

## TINJAUAN KINERJA TRAKSI SISTEM TRANSMISI OTOMATIK (CVT) PADA SEPEDA MOTOR DENGAN VARIASI KONSTANTA PEGAS SLIDING SHEAVE DAN BERAT ROLLER SENTRIFUGAL

AAIA Sri Komaladewi, I Ketut Adi Atmika, Agus Haryawan  
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana  
Kampus Bukit, Jimbaran-Bali  
Email : [komala.dewi@me.unud.ac.id](mailto:komala.dewi@me.unud.ac.id); [tutadi@me.unud.ac.id](mailto:tutadi@me.unud.ac.id)

### Abstrak

Salah satu pengembangan teknologi sepeda motor adalah pemakaian jenis transmisi otomatis *Continuously Variable Transmission (CVT)*, dimana perubahan tingkat transmisi atau ratio transmisi diatur roller sentrifugal dan pegas sliding sheave puli sekunder. Ratio transmisi adalah salah satu parameter yang mempengaruhi kinerja traksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja traksi yang dihasilkan ditinjau dari variasi berat roller sentrifugal dan variasi konstanta pegas sliding sheave puli sekunder dari sistem transmisi CVT sepeda motor, dimana nantinya didapat kinerja traksi yang dibutuhkan oleh kendaraan sesuai dengan kondisi operasi dan beban pemakaian kendaraan. Penelitian dilakukan dengan metode simulasi model matematik. Sebagai variabel uji adalah berat roller ditetapkan sebesar 8 gr, 10,2 gr (standar), dan 12 gram. Sedangkan dari pegas ditetapkan konstanta pegas sebesar 2,19 N/mm dan pegas sejenis dengan konstanta pegas 2,33 N/mm dan 2,48 N/mm. Hasil uji secara simulasi model matematik dicari kinerja traksi yang dihasilkan berupa grafik karakteristik kinerja traksi pada berbagai kondisi operasi.

Pada kondisi jalan datar, kinerja traksi terbesar dihasilkan oleh pegas dengan konstanta 2,48 N/mm, sedangkan pada kecepatan puncak tertinggi dihasilkan oleh pegas standar 2,19 N/mm. Pada kondisi jalan menanjak, pada kecepatan konstan pegas dengan 2,48 N/mm menghasilkan grade yang mampu dilalui lebih besar dari pegas uji lainnya, serta dengan percepatan, pegas ini mampu menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan pegas uji lainnya. Nilai konstanta pegas sliding sheave puli sekunder 2,48 N/mm ini sangat cocok untuk kondisi jalan menanjak. Sedangkan dari variasi berat roller sentrifugal, 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.

**Kata kunci :** CVT Sistem, Konstanta Pegas Sliding Sheave, Ratio Transmisi, Kinerja Traksi., Roller Sentrifugal

### 1. Pendahuluan

Sepeda motor saat ini sudah banyak memanfaatkan sistem transmisi otomatis. Jenis transmisi otomatis yang digunakan adalah CVT (*Continuously Variable Transmission*) sistem. Kendaraan 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 kendaraannya, tetapi secara otomatis berubah sesuai dengan putaran mesin, sehingga sangat cocok digunakan di daerah perkotaan yang sering dihadapi 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 centrifugal terhadap sliding sheave ini berbanding lurus dengan massa roller sentrifugal dan putaran mesin. Semakin besar massa roller sentrifugal semakin besar gaya dorong roller sentrifugal terhadap sliding sheave sehingga semakin besar diameter dari puli primer tersebut. Sedangkan pada driven pulley besar kecilnya gaya tekan sliding sheave terhadap pegas berbanding lurus dengan konstanta pegas, semakin besar nilai konstanta pegas maka semakin besar gaya tekan sliding sheave terhadap pegas pada driven pulley sehingga pergerakan puli menjadi kecil. Melihat dari kerja sistem CVT, maka massa roller sentrifugal dan konstanta pegas sangat berpengaruh terhadap perubahan ratio transmisi dari perbandingan diameter driver pulley dan driven pulley, dimana ratio transmisi salah satu parameter yang mempengaruhi kinerja traksi.

