

Variasi berat roller sentrifugal Pada continuously variable transmission (CTV) terhadap kinerja traksi sepeda motor

Made Dwi Budiana P.⁽¹⁾, I Ketut Adi Atmika⁽²⁾, IDG. Ary Subagia⁽³⁾

^{(1), (2), (3)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Inovasi teknologi otomotif khususnya sepeda motor terus dikembangkan untuk mendapatkan kestabilan dan kenyamanan dalam pengendalian. Saat ini produsen sepeda motor telah memproduksi kendaraan yang memakai sistem transmisi otomatis. Transmisi otomatis merupakan sistem transmisi yang hanya membutuhkan pengendalian kecepatan dan pengendalian pengereman. Dari konsep tersebut telah dikembangkan sistem transmisi otomatis secara variabel yang disebut dengan Continuously Variable Transmission (CVT) sistem. CVT pada sepeda motor menggunakan speed governor yang mengatur kedudukan atau diameter puli primer untuk merubah ratio transmisi sesuai dengan putaran mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat roller sentrifugal yang terdapat dalam speed governor terhadap kinerja traksi. Kinerja traksi dianalisa dengan melakukan pemodelan matematik dengan kendaraan model sepeda motor Nouvo 115 cc, 4 tak. Sebagai parameter input pada perhitungan meliputi : kecepatan ($V = 0-30$ km / jam, $V = 40-70$ km / jam, dan $V = 80-90$ km / jam), torsi mesin, berat roller sentrifugal, dinamika kendaraan (gaya berat, gaya hambat, dsb). Untuk dapat menjawab permasalahan yang timbul dilakukan penelitian dengan menggunakan metode simulasi yang dibandingkan dengan pengujian di jalan lurus datar. Dari hasil simulasi dan eksperimen dilapangan didapat : untuk berat roller sentrifugal 8 gr kinerja traksi terbesar terjadi pada kecepatan rendah sehingga akselerasi pada kecepatan rendah paling cepat dibandingkan dengan roller sentrifugal 10,2 (standar) atau 12 gr. Sedangkan dengan berat roller sentrifugal 12 gr akan didapat kinerja traksi terbesar pada kecepatan tinggi sehingga kendaraan akan mudah dipercepat pada kecepatan tinggi tersebut, dan untuk roller sentrifugal 10,2 gr (standar) memiliki kinerja traksi diantara roller sentrifugal 8 gr dan 12 gr. Jadi roller 8 gr menghasilkan kinerja traksi yang terbaik, karena pada kecepatan rendah dibutuhkan kemampuan akselerasi yang besar. Kata kunci: Kompresor aksial, kaskade, sudut serang.

Kata kunci: CVT Sistem, Sepeda motor, Kinerja traksi, Simulasi, Roller Sentrifugal, Speed Governor

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 apealed 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. So, the roller 8 gr give the best performance traction, because at a low speed is required high acceleration.

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 dihadang 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 transmisi. 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 mempergunakan 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 transmision* 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 mengatur ratio transmisi menggunakan sistem CVT. Model kendaraan dibuat secara lengkap

dengan input kondisi dan parameter operasi dimana sistem itu bekerja, kemudian disimulasikan dengan mengambil *setting point ratio slip* pada koefisien gesek yang optimum. Analisa stabilitas difokuskan pada perilaku gerakan belok kendaraan. *Yawrate* respon dibandingkan dengan *yawrate ackermannya*, untuk mendapatkan gambaran kinerja perilaku arah kendaraan. Kinerja perilaku kendaraan cukup baik dimana *yawrate* respons sangat cepat mencapai kondisi *steady* untuk mendekati *yawrate ackermannya*.

