

TUGAS SARJANA

**SIMULASI DAN ANALISA PERFORMANCE HANDLING
KENDARAAN JALAN RAYA JENIS SUV DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE CARSIM 4.51***



Diajukan Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1)
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

JENY SETIAWAN

L2E 307 026

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2010

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada :
Nama : Jeny Setiawan
N I M : L2E 307 026
Pembimbing : Joga Dharma Setiawan, PhD
Co. Pembimbing : Ir. Budi Setiyana, MT
Jangka waktu : 12 (dua belas) bulan
Judul : **Simulasi dan Analisa Performance Handling Kendaraan
Jalan Raya Jenis SUV dengan Menggunakan Software
CarSim 4.51**

Isi tugas :

1. Mengkaji literatur tentang dinamika kendaraan jalan raya dan simulasi menggunakan *CarSim*.
2. Melakukan simulasi pengujian *performance handling* pada kendaraan jalan raya dengan menggunakan *CarSim*.
3. Analisa hasil simulasi untuk mendapatkan perilaku / karakteristik *handling* pada kendaraan jalan raya.

Semarang,

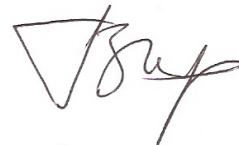
2010

Pembimbing,



Joga Dharma Setiawan, PhD
NIP. 196811102005011001

Co. Pembimbing,



Ir. Budi Setiyana, MT
NIP. 196503131991021001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana yang berjudul “*Simulasi dan Analisa Performance Handling Kendaraan Jalan Raya Jenis SUV dengan Menggunakan Software CarSim 4.51*” yang disusun oleh:

Nama : Jeny Setiawan

Nim : L2E 307 026

Telah disetujui dan disahkan pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing

Joga Dharma Setiawan, PhD.
NIP. 196811102005011001

Co. Pembimbing

Ir. Budi Setiyana, MT
NIP.196503131991021001

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

Perkembangan industri otomotif akhir-akhir ini mengalami kemajuan yang sangat pesat sehingga memacu persaingan antar produsen untuk membuat kendaraan dengan variasi bentuk, tipe, dan spesifikasi yang beraneka ragam agar menarik minat para konsumen dalam hal kenyamanan, unjuk kerja, dan keselamatan. Laporan ini mencoba untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kondisi *performance handling* sebuah kendaraan jalan raya dan perilaku belok yang muncul saat di tikungan menggunakan dua kendaraan uji Jeep Grand Cherokee tahun 1998 yang di simulasikan dengan menggunakan *software CarSim Ed 4.51* dengan mengambil variasi kasus *Fishhook maneuver* yang berdasarkan frekuensi natural *roll* dan *J-Turn maneuver Without Pulse Braking*. Hasil analisa yang muncul kemudian dibandingkan, sehingga didapat perilaku belok yang muncul saat simulasi dan faktor-faktor yang mempengaruhi saat perilaku belok .

Kata kunci : kendaraan jalan raya, *performance handling*, perilaku belok.

ABSTRACT

The latest progress in automotive industry development is increasing significantly therefore it also triggering the competition between road vehicle developers to build cars with variation in design, type, and specification to satisfy the customers in safety and comforts and also the performance. This report is trying to find out factors that affect the handling performance of a road vehicle and the turning behavior that appears while cornering, using two 98' Jeep Grand Cherokee test vehicle. Simulation was conducted using CarSim Ed 4.51 software and taking case of Fishhook maneuver which is based on roll natural frequency and J-Turn maneuver without pulse braking. The result of the test is compared each other such that the factors affecting the turning behavior can be analyzed.

Keywords : Road Vehicle, handling performance, turning behavior

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini penulis dedikasikan untuk orang tua penulis, yang dengan tulus dan ikhlas merawat dan membesarkan serta mengizinkan penulis untuk meneruskan pendidikan di bangku kuliah. Juga pada kakak dan adik dari penulis atas semua dukungannya pada penulis. Semoga mereka selalu dilimpahkan oleh rahmat dan kasih sayang Allah SWT.

