

PENGARUH BERAT *ROLLER* SENTRIFUGAL PADA SISTEM TRANSMISI OTOMATIK *CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION (CVT)* TERHADAP KINERJA TRAKSI SEPEDA MOTOR

I Ketut Adi Atmika
tutadi2001@yahoo.com
IDG. Ary Subagia
Yusadi Imron

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana

ABSTRACT

The automotive technology especially motorcycle has been innovated to improve the handling stability and comfortably. The developing of motorcycle technology has applied automatic transmission system. The automatic transmission has systems which need acceleration handling and break control. From this concept has been done to develop automatic transmission system according to variable which said Continuously Variable Transmission (CVT) system.

The purpose of this experiment is to know effect weight of roller centrifugal in speed governor to traction performance. The analysis traction performance executed mathematic model with motorcycle Nouvo, 115 cc 4 strokes as vehicle model. Parameter input of this calculation include : vehicle speed ($V = 0-30$ km/h, $V = 40-70$ km/h, dan $V = 80-90$ km/h), engine torque, and vehicle dynamic model behavior. For get the answer, the experiment executed with simulation mode and then appealed with experiment on straightaway level.

The obtained result on simulation and experiment : for roller centrifugal with 8 gr weight will gave the maximum traction performance on low speed until the acceleration on low speed is faster than the roller centrifugal 10.2 gr or 12 gr. However the roller centrifugal with 12 gr weight will gave the highest traction performance on the high speed until the vehicle easy to faster in high speed, and for roller centrifugal 10.2 gr weight (standard) have traction performance between roller centrifugal 8 gr and 12 gr.

Key words: CVT System, Motorcycle, Traction Performance, Simulation, Roller Sentrifugal, Speed Governor

1. PENDAHULUAN

Saat ini produk otomotif khususnya roda dua (sepeda motor) telah dilengkapi sistem transmisi otomatis. Jenis transmisi otomatis yang digunakan adalah CVT (*Continuously Variable Transmission*) sistem, seperti pada Yamaha Mio, Nouvo dan Kymco jetmatic. Sepeda motor yang bertransmisi otomatis memiliki beberapa kelebihan, salah satunya adalah lebih praktis dalam pemakaian dibandingkan dengan sepeda motor yang bertransmisi manual, dikarenakan pengendara tidak perlu lagi secara manual merubah transmisi kecepatan kendaraanya, tetapi secara otomatis berubah sesuai dengan putaran mesin, sehingga sangat cocok digunakan di daerah perkotaan yang sering dihadap kemacetan. Perpindahan transmisi sangat lembut dan tidak terjadi hentakan seperti pada sepeda motor konvensional sehingga sangat nyaman dikendarai.

Sistem transmisi otomatis dengan CVT (*Continuously Variable Transmission*) terdiri dari puli primer (*driver pulley*) dan puli sekunder (*driven pulley*) yang dihubungkan dengan *V-belt*. Pada puli primer terdapat *speed governor* yang berperan merubah besar kecilnya diameter puli primer. Dalam *speed governor* terdapat 6 buah *roller* sentrifugal yang akan menerima gaya sentrifugal akibat putaran poros dari *crankshaft*, dan *roller* sentrifugal akan terlempar keluar menekan bagian dalam salah satu sisi puli yang dapat bergeser (*sliding Sheave*) ke arah sisi puli tetap (*fixed sheave*) sehingga menyebabkan terjadinya perubahan diameter puli primer, yaitu membesar atau mengecil. Perubahan ini memberikan efek pada ratio transmisi.

Besar kecilnya gaya tekan *roller* sentrifugal terhadap *sliding sheave* ini berbanding lurus dengan berat *roller* sentrifugal dan putaran mesin. Semakin berat *roller* sentrifugal semakin besar gaya dorong *roller* sentrifugal terhadap *sliding sheave* sehingga semakin besar diameter dari puli primer tersebut. Sedangkan pada puli sekunder pergerakan puli diakibatkan oleh tekanan pegas, puli sekunder ini hanya mengikuti gerakan sebaliknya dari puli primer, jika puli primer membesar maka puli sekunder akan mengecil, begitu juga sebaliknya. Jadi berat *roller* sentrifugal sangat berpengaruh terhadap perubahan ratio diameter dari puli primer dengan puli sekunder.