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 1 :

$$F = \frac{T_{e(n)} \cdot i_t \cdot i_d}{r} \eta_t \quad (1)$$

dimana : F = gaya dorong pada roda (N)

T_e = torsi mesin sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan 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 :

$$a = \frac{F - R_a - R_r}{\gamma_m \cdot M} \quad (2)$$

dimana : M = massa total kendaraan (kg)

R_a = hambatan aerodinamis (N)

R_r = hambatan rolling pada roda (N)

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

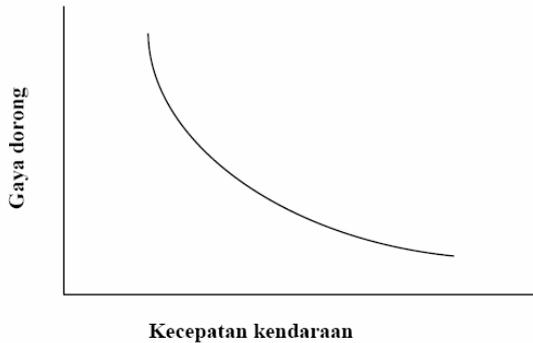
i_0 = Perbandingan putaran roda

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, 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 :

$$F = \frac{M_e \cdot i_t \cdot i_d \cdot \eta_t}{r} \quad (3)$$

dimana :

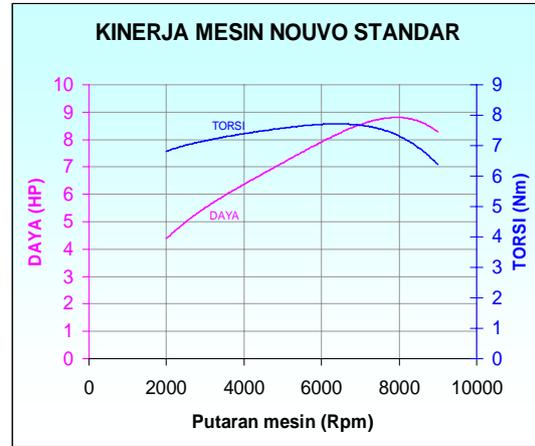
- F = gaya dorong kendaraan (N)
- M_e = torsi keluaran dari mesin (N·m)
- r = jari-jari roda (m)
- η_t = efisiensi transmisi
- i_t = perbandingan gigi transmisi
- i_d = perbandingan gigi akhir

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.

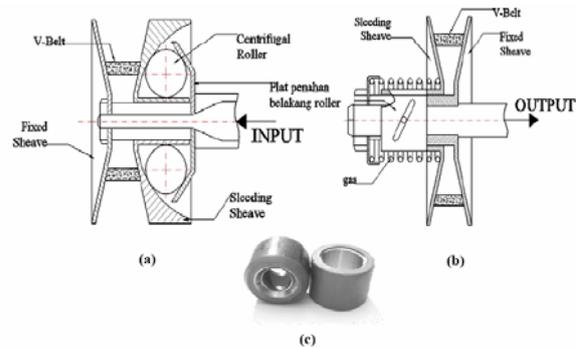
2.2. Sistem Transmisi Otomatis CVT

Sistem transmisi otomatis ini banyak digunakan pada sepeda motor jenis scooter dan dikenal dengan nama CVT (*continuously 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.



Gambar 2. Karakteristik Daya-Torsi Mesin Nouvo Standar



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 sleeding shave (F_{sh}) driver puli yang terlihat pada gambar 4.

$$F_{sh} = \frac{m y_m \omega^2}{\left(\frac{\cos \gamma + \mu_c \sin \gamma}{\sin \gamma - \mu_c \cos \gamma} \right) + \left(\frac{\sin \delta + \mu_b \sin \delta}{\cos \delta - \mu_b \sin \delta} \right)} \quad (4)$$

dimana :

F_{sh} = gaya axial pada sleeding sheave driver puli yang disebabkan oleh roller sentrifugal (N)

