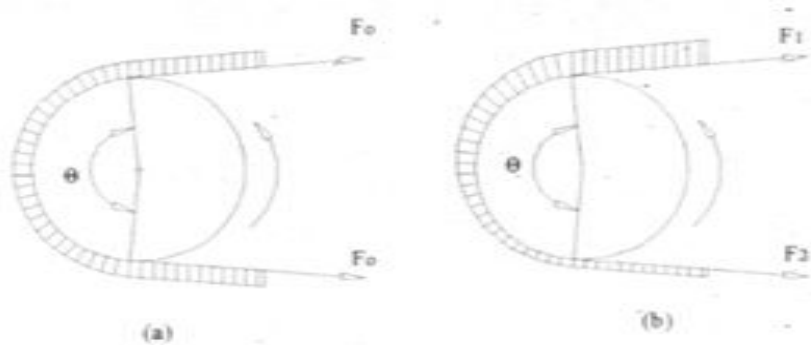
F_x = gaya reaksi F_t arah sumbu X

Mekanisme variator *driver pulley* dengan analisa gaya pada *roller*:

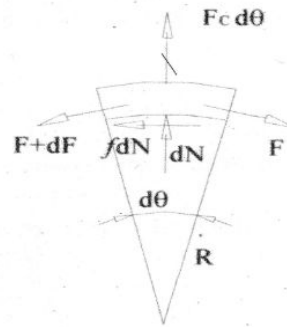
1) *Distribusi Gaya Pada Belt dan Pulley*

Belt yang digunakan adalah *V-Belt*, sehingga dengan perubahan variator *pulley* akan dapat merubah diameter *pulley* dan diameter *pulley driven*. *Belt* memiliki keunggulan dibandingkan dengan roda gigi, yaitu:

1. Gaya yang dibutuhkan untuk memutar poros input lebih kecil.
2. Faktor getaran yang ditimbulkan lebih kecil.
3. Gesekan yang terjadi tidak terlalu besar.
4. Proses dan biaya produksi yang dibutuhkan lebih ringan



Gambar 3. Gaya Tegang Pada *Belt* (Wijanarko, 2007)



Gambar 4. Keseimbangan Gaya Pada Belt (Wijanarko, 2007)

Keseimbangan gaya dalam arah radial:

$$(F + dF) \sin \frac{d\theta}{2} + F \sin \frac{d\theta}{2} - q \cdot v^2 d\theta - dN = 0 \tag{2}$$

Dimana :

F = Gaya tarik pada ujung belt

θ = Sudut bending belt

q = Massa belt per satuan panjang

V = Kecepatan belt

N = Gaya Normal

Bila $\sin \frac{d\theta}{2} = \frac{d\theta}{2}$, maka :

$$Fd\theta - qv^2 d\theta - dN = 0 \tag{3}$$

Keseimbangan gaya dalam arah tangensial:

$$(F + dF) \cos \frac{d\theta}{2} - F \cos \frac{d\theta}{2} - fdN = 0 \tag{4}$$

$$dF = f \cdot dN \tag{5}$$

Mengeliminasi dN :

$$(F - q \cdot v^2) d\theta = \frac{1}{f} dF \tag{6}$$

$$\int_0^{\theta} f d\theta = \int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F - qv^2}$$

$$\frac{F_1 - qv^2}{F_2 - qv^2} = e^{f\theta} = m' \tag{7}$$

$$F_1 - F_2 = \frac{m'^f - 1}{m'^f - 1} (F_1 - q \cdot v^2) = U = \frac{H}{v} \tag{8}$$

$$H = \frac{m'^f - 1}{m'^f} v (F_1 - q \cdot v^2) \tag{9}$$

Dimana m' adalah creep factor, sehingga dari persamaan 10 dan 11 dapat diketahui besarnya gaya tarik pada kedua cabang belt.