Juga teruntuk teman-teman seperjuangan penulis, mahasiswa Teknik Mesin Undip angkatan 2007 yang penulis cintai, terima kasih atas kebersamaannya selama ini, dan untuk dukungan semangatnya, serta senantiasa membantu penulis dalam segala kondisi baik lapang ataupun sempit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi, mendapatkan banyak ilmu pengetahuan dan pengalaman, serta pada akhirnya menyelesaikan Tugas Sarjana yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini tidak terlepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karenanya, penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Joga Dharma Setiawan, PhD, selaku dosen pembimbing, yang telah begitu banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan pengetahuan tentang banyak hal kepada penulis, terutama dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Ir. Budi Setiyana, MT selaku Pembimbing II yang juga telah membimbing dan meluangkan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Kontrol dan Getaran, Sdr. Sabar Budidoyo atas sumbangsih pemahaman tentang CarSim-nya dan waktu yang diluahkan untuk penulis, Sdr. Muhammad Ariyanto atas kesediaannya membantu penulis.
4. Seluruh teman-teman angkatan 2007 atas segala perjuangannya dan kebersamaannya.

Semoga laporan Tugas Sarjana ini dapat bermanfaat bagi orang yang membacanya dan kelak di kemudian hari ada generasi penerus yang mampu menyempurnakan kekurangan penulis.

Semarang, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN TUGAS SARJANA | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiii |
| NOMENKLATUR | xv |
| BAB I | |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Tujuan Penulisan..... | 1 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Metodologi penelitian | 3 |
| 1.5 Diagram Alir Pengerjaan..... | 3 |
| 1.6 Sistematika penulisan laporan | 5 |
| BAB II | |
| DASAR TEORI | 6 |
| 2.1 Pemodelan Kendaraan Jalan Raya | 6 |
| 2.1.1 Sistem Tiga Derajat Kebebasan (3 DOF)..... | 8 |
| 2.1.2 Sistem Delapan Derajat Kebebasan (8 DOF) | 9 |
| 2.1.3 Sistem Empat Belas Derajat Kebebasan (14 DOF)..... | 10 |
| 2.2 Handling | 11 |
| 2.2.1 Neutral Steer | 13 |
| 2.2.2 Undesteer | 14 |
| 2.2.3 Oversteer..... | 15 |

