

TUGAS SARJANA
SIMULASI DAN ANALISA *HANDLING PERFORMANCE*
PADA KENDARAAN SEDAN DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE CARSIMED 4.51



Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh:
HELMI SURYAPUTRA
L2E 307 025

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Helmi Suryaputra

NIM : L2E 307 025

Pembimbing : 1. Joga Dharma Setiawan, Ph.D.
2. Ir. Budi Setiyana, MT

Jangka Waktu : 12 (Dua belas) bulan

Judul : **Simulasi Dan Analisa *Handling Performance* Pada Kendaraan Sedan Dengan Menggunakan *Software CarSimEd 4.51***

Isi Tugas :

1. Untuk menganalisa respons sebuah kendaraan jalan raya dengan menganalisa hasil simulasi berupa grafik.
2. Untuk mengetahui perilaku yang terjadi dari perbedaan penumpang saat kendaraan melakukan berbagai manuver, diantaranya Fishhook, J-Turn, dan Double lane change dengan menggunakan *software CarSimEd 4.51*.

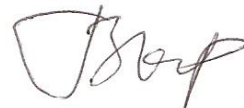
Semarang, Juni 2010

Dosen Pembimbing,



Joga Dharma Setiawan, Ph.D.
NIP. 196 811 102 005 011 001

Dosen Co. Pembimbing,



Ir. Budi Setiyana, MT
NIP. 196 503 131 991 021 001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul “*Simulasi Dan Analisa Handling Performance Pada Kendaraan Sedan Dengan Menggunakan Software CarSimEd Versi 4.51*” telah disetujui dan disahkan pada:

Hari :

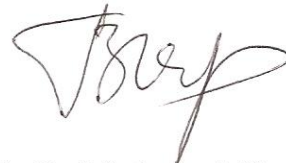
Tanggal : Juni 2010

Pembimbing



Joga Dharma Setiawan, Ph.D.
NIP. 196 811 102 005 011 001

Co. Pembimbing



Ir. Budi Setiyana, MT
NIP. 196 503 131 991 021 001

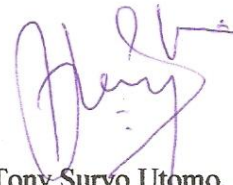
Mengetahui:

Pembantu Dekan I



Ir. Bambang Pudjianto, MT
NIP. 195 212 051 985 031 001

Koordinator Tugas Sarjana



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT.
NIP. 197 104 211 999 031 003

ABSTRAKSI

Tugas akhir ini memaparkan tentang simulasi kendaraan jalan raya dengan menggunakan *software CarSimEd 4.51* dari MSC (*mechanical Simulation Corporation*) yang berasal dari USA. Tugas akhir ini bertujuan membandingkan kendaraan satu penumpang dengan lima penumpang dengan menggunakan standart maneuver dari NHTSA seperti, *maneuver fishhook*, *J-Turn* dan *double lane change*.

Software CarSimEd ini dapat menganalisa gerakan dari kendaraan jalan raya hingga 27 Derajat Kebebasan. Tugas akhir ini menunjukkan efek dari simulasi maneuver yang terjadi pada kendaraan jalan raya berikut gerakan-gerakannya.

Kata kunci: *maneuver fishhook*, *J-Turn* dan *double lane change*.

ABSTRACT

This study explains about simulation of road vehicle by using Software CarSimEd 4.51 of MSC (Mechanical Simulation Corporation) from USA. It is the purpose of this study to compare between one passenger vehicle to five passengers vehicle by using Standard maneuver from NHTSA such as, fishhook maneuver, J-turn Maneuver and Double lane Maneuver.

This CarSimEd software can analyze motion of road vehicle having 27 degree of freedom. This simulation shown the effect of maneuver happened at road vehicle following at the motion.