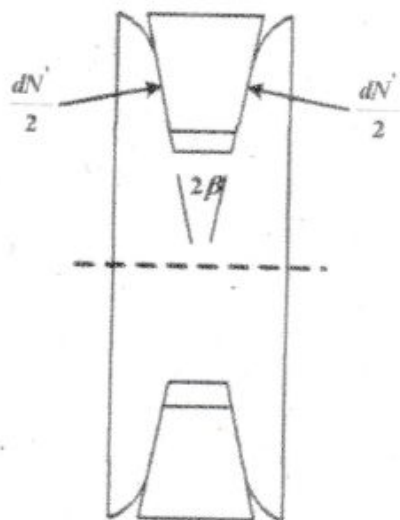
$$F_1 = \frac{m'^f H/v + (m'^f + 1)qv^2}{m'^f - 1} \tag{10}$$

$$F_2 = \frac{m^f H / v + (m^f + 1) q \cdot v^2}{m^f - 1} \tag{11}$$

Dimana :

- f = Koefisien gesek antara *belt* dan *pulley*
- F₁ dan F₂ = Gaya Tarik pada kedua cabang *belt*
- H = Daya yang ditransmisikan oleh *belt*
- U = Selisih diantara gaya yang bekerja pada kedua ujung *belt*

$$\frac{F_1 - q \cdot v^2}{F_2 - q \cdot v^2} = e^{f \theta / \sin \beta} = m^f \tag{12}$$



Gambar 5. Penampang *Pulley* (Wijanarko, 2007)

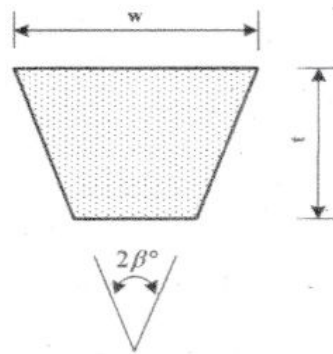
Tabel 1. Koefisien Gesek Antara *Belt* Dan *Pulley*

No.	Tipe <i>Belt</i>	Material <i>Pulley</i>			
		Bubuk Kayu Dikompres	Kayu	Baja	Besi Tuang
1.	Kulit				
	Disamak dengan bahan nabati	0,35	0,3	0,25	0,25
	Disamak dengan bahan mineral	0,5	0,45	0,4	0,4
2.	Kapas				
	Dianyam kaku	0,28	0,25	0,22	0,22
	Dijahit	0,25	0,23	0,2	0,2
3.	Wool	0,45	0,4	0,35	0,35
4.	Karet	0,35	0,3	0,3	0,3

Berikut adalah jenis-jenis *belt* dengan dimensi penumpang tertentu beserta daya transmisi dan diameter minimum yang digunakan sebagai acuan sistem transmisi.

Tabel 2. Penampang *V-Belt*

Belt Section	Width w, in	Thickness t, in	Minimum Diameter, in	HP Range
A	½	11/32	3,0	¼ - 10
B	21/32	7/16	5,4	1-25
C	7/8	17/32	9,0	15-100
D	1 ¼	¾	13,0	50-250
E	1 ½	1	21,6	10 and up



Gambar 6. Penampang *V-Belt* (Wijanarko, 2007)

2) *Kimematika Belt*

➤ Tenaga Transmisi

Adapun daya input yang ditransmisikan ke *pulley driver* digunakan persamaan :

$$H = \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot T \tag{13}$$

Dimana :

H = Daya yang ditransmisikan (W)

n = Kecepatan putaran (rpm)

T = Torsi (N.m)

Dan torsi yang di transmisikan digunakan untuk memutar *pulley*

$$T = (F_1 - F_2) \cdot R \tag{14}$$

Dimana :

F₁ = Gaya *belt* ujung tegang (N)

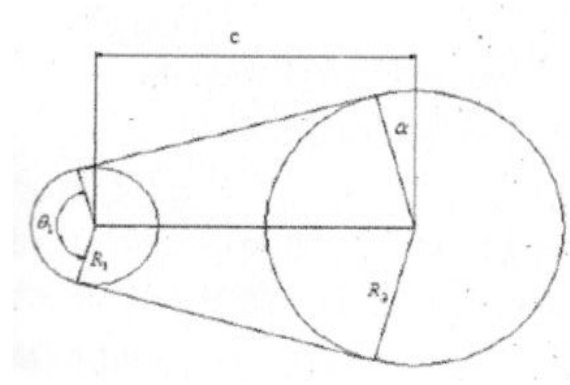
F_2 = Gaya *belt* ujung kendor (N)