| | |
|--|----|
| 2.3 <i>Roll</i> | 16 |
| 2.4 Pembagian Bobot Kendaraan | 19 |
| 2.5 Ukuran Ban..... | 20 |
| BAB III | |
| INPUT DATA KENDARAAN DAN SET-UP SIMULASI | 24 |
| 3.1 Data Kendaraan | 24 |
| 3.2 Standar Pengujian Performance Handling pada Kendaraan Jalan Raya | |
| 3.2.1 Prosedur Manuver | 28 |
| 3.2.2 Input Parameter Jalan | 31 |
| 3.3 Software CarSim Educational versi 4.51 | 32 |
| 3.3.1 Set-Up Simulasi | 33 |
| 3.3.2 Skema Prosedur Pengujian | 34 |
| BAB IV | |
| SIMULASI DAN ANALISA HASIL SIMULASI | 36 |
| 4.1 Urutan Proses Pengerjaan Simulasi | 36 |
| 4.1.1 Startup Screen | 36 |
| 4.1.2 Run Screen Simulation setup..... | 37 |
| 4.1.3 Vehicle Input Menu Screen | 37 |
| 4.1.4 Suspension Input Menu Screen..... | 38 |
| 4.1.5 Tire Input Menu Screen..... | 39 |
| 4.1.6 Input Steering Menu Screen | 39 |
| 4.1.7 Set-up simulasi..... | 40 |
| 4.2 Simulasi <i>Fishhook Maneuver</i> | 40 |
| 4.3 Simulasi <i>J-Turn Maneuver</i> Tanpa Pengereman Bertahap | 47 |
| BAB V | |
| PENUTUP | 53 |
| 5.1 Kesimpulan | 53 |
| 5.2 Saran | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA | 55 |
| LAMPIRAN | 56 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Jumlah Derajat Kebebasan Pada Software Carsim versi 4.51 | 7 |
| Tabel 2.2 Pembagian Derajat Kebebasan pada Kendaraan Jalan Raya..... | 8 |
| Tabel 2.3 Perilaku Karakteristik Handling..... | 16 |
| Tabel 3.1 Data Kendaraan beserta tahunnya..... | 24 |
| Tabel 3.2 Data Kendaraan Jeep Grand Cherokee Tahun 1988 sesuai NHTSA..... | 27 |
| Tabel 3.3 Nilai Sudut Roda Kemudi | 29 |
| Tabel 4.1 Run Inputs | 40 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 1.1 | Diagram alir pemodelan dan simulasi kendaraan jalan raya | 4 |
| Gambar 2.1 | <i>Bicycle model/ single track model</i> | 9 |
| Gambar 2.2 | Skema dari model kendaraan dengan 8 derajat kebebasan | 10 |
| Gambar 2.3 | Pemodelan kendaraan dengan 14 DOF | 11 |
| Gambar 2.4 | Kondisi kendaraan saat berbelok | 12 |
| Gambar 2.5 | Diagram <i>steer angle-speed</i> | 13 |
| Gambar 2.6 | Kurva respon pada sudut <i>steer</i> tetap (<i>fixed</i>) | 14 |
| Gambar 2.7 | Pemodelan untuk perilaku <i>roll</i> | 17 |
| Gambar 2.8 | Respon <i>roll</i> pada <i>step input</i> | 18 |
| Gambar 2.9 | <i>Threshold rollover</i> sebagai fungsi frekuensi pada <i>sinusoidal steer</i> | 19 |
| Gambar 2.10 | Pembagian bobot kendaraan | 20 |
| Gambar 2.11 | Pandangan melintang ban pada pelek menunjukkan tinggi dan lebar | 21 |
| Gambar 2.12 | Pandangan samping ban dan informasi penting yang dicetak di bagian sisi | 21 |
| Gambar 3.1 | Jeep Grand Cherokee model Wagoneer (1993) | 25 |
| Gambar 3.2 | Jeep Grand Cherokee model Base"SE" (1993-1995) | 25 |
| Gambar 3.3 | Jeep Grand Cherokee model Laredo (1993-1998) | 25 |
| Gambar 3.4 | Jeep Grand Cherokee model Orvis"Limited Edition" ('95-'97) . | 25 |
| Gambar 3.5 | Jeep Grand Cherokee model TSi (1997-1998) | 26 |
| Gambar 3.6 | Jeep Grand Cherokee model 5.9 L Limited ZJ (1998) | 26 |
| Gambar 3.7 | Jeep Grand Cherokee model WJ (1999-2004) | 26 |
| Gambar 3.8 | Input roda kemudi pada <i>Fishhook Maneuver</i> | 29 |
| Gambar 3.9 | Input roda kemudi pada <i>J-Turn Maneuver</i> | 31 |
| Gambar 3.10 | Grafik koefisien gesek sebagai fungsi kecepatan | 32 |
| Gambar 3.11 | <i>Lay out screen</i> simulasi yang ada dalam CarSimEd | 33 |
| Gambar 3.12 | Skema alur pengerjaan dan prosedur simulasi pengujian | 35 |
| Gambar 4.1 | <i>Startup screen</i> pada CarSim Ed versi 4.51 | 36 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.2 | <i>Run screen</i> pada CarSim Ed versi 4.51 | 37 |
| Gambar 4.3 | <i>Vehicle input parameter</i> pada CarSim Ed versi 4.51 | 38 |