Ary Subagia, Adi Atmika, Komala Dewi (2005) menjelaskan tentang analisa karakteristik traksi pada sepeda motor (110 cc, 4 tak) dengan kontinyu variabel transmision. Karakteristik traksi yang dihasilkan oleh

roda penggerak ditinjau dari ratio transmisi dan tingkat transmisi. Analisa karakteristik traksi roda penggerak dilakukan dengan menggunakan metode quasi dinamik dengan kendaraan model adalah motor Mio 110 cc, 4 tak. Perhitungan didasarkan pada input parameter kendaraan meliputi kecepatan, daya motor, dan perilaku dinamik kendaraan model. Kemudian karakteristik traksi CVT terhadap traksi yang dihasilkan dianalisa menggunakan kontrol traksi melalui simulasi mode, dengan kondisi jalan lurus.

Kuen-Bao Sheu, Shen Tarnng Chiou, Wen-Ming Hwang, Ting-Shan Wang dan Hong-Seng Yan (1999), menjelaskan tentang penggunaan *hybrid transmission* untuk sepeda motor, termasuk konsep desain, kinematik desain, dan analisa efisiensi. Desain ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dari CVT pada sepeda motor, khususnya pada saat akan bergerak dan kecepatan rendah. Dalam paper ini dijelaskan konsep gabungan dua jenis transmisi yaitu CVT dan transmisi differential, dimana pada saat kendaraan akan bergerak sampai kecepatan menengah digunakan transmisi *differential* sedangkan pada kecepatan tinggi digunakan CVT.

Adi Atmika (2004) menjelaskan tentang kontrol torsi dengan CVT untuk memperbaiki stabilitas arah kendaraan. Paper ini menjelaskan analisa stabilitas dari kontrol torsi roda penggerak dengan CVT menggunakan simulasi komputer. Proses simulasi dibuat model kendaran secara lengkap dengan input kondisi dan parameter operasi dengan sistem itu bekerja, dengan *setting point ratio slip* pada koefisien gesek yang optimum. Analisa stabilitas difokuskan pada perilaku gerakan belok kendaraan. *Yaw* respon akan dibandingkan dengan *Yaw ackermannnya*, untuk mendapatkan gambaran kinerja perilaku arah kendaraan.

Studi tentang pengaruh berat *roller* sentrifugal CVT system terhadap kinerja traksi sepeda motor dilakukan dengan memvariasikan berat *roller* sentrifugal, yaitu 8 gram, 10,2 gram, dan 12 gram. Sebagai faktor dalam penelitian ini dilakukan variasi kecepatan ($V = 0-30$ km/jam, $V = 40-70$ km/jam, dan $V = 80-90$ km/jam) dengan pengujian dilakukan di jalan datar lurus (tanpa tanjakan atau belokan). Sebagai metoda untuk menjawab pengaruh tersebut diatas, dilakukan dengan mempergunakan simulasi.

2. KINERJA TRAKSI KENDARAAN

Kinerja traksi kendaraan didefinisikan sebagai kemampuan kendaraan untuk dipercepat, dan mengatasi hambatan-hambatan yang terjadi, diantaranya hambatan rolling ban (*rolling resistance*), hambatan aerodinamis, dan hambatan tanjakan. Kemampuan kendaraan tersebut sangat dipengaruhi oleh kemampuan mesin kendaraan dan pemilihan tingkat serta ratio transmisi, seperti yang dirumuskan pada persamaan 2.1 :

$$F = \frac{T_{e(n)} \cdot i_t \cdot i_d}{r} \eta_t \quad (2.1)$$

dimana : F = gaya dorong pada roda (N)

T_e = torsi mesin sebagai fungsi dari kecepatan kendaran ke n (N.m)

i_t = ratio transmisi

i_d = ratio differential akhir

r = radius roda penggerak (m)