R = Jari-jari *pulley* (m)

➤ Ratio dan Gerak Aksial *Pulley*

Prinsip kerja perpindahan *pulley* ke arah aksial dapat dijelaskan pada Gambar 7. Dimana panjang *belt* (L) dituliskan dengan rumus seperti pada persamaan 15.

$$L = 2C + \pi(R_2 + R_1) + \frac{(R_2 - R_1)^2}{c} \tag{15}$$



Gambar 7. Geometri *Belt* dan *Pulley* (Wijanarko, 2007)

Dimana:

$$\theta_1 = 2\pi - 2\alpha \text{ rad} \tag{16}$$

Sehingga

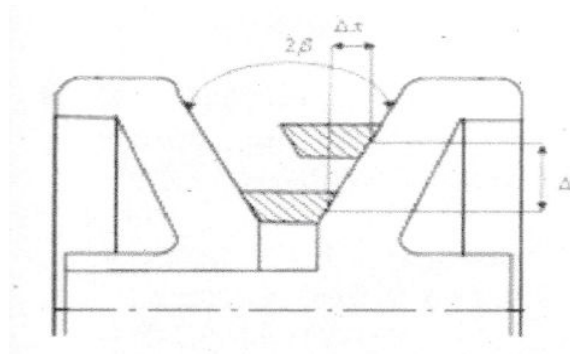
$$\sin \alpha = \frac{R_2 - R_1}{c} \tag{17}$$

Dan diketahui juga nilai/harga dari *speed ratio*

$$I = \frac{R_2}{R_1} \tag{18}$$

Untuk mencari putaran *output driven pulley* yang dihasilkan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{n_2}{n_1} \tag{19}$$



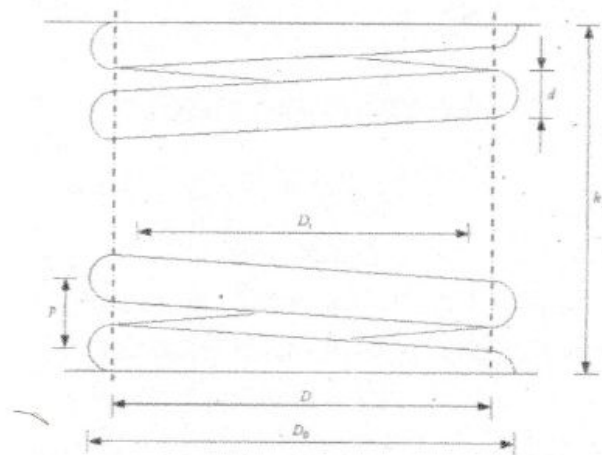
Gambar 8. Dimensi Variator *Pulley* Potongan Melintang (Wijanarko, 2007)

Sehingga *ratio* transmisi CVT *belt* dan *pulley* ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$i_k = \frac{R_2 - 0 \frac{\Delta x}{\tan \beta}}{R_2 + 0 \frac{\Delta x}{\tan \beta}} \quad (20)$$

3) Kinematika Pegas Tekan

Pegas *heliks* tekan kebanyakan memiliki dimensi yang konstan pada diameter kawat, *pitch* dan diameter rata-rata *coil*. Gambar 9 ini menunjukkan parameter dimensi dari pegas *heliks* tekan.