Keywords: maneuver fishhook, J-Turn and double lane change.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Kedua orang tuaku, Bapak Zakaria Ballia, dan Ibu Nurhayati atas segala dukungan baik moral maupun material.
3. Pak Joga Dharma Setiawan, Pak Budi Setiyana, terimakasih banyak atas bimbingan dan bantuannya.
4. Teman-teman atas semangat dan dukungannya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Joga Dharma Setiawan, Msc. Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
2. Ir. Budi Setiyana, MT selaku dosen Co. Pembimbing Tugas Sarjana.
3. Teman-teman Teknik Mesin Extensi D III

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan Tugas Sarjana ini masih belum sempurna oleh karena itu, kalau ada kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya semoga Tugas Sarjana ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Semarang, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN ABSTRAK.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Pengertian Derajat Kebebasan	5
2.1.1. Sistem 3 Derajat Kebebasan	6
2.1.2. Sistem 8 Derajat Kebebasan	8
2.1.3. Sistem 14 Derajat Kebebasan	9
2.2. Persamaan Pendukung Software CarSimEd	11
2.3. Handling.....	17
2.2.1. Neutral steer	18

	2.2.2. Understeer	20
	2.2.3. Oversteer	21
	2.3. Roll	23
	2.4. Pembagian Bobot Kendaraan.....	24
	2.5. Ukuran Ban	25
BAB III	SET-UP SIMULASI KENDARAAN	26
	3.1. Data kendaraan.....	26
	3.2. Software CarSimEd.....	28
	3.2.1. CarSimEd Model	29
	3.2.2. Prosedur Pengujian dengan Software CarSimEd.....	31
	3.2.3. Set-Up CarSimEd	32
	3.3. Standart manuver	37
	3.3.1. Fishhook Manuver	38
	3.3.2. J-Turn Manuver	39
	3.3.3. Double Lane Change Manuver	40
	3.4. Input Parameter Jalan	41
	3.5. Tabel Input Parameter	42
BAB IV	SIMULASI DAN ANALISA SISTEM HANDLING	44
	4.1. Proses Simulasi	44
	4.1.1. Start Up Screen	44
	4.1.2. Run Screen	45
	4.1.3. Vehicle Input Menu Screen	46
	4.1.4. Suspension Input Menu Screen	47
	4.1.5. Tire Input Menu Screen	48
	4.1.6. Run Input	49
	4.2. Simulasi dan Analisa Fishhook Manuver	49
	4.3. Simulasi dan Analisa J-Turn Manuver.....	57
	4.4. Simulasi dan Analisa Double lane Change Manuver.....	63

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
	5.1. Kesimpulan	70
	5.2. Saran.....	71
	DAFTAR PUSTAKA	72
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Bicycle model/single track model</i>	7
Gambar 2.2. Grafik gaya lateral terhadap slip angle untuk penentuan C_{α}	8
Gambar 2.3. <i>Model delapan derajat kebebasan</i>	8
Gambar 2.4. Skema 14 Derajat Kebebasan.....	10
Gambar 2.5. Gerakan Pitch	12
Gambar 2.6. Variasi Koefisien moment pitch terhadap sudut body pitch	12
Gambar 2.7. Gerakan yaw.....	13
Gambar 2.8. Koefisien moment yaw untuk tipe-tipe kendaraan	13
Gambar 2.9. Gerakan Roll	13
Gambar 2.10. Diagram gaya memanjang	14
Gambar 2.11. Slip angle	16
Gambar 2.12. Gaya-gaya vertikal pada ban	17
Gambar 2.13. Hubungan antara <i>steer angle</i> dan <i>speed</i> dari kendaraan-kendaraan <i>neutral steer, understeer, dan oversteer</i>	19
Gambar 2.14. Respon secara langsung dari kendaraan <i>neutral steer, underssteer,</i> <i>oversteer</i> untuk <i>side force</i> pada titik berat	20
Gambar 2.15. Understeering	21
Gambar 2.16. Oversteering	22
Gambar 2.17. Pembagian bobot kendaraan	24
Gambar 3.1 Honda accord Gen I - VIII	24
Gambar 3.2. Skema 3D <i>Handling Model</i>	30
Gambar 3.3. Skema 2D Ride Model	31
Gambar 3.4. Skema 3D Suspension Model	31
Gambar 3.5. Prosedur Penelitian Sistem <i>Handling</i>	32
Gambar 3.6. Star-up CarSimEd.	33
Gambar 3.7. Runs screen	33
Gambar 3.8. Screen kendaraan	35
Gambar 3.9. Screen Suspension.....	36