η_t = efisiensi transmisi

Makin mudah kendaraan dipercepat pada setiap kecepatan maka makin bagus kinerja traksi dari kendaraan tersebut. Kendaraan yang mudah dipercepat akan sangat mudah mendahului kendaraan lain dengan aman dan lebih mudah pengendaliannya. Besarnya percepatan tergantung pada besarnya gaya dorong kendaraan (F), hambatan aerodinamis (R_a) dan hambatan *rolling* (R_r). Besarnya percepatan kendaraan pada jalan datar dirumuskan pada persamaan 2.2 :

$$a = \frac{F - R_a - R_r}{\gamma_m \cdot M} \quad (2.2)$$

dimana : M = massa total kendaraan

R_a = hambatan aerodinamis

R_r = hambatan rolling pada roda

$\gamma_m = 1,04 + (0,0025 \cdot i_0)$

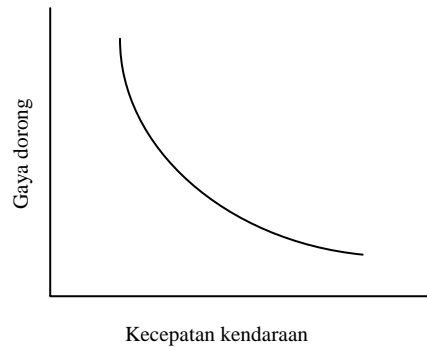
i_0 = Perbandingan putaran roda penggerak

2.1. Transmisi Kendaraan

Untuk menggerakkan kendaraan dibutuhkan gaya dorong yang cukup untuk melawan semua hambatan yang terjadi pada kendaraan. Gaya dorong dari suatu kendaraan terjadi pada roda penggerak kendaraan. Gaya dorong ini ditransformasikan dari torsi mesin kendaraan kepada roda penggerak yang terdiri dari kopling, transmisi, gigi diferensial, dan poros penggerak.

Berdasarkan kebutuhan gerak dari kendaraan, maka dapat dikatakan bahwa pada kecepatan rendah diperlukan gaya dorong yang besar untuk dapat menghasilkan percepatan yang cukup besar atau untuk dapat menanjak tanjakan yang cukup terjal. Pada kecepatan tinggi dimana percepatan sudah tidak diperlukan lagi,

maka gaya dorong yang diperlukan hanya untuk melawan hambatan angin dan hambatan rolling. Dengan kebutuhan seperti diuraikan diatas, maka secara ideal kebutuhan gaya dorong dapat ditunjukkan seperti gambar 1.



Gambar 1. Gaya dorong yang dibutuhkan kendaraan (Sutantra, N. 2001 : 181)

Gaya dorong pada roda yang ditransmisikan dari torsi mesin kendaraan dirumuskan :

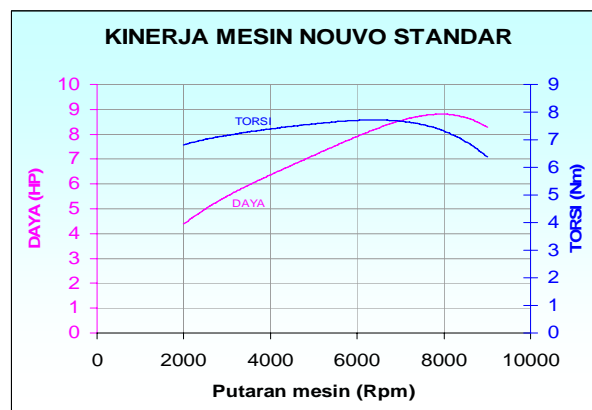
$$F = \frac{M_e \cdot i_t \cdot i_d \cdot \eta_t}{r} \quad (2.3)$$

dimana :

- F = gaya dorong kendaraan (N)
- M_e = torsi keluaran dari mesin (N·m)
- r = jari-jari roda (m)
- η_t = efisiensi transmisi
- i_t = perbandingan gigi transmisi
- i_d = perbandingan gigi akhir

Dengan melihat karakteristik torsi yang dihasilkan oleh mesin maka dibutuhkan sistem transmisi sedemikian agar dapat disamping mentransmisikan namun juga mentransformasikan torsi untuk menjadi gaya dorong yang diperlukan oleh kendaraan.

Karakteristik engine hasil pengujian chasis dynamometer ditunjukkan pada gambar 2.