Gambar 9. Dimensi Penampang Pegas *Heliks* Tekan (Wijanarko, 2007)

Sehingga

$$D_0 = D + d \text{ dan } D_i = D - d \quad (21)$$

Dimana :

d = diameter kawat

D_0 = Diameter luar *coil*

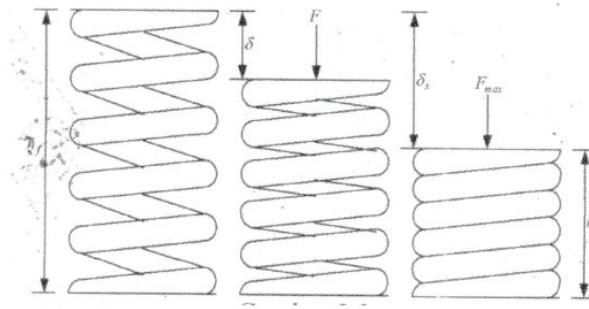
D = Diameter rata-rata *coil*

h_f = Tinggi bebas

D_i = Diameter dalam *coil*

p = *Pitch coil*

Diameter luar (D_0) *coil*, diameter dalam (D_i) *coil* dan tinggi bebas (h_f) adalah parameter utama yang digunakan untuk menentukan batas, berdasar pada tempat dimana pegas tersebut diletakkan.



Gambar 10. Kondisi Pegas Dengan Beban Kerja (Wijanarko, 2007)

Dari keterangan di atas maka didapatkan beberapa persamaan :

$$\delta = \frac{F}{K} = \frac{8 F d^3 N_a}{d^4 G} \tag{22}$$

$$h_f = h_s + h_\delta \tag{23}$$

Dimana :

h_f = Tinggi bebas

F = Beban kerja

h_s = Tinggi *solid*

N_a = Lilitan aktif pegas

δ = Defleksi karena beban kerja

K = Konstanta pegas

G = Modulus geser material

- Lilitan pegas

Lilitan total dari pegas, bergantung dari jenis ujung pegas. Jenis ujung pegas mempunyai 4 macam, yaitu :

1. *Plain ends*

$$N_a = N_t - \frac{1}{2}$$

2. *Plain grounds end*

$$N_a = N_t - 10$$

3. *Squared ends*

$$N_a = N_t - 1 \frac{1}{2}$$

4. *Squared grounds end*

$$N_a = N_t - 2$$

Dimana :

N_a = Lilitan aktif pegas

N_t = Lilitan total aktif pegas

- Indeks pegas

Indeks pegas (c) adalah perbandingan dari diameter rata-rata *coil* (D) terhadap diameter kawat (d)

Maka persamaan :

$$c = \frac{D}{d} \quad (24)$$

- Konstanta pegas

Untuk menentukan persamaan dari konstanta pegas (k) adalah

$$k = \frac{\Delta F}{\delta} = \frac{d^4 G}{8 D^3 N_a} \quad (25)$$

2) Analisa gaya traksi, daya kendaraan, kecepatan dan percepatan kendaraan pada saat menggunakan Motor Listrik DC 1HP 24 Volt 1800 rpm

a. Gaya Traksi

$$F_{Traksi} = \frac{T_{roda}}{R_{roda}}$$

b. Daya kendaraan

- Berasal dari data *Dyno Test Chasis* untuk mesin bensin Yamaha 4 Tak 115 cc
- Berasal dari pengukuran dan pengamatan untuk motor listrik DC 1 HP 24 Volt 1800 rpm

c. Torsi kendaraan

$$P = \tau \cdot \omega$$

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

Dimana :

$$\tau = \text{Torsi (N.m)}$$

$$P = \text{Daya kendaraan (Watt)}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut di roda (rad/s)}$$

d. Kecepatan kendaraan

- Berasal dari data *Dyno Test Chasis* untuk mesin bensin Yamaha 4 Tak 115 cc
- Berasal dari pengukuran dan pengamatan untuk motor listrik DC 1 HP 24 Volt 1800 rpm

e. Percepatan kendaraan

1. Gaya dorong pada roda

$$F_{kv} = \frac{M_a(\omega) \cdot r_{k1} \cdot n_t}{r}$$

2. Koefisien hambatan *rolling*

$$f_r = f_0 + f_s \left[\frac{v}{100} \right]^{2.5}$$

3. Hambatan *rolling*

$$R_r = f_r \times W_x \cos \theta$$

$$R_r = f_r \times (W_x \cos \theta - F_t)$$

4. Gaya traksi bersih

$$F_{netto} = F_{kv} - (R_r + R_a)$$

$$\text{Dimana : } R_a = F_d$$

5. Percepatan yang dihasilkan

$$a = \frac{F - R_a - R_f}{\gamma_m \cdot M}$$

Dimana :