μ_b = koefisien gesek antara roller dan plat penahan belakang roller

μ_c = koefisien gesek antara roller dengan rumah roller sentrifugal

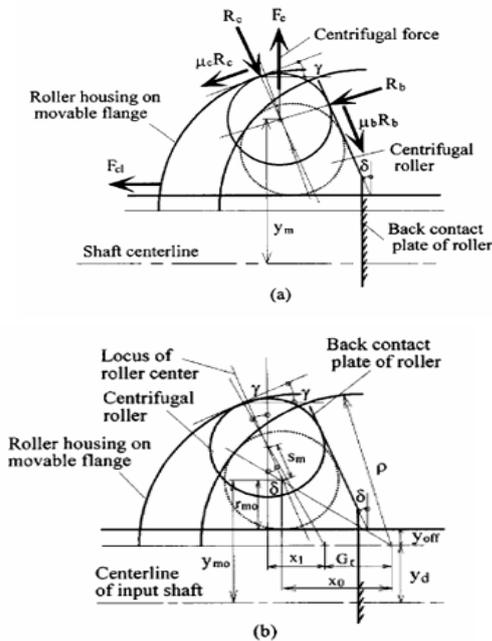
m = total massa dari roller sentrifugal (kg)

δ = sudut yang terbentuk antara plat penahan belakang roller sentrifugal dengan garis sumbu poros ($^\circ$)

γ = sudut yang terbentuk antara garis axial dan 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)



Gambar 4. Parameter kontrol pada driver puli CVT

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

$$F_{vn} = F_p + (K_n \cdot x) \tag{5}$$

dimana :

- F_p = Gaya tekan pegas pada kondisi awal (N)
- 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 seimbang, maka gerakan berada dalam kondisi *steady state*. Rumus yang menjelaskan hubungan antara kedua gaya aksial tersebut adalah :

$$F_{sh} = -F_{vn} = -[F_p + (K_n \cdot x)] \tag{6}$$

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

$$i_t = \frac{r_0 - \frac{x}{\tan \frac{\alpha}{2}}}{r_i + \frac{x}{\tan \frac{\alpha}{2}}} \tag{7}$$

dimana :

- x = pergeseran arah aksial pada puli (m)
- r_0 = radius awal *driven pulley* (m)
- r_i = radius awal *driver pulley* (m)

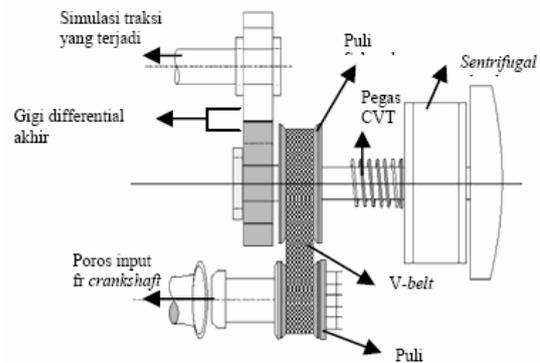
α = sudut alur puli ($^\circ$)

3. Pemodelan

Untuk memindahkan daya dari putaran mesin ke roda diperlukan mekanisme sistem transmisi. Dengan didasarkan pada model sistem transmisi yang ditunjukkan pada gambar 4.

Sistem CVT pada sepeda motor seperti ditunjukkan pada gambar 5, *driver pulley* dihubungkan dengan *crankshaft engine* melalui *speed governor*, dalam *speed governor* terdapat *roller* sentrifugal yang akan menekan *sliding sheave driver pulley* yang besarnya berbanding lurus dengan massa dan kecepatan sudutnya, tekanan oleh *roller* sentrifugal bergerak keluar sehingga menyebabkan pergeseran *sliding sheave driver pulley* ke arah *fixed sheave driver pulley* dan *sliding sheave driver pulley* juga akan mendesak V-belt ke atas atau ke diameter puli yang lebih besar.

Berat *roller* sentrifugal ini yang divariasikan dengan mengambil berat standar (10,2 gr) sebagai acuan, kemudian variasi berat dikurangi (8 gr) dan ditambahkan (12 gr). Pengambilan variasi berat ini menyesuaikan dengan kondisi *space*, dimana *roller* tersebut ditempatkan. Untuk mengurangi berat, diameter lubang *roller* diperbesar, sedangkan untuk berat *roller* 12 gr dibuat dengan menambahkan logam lain.