Gambar 3.10. Screen Tires.....	37
Gambar 3.11. Parameter-parameter track pada maneuver fishhook.....	38
Gambar 3.12. Input kemudi menuver Fishhook.	38
Gambar 3.13. Gerakan Fishhook maneuver	39
Gambar 3.14. Gerakan J-Turn Ban	39
Gambar 3.15. Time profile of NHTSA J-turn maneuver.....	40
Gambar 3.16. Ukuran track dari maneuver <i>Duoble lane change</i> sesuai dengan standaart ISO 3888 tahun 1975.....	40
Gambar 3.17. Grafik koefisien gesek sebagai fungsi kecepatan.....	41
Gambar 4.1 <i>Starup screen</i> pada CarSimEd versi 4.5.....	44
Gambar 4.2 <i>Run screen setup</i> pada CarSimEd versi 4.5	45
Gambar 4.3 <i>Vehicle input parameters</i> pada CarSimEd versi 4.5	46
Gambar 4.4 <i>Suspensions input parameters</i> pada CarSimEd versi 4.5.....	47
Gambar 4.5 <i>Tires input parameters</i> pada CarSimEd versi 4.5	48
Gambar 4.6 <i>Steering input Fishhook maneuver</i>	50
Gambar 4.7 Plot grafik Y vs X Trajectory <i>Fishhook maneuver</i> :	
a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	51
Gambar 4.8 Plot grafik <i>roll Fishhook maneuver</i> : a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang.....	52
Gambar 4.9 Plot grafik <i>Alphas – Slip angles Fishhook maneuver</i> :	
a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	53
Gambar 4.10 Plot grafik <i>Fy – side forces Fishhook maneuver</i> a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang.....	54
Gambar 4.11 Plot grafik <i>Fz – Vertical forces Fishhook maneuver</i> a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	55
Gambar 4.12 Plot grafik <i>aligning moments Fishhook maneuver</i> a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	56
Gambar 4.13 <i>Steering input J-Turn maneuver</i>	57
Gambar 4.14 Plot grafik Y vs X Trajectory <i>J-Turn maneuver</i> : a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	68

Gambar 4.15	Plot grafik <i>Roll</i> J-Turn maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang.....	59
Gambar 4.16	Plot grafik <i>Alphas – Slip angles</i> J-Turn maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	60
Gambar 4.17	Plot grafik <i>Fy – Side Forces</i> J-Turn maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	61
Gambar 4.18	Plot grafik <i>Fz-Vertical Forces</i> J-Turn maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	62
Gambar 4.19	<i>Steering input</i> J-Turn maneuver.....	63
Gambar 4.20	Plot grafik <i>X vs Y Trajectory</i> Double Lane Change maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	64
Gambar 4.21	Plot grafik <i>Pitch</i> Double Lane Change maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	65
Gambar 4.22	Plot grafik <i>Roll</i> Double Lane Change maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	66
Gambar 4.23	Plot grafik <i>Alphas – Slip angles</i> Double Lane Change maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	67
Gambar 4.24	Plot grafik <i>Fy – Side Forces</i> Double Lane Change maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	68
Gambar 4.25	Plot grafik <i>Fz – Vertical Forces</i> Double Lane Change maneuver: a. 1 Penumpang, b. 5 Penumpang	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbedaan 3 DOF, 8 DOF dan 14 DOF.	6
Tabel 2.2.	Jumlah DOF pada Software CarSim	11
Tabel 2.3.	Daftar kecepatan manuver	14
Tabel 2.4.	Perbedaan Understeer, Oversteer, dan Neutralsteer.....	18
Tabel 2.5.	Tabel Rating bintang dari NHTSA dalam test static SSF.	24
Tabel 3.1.	Data Periode kendaraan	27
Tabel 3.2.	Data Honda Accord LX Tahun 1991 sesuai NHTSA.....	27
Tabel 3.3.	Jumlah Derajat Kebebasan pada Software Carsim	29
Tabel 3.4.	Nilai Mu (μ) pada simulasi manuver	41
Tabel 3.5.	Input Dimensi Kendaraan uji	42
Tabel 3.6.	Input Suspensi Kendaraan Uji.....	43
Tabel 3.7.	Input Ban Kendaraan Uji	43
Tabel 4.1	Run Inputs. Honda Accord LX	49