| Gambar 4.4 | <i>Suspension input parameter</i> pada CarSim Ed versi 4.51 | 38 |
| Gambar 4.5 | <i>Tires Input parameter</i> pada CarSim Ed versi 4.51 | 39 |
| Gambar 4.6 | <i>Steering input Fishhook Maneuver</i> | 41 |
| Gambar 4.7 | Plot grafik <i>roll Fishhook Maneuver</i> Jeep 443 | 42 |
| Gambar 4.8 | Plot grafik <i>roll Fishhook Maneuver</i> Jeep 530 | 42 |
| Gambar 4.9 | Plot grafik <i>Alphas-Slip angles Fishhook Maneuver</i> Jeep 443..... | 43 |
| Gambar 4.10 | Plot grafik <i>Alphas-Slip angles Fishhook Maneuver</i> Jeep 530..... | 43 |
| Gambar 4.11 | Plot grafik <i>Fy-side forces Fishhook Maneuver</i> Jeep 443..... | 44 |
| Gambar 4.12 | Plot grafik <i>Fy-side forces Fishhook Maneuver</i> Jeep 530..... | 44 |
| Gambar 4.13 | Plot grafik <i>Fz-vertical forces Fishhook Maneuver</i> Jeep 443..... | 45 |
| Gambar 4.14 | Plot grafik <i>Fz-vertical forces Fishhook Maneuver</i> Jeep 530..... | 45 |
| Gambar 4.15 | Plot grafik <i>Mz-aligning moments Fishhook Maneuver</i> Jeep 443 | 46 |
| Gambar 4.16 | Plot grafik <i>Mz-aligning moments Fishhook Maneuver</i> Jeep 530 | 46 |
| Gambar 4.17 | <i>Steering input J-Turn Maneuver</i> | 47 |
| Gambar 4.18 | Plot grafik <i>roll J-Turn Maneuver</i> Jeep 443 | 48 |
| Gambar 4.19 | Plot grafik <i>roll J-Turn Maneuver</i> Jeep 530 | 48 |
| Gambar 4.20 | Plot grafik <i>Alphas-Slip angles J-Turn Maneuver</i> Jeep 443..... | 49 |
| Gambar 4.21 | Plot grafik <i>Alphas-Slip angles J-Turn Maneuver</i> Jeep 530..... | 49 |
| Gambar 4.22 | Plot grafik <i>Fy-side forces J-Turn Maneuver</i> Jeep 443..... | 50 |
| Gambar 4.23 | Plot grafik <i>Fy-side forces J-Turn Maneuver</i> Jeep 530..... | 50 |
| Gambar 4.24 | Plot grafik <i>Fz-vertical forces J-Turn Maneuver</i> Jeep 443 | 51 |
| Gambar 4.25 | Plot grafik <i>Fz-vertical forces J-Turn Maneuver</i> Jeep 530 | 51 |
| Gambar 4.26 | Plot grafik <i>Mz-aligning moments J-Turn Maneuver</i> Jeep 443 | 52 |
| Gambar 4.27 | Plot grafik <i>Mz-aligning moments J-Turn Maneuver</i> Jeep 530 | 52 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|--------------|---|--------|
| Lampiran I | Data Checklist Parameter Simulasi pada CarSim 4.51 | I-1 |
| | Tabel Input Dimensi Kendaraan Uji | I-2 |
| | Tabel Input Suspensi Kendaraan Uji Jeep 443 | I-3 |
| | Tabel Input Suspensi Kendaraan Uji Jeep 530 | I-4 |
| | Tabel Input Ban Kendaraan Uji Jeep 443 | I-5 |
| | Tabel Input Ban Kendaraan Uji Jeep 530 | I-6 |
| Lampiran II | Simulasi Pengujian <i>Fishhook Maneuver</i> | II-1 |
| II.1 | Simulasi <i>Fishhook Maneuver</i> Kendaraan Uji Jeep 443 | II-2 |
| II.1.1 | Input Steering | II-2 |
| II.1.2 | Plot grafik hasil simulasi | II-4 |
| II.1.3 | Analisa singkat grafik | II-7 |
| II.2 | Simulasi <i>Fishhook Maneuver</i> Kendaraan Uji Jeep 530 | II-10 |
| II.2.1 | Input Steering | II-10 |
| II.2.2 | Plot grafik hasil simulasi | II-11 |
| II.2.3 | Analisa singkat grafik | III-14 |
| Lampiran III | Simulasi Pengujian J-Turn Maneuver Without Pulse Braking.... | III-1 |
| III.1 | Simulasi <i>J-Turn Maneuver Without Pulse Braking</i> Kendaraan Uji Jeep 443 | III-2 |
| III.1.1 | Input Steering | III-2 |
| III.1.2 | Plot grafik hasil simulasi | III-3 |
| III.1.3 | Analisa singkat garfik | III-6 |
| III.2 | Simulasi <i>J-Turn Maneuver Without Pulse Braking</i> Kendaraan Uji Jeep530 | III-9 |
| III.2.1 | Input Steering | III-9 |
| III.2.2 | Plot grafik hasil simulasi | III-10 |
| III.2.3 | Analisa singkat grafik | III-13 |
| Lampiran IV | Perhitungan Dimensi Kendaraan Uji | IV-1 |
| IV.1 | Perhitungan Pembagian Bobot Kendaraan Uji | IV-2 |
| IV.2 | Perhitungan Jari-jari Ban Kendaraan Uji | IV-3 |

