

Pemodelan Sistem Gaya Dan Traksi Roda

Joni Dewanto

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin -Universitas Kristen Petra

Bambang Sudarsono

Alumni Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin -Universitas Kristen Petra

Abstrak

Traksi roda didefinisikan sebagai kemampuan suatu kendaraan untuk mendorong atau menarik beban. Besarnya tergantung dari tenaga mesin, dimensi roda, beban pada roda terhadap jalan dan koefisien gesek antara roda dengan jalan. Berdasarkan teori ini maka roda menjadi bagian penting dalam merencanakan kemampuan jelajah suatu kendaraan. Laporan ini merupakan hasil studi bagaimana pengaruh dimensi dan gaya tekan roda terhadap traksi maksimum yang dihasilkan pada model uji.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa traksi roda meningkat secara linear jika diameter dan gaya tekan pada roda meningkat.

Kata kunci: Roda, traksi, jelajah.

Abstract

Wheel traction is defined as vehicles' ability to push or pull the load. This magnitude depends on the power of the engine, wheel dimension, wheel load and the friction coefficient between the wheel and the road. Base on this theory, so the wheel becomes important section in designed of vehicles' cruise ability. This report is a result of study how the wheel dimension and load was influenced on maximum traction that produce on experiments' model.

The result showed that the wheel traction linearly increase since the diameter and the load of wheel increase.

Keywords: Wheel, traction, cruised.

1. Pendahuluan

Stabilitas dan kemampuan jelajah dan kenyamanan merupakan faktor teknis utama yang menjadi ukuran keandalan bagi sebuah kendaraan. Stabilitas sangat terkait dengan pengendalian gerak kendaraan baik pada kecepatan konstan ataupun pada saat ada percepatan. Sedang kemampuan jelajah terkait dengan gaya dorong/tarik atau traksi roda yang dimiliki kendaraan. Pada kasus kendaraan roda empat kedua faktor tersebut sering dibahas bersama karena perbedaan traksi pada roda kanan dan kiri dapat mengganggu stabilitas kendaraan.

Dalam keadaan dinamik, selain ditentukan oleh kemampuan mesin besarnya traksi roda juga ditentukan oleh permukaan jalan, kecepatan kendaraan, kondisi jalan, ukuran,

keausan dan *tire inflection* (tekanan roda), sistem suspensi dan beban kendaraan.(6). Pembahasan tentang traksi biasanya terkait dengan kehilangan gesekan sewaktu terjadi percepatan baik pada waktu awal gerak ataupun ketika kendaraan menyalip kendaraan lain. Pengendalian traksi bekerja untuk menjamin bahwa kendaraan tersebut kontak antara roda dan jalan dalam kondisi maksimum (3). Secara teoritik dan eksperimental beberapa pemodelan dan simulasi pengendalian traksi telah banyak dilakukan (3,5,7). Namun demikian berapa sebenarnya traksi maksimum yang dapat dicapai oleh sebuah roda dan bagaimana pengaruh dimensi roda terhadap pencapaian traksi tersebut masih perlu dikaji lebih dulu.

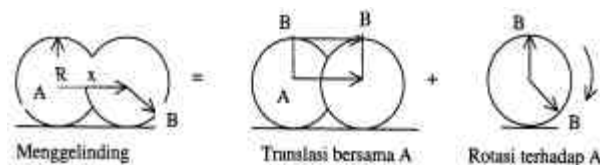
Tulisan ini akan mengkaji bagaimana pengaruh dimensi roda terhadap traksi maksimum yang dihasilkan. Mengingat bahwa besarnya gaya gesek maksimum yang terkait dengan traksi ditentukan oleh koefisien gesek antara permukaan jalan dan roda (1), maka untuk mendapatkan traksi maksimum, kajian

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Februari 2004. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 6 Nomor 1 April 2004.

dilakukan dengan studi analitik melalui pemodelan dan pengujian pada kondisi statik. Pengujian dilakukan dengan variasi pembebanan roda, diameter dan koefisien gesek antara roda dengan jalan tetap. Pemodelan yang dimaksud di sini adalah bahwa analisa dan pengujian tidak dilakukan pada sebuah roda kendaraan nyata, tetapi pada roda uji yang cukup mewakili kondisi sebagaimana riel. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam perencanaan traksi roda pada kendaraan sesungguhnya.