Ary Subagia, Adi Atmika, Komala Dewi (2005) menjelaskan 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 mempergunakan kontrol traksi melalui simulasi mode, dengan kondisi jalan lurus.

Kuen-Bao Sheu, Shen Tarng Chiou, Wen-Ming Hwang, Ting-Shan Wang dan Hong-Seng Yan (1999), menguraikan bagaimana 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.

Adi Atmika (2004) menjelaskan tentang kontrol torsi dengan CVT untuk memperbaiki stabilitas arah kendaraan. Analisa stabilitas kendaraan 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.

## 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<sub>e</sub> = torsi mesin sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan ke n (N.m)  
i<sub>t</sub> = ratio transmisi  
i<sub>d</sub> = ratio differential akhir  
r = radius roda penggerak (m)  
η<sub>t</sub> = 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<sub>a</sub>) dan hambatan *rolling* (R<sub>r</sub>). Besarnya percepatan kendaraan pada jalan datar dirumuskan pada persamaan 2 :

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

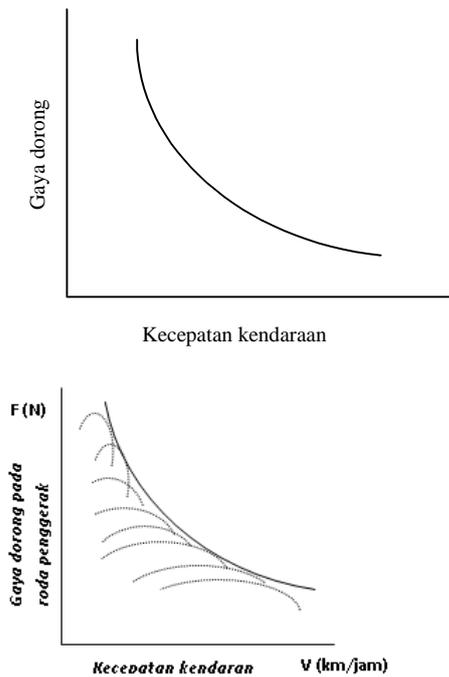
dimana : M = massa total kendaraan (kg)  
R<sub>a</sub> = hambatan aerodinamis (N)  
R<sub>r</sub> = hambatan rolling pada roda (N)  
γ<sub>m</sub> = 1,04 + (0,0025 · i<sub>0</sub>)  
i<sub>0</sub> = Perbandingan putaran roda penggerak

### 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 )

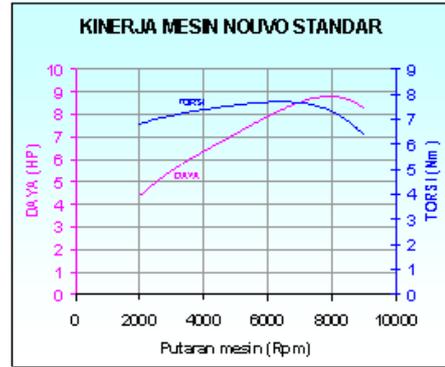
Gaya dorong pada roda yang ditransmisikan dari torsi mesin kendaraan dirumuskan :

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

dimana :

- F = gaya dorong kendaraan (N)
- $M_e$  = torsi keluaran dari mesin (N·m)
- r = jari-jari roda (m)
- $\eta_t$  = 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 chassis dynamometer ditunjukkan pada gambar 3.