| | |
|--|------|
| IV.3 Grafik Koefisien Gesek Permukaan Jalan..... | IV-3 |
| Lampiran V Prosentase Hasil Pengujian..... | V-1 |
| <i>Fishhook Maneuver</i> | V-2 |
| <i>J-Turn Without Pulse Braking</i> | V-2 |

NOMENKLATUR

| <u>Simbol</u> | <u>Keterangan</u> | <u>Satuan</u> |
|---------------|--|---------------|
| b | Jarak roda bagian depan ke posisi CG | mm |
| b_f | Koefisien roll damping depan | - |
| b_r | Koefisien roll damping belakang | - |
| c | Jarak roda bagian belakang ke posisi CG | mm |
| C_f | Kekakuan cornering roda depan | - |
| C_r | Kekakuan cornering roda belakang | - |
| D | Diameter ban | mm |
| F_{yf} | Gaya lateral ban depan | N |
| F_{yr} | Gaya lateral ban belakang | N |
| g | Percepatan gravitasi | m/s^2 |
| h_T | Tinggi ban | mm |
| K_{us} | Koefisien understeer | rad |
| k_f | Kekakuan roll suspensi depan | - |
| k_r | Kekakuan roll suspensi belakang | - |
| L | Wheelbase (jarak antar roda depan-belakang) | mm |
| p, q, r | Kecepatan rotasi (roll, pitch, yaw) | rad/s |
| R | Radius belokan | $derajat$ |
| S_T | Aspek rasio ban | % |
| u | Kecepatan longitudinal | m/s |
| v | Kecepatan lateral | m/s |
| U, V, W | Kecepatan translasi (forward, lateral, vertical) | m/s |
| W_f | Reaksi dinamis roda depan | N |
| W_r | Reaksi dinamis roda belakang | N |
| W_{fs} | Bobot kendaraan bagian depan | kg |
| W_{rs} | Bobot kendaraan bagian belakang | kg |
| w_T | Lebar ban | mm |
| x | Posisi linier pada sumbu-x | mm |
| y | Posisi linier pada sumbu-y | mm |

| | | |
|-----------|-----------------------------|--------------|
| z | Posisi linier pada sumbu-z | <i>mm</i> |
| δ | Sudut slip roda depan | <i>rad</i> |
| r | Sudut slip roda belakang | <i>rad</i> |
| \dot{x} | Kecepatan sudut roll | <i>rad/s</i> |
| \dot{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> |

Singkatan-singkatan :

| | |
|-------|---|
| CG | Center of Gravity |
| DOF | Degree of freedom |
| MSC | Mechanical Simulation Corporation |
| NHTSA | National Highway Traffic Safety Association |
| SUV | Sport Utility Vehicle |

Istilah-istilah :

| | | | |
|----------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|
| Center of gravity | Pusat titik berat | | |
| Degree of freedom | Derajat kebebasan | | |
| Displacement | Perpindahan | | |
| Neutral steer | Berada dalam jalur lintasan | | |
| Occupants | Penumpang | | |
| Oversteer | Masuk kedalam jalur lintasan | | |
| Performance handling | Penanganan unjuk kerja | | |
| Rigid | Kaku | Steering wheel | Roda kemudi |
| Rotation | Rotasi | Tire | Ban |
| Rollover | Roda terangkat | Tip off | Terangkatnya dua roda |
| Single track model | Satu sumbu roda | Understeer | Keluar dari lintasan |
| Steering | Kemudi | Vehicle motion | Gerakan kendaraan |
| Steer angle | Sudut kemudi | | |
| Steer angle-speed | Kecepatan sudut kemudi | | |