2. Roda Sebagai Bodi Kaku

Untuk mengetahui bagaimana dinamikan roda yang sesungguhnya, maka roda tidak dipandang sebagai partikel akan tetapi harus dilihat sebagai bodi kaku. Ketika roda menggelinding, maka pusat putaran roda sesaat adalah di titik kontak antara roda dengan jalan. Secara analitis sebenarnya roda yang menggelinding melakukan gerak translasi dan rotasi *centroidal* sekaligus bersama-sama (1). Kejadian ini dijelaskan pada gambar 1.



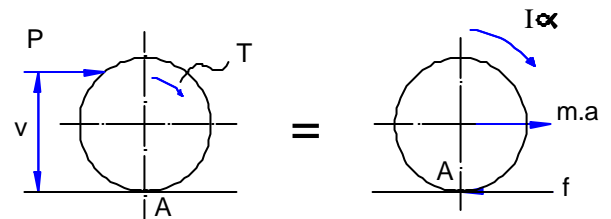
Gambar 1. Analisa gerak menggelinding

A dan B masing-masing adalah titik yang terletak di pusat dan dibagian paling luar roda sehingga jarak antara kedua titik tersebut sama dengan jari-jari roda R . Ketika roda menggelinding tanpa slip, maka A berpindah sejauh x dan garis AB berputar sebesar ν dengan pusat putaran di O. Dalam gerak translasi setiap titik pada roda akan bergerak sejajar dengan jarak tempuh dan kecepatan (V) yang sama sehingga $V_A = V_B$. Selanjutnya pada gerak rotasi *centroidal* kecepatan B relatif terhadap A, dinyatakan dalam persamaan $V_{B/A} = \omega R$ dimana ω adalah kecepatan sudut roda. Persamaan matematik gerakan roda tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} x &= R \nu & (1.a) \\ V_B &= V_A + V_{B/A} & (1.b) \\ V_A &= R \omega & (1.c) \end{aligned} \quad (1)$$

Adanya torsi (T) pada roda dan atau gaya dorong lateral (P) pada jarak tertentu dari titik kontak roda dengan jalan dapat menimbulkan

percepatan roda. Diagram gaya kearah horizontal sistem tersebut ditunjukkan pada gambar 2 dimana F adalah gaya reaksi jalan. Besar dan arah gaya inersia (ma) yang terjadi sama dengan besar dan arah resultan gaya dan bekerja melalui pusat gravitasinya. Sedang besar dan arah momen inersia *centroidal* ($I\alpha$) yang terjadi sama dengan resultan momen yang bekerja. Persamaan gerak roda tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut (3):



Gambar 2. Dinamika gerak roda

$$\Sigma M_A = P v + T = (m a_t) R + I \quad (2)$$

dimana;

m = massa roda

a = percepatan translasi

I = momen inersia massa roda

α = percepatan angular

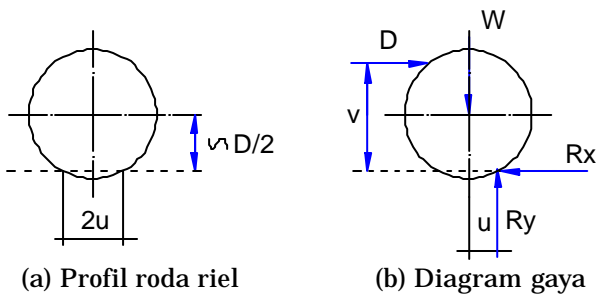
Untuk gerak tanpa slip $a = \alpha R$ sehingga persamaan 2 dapat disederhanakan menjadi

$$\Sigma M_A = I_A \alpha \quad (3)$$

($I_A = mR^2 + I$: momen inersia massa roda terhadap sumbu yang melalui A)

3. Tahanan Gelinding

Kontak yang terjadi antara roda dengan jalan sesungguhnya merupakan sebuah garis atau bidang (3). Hal ini disebabkan karena roda maupun jalan keduanya bukan merupakan bodi yang kaku betul akan tetapi sebuah bodi yang mempunyai sifat elastis. Garis kontak antara roda dan jalan menjadi semakin pendek jika keduanya mempunyai elastisitas makin kecil dan sebaliknya garis tersebut makin panjang jika roda lebih elastis (gembos). Roda sesungguhnya dapat digambarkan sebagaimana sebuah roda yang sebagian permukaannya datar atau sebagai roda ideal (bulat) yang masuk ke dalam cekungan jalan. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 3 (a).