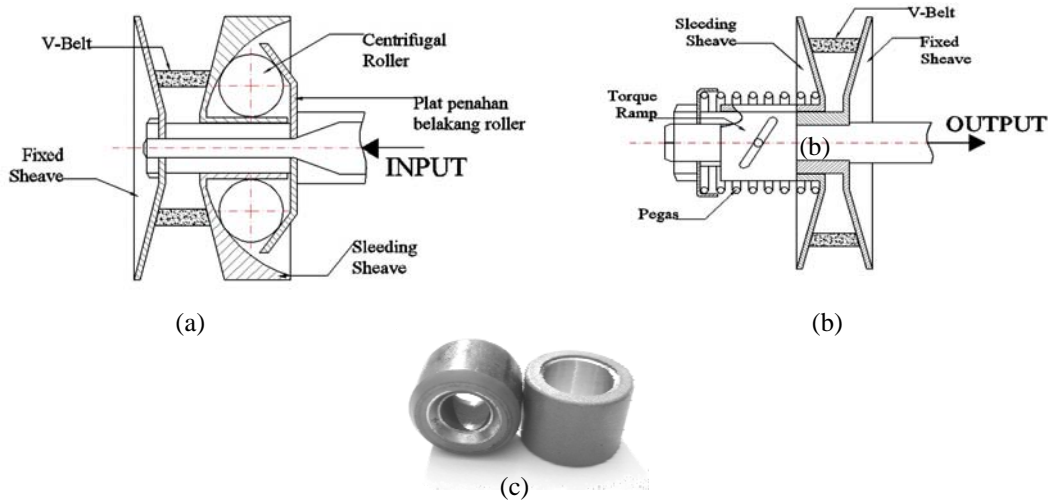
Gambar 2. Karakteristik Daya-Torsi Mesin Nouvo Standar

2.2. Sistem Transmisi Otomatis CVT (*Countinously Variabel Transmission*)

Sistem transmisi otomatis ini banyak digunakan pada sepeda motor jenis scooter dan dikenal dengan nama CVT (*continously variable transmission*) yang merupakan sistem transmisi baru tanpa gigi. Bentuk dan konstruksi dari sistem transmisi kendaraan ini sangat kompak dan sederhana dibandingkan dengan sistem transmisi lainnya.

Sepeda motor yang menggunakan sistem transmisi ini sangat praktis, karena pengendara tidak perlu lagi secara manual merubah transmisi kecepatan kendaraanya, tetapi secara otomatis berubah sesuai dengan putaran mesin, sehingga sangat cocok digunakan di daerah perkotaan yang sering dihadap kemacetan. perpindahan transmisi sangat lembut dan tidak terjadi hentakan seperti pada sepeda motor konvensional sehingga sangat nyaman dikendarai.

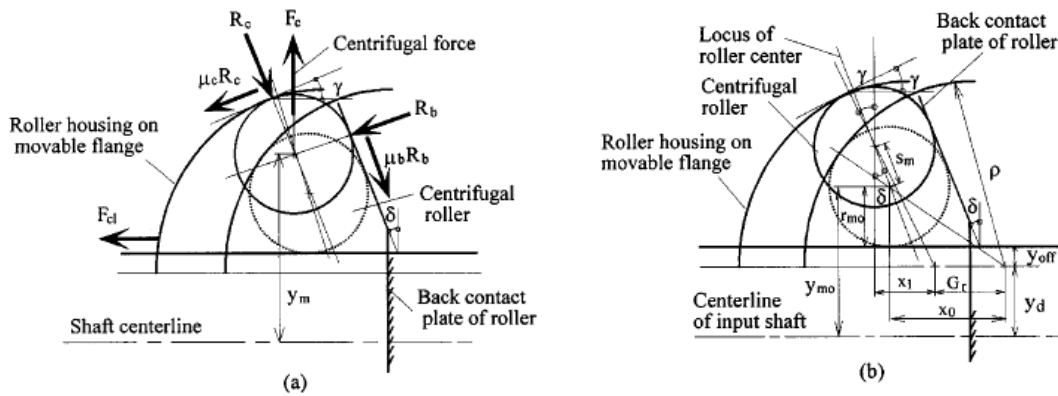
Pada sepeda motor otomatis, sistem CVT yang digunakan terdiri dari puli primer (*driver pulley*) dan puli sekunder (*driven Pulley*) yang dihubungkan dengan *V-belt*. Pada puli primer terdapat *speed governor* yang berperan merubah besar kecilnya diameter dari puli primer, dan dalam *speed governor* ini terdapat 6 buah *roller* sentrifugal yang akan mendapat gaya sentrifugal akibat putaran poros dari *crankshaft* sehingga *roller* sentrifugal akan terlempar keluar dan menekan bagian dalam salah satu sisi puli yang dapat bergeser (*sliding Sheave*) ke arah sisi puli tetap (*fixed sheave*) sehingga diameter dari puli semakin besar. Besar kecilnya gaya tekan *roller* sentrifugal terhadap *sliding sheave* ini berbanding lurus dengan berat *roller sentrifugal* dan putaran mesin. Semakin tinggi putaran mesin semakin besar pula gaya dorong dari *roller* sentrifugal terhadap *sliding sheave* sehingga semakin besar juga diameter dari puli primer tersebut. Sedangkan pada puli sekunder pergerakan puli diakibatkan oleh tekanan pegas, puli sekunder ini hanya mengikuti gerakan sebaliknya dari puli primer, jika puli primer membesar maka puli sekunder akan mengecil, begitu sebaliknya.