Gambar 5. Skematik CVT sistem pada sepeda motor

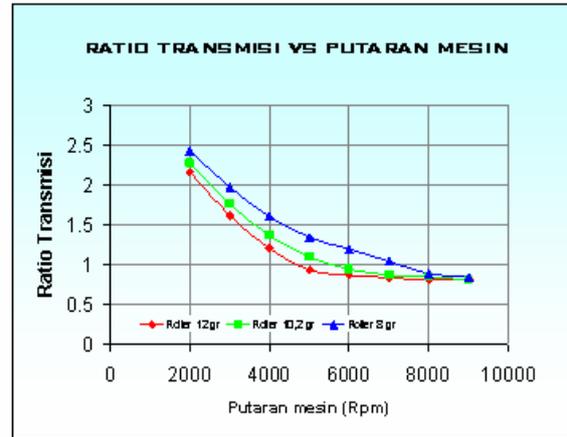
4. Hasil dan Analisa

Roller 12 gr menghasilkan ratio transmisi terkecil pada 8000 rpm, sedangkan *roller* 10,2 memperolehnya pada 9000 rpm. Sedangkan karakteristik kinerja traksi dengan berat *roller* 8 gram, 10,2 gram, dan 12 gram ditunjukkan pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9.

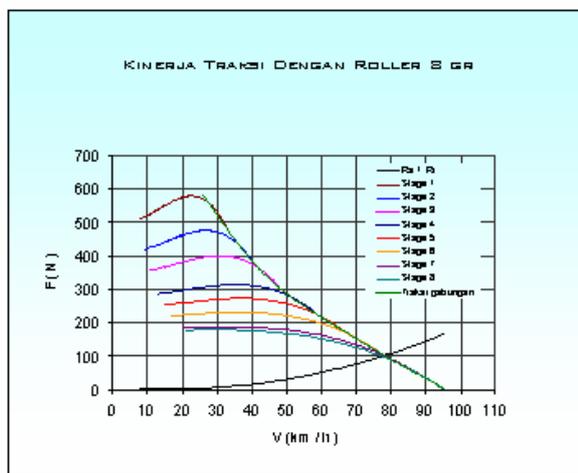
Hasil simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa : untuk *roller* sentrifugal 8 gr menghasilkan gaya traksi terbesar pada kecepatan rendah, sedang untuk *roller* sentrifugal 10,2 gr menghasilkan gaya traksi terbesar pada kecepatan yang lebih tinggi, dan *roller* sentrifugal standar (12 gr) menghasilkan gaya traksi terbesar pada kecepatan yang paling tinggi. Dengan demikian besar massa *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). Jadi, dilihat dari kemampuan akselerasinya *roller* 8 gr menghasilkan kinerja traksi yang paling baik, dan dilihat dari jarak antar stage *roller* 8 gr juga menghasilkan kinerja traksi yang paling baik.

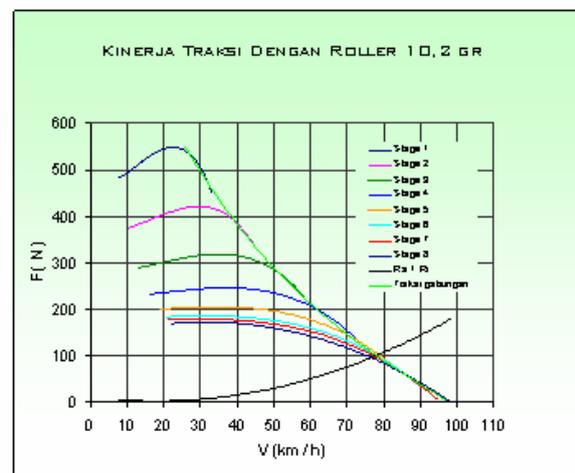
Traksi maksimum yang dihasilkan oleh variasi berat *roller* sentrifugal hasil simulasi dan pengujian di lapangan ditunjukkan pada tabel 1.