$$\gamma_m = 1,04 + 0,0025 (t_p)^2$$

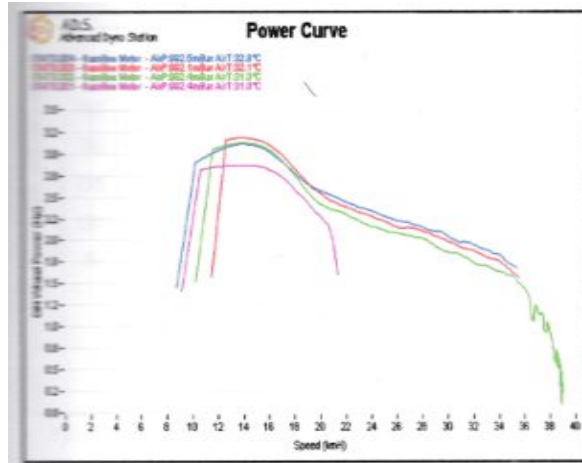
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Mesin Yamaha 4 Tak 115 cc

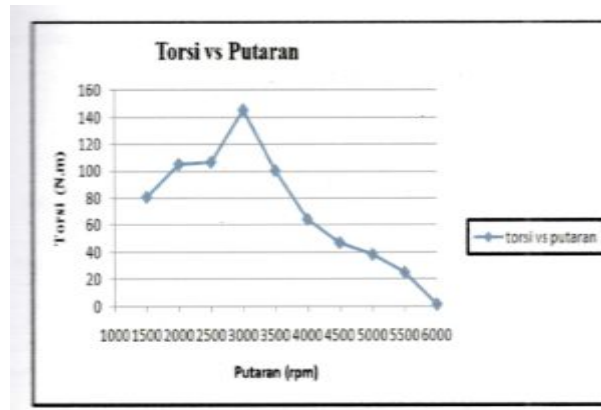
Sesuai dengan data pengamatan *dyno test chasis* gokart, diperoleh Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengamatan *Dyno Test Chasis* saat Pengujian Mesin Yamaha 4 Tak 115 cc

No.	Throttle Valve		Putaran <i>Engine (rpm)</i>	Daya Kendaraan (Hp)	Kecepatan	
	Sudut (°)	%			(km/jam)	(m/s)
1	0	0 %	1200	0	0	0
2			1500	1,5	10	2,778
3	45	56,25%	2000	2	10,2	2,833
4			2500	2,2	11,1	3,083
5	50	62,5%	3000	3,1	11,5	3,194
6			3500	3	16	4,444
7	75	91,25%	4000	2,4	20	5,556
8			4500	2,1	24	6,667
9	78	97,5%	5000	2	28	7,778
10			5500	1,6	34	9,444
11	80	100%	6000	0,1	39	10,833