Gambar 3. Puli primer (a), Puli sekunder (b) dan *Roller* sentrifugal (c)

a). Parameter kontrol pada CVT sepeda motor

Ketika mesin berputar pada *roller* sentrifugal bekerja gaya sentrifugal yang menekan *sliding shave* (F_{sh}) driver puli yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Parameter kontrol pada driver puli CVT

$$F_{sh} = \frac{my_m \omega^2}{\left(\frac{\cos \gamma + \mu_c \sin \gamma}{\sin \gamma - \mu_c \cos \gamma} \right) + \left(\frac{\sin \delta + \mu_b \sin \delta}{\cos \delta - \mu_b \sin \delta} \right)} \quad (2.4)$$

dimana :

- F_{sh} = gaya axial pada *sliding sheave* driver puli yang disebabkan oleh *roller* sentrifugal
- μ_b = koefisien gesek antara *roller* dan plat penahan belakang *roller*
- μ_c = koefisien gesek antara *roller* dengan rumah *roller* sentrifugal
- m = total massa dari *roller* sentrifugal (kg)

- δ = sudut yang terbentuk antara plat penahan belakang *roller* sentrifugal dengan garis sumbu poros ($^{\circ}$)
- γ = sudut yang terbentuk antara garis axial dan titik singgung antara *roller* sentrifugal dan rumahnya ($^{\circ}$)
- ω = kecepatan sudut masukan (rad / s)
- R_c = gaya normal oleh rumah *roller* sentrifugal (N)
- R_b = gaya normal oleh plat penahan *roller* sentrifugal (N)

Sedangkan pada *driven pulley* akan terjadi gaya aksial yang disebabkan oleh tekanan pegas dimana besar gaya aksial dari *driven pulley* (F_{vn}):

$$F_{vn} = F_p + (K_n \cdot x) \quad (2.5)$$

dimana :

F_p = Gaya tekan pegas pada kondisi awal (kg)

K_n = Konstanta pegas (kg /m)

x = Pergeseran arah aksial pada *driven pulley* (m)

Gaya axial yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal pada *driver pulley* diteruskan oleh V-belt ke *driven pulley*. Gaya axial tersebut akan mendapat perlawanan oleh gaya aksial pegas pada *driven pulley* (F_{vn}), ketika kedua gaya tersebut setimbang, maka gerakan berada dalam kondisi *steady state*. Rumus yang menjelaskan hubungan antara kedua gaya aksial tersebut adalah :

$$F_{sh} = -F_{vn} \\ = -[F_p + (K_n \cdot x)] \quad (2.6)$$

sehingga besar pergeseran *sliding sheave* (x) dapat diketahui dan ratio transmisi transmisi (i_t) dapat dihitung dengan rumus :

$$i_t = \frac{r_0 - \frac{x}{\tan \frac{\alpha}{2}}}{r_i + \frac{x}{\tan \frac{\alpha}{2}}} \quad (2.7)$$

dimana :

x = pergeseran arah aksial pada puli (m)

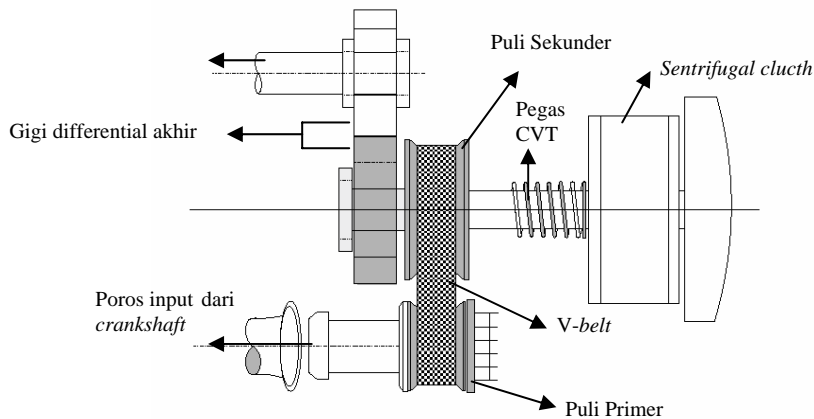
r_o = radius awal *driven puli* (m)

r_i = radius awal *driver puli* (m)