NOMENKLATUR

<u>Simbol</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
A	Frontal area	m^2
a	Center	-
b	Jarak roda bagian depan ke posisi CG	mm
b_{ϕ_f}	Koefisien roll damping depan	-
b_{ϕ_r}	Koefisien roll damping belakang	-
c	Jarak roda bagian belakang ke posisi CG	mm
C_{PM}	Pitch moment coefficient	-
C_{YM}	Yaw moment coefficient	-
C_s	Damping Suspensi	-
C_{ϕ_f}	Kekakuan cornering roda depan	-
C_{ϕ_r}	Kekakuan cornering roda belakang	-
D	Diameter ban	mm
F_{fl}	Gaya pada kiri depan	N
F_{fr}	Gaya pada kanan depan	N
F_p	Gaya pneumatic actuator	N
F_{rl}	Gaya pada kiri belakang	N
F_{rr}	Gaya pada kanan belakang	N
F_{yf}	Gaya lateral ban depan	N
F_{yr}	Gaya lateral ban belakang	N
F_z	Gaya Vertikal	N
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
h_T	Tinggi ban	mm
I_{xx}	Moment Inersia Roll	$kg\cdot m^2$
I_{yy}	Moment Inersia Pitch	$kg\cdot m^2$
I_{zz}	Moment Inersia Yaw	$kg\cdot m^2$

K_{us}	Koefisien understeer	<i>rad</i>
K_s	Kekakuan roll suspensi	-
L	Wheelbase (jarak antar roda depan-belakang)	<i>mm</i>
m_s	Massa body dari sprung	<i>kg</i>
PM	Pitch moment	<i>kg-m²</i>
p, q, r	Kecepatan rotasi (roll,pitch,yaw)	<i>rad/s</i>
R	Radius belokan	<i>derajat</i>
RM	Roll moment	<i>kg-m²</i>
S_T	Aspek rasio ban	<i>%</i>
u	Kecepatan longitudinal	<i>m/s</i>
v	Kecepatan lateral	<i>m/s</i>
U, V, W	Kecepatan translasi (forward,lateral,vertical)	<i>m/s</i>
W_f	Reaksi dinamis roda depan	<i>kg</i>
W_r	Reaksi dinamis roda belakang	<i>kg</i>
W_{fs}	Bobot kendaraan bagian depan	<i>kg</i>
W_{rs}	Bobot kendaraan bagian belakang	<i>kg</i>
w_T	Lebar ban	<i>mm</i>
YM	Yaw moment	<i>kg-m²</i>
x, y, z	Posisi linier pada sumbu x, y, z	<i>mm</i>
Z_u	Perpindahan massa unsprung	<i>m</i>
z_s	Percepatan sprung mass	<i>rad/s²</i>
α_f	Sudut slip roda depan	<i>rad</i>
α_r	Sudut slip roda belakang	<i>rad</i>
ω_x	Kecepatan sudut roll	<i>rad/s</i>
ω_z	Kecepatan sudut yaw	<i>rad/s</i>
θ	Posisi angular pada sumbu-x	<i>rad</i>
ϕ	Posisi angular pada sumbu-y	<i>rad</i>
ψ	Posisi angular pada sumbu-z	<i>rad</i>