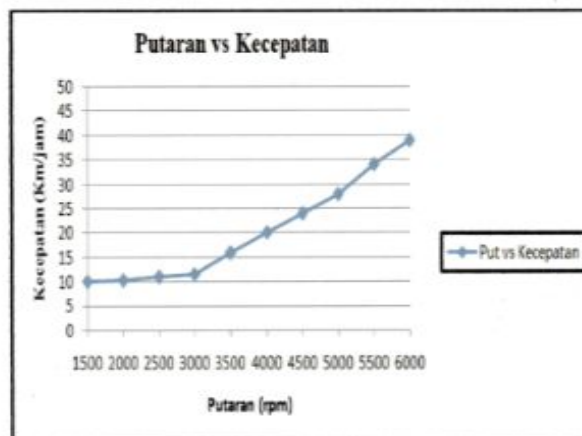


Grafik 1. Hasil *Dyno Test Chassis* pada Yamaha 4 Tak 115 cc



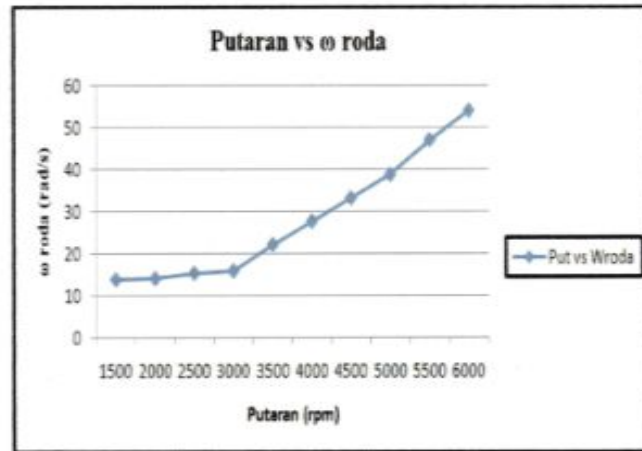
Grafik 2. Grafik Torsi (n.m) vs Putaran Mesin (rpm)

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara Putaran (rpm) dan Torsi (N.m) yang dihasilkan. Dan dari grafik ini diperoleh Torsi maksimum sebesar 144,79 (N.m) pada putaran mesin 3000 rpm.



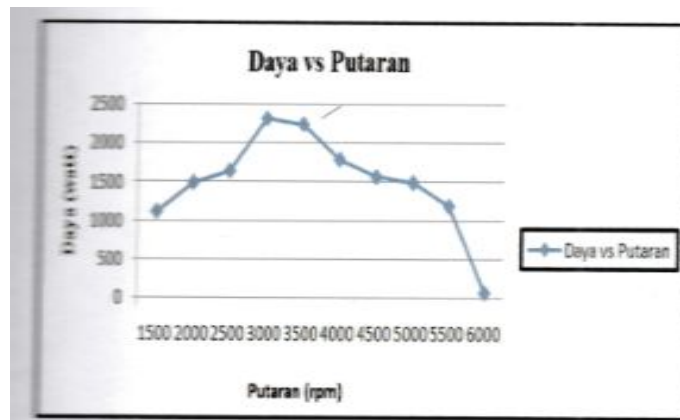
Grafik 3. Grafik Kecepatan (km/jam) vs Putaran Mesin (rpm)

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara Putaran (rpm) dan kecepatan (km/jam) yang dihasilkan. Dan dari grafik ini diperoleh kecepatan maksimum 39 (km/jam) pada putaran mesin 6000 rpm.



Grafik 4. Grafik ω Roda (rad/s) vs Putaran Mesin (rpm)

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara ω Roda (rad/s) dan Putaran Mesin (rpm) yang dihasilkan. Dan dari grafik ini diperoleh ω Roda maksimum 54,17 (rad/s) pada putaran mesin 6000 rpm.



Grafik 5. Grafik Putaran Mesin (rpm) vs Daya Kendaraan (Watt)

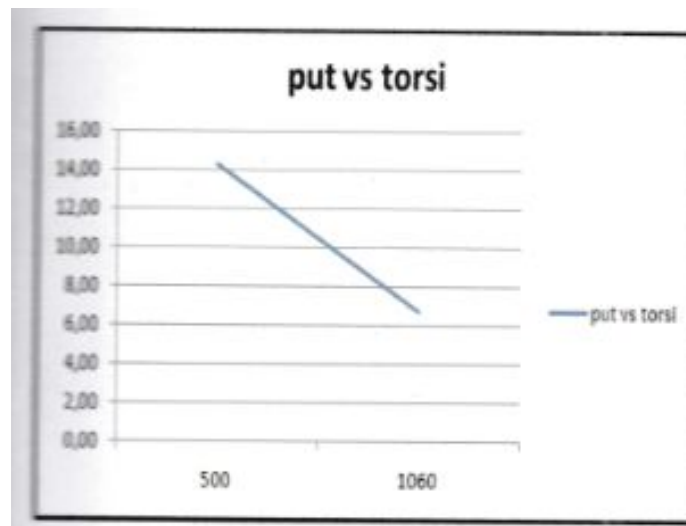
Grafik diatas menunjukkan hubungan antara Daya Kendaraan (Watt) dan Putaran Mesin (rpm) yang dihasilkan. Dan dari grafik ini diperoleh Daya Kendaraan maksimum 2312,6 (Watt) pada putaran mesin 3000 rpm.

b. Motor Listrik DC 1 HP 24 Volt 1800 rpm

Sesuai dengan data pengamatan dari pengukuran motor DC, diperoleh Tabel 4.