(a) Profil roda riel (b) Diagram gaya
 Gambar 3. Analisa gerak pada roda sesungguhnya

Roda hanya akan bergerak jika momen yang diberikan dapat mengatasi semua momen yang melawan geraknya. Sebagaimana gambar 3(b) ketika gaya P bekerja padanya, roda akan bergerak dengan titik gelinding di A. W adalah gaya berat total yang bekerja pada roda, Rx dan Ry merupakan komponen gaya reaksi jalan. Keseimbangan pada kondisi tepat akan bergerak dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= W - R_y = 0 \quad (4.a) \\ \Sigma F_x &= P - R_x = 0 \quad (4.b) \\ \Sigma M_A &= P v - W.u = 0 \quad (4.c) \end{aligned}$$

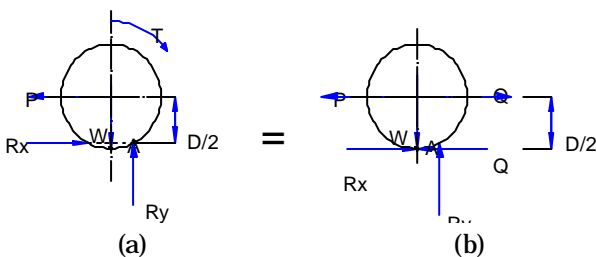
Hasil substitusi persamaan 4b dan 4c dapat ditulis :

$$R_x = W u/v \quad (5)$$

u disebut koefisien tahanan gelinding. Koefisien ini tidak sama dengan koefisien gesek statis maupun kinetis (μ). Ketika roda tepat akan slip maka Rx mencapai nilai maksimum yang besarnya sama dengan gaya gesek statik $R_x = W \mu_s$. Oleh karenanya hubungan antara koefisien gesek dan koefisien tahanan gelinding dapat dinyatakan dengan persamaan $\mu = u/v$ Pada kasus ini gaya reaksi Rx juga disebut sebagai tahanan gelinding

4. Traksi Roda

Traksi roda adalah gaya dorong/tarik yang dapat dihasilkan roda ketika sebuah torsi T bekerja pada roda tersebut. Pada gambar 4 (a) besarnya traksi dinyatakan sebagai gaya P yang bekerja melalui sumbu roda.



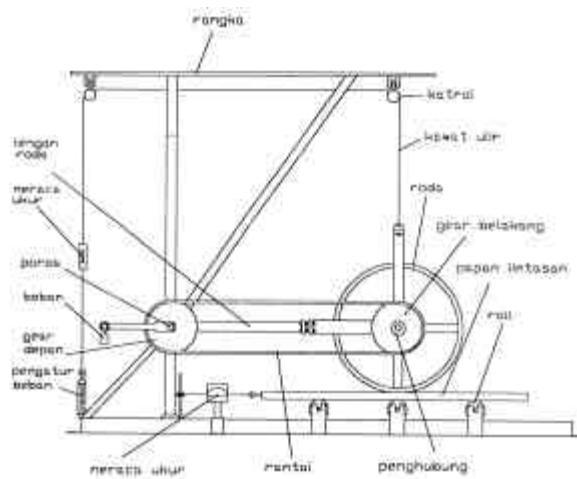
Gambar 4. Traksi roda

Gambar 4 (b) merupakan diagram gaya ekuivalen dari gambar 4 (a) dimana torsi yang bekerja diganti dengan kopel Q pada jarak mendekati setengah diameternya (D/2). Dengan persamaan keseimbangan, besarnya traksi roda dirumuskan sebagai berikut :

$$\Sigma M_A = 0 \quad P D/2 + W u = T = Q D/2 \quad (6a)$$

$$P = Q - W2u/D \quad (6b)$$

5. Cara Kerja Alat Dan Metode Pengujian



Gambar 5. Peralatan uji

Peralatan yang akan digunakan untuk pengujian traksi roda ditunjukkan pada gambar 5. Bagian utama peralatan, terdiri dari rangka, mekanisme pemberian torsi dan beban roda, lintasan serta roda. Torsi roda dihasilkan dengan cara memberi beban pada lengan sproket depan. Mekanisme pemindahan torsi tersebut menggunakan rantai dan pasangan dua sproket yang ukuran diameternya sama. Besarnya gaya tangensial yang bekerja pada sproket roda dihitung dari hasil kali besarnya beban pada lengan sproket depan dengan perbandingan panjang lengan sproket dan radius sproket. Untuk mengatur besarnya gaya tekan roda terhadap jalan, poros roda dihubungkan dengan tali penarik yang dilengkapi dengan neraca gaya yang dapat mengukur besarnya tarikan tersebut.