α = sudut alur puli ($^{\circ}$)

3. PEMODELAN

Untuk memindahkan daya dari putaran mesin ke roda diperlukan mekanisme sistem transmisi. Dengan didasarkan pada model sistem transmisi yang ditunjukkan pada gambar 5.

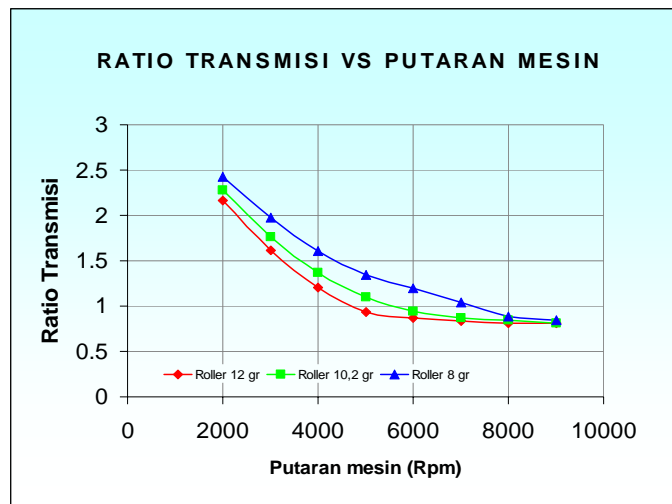


Gambar 5. Skematik CVT sistem pada sepeda motor

Sistem CVT pada sepeda motor seperti ditunjukkan pada gambar 5, *driver pulley* (puli pertama) dihubungkan dengan *crankshaft engine* melalui *speed governor*, dalam *speed governor* terdapat *roller* sentrifugal yang akan menekan *sleeding sheave driver pulley* yang besarnya berbanding lurus dengan massa dan kecepatan sudutnya, tekanan oleh *roller* sentrifugal bergerak keluar sehingga menyebabkan pergeseran *sleeding sheave driver pulley* ke arah *fixed sheave driver pulley* dan *sleeding sheave driver pulley* juga akan mendesak *V-belt* ke atas atau ke diameter puli yang lebih besar. Karena panjang *V-belt* tetap, maka *V-belt* akan menarik atau menekan pegas yang ada pada *driven pulley* (puli kedua) dan membuat diameter puli kedua mengecil. Secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut : jika diameter puli primer membesar, maka diameter puli sekunder akan mengecil, sehingga kecepatan kendaraan akan bertambah. Dari perbandingan diameter puli primer (*driver pulley*) dan puli sekunder (*driven pulley*) akan didapat ratio transmisi. Selanjutnya putaran pada puli kedua (*driven pulley*) ditransmisikan menuju roda penggerak melalui gigi *defferensial* akhir.