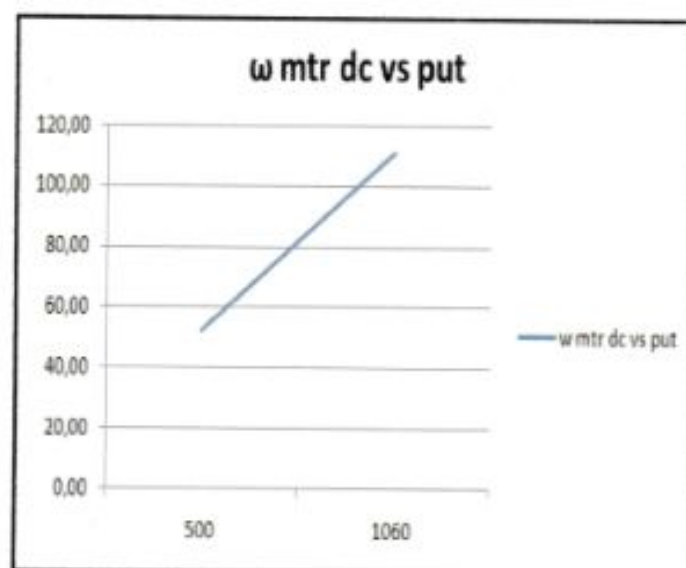
Tabel 4. Hasil Pengamatan dan Pengukuran Motor DC

No.	N motor DC (rpm)	ω motor DC (rad/s)
1	0	0
2	500	52,33
3	1060	111,08



Grafik 6. Grafik Torsi vs Putaran

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara Putaran (rpm) dan Torsi (N.m) yang dihasilkan. Dan dari grafik ini diperoleh Torsi maksimum 14,25 (n.m) pada putaran motor DC 500 rpm.

Grafik 7. Grafik ω Roda vs Kecepatan

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan hubungan antara ω Roda pada motor DC (rad/s) dan putaran motor DC (rpm) yang dihasilkan. Dan dari grafik ini diperoleh ω Roda maksimum 111,08 (rad/s) pada putaran motor DC 1060 rpm.

KESIMPULAN

1. Pada Engine Yamaha 4 Tak 115 cc AL 115S (53TL3) diperoleh : $\tau_{\max} = 144,79$ (N.m), $\tau_{\min} = 1,38$ (N.m), $F_{\text{traksi max}} = 723,94$ (N), $F_{\text{traksi min}} = 6,89$ (N), $P_{\max} = 2312,6$ Watt, $P_{\min} = 74,6$ Watt, $a_{\max} = 6,07$ (m/s²), $a_{\min} = 0,02$ (m/s²)
2. Pada motor Listrik DC diperoleh : $\tau_{\max} = 14,25$ (N.m), $\tau_{\min} = 6,72$ (N.m), $F_{\text{traksi max}} = 71,27$ (N), $F_{\text{traksi min}} = 33,58$ (N), $a_{\max} = 1,14$ (m/s²), $a_{\min} = 0,53$ (m/s²)

DAFTAR PUSTAKA

- Sasongko, Adjie Wahyu. (2008). *Rancang Bangun Gokart Dengan Penggerak Motor Bakar Bensin 5,5 HP*. Semarang: Politeknik Negeri Semarang.
- Sutantra, Nyoman. (2010). *Teknologi Otomotif* ed. 2. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Wijanarko. (2007). *Analysis The Changes of Roller Mass Variator Pulley Driver of Continously Variabel Transmission (CVT) on Yamaha Mio Traction Performance*. Surabaya: Institue Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Wong, J.Y. *Theory of Ground Vehicles*. 3 rd ed. John Willey and Sonc Inc.