Pengukuran traksi dilakukan untuk beberapa diameter roda yang berbeda tetapi terbuat dari bahan yang sama dimana koefisien gesek antara roda dengan jalan telah ditentukan melalui pengujian. Dengan peralatan uji ini, maka diagram gaya yang bekerja pada sistem ditunjukkan seperti gambar 6. Besarnya traksi roda sama dengan gaya tahanan rangka terhadap gerakan roda (P). Sedang tekanan

roda terhadap jalan (W_n) dihitung dengan persamaan berikut :

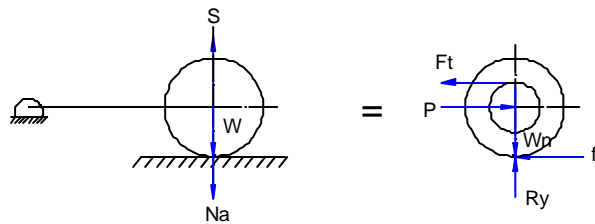
$$W_n = W - S + Na \quad (7)$$

dimana :

W = Berat roda

S = Tegangan tali

Na = Normal pada poros roda karena berat lengan roda dan rantai.



(a) Diagram gaya normal (b) Gaya normal dan traksi roda

Gambar 6. Gaya pada roda uji

Lintasan roda dipasang di atas beberapa rol mendatar yang sejajar dan ujung depannya dihubungkan dengan neraca ukur untuk mengetahui gaya reaksi lintasan. Pengujian dilakukan dengan memberi beban secara bertahap pada lengan sproket depan. Dalam kondisi pembebanan, roda cenderung berputar dan mendorong lintasan roda ke belakang. Pembebanan diteruskan hingga traksi roda maksimum yaitu ketika roda tepat akan slip terhadap lintasan. Pengujian dilakukan pada lintasan tetap dan gaya tekan roda yang berbeda. Traksi roda dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = Ft + f \quad (8)$$

6. Hasil Pengujian Dan Pembahasan

Setiap pengujian dilakukan tiga kali pengukuran dimana yang tercantum di sini merupakan harga rata-rata dari data tersebut. Sesuai dengan *set up* peralatan sebagaimana gambar 5 maka:

1. Gaya tekan roda pada lintasan (W_n) dihitung dari gaya berat roda dan pengaruh berat lengan ayun dikurangi gaya tarikan tali yang terbaca pada neraca ukur.
2. Perbandingan antara lengan dengan radius sproket adalah: 2,453, sehingga gaya tangensial roda (F_t) dapat dihitung dengan persamaan $F_t = 2,453$ beban pada lengan sproket (W_b)
3. Besarnya gaya gesek maksimum (f) dibaca pada neraca ukur

Tabel 1. Hasil Pengujian Untuk Roda 19 cm

W_n (Kg)	W_b (Kg)	f (Kg)	F_t (Kg)	P (Kg)
7,5	2	2,9	5,086	7,986
6,5	1,75	2,5	4,293	6,793
5,5	1,5	2,2	3,679	5,879
4,5	1,25	1,9	3,066	4,966
3,5	0,75	1,2	1,839	3,039
2,5	0,5	0,8	1,226	2,026

Tabel 2. Hasil Pengujian Untuk Roda 33 cm

W_n (Kg)	W_b (Kg)	F (Kg)	F_t (Kg)	P (Kg)
7,5	3,50	2,9	8,585	11,485
6,5	2,75	2,2	6,746	8,946
5,5	2,25	1,9	5,519	7,419
4,5	1,75	1,5	4,293	5,793
3,5	1,50	1,3	3,679	4,979
2,5	1,00	0,9	2,453	3,353