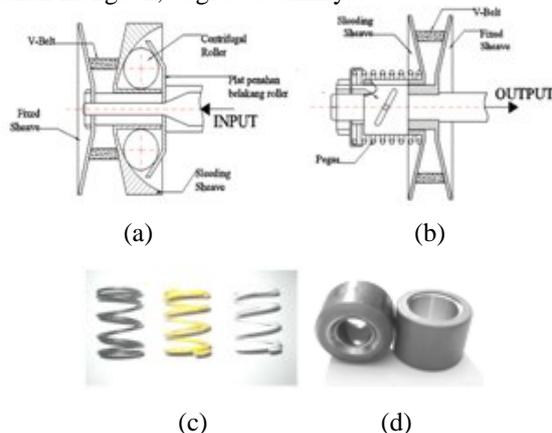


Gambar 2. Karakteristik Daya-Torsi Mesin Nouvo Standar

## 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.

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), Pegas (c) dan Roller sentrifugal (d)

**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.

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

dimana :

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

$\mu_b$  = koefisien gesek antara roller dan plat penahan belakang roller

$\mu_c$  = koefisien gesek antara roller dengan rumah roller sentrifugal

$m$  = total massa dari roller sentrifugal (kg)

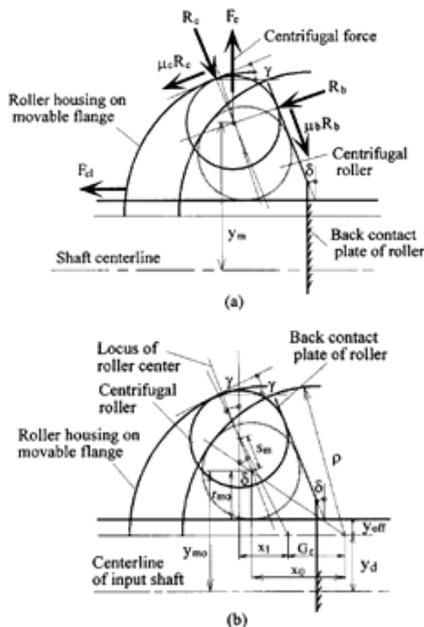
$\delta$  = sudut yang terbentuk antara plat penahan belakang roller sentrifugal dengan garis sumbu poros ( $^\circ$ )

$\gamma$  = sudut yang terbentuk antara garis axial dan dan titik singgung antara roller sentrifugal dan rumahnya ( $^\circ$ )

$\omega$  = 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 ( $F_{vn}$ ) :

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

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 setimbang, maka gerakan berada dalam kondisi steady state. Rumus yang menjelaskan hubungan antara kedua gaya tersebut adalah :

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

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

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

dimana :

$x$  = pergeseran arah aksial pada puli (m)

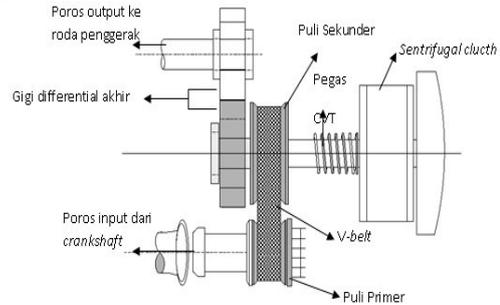
$r_0$  = radius awal driven puli (m)

$r_i$  = radius awal driver puli (m)

$\alpha$  = 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 sistem CVT pada sepeda motor

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 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



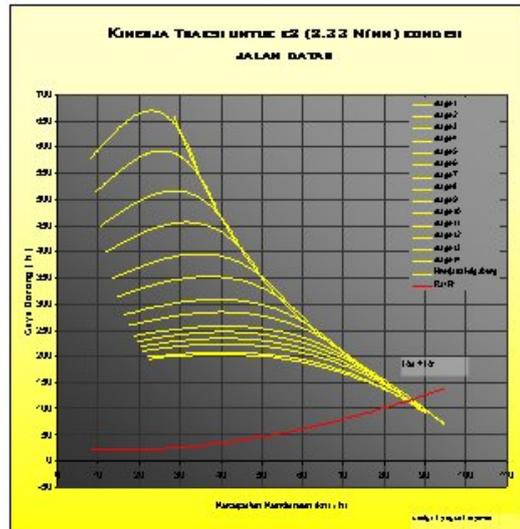
driven pulley (puli kedua) dan membuat diameter puli kedua mengecil. Nilai konstanta pegas ini mempengaruhi besar kecilnya ratio transmisi.