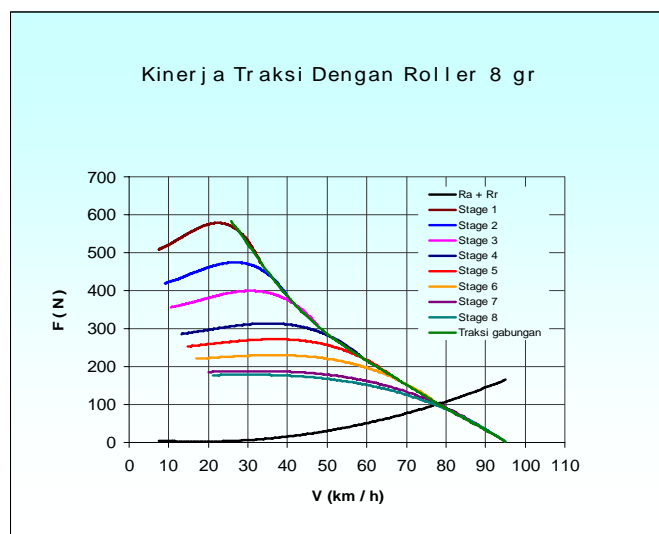
4. HASIL DAN ANALISA

Pada putaran awal (2000 rpm), untuk berat *roller* sentrifugal 8 gram gaya aksial yang terjadi lebih kecil dari gaya aksial oleh pegas sehingga pergerakan *sleeding sheave* puli tidak ada dan ratio tranmisi tetap. Selanjutnya perubahan ratio terus terjadi sampai 9000 rpm. *Roller* 12 gr menghasilkan ratio transmisi terkecil pada 8000 rpm, sedangkan *roller* 10,2 memperolehnya pada 9000 rpm.

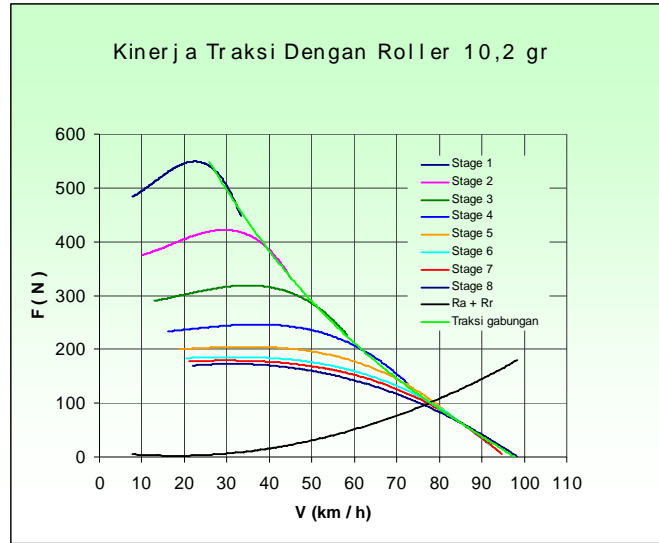


Gambar 6. Ratio transmisi yang terjadi

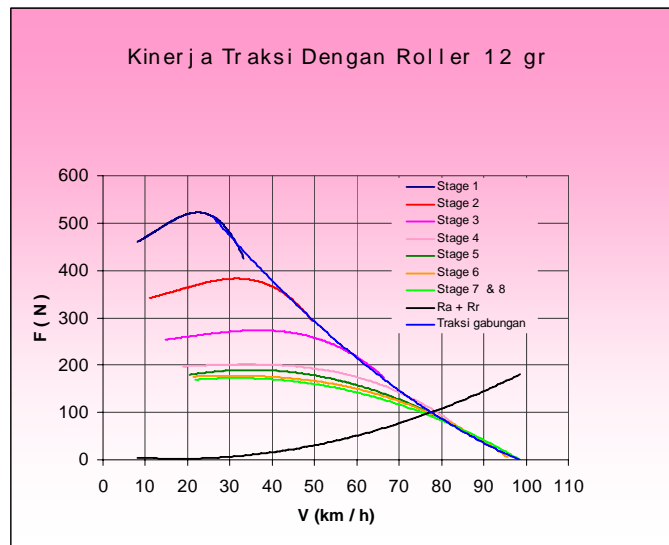
Karakteristik kinerja traksi dengan berat roller 8 gram, 10,2 gram, dan 12 gram ditunjukkan pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9.



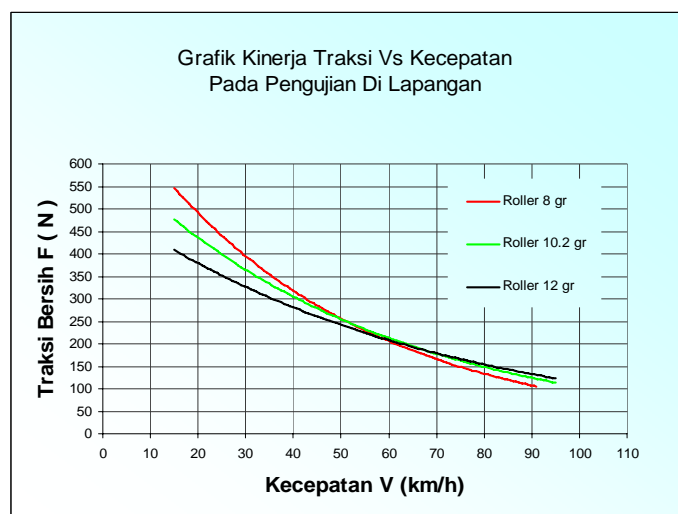
Gambar 7. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 8 gram