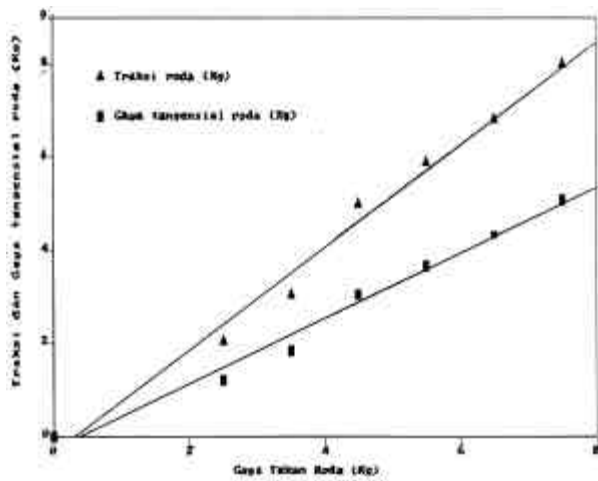
Tabel 3. Pengujian Untuk Roda 41 cm

W_n (Kg)	W_b (Kg)	F (Kg)	F_t (Kg)	P (Kg)
7,5	4,25	2,9	10,425	13,325
6,5	3,50	3,1	8,585	11,685
5,5	3,25	3,8	5,955	9,755
4,5	2,50	2,5	4,047	6,547
3,5	2,25	2,1	3,557	5,657
2,5	2,10	1,3	3,115	4,415

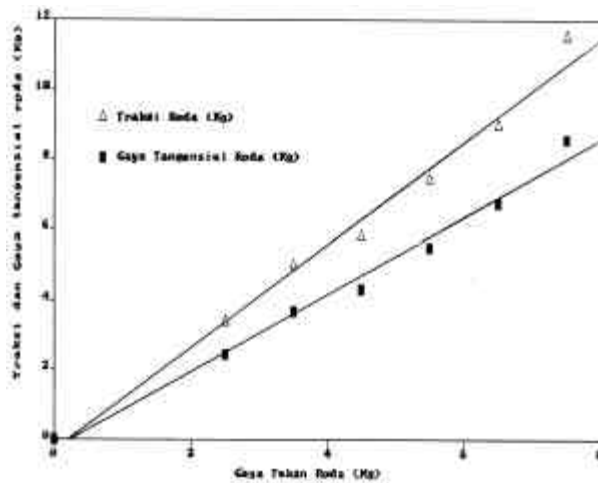
Untuk menunjukkan pengaruh gaya tekan roda terhadap traksi yang dihasilkan, dari pengukuran dan perhitungan data pada table diatas dapat dinyatakan dalam bentuk kurva. Hubungan antara gaya tekan roda terhadap traksi dan gaya tangensial maksimum ditunjukkan pada kurva 1, 2 dan 3 masing-masing untuk diameter roda 19, 33 dan 41 cm. Setiap kurva tersebut menunjukkan bahwa traksi dan gaya tangensial maksimum yang dapat diberikan pada roda meningkat secara linier terhadap gaya tekan roda. Sebagaimana persamaan 8, kedua karakteristik dipengaruhi oleh gaya gesek maksimum. Selisih nilai kedua kurva tersebut menyatakan besarnya gaya gesek yang meningkat secara linier karena tekanan roda.

Pada kurva 4 nampak bahwa traksi yang dapat dicapai pada setiap tekanan pada roda makin besar untuk diameter roda yang lebih besar. Hal ini ditunjukkan dari slop ketiga kurva yang makin besar untuk diameter roda yang makin besar. Data tersebut sesuai dengan rumusan 6 dimana traksi roda meningkat dengan diameter yang makin besar, akan tetapi kenaikan tersebut tidak linier. Hal ini terlihat dari hubungan antara diameter roda dengan slop perubahan traksi yang dapat dihasilkan roda. sebagaimana ditunjukkan pada kurva 5.

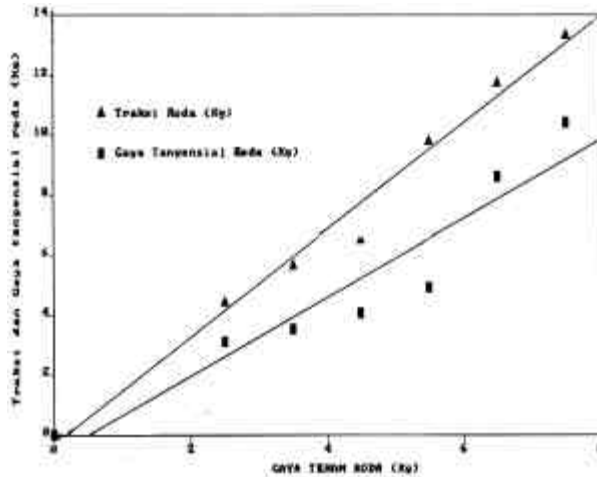
Penarikan pada setiap kurva tidak dapat melalui titik 0,0 sebagaimana perumusan perumusan di atas karena dalam pengujian ini mengabaikan gesekan dan ketidak sempurnaan peralatan uji. Namun demikian hasil pengujian dan pemodelan ini dapat dipakai merekomendasikan bahwa untuk kendaraan yang memerlukan traksi atau torsi yang besar maka diperlukan roda yang diamater dan normal yang besar, karena roda tersebut dapat menerima torsi yang lebih besar tanpa terjadi slip.