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). Sedangkan konstanta pegas diambil 2,19 N/mm, 2,33 N/mm dan 2,48 N/mm.

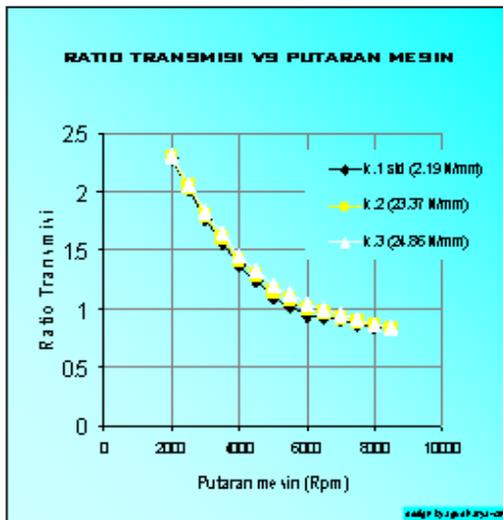
#### 4. HASIL DAN ANALISA

Pada putaran awal (2000 rpm), gaya aksial yang terjadi lebih kecil dari gaya aksial oleh pegas sehingga pergerakan *sliding sheave* puli tidak ada dan ratio transmisi tetap. Selanjutnya perubahan ratio terus terjadi sampai 9000 rpm.

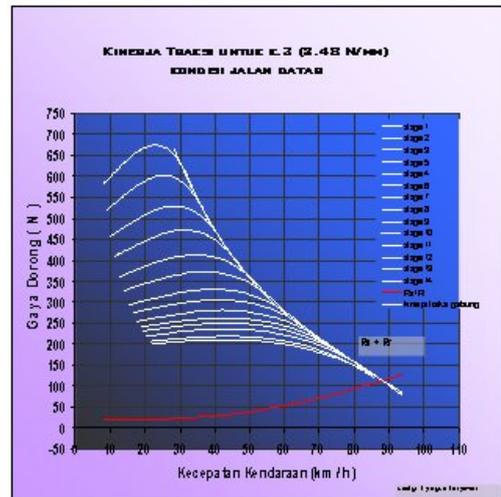
Karakteristik kinerja traksi pada kondisi jalan datar untuk ketiga pegas ditunjukkan pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9. Sedangkan untuk kondisi jalan tanjakan ditunjukkan seperti gambar 10.



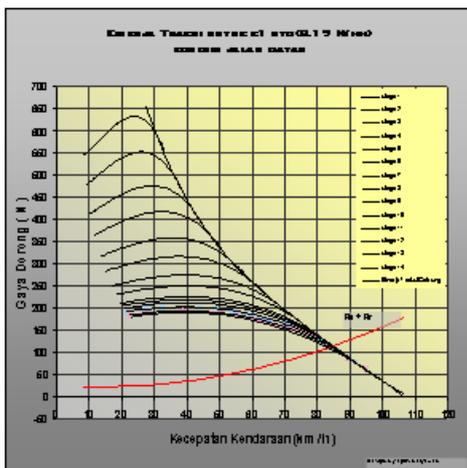
Gambar 8. Karakteristik Kinerja Traksi untuk  $k=2.33$  N/mm (pada jalan datar)