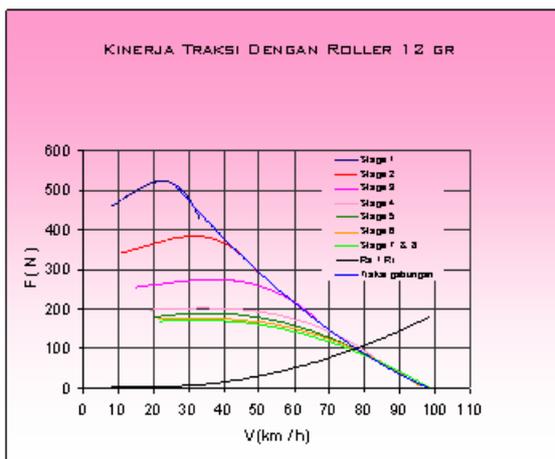
Gambar 6. Ratio transmisi yang terjadi



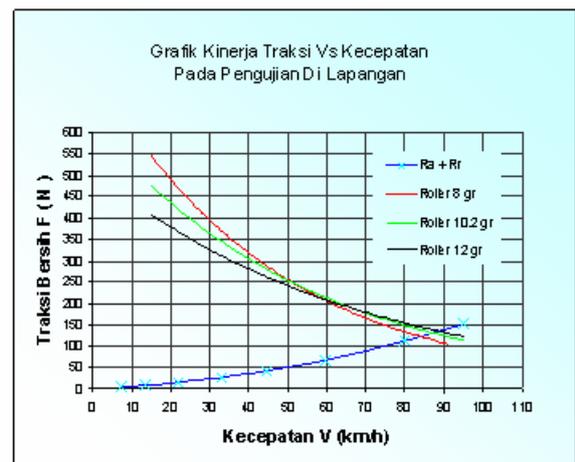
Gambar 7. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 8 gram



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

5. Kesimpulan

1. Pada hasil simulasi dan pengujian dilapangan menunjukkan bahwa *roller* sentrifugal 8 gr menghasilkan kinerja traksi paling 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. *Berat 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). Jadi, *roller* 8 gr menghasilkan kinerja traksi yang paling baik, karena pada kecepatan rendah dibutuhkan kemampuan akselerasi yang besar.
3. Traksi maksimum yang dihasilkan paling besar oleh *roller* sentrifugal 8 gr, baik dari hasil simulasi maupun hasil pengujian, tetapi ada sedikit perbedaan nilai traksi maksimum tersebut. 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.

Daftar Pustaka.

- [1] Adi Atmika, 2004, *Simulasi Pengendalian Stabilitas Arah Kendaraan Melalui Pengontrolan Torsi dengan Continous Variable Transmission (CVT)*, Tesis Pasca sarjana ITS Surabaya.
- [2] Ary Subagia, Adi Atmika, Komala Dewi, 2005, *Analisa Karakteristik Traksi Pada Sepeda Motor (110 cc, 4 strokes) with Continous Variabel Transmission (CVT) System*. Prosiding SNTTM IV, Denpasar-Bali.
- [3] Joni Dewanto, 2004, *Pemodelan Sistem Gaya dan Traksi Roda*, Jurnal Teknik Mesin, Univ. Kristen Petra. Surabaya., Vol. 5, No.2,64-69.
- [4] IN. Sutantra, 2002, *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya
- [5] Schuring H, Wasito Kusmoyudo, 1987, *Teknik Kendaraan Bermotor (chasis)*, Bina Cipta, Bandung.
- [6] Sheu, Kuen-Bao, Shen Tarnq Chiou, Wen-Ming Hwang, Ting-Shan Wang dan Hong-Seng Yan, 1999, *New Automatic Hybrid Transmission for*

Motorcycles, Proceeding National Science Council Republik of China, Taiwan .

1