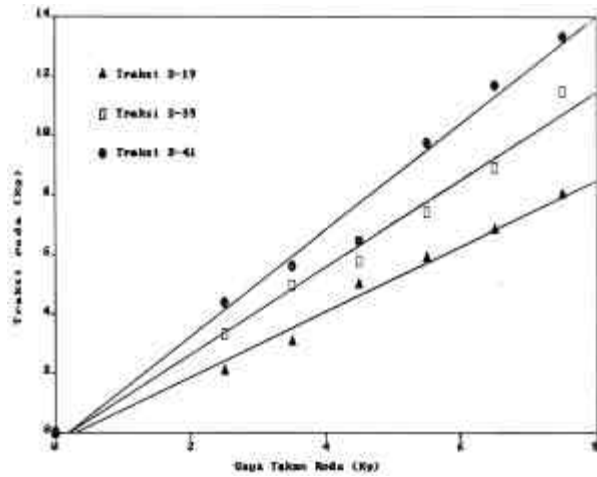
Kurva 1. Hubungan traksi dan gaya tangensial terhadap gaya tekan roda ϕ 19 cm



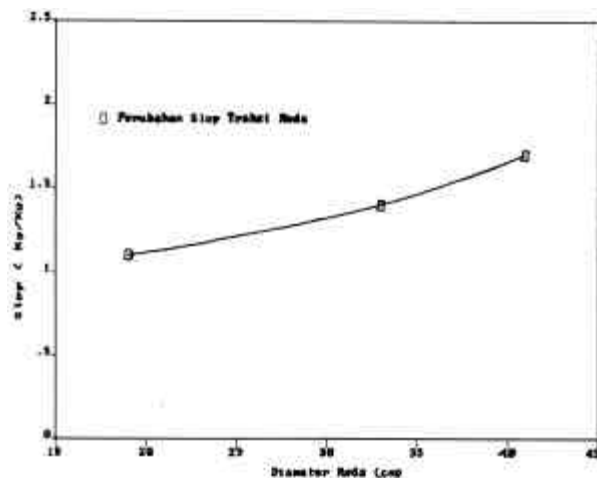
Kurva 2. Hubungan traksi dan gaya tangensial terhadap gaya tekan roda ϕ 33 cm



Kurva 3. Hubungan traksi dan gaya tangensial terhadap gaya tekan roda ϕ 41 cm



Kurva 4. Perbandingan slop traksi roda ϕ 19, 33 dan 41cm



Kurva 5. Perubahan kenaikan traksi terhadap diameter roda

7. Kesimpulan

1. Pemodelan sistem gaya dan traksi roda yang dirumuskan dapat dipakai untuk menjelaskan dinamika gerak roda dengan baik.
2. Traksi roda meningkat sebanding dengan gaya tekan roda.
3. Peningkatan traksi roda makin besar untuk diameter roda yang lebih besar akan tetapi peningkatan tersebut tidak linier.

Daftar Pustaka

1. Ferdinand P. Beer and E. Russell, *Mechanic for Engineer Static and Dynamics*, Mc. Graw Hill Book Company, Singapore, 1987.
2. Gillespie, T.D. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, United State of America, Society of Automotive Engineers, Inc, 1992.
3. Brian John Olson, *Nonlinear Dynamics of Longitudinal Ground Vehicle Traction*, Thesis of Master Science, Departement of Mechanical Engineering, Michigan State University, 2001.
4. Bambang Sudarsono, *Kajian Pengaruh Dimensi Roda Terhadap Traksi yang Dihasilkan*, Tugas akhir mahasiswa Bimbingan Joni Dewanto, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, 2002.
5. Ian Hardianto Siahaan, *Sistem Kontrol Traksi Dengan Kontrol PID Fuzzy*, Tesis Program Pascasarjana Bidang studi Teknik Mesin, ITS, Surabaya, 2002.
6. Scott Memmer, Safety Traction Control, <http://www.edmunds.com/ownership/safety/46352/article.html>
7. Physical Model of Traction Force and Skidding, <http://user.skynet.be/mgueury/doc/co.vetco.htm>.