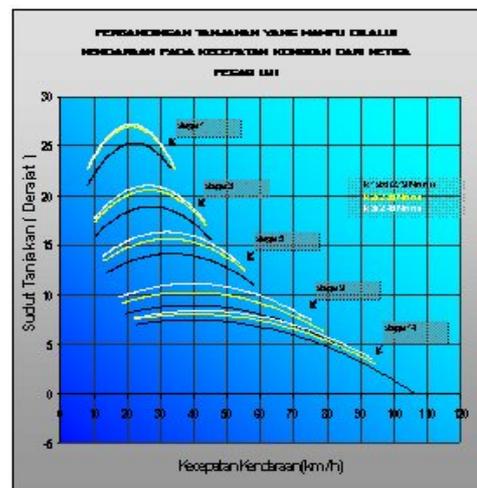
Gambar 6. Ratio transmisi yang terjadi



Gambar 9. Karakteristik Kinerja Traksi untuk  $k=2.48$  N/mm (pada jalan datar)

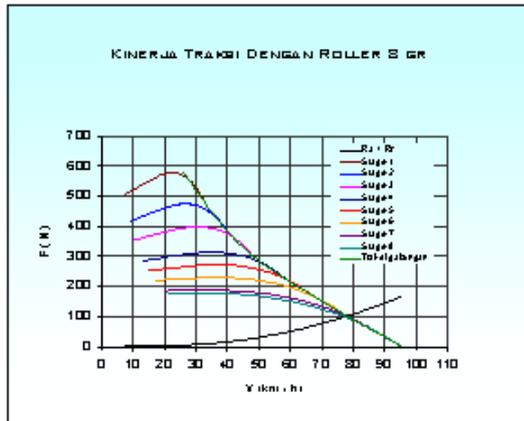


Gambar 7. Karakteristik Kinerja Traksi untuk  $k=2.19$  N/mm (pada jalan datar)

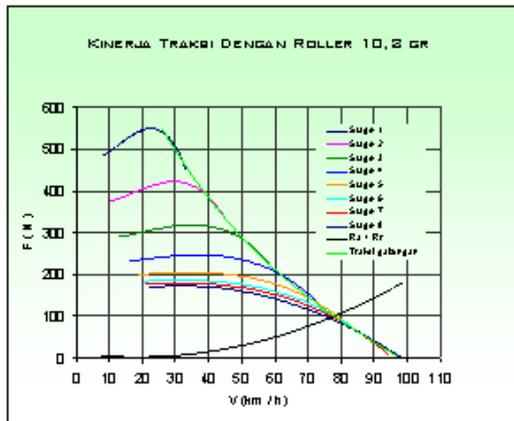


Gambar 10. Perbandingan Tanjakan yang mampu dilalui untuk ketiga pegas uji

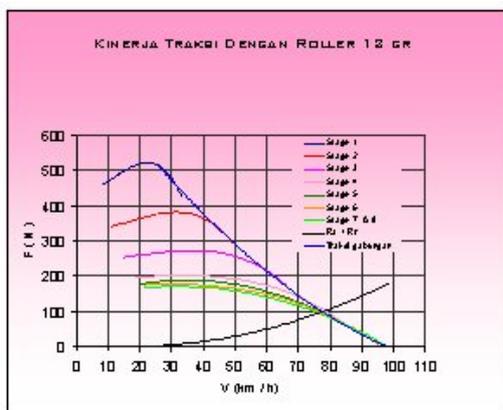
Sedangkan karakteristik kinerja traksi dengan berat roller 8 gram, 10,2 gram, dan 12 gram ditunjukkan pada gambar 11, gambar 12, dan gambar 13



Gambar 11. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 8 gram



Gambar 12. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 10,2 gram



Gambar 13. Grafik Karakteristik Kinerja Traksi dengan berat roller 12 gram

Hasil simulasi 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. 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.

## 5. KESIMPULAN

- Pada kondisi jalan datar, traksi terbesar dihasilkan pegas  $k = 2,48$  N/mm, sedangkan pada kondisi jalan tanjakan pegas ini mampu melewati tanjakan yang paling besar juga ( $27,28^\circ$ ).
- 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.
- Traksi maksimum yang dihasilkan paling besar oleh roller sentrifugal 8 gr.
- 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.

## 6. 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 Tarnng 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