Gambar 8. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 10,2 gram



Gambar 9. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 12 gram



Gambar 10. Karakteristik Kinerja Traksi Vs kecepatan pada pengujian

Hasil simulasi menunjukkan bahwa : untuk *roller* sentrifugal 8 gr menghasilkan kinerja traksi terbesar pada kecepatan rendah, sedang untuk *roller* sentrifugal 12 gr menghasilkan kinerja traksi terbesar pada kecepatan tinggi, dan *roller* sentrifugal standar (10,2 gr) memiliki kinerja traksi diantara keduanya. *Roller* sentrifugal sangat berpengaruh terhadap kemampuan kendaraan untuk berakselerasi, untuk kecepatan rendah ($V = 0-30$ km/jam) akselerasi tercepat dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 8 gr, sedangkan pada kecepatan tinggi ($V = 80-95$ km/jam) akselerasi tercepat dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 12 gr dan pada kecepatan menengah ($V = 45-70$ km/jam) akselerasi tercepat dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar (10,2 gr). Dari hasil simulasi, traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 8 gr adalah 580,34 N; traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar (10,2 gr) adalah 551,12 N dan traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 12 gr adalah 524,34 N. Sedangkan pada percobaan dilapangan, traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 8 gr adalah 498,11; traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar (10,2 gr) adalah 401,844 dan traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar 12 gr adalah 383,702 N.

5. KESIMPULAN

1. Pada hasil simulasi dan pengujian dilapangan menunjukkan bahwa : untuk *roller* sentrifugal 8 gr kinerja traksi sangat baik pada kecepatan rendah, sedang untuk *roller* sentrifugal 12 gr kinerja traksi sangat baik pada kecepatan tinggi, dan *roller* sentrifugal standar (10,2 gr) memiliki kinerja traksi diantara keduanya.
2. *Roller* sentrifugal sangat berpengaruh terhadap kemampuan kendaraan untuk berakselerasi, untuk kecepatan rendah ($V = 0-30$ km/h) akselerasi tercepat dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 8 gr, sedangkan pada kecepatan tinggi ($V = 80-95$ km/h) akselerasi tercepat dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 12 gr dan pada kecepatan menengah ($V = 45-70$ km/h) akselerasi tercepat dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar (10,2 gr).
3. Dari hasil simulasi, traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 8 gr adalah 580,34 N; traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar (10,2 gr) adalah 551,12 N dan traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 12 gr adalah 524,34 N. Sedangkan pada percobaan dilapangan, traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal 8 gr adalah 498,11; traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar (10,2 gr) adalah 401,844 dan traksi maksimum yang dihasilkan oleh *roller* sentrifugal standar 12 gr adalah 383,702 N. Perbedaan hasil ini kemungkinan besar disebabkan oleh kerugian akibat gesekan pada sistem penggerak kendaraan, kondisi pengendara dan kondisi mesin model test yang sudah mengalami penurunan performa, walaupun sudah dilakukan tune-up sebelum pengujian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Atmika, Adi. *Simulasi Pengendalian Stabilitas Arah Kendaraan Melalui Pengontrolan Torsi dengan Continuous Variable Transmission (CVT)*, Pasca sarjana ITS Surabaya, (2004).
- Dewanto, Joni. *Pemodelan Sistem Gaya dan Traksi Roda*, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 5, No.2,64-69, FTI, Univ. Kristen Petra. Surabaya, (2004).
- Schuring H, Wasito Kusmoyudo. *Teknik Kendaraan Bermotor (chasis)*, Bina Cipta, Bandung, (1987)
- Sheu, Kuen-Bao, Shen Tarng Chiou, Wen-Ming Hwang, Ting-Shan Wang dan Hong-Seng Yan. *New Automatic Hybrid Transmission for Motorcycles*, Proceeding National Science Council Republik of China, Taiwan (1999).
- Subagia, Ary, Adi Atmika, Komala Dewi. *Analisa Karakteristik Traksi Pada Sepeda Motor (110 cc, 4 strokes) with Continuous Variabel Transmission (CVT) System*. Prosiding SNTTM IV, Bali (2005).
- Sutantra, N. *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya